



ქართველი მეცნიერები
Georgian Scientists

Vol. 8 № 1



საქართველო მეცნიერებისათვის
Association For Science

Georgian Scientists

ქართველი მეცნიერები

ასოციაცია მეცნიერებისათვის

Association for Science

Journal DOI: <https://doi.org/10.52340/gS>

<https://journals.4science.ge/index.php/GS/index>

სარედაქციო საბჭო

თამარ ხახუტაშვილი: მთავარი რედაქტორი, კომპიუტერული მეცნიერებების მაგისტრი, ასოციაცია მეცნიერებისათვის პრეზიდენტი; თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის დირექტორი <https://orcid.org/0000-0003-0953-2073>

ნინო ბერიანიძე - თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, მთავარი რედაქტორის მოადგილე, კომპიუტერული მეცნიერებების მაგისტრი

მარიეტა სულაბერიძე - რედაქტორი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, კომპიუტერული მეცნიერებების მაგისტრი

ომარ ლანჩავა - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ტექნიკური მეცნიერებების დოქტორი, პროფესორი ; <https://orcid.org/0000-0003-4249-9404>

მალხაზ წიქარიშვილი - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, რედაქტორი, პროფესორი

გელა ყიფიანი - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, რედაქტორი, პროფესორი

მარინა ქურდაძე - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფესორი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

მარიამ კობერიძე - გორის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, პროფესორი

გიორგი გოროშიძე - ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ასოცირებული პროფესორი, <https://orcid.org/0000-0002-6244-2942>

ვახტანგ კვაჭაძე - ფიზიკის მეცნიერებათა დოქტორი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს წევრი; <https://orcid.org/0000-0002-3875-505X>

ლელა ბახტაძე - ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ასოცირებული პროფესორი

ავთანდილ ამირანაშვილი - მ. ნოდუას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ფიზიკა-მათემატიკის დოქტორი

აგაევ რაუფ მაგსუდ ოღლუ - მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, აკადემიკოს მ. თოფჩუბაშევის სახელობის ქირურგიის სამეცნიერო ცენტრის დირექტორი, აზერბაიჯანის სამედიცინო უნივერსიტეტის ქირურგიული სნეულებათა დეპარტამენტის პროფესორი, კათედრის გამგე (ბაქო, აზერბაიჯანი)

ირაკლი ნადირაძე - მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, პათოლოგიისა და კანის სიმსივნეების ცენტრის ხელმძღვანელი, საქართველო ისრაელის ერთობლივი კლინიკა GIDMEDI: თბილისი, საქართველო; <https://orcid.org/0000-0002-4764-655X>

ელი კაკიაშვილი - მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, ქირურგი, გალილეის სამედიცინო ცენტრი, ნაჰარია, ისრაელი; მედიცინის ფაკულტეტი გალილეაში, ბარ ილანის უნივერსიტეტი, საფადი, (ისრაელი); <https://orcid.org/0000-0002-8796-9724>

ლუის მ. ალედორტი - მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, მერი ვაინფელდი კლინიკური კვლევის პროფესორი ჰემოფილიაში, მოუნთ სინაის მედიცინის სკოლა, ნიუ იორკი

ნადეი ჰაკიმი - GCSJ, MD, PhD, FRCS, FRCSI, FACS, FICS(Hon), FASMBS, FIMSA(Hon) მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, ტრანსპლანტაციის ქირურგი, ლონდონის საიმპერატორო კოლეჯი, ლონდონი, დიდი ბრიტანეთი; ზოგადი ქირურგი, კლივლენდის კლინიკა (ლონდონი, დიდი ბრიტანეთი); <http://orcid.org/0000-0001-9442-7950>

მამუკა ბოკუჩავა - პროფესორი, სისხლძარღვთა ქირურგი, ანგიოლოგი, მედიცინის დოქტორი, ნ. ბოხუას სახელობის სისხლძარღვთა და გულის დაავადებათა ცენტრის დირექტორის მოადგილე; <https://orcid.org/0000-0002-6719-1302>

მერაბ კილაძე - მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი. აშშ-ს, საერთაშორისო, ევროპის და რუსეთის ქირურგთა ასოციაციების წევრი, ქირურგი, კლინიკა გიდმედის ქირურგიული სამსახურის უფროსი

გოგი (გიორგი) ბოჭორიშვილი - პროფესორი, მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, უროლოგი, თბილისი, საქართველო

ნინო კიკნაძე - სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, ქიმიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ-თანამშრომელი. საქართველოს გარემოს დაცვის მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი. ამერიკის ქიმიის საზოგადოების (ACS) წევრი, ბათუმი, საქართველო; <https://orcid.org/0000-0001-7864-3899>

ავთანდილ ბარდაველიძე - ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ტექსტის რედაქტორი:

მარიამ ჩაჩანიძე - თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

მიხეილ ერგემიძე - თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, ინფორმატიკის ბაკალავრი

ვებ რედაქტორი:

გიორგი ბანეთიშვილი - თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ეროვნული სამეცნიერო ბიბლიოთეკა

კრიზისში მყოფი ენერგოკომპანიის მართვა და გამოხმაურების უკუკავშირი; ტესტი - ალგორითმი ენერგოკომპანიისთვის

მაია ლომსაძე-კუჭავა¹, თამარ წერეთელი², ხათუნა გიორგაძე³, გიორგი კორკოტაძე⁴

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი; ²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი; ³საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასისტენტ პროფესორი; ⁴საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მაგისტრანტი

ანოტაცია

წინამდებარე სტატია ეძღვნება კრიზისული სიტუაციების მენეჯმენტის აქტუალურ საკითხებს ენერგეტიკულ სექტორში და წარმოადგენს კომპლექსურ მიდგომას ორგანიზაციული ეფექტიანობის გაზრდისთვის. ნაშრომი მოიცავს ორ ურთიერთდაკავშირებულ ნაწილს: პირველში განხილულია კრიზისული მართვის სტრატეგიული და ოპერაციული ასპექტები, მეორეში კი წარმოდგენილია PAEI ტესტ-ალგორითმი მენეჯერული კომპეტენციების შესაფასებლად.

სტატიაში დეტალურადაა აღწერილი ენერგოკომპანიის "დაცვის" და "აღდგენის" მექანიზმები, რომლებიც მოიცავს: თანამშრომელთა უსაფრთხოების უზრუნველყოფას, ფინანსური მდგრადობის სტრეს ტესტირებას, შემოსავლების დაცვის სტრატეგიებს და ლიკვიდურობის მართვას. განსაკუთრებული აქცენტი გაკეთებულია მოკლევადიანი (3-6-18 თვე) დაგეგმვის მნიშვნელობაზე და სცენარული ანალიზის აუცილებლობაზე საბაზისო, უარყოფითი და დადებითი განვითარების ვარიანტების გათვალისწინებით.

სტატიის მეორე ნაწილი წარმოადგენს PAEI მეთოდოლოგიის პრაქტიკულ იმპლემენტაციას ენერგოკომპანიებისთვის. ტესტ-ალგორითმი საშუალებას იძლევა იდენტიფიცირდეს ოთხი ძირითადი მენეჯერული როლი: P (პროდუქტიულობა), A (ადმინისტრირება), E (მეწარმეობა) და I (ინტეგრაცია). 36-კითხვიანი კითხვარის საფუძველზე, რომელიც აფასებს პასუხისმგებლების განაწილებას, პრობლემების გადაჭრის მიდგომებს და ლიდერობის სტილებს, განისაზღვრება თანამშრომლის მენეჯერული პროფილი შვიდი კატეგორიის მიხედვით (poio-დან PAEI-მდე).

სტატია ასევე განიხილავს ინტროვერტული (P და A) და ექსტროვერტული (E და I) მიდგომების ბალანსის მნიშვნელობას ორგანიზაციულ კონტექსტში. ავტორი ხაზს უსვამს, რომ კრიზისი არ არის მხოლოდ საფრთხე, არამედ შესაძლებლობაც - ტრანსფორმაციისა და ზრდის ახალი წერტილების იდენტიფიცირებისთვის.

ნაშრომი მიზნად ისახავს ენერგეტიკული კომპანიების ხელმძღვანელობისთვის პრაქტიკული ინსტრუმენტების შეთავაზებას, რომლებიც ხელს შეუწყობს როგორც კრიზისულ სიტუაციებში ეფექტიან რეაგირებას, ისე გრძელვადიანი კონკურენტული უპირატესობების ფორმირებას. სტატია განკუთვნილია ენერგოკომპანიების მენეჯერებისთვის, HR სპეციალისტებისთვის, ბიზნეს კონსულტანტებისთვის და ყველა იმ პირისთვის, ვინც დაინტერესებულია ორგანიზაციული განვითარებით და კრიზისული მენეჯმენტით.

საკვანძო სიტყვები: კრიზისული მენეჯმენტი, ენერგოკომპანია, PAEI მეთოდოლოგია, მენეჯერული კომპეტენციები, ლიდერობის სტილები, ფინანსური ლიკვიდურობა, სტრეს ტესტირება, ორგანიზაციული ტრანსფორმაცია, ადამიანური რესურსების მართვა.

შესავალი

თანამედროვე ენერგეტიკულ სექტორში, სადაც ცვალებადობა და გაურკვეველობა ყოველდღიურ რეალობად იქცა, მენეჯმენტის ეფექტიანობა განსაზღვრავს არა მხოლოდ კომპანიის მიმდინარე ოპერაციულ წარმატებას, არამედ მის გრძელვადიან სიცოცხლისუნარიანობასაც. კრიზისული სიტუაციები, რომლებიც შეიძლება გამოწვეული იყოს როგორც გარე ფაქტორებით (პანდემია, გეოპოლიტიკური ცვლილებები, ბაზრის რყევები), ისე შიდა გამოწვევებით, მოითხოვს ლიდერებისგან არა მხოლოდ სწრაფ რეაგირებას, არამედ სტრატეგიულ აზროვნებას და ადაპტირების უნარს.

წინამდებარე სტატია ორ ურთიერთდაკავშირებულ, მაგრამ განსხვავებულ თემას მოიცავს. პირველ ნაწილში განხილულია კრიზისული მენეჯმენტის პრაქტიკული ასპექტები ენერგოკომპანიებისთვის - დაწყებული თანამშრომელთა უსაფრთხოებით და დამთავრებული ფინანსური სტაბილურობის უზრუნველყოფით. მეორე ნაწილში წარმოდგენილია PAEI ტესტ-ალგორითმი, რომელიც საშუალებას იძლევა ობიექტურად შევაფასოთ მენეჯერული კომპეტენციები და განვსაზღვროთ თანამშრომელთა როლები ორგანიზაციაში.

ეს მიდგომა აერთიანებს ორ კრიტიკულ ელემენტს: ერთის მხრივ, კომპანიის დაცვისა და აღდგენის სტრატეგიებს, მეორეს მხრივ კი, ადამიანური რესურსების ოპტიმალურ განაწილებას, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოს ენერგეტიკული სექტორის განვითარებისთვის.

ძირითადი ნაწილი

ჩვენი აზრით, ენერგოკომპანიის ხელმძღვანელმა სიტუაცია ორი პოზიციიდან უნდა განიხილოს. პირველ რიგში, "დაცვის" პოზიციიდან - გადაწყვიტოს რა უნდა გააკეთოს, როდესაც ფორსმაჟორი დადგა, შესავალი იცვლება ფაქტიურად ყოველდღე და ლოდინი და ნახვის მიდგომა ნამდვილად არ იმუშავებს. და მეორეც, ჩართონ "აღდგენის" რეჟიმი - იფიქრონ მომავალზე, შეცვალონ ენერგოკომპანიის მოდელი. რაც არ უნდა უცნაურად

ქდერდეს, მაგრამ კრიზისი შესაძლებლობების დროა და ისინი აუცილებლად გაიხსნება. მნიშვნელოვანია გვესმოდეს, თუ როგორ უნდა განაგრძოს ენერგოკომპანიამ, როგორ განაახლოს წარმოება, სად და როგორ მოძებნოს ახალი ზრდის წერტილები, როდესაც იმპულსი იკლებს და ბაზრები დაიწყებენ აღდგენას.

ენერგოკომპანიის დაცვა!

1. თანამშრომლების უსაფრთხოება.

ეს არის ლიდერის უპირველესი ამოცანა და აქ მნიშვნელოვანია სისტემატური მიდგომა. პანდემიის პირველ კვირებში ბევრი მენეჯერი ადევნებდა თვალყურს სამედიცინო ინფორმაციას, ავრცელებდა მას თანამშრომლებს შორის და აახლებს სანიტარიულ და ჰიგიენურ წესებს შენობის დასუფთავებისთვის. საბოლოოდ, პერსონალი მაქსიმუმამდე გაგზავნეს დისტანციურად სამუშაოდ.

2. კომპანიის მოგების, ზარალის და ლიკვიდურობის სტრეს ტესტის ჩატარება.

სამუშაო გეგმა აღარ არის გამოსაყენებელი - ის უნდა შემოწმდეს საბაზრო რეალობებთან. მენეჯერმა უნდა იწინასწარმეტყველოს, როგორ განვითარდება მაკროეკონომიკური სიტუაცია და როგორ იმოქმედებს ეს ორგანიზაციის მოგება-ზარალზე. მაგალითად, თუ ვსაუბრობთ სატრანსპორტო ინდუსტრიაზე, მაშინ სად წავა სპეციალისტები, როცა ამის შესაძლებლობა გაჩნდება, როგორი იქნება მათი საჭიროებები, როგორ გადანაწილდება ნაკადები. შეუძლებელია ზუსტი პროგნოზების გაკეთება, ამიტომ მნიშვნელოვანია გამოვთვალოთ რამდენიმე მაკროეკონომიკური სცენარი (საბაზისო, უარყოფითი და დადებითი), შემდეგ კი გავიგოთ, რა მოუვა კომპანიის შემოსავალს, ხარჯებს და სამუშაო კაპიტალს. ანალოგიურად, ღირს კაპიტალური ხარჯების გადახედვა, ზოგიერთი პროექტის შეჩერება, სხვების შენელება და მწირი რესურსების გადამისამართება უფრო პერსპექტიულ სფეროებში. მაგალითად, ბოლო წლებში საქონლისა და მომსახურების მოხმარება შემოვიდა ონლაინში და კრიზისი უდავოდ გააძლიერებს ამ ტენდენციას. ასე რომ, ჩვენ უნდა გავამახვილოთ ყურადღება ონლაინ რესურსების განვითარებაზე ან გაძლიერებაზე. თქვენ შეგიძლიათ უბრალოდ გადათვალოთ პროექტის პარამეტრები - შეამციროთ ხარჯები, დაგეგმოთ ნაკლები შემოსავალი.

უმჯობესია სამუშაო გეგმა შეადგინოთ მოკლე პერიოდებზე - 3, 6 და 18 თვეზე და დაარეგულიროთ ბაზრის სიტუაციიდან გამომდინარე.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ლიკვიდურობას და შესაძლო ფულადი ხარვეზებს. რეალური ფული ამ მომენტში მთავარია. კომპანიამ მაქსიმალურად უნდა დააგროვოს თანხა, მიიღოს, თუ ეს შესაძლებელია, გადასახადების გადავადება და დებიტორული დავალიანების შეგროვება. მაღალი საპროცენტო განაკვეთით აღებული მოკლევადიანი სესხები ბიზნესს უბიძგებს, ამიტომ ისინი უნდა დაიხუროს. თუ კომპანიას მაინც შეეძლება შემოსავლის შემცირება, მაშინ შეიძლება პრობლემები შეექმნას კრედიტორებთან.

რამდენიმე თვით წინასწარ გეგმების შედგენისას ცალკე უნდა განჭვრიტოთ ყველაზე ექსტრემალური სცენარიც, როცა კომპანიისთვის ყველაფერი ყველაზე უარესი იქნება.

3. დაიცავით თავი შემოსავლის შემცირებისგან.

კრიზისის დროს კომპანიის ერთ-ერთი მთავარი პრობლემა შემოსავლების ვარდნაა. ის ყოველთვის უფრო სწრაფად იკლებს, ვიდრე ხარჯები - ეს არის ბიზნესის კანონი.

შეუძლებელია ზოგადი რეცეპტის მიცემა იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა შეაჩეროს შემოსავლის შემცირება - ბევრი რამ არის დამოკიდებული ინდუსტრიის სპეციფიკაზე. მაგალითად, რესტორნებმა, რომლებიც ვერ ემსახურებიან მომხმარებელს პირადად, დაიწყეს მზა კერძების მიწოდება, ზოგიერთი კომპანია პირველად შემოვიდა ონლაინ გაყიდვაში ან გაამდიერა ეს არხი. საერთაშორისო მოგზაურობაზე ორიენტირებული ტურისტული სააგენტოები ცდილობენ.

დღესდღეობით კადრების თანამშრომლები უჩივიან მცირე და საშუალო ორგანიზაციებში სხვადასხვა ვაკანსიაზე დასაქმების სირთულეებს.

ასე რომ, ტესტის შედეგების მიხედვით, ადამიანში დგინდება წამყვანი ასო. მათგან მხოლოდ ოთხია: P, A, E, I. რეალურად ტესტს PAEI ჰქვია. ზოგჯერ ადამიანს აქვს ორი წამყვანი ასო და შემდეგ ისინი ერთნაირად მოქმედებს მასზე.

ტესტი „იცოდე შენი PAEI“

არაერთხელ გვინახავს, თუ როგორ აღმოჩნდება ლიდერი, რომელიც დარწმუნებულია, რომ უკვე აქვს მართვის დემოკრატიული სტილი, მათი აზრით, ვინც მუშაობდა, არის ნამდვილი ტირანი და ტოპ მენეჯერი, რომელსაც სჯეროდა, რომ ის უბრალოდ იყო თავის საქმეს აკეთებდა, თანამშრომლების თვალსაზრისით იყო ნამდვილი ლიდერი-ინტეგრატორი. ამრიგად, ამ ტესტის ჩაბარებით თქვენ მიიღებთ ბევრად უფრო ობიექტურ სურათს და ნახავთ, როგორ აღიქვამენ სხვები თქვენს ქცევას.

ტესტი -ალგორითმი ენერგოკომპანიისთვის!

ინსტრუქციები PAEI ტესტ-ალგორითმისთვის

1. თუ ქვემოთ მოთავსებული კითხვარის პასუხები მოთავსებულია 0-10 ქულას შორის, მაშინ ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ხასიათდება შემდეგი კოდის აბრევიატურით **poio**, რაც ნიშნავს რო მას არ გაჩნია არანაირი მენეჯერული თვისებები და ვერ იმუშავებს ვერანაირ თანამდებობაზე, გარდა რიგითი სამუშაოს!
2. თუ ქვემოთ მოთავსებული კითხვარის პასუხები მოთავსებულია 10-20 ქულას შორის, მაშინ ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ხასიათდება შემდეგი კოდის აბრევიატურით **paio**, რაც ნიშნავს რო მოკლევადიან პერიოდში ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ახერხებს რუტინული სამუშაოს შესრულებას და მომხმარებელთა მოთხოვნის საშუალოდ დაკმაყოფილებას.

3. თუ ქვემოთ მოთავსებული კითხვარის პასუხები მოთავსებულია 20-30 ქულას შორის, მაშინ ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ხასიათდება შემდეგი კოდის აბრევიატურით paoi, რაც ნიშნავს რომ მოკლევადიან პერიოდში ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ახერხებს პროდუქტიულ, ადმინისტრაციულ, ინტეგრირებულ მოქმედებას.
4. თუ ქვემოთ მოთავსებული კითხვარის პასუხები მოთავსებულია 30-40 ქულას შორის, მაშინ ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ხასიათდება შემდეგი კოდის აბრევიატურით pAei ენერგოკომპანიაში ამ როლის შემსრულებელი მენეჯერისთვის ყველაზე მნიშვნელოვანია მრავალი ადმინისტრაციული, წმინდა მენეჯერული საკითხის გადაჭრა, კერძოდ, პერსონალის დაქირავება და შერჩევა, ანგარიშგება, დოკუმენტაციის შემუშავება, წარმოებისა და მარკეტინგის დაგეგმვა, დაგეგმილი და ეკონომიკური ინდიკატორების შესრულების მონიტორინგი.
5. თუ ქვემოთ მოთავსებული კითხვარის პასუხები მოთავსებულია 40-50 ქულას შორის, მაშინ ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ხასიათდება შემდეგი კოდის აბრევიატურით paeI-ს ენერგოკომპანიაში აღნიშნული კოდი მენეჯერ-ადმინისტრატორებს კარგად ესმის სპეციალისტების, მაგრამ ნაკლებად სავარაუდოა, რომ იყოს სრულყოფილი მწარმოებელი, მეწარმე ან ადმინისტრატორი.
6. თუ ქვემოთ მოთავსებული კითხვარის პასუხები მოთავსებულია 50-60 ქულას შორის, მაშინ ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ხასიათდება შემდეგი კოდის აბრევიატურით PAei -ს ენერგოკომპანიაში აღნიშნული კოდი არის თანამშრომლები (P და A) დამახასიათებელია ინტროვერტებისთვის, ასე რომ, მენეჯერებს, რომლებიც მიდრეკილნი არიან შეასრულონ მოკლევადიანი მიზნები, ეშინიათ ფართომასშტაბიანი პროექტების - ეს არის ინტროვერტული მიდგომა საქმიანობის მიმართ.
7. თუ ქვემოთ მოთავსებული კითხვარის პასუხები მოთავსებულია 60-70 ქულას შორის ან 70-ზე მეტი, მაშინ ენერგოკომპანიის თანამშრომელი ხასიათდება შემდეგი კოდის აბრევიატურით paEI -ს ეს ენერგოკომპანიაში (E და I) - ექსტროვერტებისთვის არის დამახასიათებელი და ასეთი მენეჯერები, რომლებიც ცდილობენ გრძელვადიან პერსპექტივით ორგანიზაციის მუშაობის ოპტიმიზაციას და ამ მიზნისთვის ამბიციურ პროექტებს ახორციელებენ, აშკარად აჩვენებენ ექსტრავერტულ აზროვნებას და ექსტრავერტულ (ან ენერგო ინტენსიური) მიდგომას საქმიანობის მიმართ. ასევე აქ შეიძლება დავარღვიოთ სუბორდინაცია და ერთი კოდი დაუმატოთ PAEI-ს სახით ასეთი მენეჯერები არიან ასევე პროდუქტიულები და მეწარმის უნარებით დაჯილდოებულები.

„**ალგორითმი** — იმ მოქმედებათა ერთობლიობის ზუსტი და სრული აღწერა, რომელთა მკაცრად განსაზღვრული თანმიმდევრობით შესრულება განაპირობებს დასმული ამოცანის ამოხსნას. ტერმინი *ალგორითმი* IX საუკუნის შუა აზიელი მოაზროვნის მუჰამად ბენ მუსა ალ-ხვარაზმის სახელის ლათინურ ტრანსკრიფციას უკავშირდება (Algorithmi)“ მასალა ვიკიპედიიდან თავისუფალი ენციკლოპედია;

ტესტი - ალგორითმი

1. შემიძლია პრობლემების ეფექტიანად დაყენება და გადაჭრა. საუბარს არ ვწყვეტ, ვმოქმედებ. ჩემს ძალისხმევას მივმართავ იმისთვის, რომ ჩემი გეგმები განხორციელდეს.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

2. სერიოზული ვარ და მომწონს ყველაფერში წესრიგი. სპეციალისტები ფიქრობს, რომ ზედმეტად მომთხოვნი ვარ, რადგან არც ერთი დეტალი არ გამომჩრეს.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

3. თავს შემოქმედებით ადამიანად ვთვლი. ვერ ვიტან ერთფეროვნებას. მიყვარს ახალი იდეების გენერირება და ახალი პროექტების ინიცირება.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

4. მე ვარ რისკისადმი მიდრეკილი. მე მიყვარს საკუთარი თავის გამოწვევა და სარისკო ბიზნეს წამოწყებები.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

5. ენერგოკომპანიის მართვის დროს მეთოდური მიდგომა მირჩევნია. მიყვარს წესრიგისა და დისციპლინის შენარჩუნება.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

6. მე მიყვარს საქმის კეთება, რომელიც არ მოითხოვს კოლეგებთან ურთიერთობას და კომუნიკაციას.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

7. მე არ მიჭირს სხვა ადამიანებთან დაკავშირება. კომუნიკაბელური ვარ. ჩემთვის ადვილია სხვების საჭიროებების გაგება.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

8. ვცდილობ, დატვირთვა გავანაწილო თანამშრომლებს (კოლეგებს) შორის, ვაძლევ მათ საშუალო სირთულის დავალებებს.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

9. მთელ ჩემს ყურადღებას ვამახვილებ იმაზე, თუ როგორ შევასრულო მიმდინარე დავალება ან პასუხისმგებლობა.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

10. სხვებისგან განსხვავებულები ვარ წინდახედულობით. მაინტერესებს ის ამოცანები, რომლებიც მომავალში შეიძლება წარმოიშვას.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

11. ყურადღებას ვაქცევ „ვინ“ შეასრულებს ამა თუ იმ დავალებას, შეძლებს თუ არა ეს ადამიანი მის განხორციელებას.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

12. ჩემი სიმპათიები და მხარდაჭერა იმ კოლეგების მხარეზეა, რომლებიც აფასებენ ახალ იდეებს, ახალ ამოცანებს ან პროექტებს.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

13. ჩემი თანაგრძნობა და მხარდაჭერა იმ კოლეგების მხარეზეა, რომლებიც მხარს უჭერენ ჩემს მოთხოვნებს და შეთანხმდებიან.

- ა) ხშირად -2 ქულა

- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

14. ჩემი სიმპათიები და თანადგომა იმ კოლეგების მხარეზეა, რომლებიც მაცნობებენ რა ხდება ორგანიზაციაში.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

15. მე ვარ შრომისმოყვარე. სამსახურში ვატარებ დროს, რომელიც შემემძლო ოჯახთან ერთად გავატარო ან შვებულებაში გავატარო.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

16. მე მძულს შეცდომები. მათ არ ვაპატიებ არც ჩემს თავს და არც ჩემს კოლეგებს.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

17. ხშირად ვგრძნობ თავს გაუგებრად. ჩემი კოლეგები არასწორად ხსნიან იმას, რასაც მე მათ ვეუბნები.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

18. მე ძალიან ნელი ვარ. მაგრამ როცა მიზანს ვაღწევ, დარწმუნებული ვარ, რომ საქმე უნაკლოდ კეთდება.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

19. სწრაფად ვმოქმედებ. ამავდროულად, ვიღებ უამრავ საქმეს და პროექტს.

- ა) ხშირად -2 ქულა
- ბ) ხანდახან - 1 ქულა
- გ) იშვიათად - 3 ქოლა
- დ) არასოდეს 0 ქულა.

21. მე ვუყურებ სიტუაციებსა და პრობლემებს ფართოდ და გლობალურად.

- ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

22. ჩემს საქმიანობაში უფრო მნიშვნელოვანად მიმაჩნია პროცესი.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

23. ჩემს საქმიანობაში შედეგს უფრო მნიშვნელოვანად ვთვლი.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

24. მირჩევნია არა სტრუქტურირებული ამოცანები.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

25. მირჩევნია სტრუქტურირებული ამოცანები.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

26. როცა პროგოცირებას ახდენენ ან ნერვებს ვკარგავ, ვხდები დიქტატორი.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

27. როცა კონფლიქტურ სიტუაციაში აღმოვჩნდები, ვჩუმდები და ერთი ნაბიჯით უკან ვიხევი.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

28. ჩემი ყურადღება წარსულის, აწმყოს თუ მომავლისკენ არის მიმართული, ეს დამოკიდებულია განხილვის საგანზე.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

29. როცა პრობლემა იჩენს თავს, ამ წამს ვჩქარობ მის გადაჭრას.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

31. არ მიყვარს ცვლილებები, ისინი ხელს უშლიან მუშაობაში.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

32. ცვლილებების ინიციატორი მე ვარ.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

33. ვფიქრობ, რომ ცვლილებებს უნდა დაველოდოთ. ახლა არ არის შესაფერისი დრო შეცვლისთვის.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

34. როცა პრობლემებს ვაგვარებ, ყურადღებას ვამახვილებ მონაცემების შეგროვებაზე, გადამოწმებასა და ანალიზზე. მე მიყვარს თვლა და რიცხვები.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

35. პრობლემების გადაჭრისას ძირითადად ყურადღებას ვამახვილებ ახალ იდეებზე, რომლებსაც ვუზიარებ ჩემს კოლეგებს.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

36. პრობლემების გადაჭრისას ყურადღებას ვაქცევ ჩემი კოლეგების თვალსაზრისს და აზრს.

ა) ხშირად -2 ქულა

ბ) ხანდახან - 1 ქულა

გ) იშვიათად - 3 ქოლა

დ) არასოდეს 0 ქულა.

დასკვნა

კრიზისული სიტუაციების მართვა და ეფექტიანი მენეჯმენტი ენერგეტიკულ სექტორში ორი ურთიერთდამოკიდებული პროცესის სინთეზს მოითხოვს: სწრაფი, ოპერატიული რეაგირების უნარს და გრძელვადიანი სტრატეგიული ხედვის არსებობას. როგორც სტატიაში განხილული მასალა აჩვენებს, წარმატებული კრიზისული მენეჯმენტი იწყება თანამშრომელთა უსაფრთხოებით, გრძელდება ფინანსური სტაბილურობის უზრუნველყოფით და მთავრდება ორგანიზაციის ტრანსფორმაციით.

PAEI მეთოდოლოგია, რომელიც წარმოდგენილია ტესტ-ალგორითმის სახით, უზრუნველყოფს ობიექტურ ინსტრუმენტს თანამშრომელთა მენეჯერული კომპეტენციების შესაფასებლად. ეს სისტემა საშუალებას იძლევა იდენტიფიცირდეს არა მხოლოდ ინდივიდუალური ძლიერი მხარეები (პროდუქტიულობა, ადმინისტრირება, მეწარმეობა, ინტეგრაცია), არამედ განისაზღვროს ოპტიმალური როლები ორგანიზაციის სტრუქტურაში.

განსაკუთრებული ყურადღება ღირს მივაქციოთ იმ ფაქტს, რომ წარმატებული ენერგოკომპანია არ შემოიფარგლება მხოლოდ "დაცვით" - მნიშვნელოვანია "აღდგენის" რეჟიმზე გადასვლაც, სადაც კრიზისი ხდება ახალი შესაძლებლობების წყარო. ეს მოითხოვს როგორც ინტროვერტული (P და A), ისე ექსტროვერტული (E და I) მენეჯერული უნარების ბალანსს ორგანიზაციაში.

საქართველოს ენერგეტიკული სექტორი, რომელიც წინაშე მდგარია როგორც რეგიონული, ისე გლობალური გამოწვევების, მოითხოვს სწორედ ასეთ ინტეგრირებულ მიდგომას - სადაც სისტემური ალგორითმული დაგეგმვა ერწყმის მოქნილ, ადაპტირებად ლიდერობას. მხოლოდ ამ გზით შეძლებს ენერგოკომპანიები არა მხოლოდ გადარჩნას კრიზისში, არამედ გამოსვლას მისგან უფრო ძლიერი და კონკურენტუნარიანი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. <https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1-%83%90%E1%83%9A%E1%83%92%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%97%E1%83%9B%E1%83%98>.
2. ჭანტურია, ვ., გოგოლაძე, თ. (2019). ორგანიზაციული ქცევა და მენეჯმენტი. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გამომცემლობა.
3. ფაფავა, ვ., ჯიქია, გ. (2020). კრიზისული მენეჯმენტი თანამედროვე ორგანიზაციებში. თბილისი: უნივერსალი.
4. შენგელია, ნ., გოცირიძე, მ. (2021). ადამიანური რესურსების მართვა. თბილისი: ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა.

5. ბერიანიძე, ლ., კობახიძე, ა. (2018). ლიდერობა და მენეჯმენტი. თბილისი: მერიდიანი.
6. ხარაიშვილი, ე., ფუტყარაძე, მ. (2022). სტრატეგიული მენეჯმენტი და ორგანიზაციული განვითარება. თბილისი: ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა.
7. დოლიძე, ა., ჩიტაშვილი, დ. (2020). ენერგეტიკული მენეჯმენტი და პოლიტიკა საქართველოში. თბილისი: ნეკერი.
8. მესხია, ი., თევზაძე, გ. (2019). ფინანსური მენეჯმენტი და რისკების შეფასება. თბილისი: ლოგოსი.
9. Northouse, Peter G. (2021). Leadership: Theory and Practice. 9th edition. Thousand Oaks: SAGE Publications.
10. Daft, Richard L. (2022). The Leadership Experience. 8th edition. Boston: Cengage Learning.
11. Robbins, Stephen P., Judge, Timothy A. (2022). Organizational Behavior. 19th edition. Harlow: Pearson Education.
12. Armstrong, Michael, Taylor, Stephen. (2023). Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice. 16th edition. London: Kogan Page.
13. Mitroff, Ian I., Pearson, Christine M., Harrington, L. Katharine. (2020). The Essential Guide to Managing Corporate Crises. Oxford: Oxford University Press.
14. Yergin, Daniel. (2020). The New Map: Energy, Climate, and the Clash of Nations. New York: Penguin Press.

Management and feedback of an energy company in crisis; test - algorithm for an energy company

Maia Lomsadze-Kuchava¹; Tamar Tsereteli²; Khatuna Giorgadze³; Giorgi Korkotadze⁴

¹Professor , Georgian Technical University; ²Associate Professor, Georgian Technical University; ³Assistant Professor, Georgian Technical University; ⁴Master's student Georgian Technical University

Abstract

The present article is devoted to the current issues of crisis management in the energy sector and presents a comprehensive approach to increasing organizational effectiveness. The work includes two interrelated parts: the first discusses the strategic and operational aspects of crisis management, and the second presents the PAEI test-algorithm for assessing managerial competencies.

The article describes in detail the "protection" and "recovery" mechanisms of the energy company, which include: ensuring employee safety, stress testing of financial sustainability,

revenue protection strategies and liquidity management. Special emphasis is placed on the importance of short-term (3-6-18 months) planning and the necessity of scenario analysis taking into account the basic, negative and positive development options.

The second part of the article presents a practical implementation of the PAEI methodology for energy companies. The test algorithm allows identifying four main managerial roles: P (productivity), A (administration), E (entrepreneurship) and I (integration). Based on a 36-question questionnaire that assesses the distribution of responsibilities, problem-solving approaches and leadership styles, the employee's managerial profile is determined according to seven categories (from pooo to PAEI).

The article also discusses the importance of balancing introverted (P and A) and extroverted (E and I) approaches in an organizational context. The author emphasizes that a crisis is not only a threat, but also an opportunity - to identify new points of transformation and growth.

The paper aims to offer practical tools for the management of energy companies that will help both effectively respond to crisis situations and form long-term competitive advantages. The article is intended for managers of energy companies, HR specialists, business consultants and all those interested in organizational development and crisis management.

Keywords: crisis management, energy company, PAEI methodology, managerial competencies, leadership styles, financial liquidity, stress testing, organizational transformation, human resource management.

მუხლის სახსრის ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტისა და სინოვიური გარსის იმუნოჰისტოქიმიური ცვლილებების თვისებურებები სხვადასხვა ხარისხის რევმატოიდური დაზიანების დროს

ხათუნა გერმისაშვილი¹; ელენე (დოდო) ქართველიშვილი²; ნინო თევზაძე³; მაგდა ჯანგიანი⁴; გიორგი ბურკაძე⁵

¹თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის დოქტორანტი, ექიმი; ²თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ემერიტუს პროფესორი; n.qavtaradze@yahoo.com; ³თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სასწავლო სამეცნიერო და დიაგნოსტიკური ლაბორატორიის პათოლოგანატომი; niniatvezadzel@gmail.com; ⁴თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პათოლოგიური ანატომიის დეპარტამენტის რეზიდენტი; ექიმი; jangianimagda@gmail.com; ⁵თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი; პროფესორი; ექიმი პათოლოგანატომი; E-mail: burkadze@yahoo.com g.burkadze@tsmu.edu Phone Number: 599578833 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5028-4537>

აბსტრაქტი

რევმატოიდული ართრიტი (RA) სახსრების ყველაზე გავრცელებული ქრონიკული ანთებითი დაავადებაა, რომელიც მოსახლეობის დაახლოებით 1%-ს აწუხებს. ხოლო 60 წელზე უფროსი ასაკის ადამიანებში გავრცელება 2%-ზე მეტია. განსხვავებით პირველადი მუხლის სახსრის ოსტეოართრიტებისგან, რომელიც ასოცირებულია სასახსრე ხრტილის ასაკობრივ ცვეთასთან და დროთა განმავლობაში თანდათან პროგრესირებს, რევმატოიდული ართრიტი შესაძლოა ნებისმიერ ასაკში გამოვლინდეს, ეს დაავადება ყოველწლიურად 100 000 ახალ შემთხვევაზე 5-50 შემთხვევა ფიქსირდება. ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა მუხლის სახსრის ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტისა და სინოვიური გარსის იმუნოჰისტოქიმიური ცვლილებების თვისებურებების შესწავლა სხვადასხვა ხარისხის რევმატოიდური დაზიანების დროს. ჩვენი კვლევის ფარგლებში განხორციელებულ იქნა კოჰორტული რეტროგრადული კვლევა. შერჩეული იქნა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სასწავლო-სამეცნიერო და დიაგნოსტიკურ ლაბორატორიაში 2017-2025 წლებში არსებული საარქივო მასალის, 20 შემთხვევის არაპერსონიფიცირებული პარაფინის ბლოკი. ჩვენს მიერ საკვლევ ჯგუფად შერჩეული შემთხვევები დავყავით რამოდენიმე ქვეჯგუფებად. ცალკე იქნა შეფასებული

ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის და სინოვიური გარსების იმუნოჰისტოქიმიური თავისებურებანი, ორივე კომპონენტში გამოვყავით დაზიანების სხვადასხვა ხარისხები, რომლისთვისაც გამოყენებული იქნა ზემოთ სინოვიურის გარსისა და ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის შეფასების სისტემები. როგორც კვლევის შედეგები უჩვენებს დაავადება პროგრესირებს სინოვიური გარსიდან ძვლოვან ქსოვილში. ხოლო დაავადების პროგრესიის სტატისტიკურად სარწმუნო იმუნოჰისტოქიმიურ მარკრებს მიეკუთვნება CD138, a-SMA და CD68.

ზემოთ ხსენებული შედეგების საფუძველზე, კვლევის პრაქტიკულ ღირებულებას წარმოადგენს ის, რომ რევმატიული დაავადების ადრეული დიაგნოსტიკისათვის მნიშვნელოვანია სინოვიური გარსების ბიოფსია და აღნიშნული მეთოდის კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვისათვის აუცილებელია ამ მიმართულებით შემდგომი ფართომასშტაბიანი კვლევის გაგრძელება.

საკვანძო სიტყვები: რევმატოიდური ართრიტი; CD138; a-SMA; CD68.

შესავალი

რევმატოიდული ართრიტი (RA) სახსრების ყველაზე გავრცელებული ქრონიკული ანთებითი დაავადებაა, რომელიც მოსახლეობის დაახლოებით 1%-ს აწუხებს¹. ხოლო 60 წელზე უფროსი ასაკის ადამიანებში გავრცელება 2%-ზე მეტია².

მისი განვითარების რისკის 50%-ს გენეტიკურ ფაქტორები მიეკუთვნება, სხვა რისკ-ფაქტორებს წარმოადგენს სქესი, ასაკი, ჰორმონალური და გარემო ცვლილებები, როგორცაა თამბაქო და ა.შ. განსხვავებით პირველადი მუხლის სახსრის ოსტეოართრიტებისგან, რომელიც ასოცირებულია სასახსრე ხრტილის ასაკობრივ ცვლასთან და დროთა განმავლობაში თანდათან პროგრესირებს, რევმატოიდული ართრიტი შესაძლოა ნებისმიერ ასაკში გამოვლინდეს, ეს დაავადება ყოველწლიურად 100 000 ახალ შემთხვევაზე 5-50 შემთხვევა ფიქსირდება^{3,4}.

რევმატოიდული ართრიტის დროს სინოვიური ცვლილებები განსხვავდება დაავადების პროგრესირების მიხედვით. დაავადების პირველ კვირებში ვლინდება ქსოვილების შეშუპება და ფიბრინის დეპონირება, რაც კლინიკურად შეიძლება გამოვლინდეს სახსრების შეშუპებითა და ტკივილით. ტკივილი ძირითადად წარმოიქმნება სახსრის არახრტილოვანი კომპონენტების ცვლილებებით, როგორცაა სახსრის კაფსულა, სინოვიური გარსი, სუბქონდრული ძვალი, იოგები და პერიარტიკულური კუნთები^{5,6}. დაავადების პროგრესირებასთან ერთად ეს სტრუქტურები ზიანდება და შეიძლება გამოვლინდეს ცვლილებები, რომლებიც მოიცავს ძვლის რემოდელირებას, ოსტეოფიტების წარმოქმნას, პერიარტიკულური კუნთების დასუსტებას, იოგების მოდუნებასა და სინოვიურ გამონაჟონს⁷. სიმპტომების დაწყებიდან 4-6 კვირაში უკვე

ადინიშნება სინოვიური შრის გასქელება, სისხლძარღვთა პროლიფერაცია და დიფუზური ანთებითი ინფილტრატი, რომელიც შედგება მაკროფაგებისგან, ლიმფოციტებისგან, ნეიტროფილებისგან, პოხიერი და დენდრიტული უჯრედებისგან⁸. სინოვიური გარსი ხდება ჰიპერპლაზიური, ვრცელდება ჩვეულებრივ ათი ან მეტი უჯრედის სიღრმეზე და შედგება A ტიპის (მაკროფაგების მსგავსი) და B ტიპის (ფიბრობლასტების მსგავსი) სინოვიოციტებისგან.

რევმატოიდული ართრიტის დამახასიათებელი ნიშანია ასევე ადგილობრივად ინვაზიური სინოვიალური ქსოვილის - პანუსის - ფორმირება. პანუსი ჰისტოლოგიურად განსხვავდება სინოვიალური გარსის სხვა უბნებისგან და ავლენს პროგრესირების ფაზებს. თავდაპირველად, ხრტილში აღწევს სინოვიალური პანუსი, რომელიც შედგება მონონუკლეარული უჯრედებისა და ფიბრობლასტებისგან, სინოვიალური გარსის უჯრედების მიერ მატრიქსული მეტალოპროტეინაზების მაღალი დონის ექსპრესიით. დაავადების გვიან ფაზებში, უჯრედული პანუსი შეიძლება შეიცვალოს ფიბროზული პანუსით.

კვლევები მიუთითებს T უჯრედებისა და HLA-DR (MHC კლასი II) მოლეკულების მნიშვნელოვან როლზე რევმატოიდული ართრიტის პათოგენეზში. ეს უჯრედები უფრო მეტად პასუხისმგებელი არიან რევმატოიდული ართრიტის სისტემურ ინიცირებაზე, HLA-DR (MHC class II) მოლეკულებთან ურთიერთქმედებების გზით. მაგრამ რამდენად არიან ისინი სახსრის მიკროგარემოში მიმდინარე ქრონიკული ანთების ძირითადი მამომრავებელი ფაქტორები და რამდენად დიდია მათი პირდაპირი როლი სინოვიტსა და სახსრების დესტრუქციაში ჯერ კიდევ გაურკვეველია. სინოვიუმში ნაპოვნი T უჯრედები ძირითადად მეხსიერების T უჯრედებია (CD45 იზოფორმები), რომლებიც სხვადასხვა ადგილიდან არიან რეკრუტირებული და არა სახსრის შიგნით მომწიფებული უჯრედები. მას შემდეგ რაც ისინი ინიცირებას გაუწევენ ანთებით პროცესს სხვა იმუნური უჯრედები და სახსრის საკუთარი ფიბრობლასტები აგრძელებენ ქსოვილების დესტრუქციას და ანთებით პროცესს.

არსებობს მუხლის სახსრის დაზიანების შეფასების სხვადასხვა სისტემები. Krenn Synovitis Score (KSS) - კრენის ჰისტოპათოლოგიური სინოვიტის ქულა სტანდარტიზებული შეფასების მეთოდია, იგი ფართოდ გამოიყენება სახსრების დაავადებების დიფერენციალურ დიაგნოზში, რომელის საშუალებითაც ფასდება სინოვიური გარსის დაზიანება⁹. შეფასება ემყარება სამ მთავარ ჰისტომორფოლოგიურ მახასიათებელს (ლორწოვანი გარსის ჰიპერპლაზია, სტრომა და ანთებითი ინფილტრაცია.) მერყეობს 0-დან 9 ქულამდე - სადაც 1-4 ქულა მიუთითებს დაბალი ხარისხის სინოვიტზე, ხოლო 5-9 ქულა მიუთითებს მაღალი ხარისხის სინოვიტზე და ყველაზე ხშირად ასოცირდება რევმატოიდულ ართრიტთან^{10,11}.

მეორე, ასევე მნიშვნელოვან, შეფასების სისტემას წარმოადგენს მანკინის ქულა (Mankin

Score) - ჰისტოლოგიურ-ჰისტოქიმიური სისტემა, რომელიც უკვე 40 წელზე მეტია ფართოდ გამოიყენება მუხლის ოსტეოართრიტის არსებობის, მასშტაბისა და სიმძიმის დასადგენად. მისი მეშვეობით უპირატესად ფასდება სასახსრე ხრტილის დაზიანების ხარისხი. იგი მოიცავს ოთხ კომპონენტს და შეფასების შკალა მერყეობს 0-დან 14 ქულამდე. ყველა ხშირად იგი გამოიყენება ხრტილის ბოლო სტადიის დეგენერაციის მქონე ნიმუშებზე.

კვლევის მიზანი

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა მუხლის სახრის ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტისა და სინოვიური გარსის იმუნოჰისტოქიმიური ცვლილებების თვისებურებების შესწავლა სხვადასხვა ხარისხის რევმატოიდური დაზიანების დროს.

საკვლევი მასალა და მეთოდები

ჩვენი კვლევის ფარგლებში განხორციელებულ იქნა კოჰორტული რეტროგრადული კვლევა. შერჩეული იქნა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სასწავლო-სამეცნიერო და დიაგნოსტიკურ ლაბორატორიაში 2017-2025 წლებში არსებული საარქივო მასალის, 20 შემთხვევის არაპერსონიფიცირებული პარაფინის ბლოკი.

კვლევის ფარგლებში გამოყენებულ იქნა ჰემატოქსილინ-ეოზინით (H&E) შეღებვისა და იმუნოჰისტოქიმიური კვლევის მეთოდები. იმუნოჰისტოქიმიური კვლევის შედეგები შეფასდა 100 სამიზნე უჯრედში მარკერების პოზიტიური ექსპრესიის პროცენტული მაჩვენებლის მიხედვით.

იმუნოჰისტოქიმიური ტექნოლოგიის გამოყენებით შესწავლილი და შეფასებული იქნა შემდეგი მარკერების ექსპრესია:

CD45 – რომელიც წარმოადგენს ანთების ზოგად მარკერს, რევმატოიდული დაზიანების დროს სინოვიალურ გარსში იგი მიუთითებს ანთებით ინფილტრატზე. CD68 (მაკროფაგების მარკერი) – CD68⁺ ქსოვილოვანი მაკროფაგები (A ტიპის სინოვიოციტები) აძლიერებენ ანთებას ციტოკინებისა და მატრიქსის დამშლელი ფერმენტების გამოყოფით. CD68⁺ უჯრედების მაღალი ექსპრესია პროგრესირებადი ძვლის ეროზიისა და დაავადების გაზრდილი აქტივობის პროგნოზირებადი ფაქტორია. MHC-II - ექსპრესირდება ანტიგენ-წარმდგენელ უჯრედებზე (მაკროფაგები, დენდრიტული უჯრედები, გააქტიურებული ფიბრობლასტები). მისი არსებობა მიუთითებს სინოვიალურ APC-ებს, რომლებიც წარმოადგენენ პეპტიდურ ანტიგენებს CD4⁺ T უჯრედებს და კორელაციაშია ადგილობრივ იმუნურ აქტივაციასთან^{13,14}; CD138 (პლაზმური უჯრედების მარკერი) – CD138⁺ პლაზმური უჯრედების კლასტერები

ამლიერებს ადგილობრივი აუტოანტისხეულების გამომუშავებას. მათი სიმრავლე შეესაბამება მაღალი ხარისხის სინოვიტს და სისტემურ სეროპოზიტიურობას, რაც უფრო აგრესიული დაავადების ფენოტიპს აღნიშნავს. α -SMA – ექსპრესირდება მიოფიბრობლასტების და გააქტიურებული ფიბრობლასტის მსგავსი სინოვიოციტების მიერ. α -SMA-ს ხაზს უსვამს ფიბროზული რემოდელირების შედეგად გამოწვეულ სახსრის დაზიანებას და მიუთითებს RA-ს ფიბროზული დესტრუქციული კომპონენტის არსებობაზე

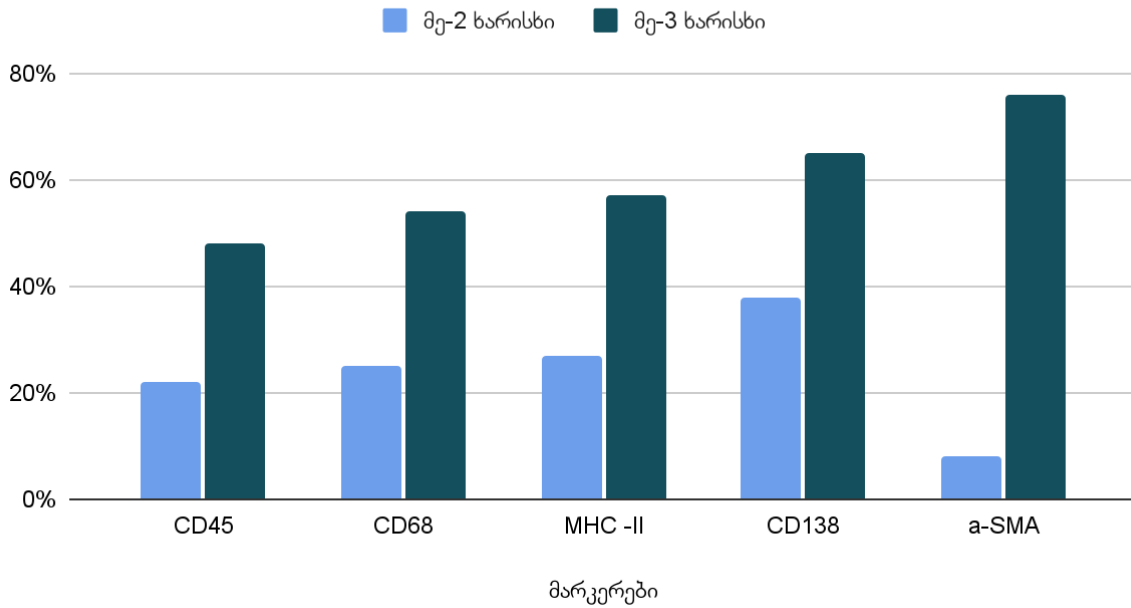
ამ ხუთი მარკერის იმუნოჰისტოქიმიური შეფასება აუმჯობესებს მუხლის რევმატოიდული ართრიტის ჰისტოპათოლოგიურ შეფასებას, რაც ხელს უწყობს როგორც დიაგნოსტიკური სიზუსტეს, ასევე თერაპიული გადაწყვეტილების მიღებას.

ჩვენს მიერ საკვლევ ჯგუფად შერჩეული შემთხვევები დაყავით რამოდენიმე ქვეჯგუფებად. ცალკე იქნა შეფასებული ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის და სინოვიური გარსების იმუნოჰისტოქიმიური თავისებურებანი, ორივე კომპონენტში გამოვყავით დაზიანების სხვადასხვა ხარისხები, რომლისთვისაც გამოყენებული იქნა ზემოთ აღნიშნული სინოვიურის გარსისა და ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის შეფასების სისტემები. კრენის ჰისტოპათოლოგიური სინოვიტის ქულის მიხედვით გამოვყავით სინოვიური გარსის დაზიანების სამი ხარისხი. I ხარისხი შეესაბამება სინოვიუმის დაბალი ხარისხის დაზიანებას, იგი შეესაბამება 0-5 ქულას, 5-7 ქულა - II ხარისხის დაზიანება. 8-9 - III ხარისხის დაზიანება. ანალოგიური პრინციპით გამოვიყენეთ მანკინის შეფასების შკალა ხვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის შეფასებისთვის. სადაც 0-5 ქულა - I ხარისხის - სასახსრე ხრტილის ადრეული დაზიანება. 6-10 - II ხარისხის - ზომიერი დაზიანება. 11-14 - III ხარისხის. ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა როგორც სინოვიური გარსის ისე, ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის II და III ხარისხის დაზიანებები და მათში იმუნოჰისტოქიმიური ცვლილებების თავისებურებანი.¹²

კლევის შედეგები

კვლების შედეგებმა გვიჩვენა, იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების ექსპრესიის მნიშვნელოვანი სხვაობა ძვალ-ხრტილოვან კომპონენტსა და სინოვიურ გარსებში, სხვადასხვა ხარისხის დაზიანების დროს. სინოვიური გარსების გამოკვლევით დავადგინეთ რომ ანთების ინდექსის მაჩვენებელი მე-2 ხარისხის დაზიანების დროს შეადგენდა 22%-ს, ხოლო მე-3 ხარისხის დაზიანების დროს მისი მაჩვენებელი დაახლოებით 2,2-ჯერ მატულობდა და 48%-ს უტოლდებოდა, ანალოგიური პრინციპით იზრდებოდა CD68, CD138 და MHC-II-ის მაჩვენებლები, ხოლო მიოფიბრობლასტების მარკერი α -SMA, რომლის ექსპრესია მე-2 ხარისხის ს დროს 7%-ს შეადგენდა, სინოვიური გარსის მძიმე, მესამე ხარისხის დაზიანების დროს 9,5-ჯერ იზრდებოდა და 76%-ს უტოლდებოდა.

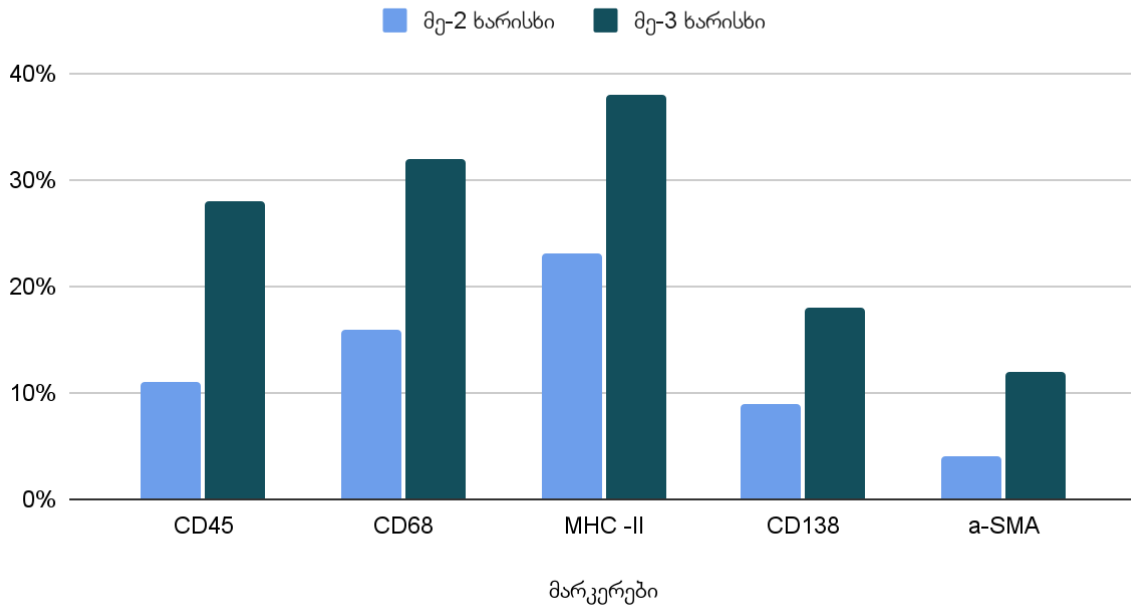
სინოვიური გარსები



გრაფიკი 1: იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების ექსპრესიის თავისებურებანი მუხლის სახსრის სინოვიური გარსების მე-2 და მე-3 ხარისხის დაზიანების დროს.

ანალოგიური პრინციპით შევისწავლეთ სახსრის ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის იმუნოჰისტოქიმიური თავისებურებები. განსხვავებით სინიური გარსებისგან, აქ CD45-ის ექსპრესია მე-2 ხარისხის დაზიანების დროს 2-ჯერ ნაკლები იყო (11%) ხოლო მესამე ხარისხის დაზიანები დროს 28%-ს შეაგენდა, CD68-ის ექსპრესია 16%-დან 32%-მდე იზრდებოდა, დაზიანების ხარისხის პარალელურად, MHC-II ექსპრესია კი 23%-დან 38%-მდე გაიზარდა. შედარებით ნაკლები მაჩნებელი დაფიქსირდა CD138-ის ექსპრესიისა, სინოვიურ გარსთან შედარებით - 9%, თუმცა მესამე ხარისხის დაზიანებაში მისი ექსპრესია 2-ჯერ გაიზარდა, რაც შეეხება მიოფიბრობლასტების მარკერს - a-SMA, განსხვავებით სინოვიური გარსების დაზიანებისგან, სადაც მისმა ექსპრესიის პროცენტულმა მაჩვენებელმა საგრძნობლად იმატა დაზიანების ხარისხის მატების პარალელურად, ძვალ-ხრტილოვან კომპონენტში მე-2 ხარისხის დაზიანების დროს იგი მხოლოდ უჯრედების 4%-ში ექსპრესირდებოდა, თუმცა მე-3 ხარისხის დაზიანებაში 3-ჯერ გაიზარდა - 12%.

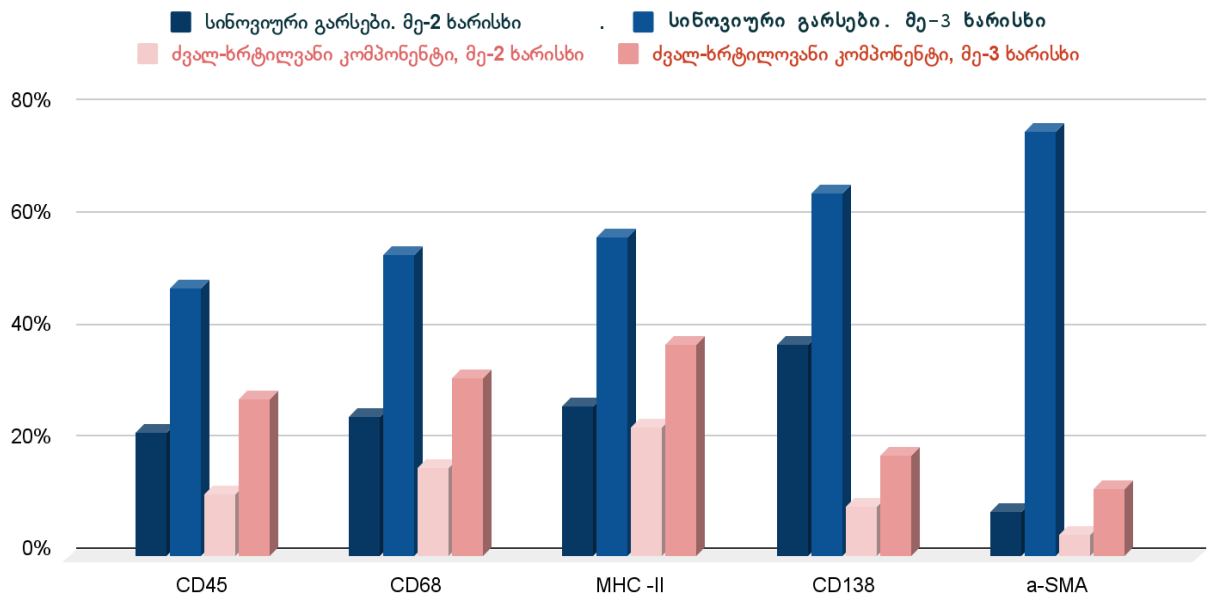
ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტი



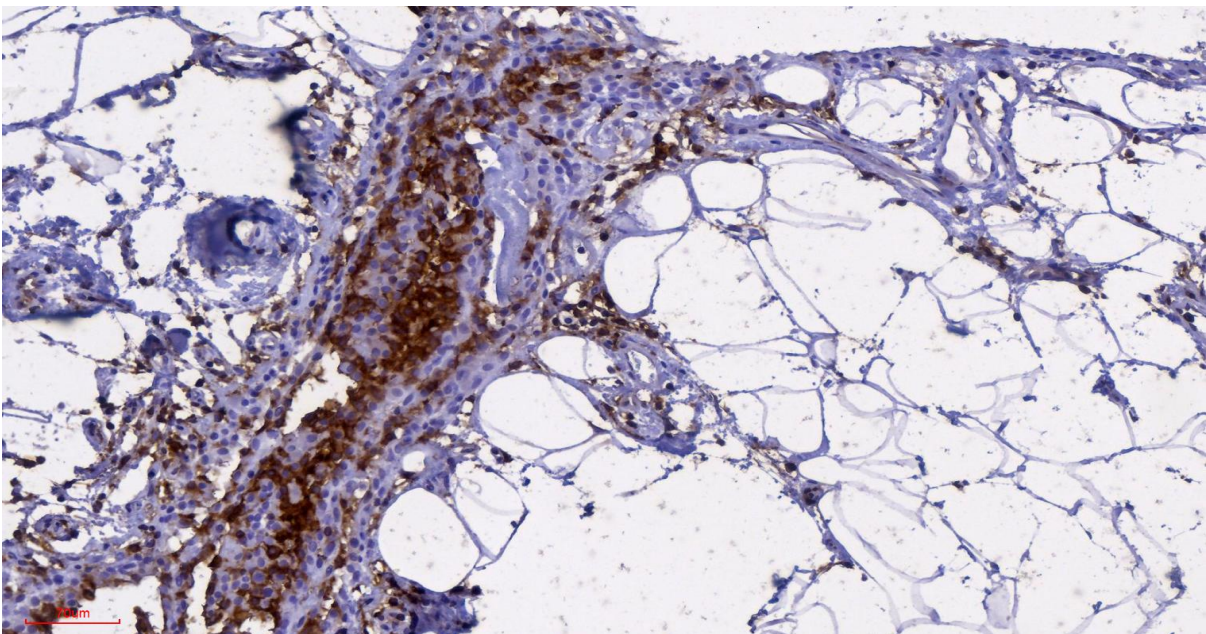
გრაფიკი 2: იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების ექსპრესიის თავისებურებანი მუხლის სახსრის სახსრის ძვალ-ხრტილოვანის მე-2 და მე-3 ხარისხის დაზიანების დროს.

მარკერები	სინოვიური გარსები		ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტი	
	მე-2 ხარისხი	მე-3 ხარისხი	მე-2 ხარისხი	მე-3 ხარისხი
CD45	22%	48%	11%	28%
CD68	25%	54%	16%	32%
MHC -II	27%	57%	23%	38%
CD138	38%	65%	9%	18%
a-SMA	8%	76%	4%	12%

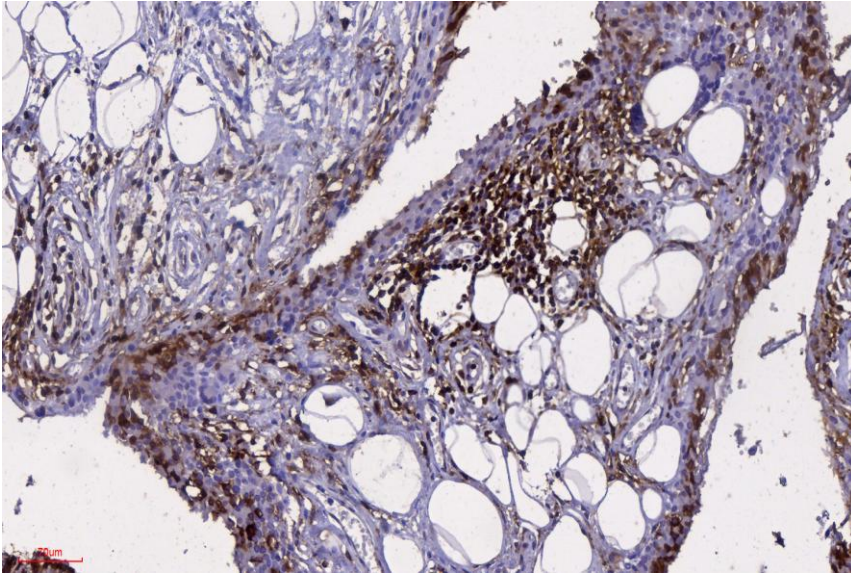
ცხრილი 1: იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების ექსპრესიის თავისებურებანი მუხლის სახსრის სინოვიური გარსებისა და ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის მე-2 და მე-3 ხარისხის დაზიანების დროს.



გრაფიკი 3: იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების ექსპრესიის თავისებურებანი მუხლის სახსრის სინოვიური გარსებისა და ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტის მე-2 და მე-3 ხარისხის დაზიანების დროს.



სურათი 1: CD138-ის ექსპრესია სინოვიურ გარსში, IHC, 200X



სურათი 2: MHC-II ექსპრესია სინოვიურ გარსში. IHC, 200X

კვლევის შედეგების ანალიზი

როგორც შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, დაზიანებები უფრო მეტად ვლინდება სინოვიურ გარსებში, ვიდრე ძვალ-ხრტილოვან კომპონენტში. განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია MHC-II კლასის მოლეკულების განაწილება უპირატესად სინოვიურ გარსებში ისევე, როგორც მიოფიბრობლასტური უჯრედებისა და პლაზმოციტების სიჭარბე სინოვიურ გარსებში, ძვლოვან-ხრტილოვან კომპონენტთან შედარებით, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ თავდაპირველი დაზიანება ვითარდება სინოვიურ გარსებში, შემდგომ კი პროცესში ერთვება ძვალ-ხრტილოვანი კომპონენტი. ამასთანავე აღსანიშნავია იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების ექსპრესიის ცვლილებები, დაზიანების ხარისხის მატებასთან ერთად. განსაკუთრებით მიოფიბრობლასტების მარკერს - α -SMA-ის, CD138-ის ექსპრესიის თავისებურებანი.

დასკვნა

როგორც კვლევის შედეგები უჩვენებს დაავადება პროგრესირებს სინოვიური გარსიდან ძვლოვან ქსოვილში. ხოლო დაავადების პროგრესიის სტატისტიკურად სარწმუნო იმუნოჰისტოქიმიურ მარკერებს მიეკუთვნება CD138, α -SMA და CD68.

ზემოთ ხსენებული შედეგების საფუძველზე, კვლევის პრაქტიკულ ღირებულებას წარმოადგენს ის, რომ რევმატიული დაავადების ადრეული დიაგნოსტიკისათვის მნიშვნელოვანია სინოვიური გარსების ბიოფსია და აღნიშნული მეთოდის კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვისათვის აუცილებელია ამ მიმართულებით შემდგომი ფართომასშტაბიანი კვლევის გაგრძელება.

1. Schmidt T, Najm A, Mussawy H, et al. General synovitis score and immunologic synovitis score reflect clinical disease activity in patients with advanced stage rheumatoid arthritis. *Scientific Reports* 2019 9:1. 2019;9(1):8448-. doi:10.1038/s41598-019-44895-9
2. de Vries RRP, Huizinga TWJ, Toes REM. Redefining the HLA and RA association: to be or not to be anti-CCP positive. *J Autoimmun.* 2005;25 Suppl:21-25. doi:10.1016/j.jaut.2005.09.005
3. Scott DL, Wolfe F, Huizinga TWJ. Rheumatoid arthritis. *The Lancet.* 2010;376(9746):1094-1108. doi:10.1016/S0140-6736(10)60826-4
4. Meier FM, Frerix M, Hermann W, Müller-Ladner U. Current immunotherapy in rheumatoid arthritis. *Immunotherapy.* 2013;5(9):955-974. doi:10.2217/imt.13.94
5. Mora JC, Przkora R, Cruz-Almeida Y. Knee osteoarthritis: pathophysiology and current treatment modalities. *J Pain Res.* 2018;11:2189-2196. doi:10.2147/JPR.S154002
6. Pires DP de C, Monte FA do, Monteiro LF, Soares FR do C, Faria JLR de. Updates in the Treatment of Knee Osteoarthritis. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 2024;59(3):e337-e348. doi:10.1055/s-0044-1786351
7. Billesberger LM, Fisher KM, Qadri YJ, Boortz-Marx RL. Procedural Treatments for Knee Osteoarthritis: A Review of Current Injectable Therapies. *Pain Res Manag.* 2020;2020:3873098. doi:10.1155/2020/3873098
8. Wechalekar MD, Smith MD. Utility of arthroscopic guided synovial biopsy in understanding synovial tissue pathology in health and disease states. *World J Orthop.* 2014;5(5):566-573. doi:10.5312/WJO.V5.I5.566
9. Mussawy H, Zustin J, Luebke AM, et al. The histopathological synovitis score is influenced by biopsy location in patients with knee osteoarthritis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2021;142(11):2991-2997. doi:10.1007/s00402-021-03889-x
10. Ma JD, Zhou JJ, Zheng DH, et al. Serum Matrix Metalloproteinase-3 as a Noninvasive Biomarker of Histological Synovitis for Diagnosis of Rheumatoid Arthritis. *Mediators Inflamm.* 2014;2014:1-10. doi:10.1155/2014/179284

11. Nagarajan L, Khatri A, Sudan A, Vaishya R, Ghosh S. Deep Learning Augmented Osteoarthritis Grading Standardization. *Tissue Eng Part A*. 2024;30(19-20):591-604. doi:10.1089/TEN.TEA.2023.0206
12. Yoon JS, Yon CJ, Lee D, et al. Assessment of a novel deep learning-based software developed for automatic feature extraction and grading of radiographic knee osteoarthritis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24(1). doi:10.1186/s12891-023-06951-4
13. Wu D, Huang Y, Zhao J, et al. Synovial macrophages drive severe joint destruction in established rheumatoid arthritis. *Scientific Reports* 2025 15:1. 2025;15(1):12111-. doi:10.1038/s41598-025-93784-x
14. Nakajima A, Sakai R, Inoue E, Harigai M. Prevalence of patients with rheumatoid arthritis and age-stratified trends in clinical characteristics and treatment, based on the National database of health insurance claims and specific health checkups of Japan. *Int J Rheum Dis*. 2020;23(12):1676-1684. doi:10.1111/1756-185x.13974

Features of immunohistochemical changes in the bone-cartilage component and synovial membrane of the knee joint in rheumatoid lesions of varying degrees.

Khatuna Germisashvili¹; Elene-Dodo Kartvelishvili², Nino Tevzadze³, Magda Jangiani⁴, George Burkadze⁵

¹PhD student at Tbilisi State Medical University; ²Emeritus Professor at Tbilisi State Medical University;

³Pathologist at the Department of Pathological Anatomy of Tbilisi State Medical University; Medical Doctor;

⁴Resident of the Department of Pathological Anatomy of Tbilisi State Medical University; Doctor; ⁵Professor at Tbilisi State Medical University, Head of the Department of Molecular Pathology;

Abstract

Rheumatoid arthritis (RA) is the most common chronic inflammatory disease of the joints, affecting approximately 1% of the population. And the prevalence in people over 60 years of age is more than 2%. Unlike primary knee osteoarthritis, which is associated with age-related wear of articular cartilage and gradually progresses over time, rheumatoid arthritis can occur at any age, with an annual incidence of 5-50 cases per 100,000 new cases. The aim of our study was to study the characteristics of immunohistochemical changes in the bone-cartilage component and synovial membrane of the knee joint in rheumatoid lesions of varying degrees. A cohort retrograde study was conducted within the framework of our study. Depersonalized paraffin

blocks of 20 cases from the archival material available in the Educational-Scientific and Diagnostic Laboratory of Tbilisi State Medical University in 2017-2025 were selected. We divided the cases selected by us as the study group into several subgroups. The immunohistochemical features of the osteochondral component and synovial membranes were evaluated separately, and in both components we distinguished different degrees of damage, for which the above synovial membrane and osteochondral component assessment systems were used. As the results of the study show, the disease progresses from the synovial membrane to the bone tissue. And the statistically reliable immunohistochemical markers of disease progression include CD138, a-SMA and CD68.

Based on the above results, the practical value of the study is that synovial membrane biopsy is important for the early diagnosis of rheumatic disease, and further large-scale research in this direction is necessary to implement this method in clinical practice.

Keywords: Rheumatoid arthritis; CD138; a-SMA; CD68.

From Suffering to Dignity: Redefining Palliative Care Through Biopsychosocial, Spiritual, and Family-Centered Approaches

Tamriko Bulia¹, Tina Beruchashvili¹, Ioseb Abesadze², Ekaterine Abzianidze³, Vazha Lobjanidze⁴, Nika Khunjgurua⁵, Giorgi Kochalidze⁶, David Makhashvili⁷, Lela Inaishvili¹

¹School of Health Sciences, The University of Georgia; ²Tbilisi State Medical University; ³East European University; ⁴Aleksandre Natishvili Morphology Institute; Tbilisi State University; ⁵David Tatishvili Medical Center; ⁶Tbilisi State Medical University The First University Clinic; ⁷Clinic Rustavi LLC

Abstract

The modern healthcare landscape, shaped by high technology and commercialization, often reduces patients to biological entities in need of repair, neglecting their multidimensional needs. In response, the biopsychosocial model emphasizes holistic care that addresses physical, psychological, social, and spiritual dimensions, recognizing patients as persons with inherent rights. Palliative care exemplifies this approach, integrating symptom management with psychological, spiritual, and family-centered support from diagnosis through the end of life. Spiritual well-being, dignity, and family involvement are central to improving quality of life, coping with illness, and mitigating suffering. Despite evidence of its effectiveness, spiritual and family-centered care remains systematically underdeveloped, particularly in low- and middle-income countries. Conceptualizing palliative care as a public health priority highlights ethical obligations, equitable access, and the societal responsibility to uphold human dignity. This article argues that embracing biopsychosocial, spiritual, and family-centered approaches transforms palliative care from a clinical service into a humanizing practice that affirms patient autonomy, alleviates suffering, and strengthens the resilience of healthcare systems.

Introduction

The introduction of high technologies and the commercialization of healthcare in the modern world have, in turn, contributed to the perception of the patient primarily as a biological organism that requires “repair” by the healthcare system in the event of “malfunction.” In response to this reductionist approach, initiatives aimed at the rehumanization of medicine have emerged, emphasizing that healthcare professionals (physicians, nurses) should be regarded as

persons with rights, and that patients should not be viewed merely as biological entities, but rather as persons endowed with multidimensional needs and fundamental rights (David R. Kopacz, MD, 2013; Biopsychosocial Approach, 2020).

It is also important to note that well-being is essential not only for improving quality of life but also for coping with illness itself. An effective healthcare system, therefore, implies an approach oriented not toward disease, but toward the human being as a person (Saad et al., 2017).

Following the end of World War II, during a period of profound reassessment of global values, the World Health Organization adopted a definition of health according to which well-being represents “a dynamic state of physical, mental, social, and spiritual integrity, and not merely the absence of disease” (WHO Constitution, 1948). Three decades later, in 1977, American psychiatrist George Engel laid the foundation for the biopsychosocial holistic approach in medicine.

Illness and disease disrupt the normal course of life and often alter it radically. In chronic and incurable conditions, in addition to physical symptoms, patients frequently experience existential challenges such as questions concerning the meaning and purpose of life, which are directly associated with fear, anxiety, and depression. Gradually, individuals may become socially isolated. This process not only affects patients’ quality of life but, alongside the physical suffering caused by illness, also leads to profound psychological and spiritual distress.

According to Engel, biopsychosocial factors determine vulnerability to disease, while the biomedical model that dominates modern medicine focuses exclusively on disease treatment and fails to address the spiritual needs of the individual. Human beings must also be understood within their social context as persons with complex, multidimensional needs (Engel, 1977).

Within the biomedical healthcare model, physicians focus primarily on a specific disease, striving to establish a diagnosis based on etiological and pathogenetic components and to develop treatment strategies accordingly. While this approach is undoubtedly important, it remains insufficient. In contrast, the biopsychosocial model is holistic and provides a comprehensive understanding of disease, taking into account the patient’s physical, spiritual, social, and psycho-emotional needs. Most importantly, this model shifts the primary focus from the disease itself to the patient as a person with inherent rights. As such, the biopsychosocial model is both more humane and more cost-effective (Biopsychosocial Approach, 2020).

Notably, the biopsychosocial model seeks to broaden the understanding of disease causation, health, and well-being (Havelka et al., 2009). The development of this philosophy has made a significant contribution to medicine, as the perception of the patient has shifted from that of an “object” to a “subject”—a person living with disease and possessing rights (Biopsychosocial Approach, 2020).

Palliative Care and Human Rights

“You matter because you are you, and you matter until the last moment of your life. We will do all we can, not only to help you die peacefully, but to help you live until you die.” — Dame Cicely Saunders, founder of the modern hospice movement

In antiquity, illness was perceived as a disruption of harmony with the cosmos. Similarly, modern biomedicine recognizes that disease involves a disturbance of homeostasis—a breakdown of coordination among organ systems—and treatment aims to restore this balance. However, chronic and incurable illnesses affect not only patients but also their families and broader social environments, leading to disruptions in both intrapersonal and extrapersonal relationships. A holistic approach seeks to restore psychological, spiritual, and social connections, while at the end of life—when restoration of homeostasis is no longer possible—extrapersonal connections may still be repaired (Sulmasy, 2002).

The essence of the biopsychosocial holistic model is particularly well reflected in the discipline of palliative care. The term “palliative care” derives from the Latin word *pallium*, meaning “cloak” or “mantle,” symbolizing protection and relief. The emergence of this field is closely linked to global population aging and the increasing prevalence of incurable chronic diseases. Patients living with such conditions experience profound suffering and require a comprehensive, multidimensional approach (Kordzaia et al., 2005).

Palliative care should begin at the time of diagnosis and continue alongside curative or life-prolonging treatment. It must be adapted to patients’ evolving needs and include psychological and spiritual support to help patients prepare for death, as well as support for family members both during disease progression and following bereavement.

In palliative care, the biopsychosocial model gains particular significance through the explicit inclusion of the spiritual dimension. In 1967—ten years before Engel’s theoretical framework—Cicely Saunders, the founder of the first modern hospice, emphasized not only the management of pain and physical symptoms but also the psychological suffering of patients and the need to support their families. She and her colleagues observed that, near the end of life, patients’ value systems often change, with spiritual concerns—such as the meaning of life, the purpose of suffering, and fear of death—coming to the forefront.

During this period, patients frequently seek to reconcile relationships and resolve matters of personal importance. This underscores why palliative care must extend beyond symptom control to encompass multidisciplinary, holistic care that includes spiritual, psychological, and social support. Within this model, the patient’s values, preferences, and autonomy are central to care planning.

Spiritual needs become particularly salient in the final days and moments of life. Spiritual well-being, hope, personal dignity, and the preservation of a sense of worth directly influence

patients' quality of life, disease trajectory, and treatment outcomes. By its very nature, palliative care is holistic, and respect for the patient as a person reduces suffering at the end of life (Chochinov & Cann, 2005).

The effectiveness of palliative care is greatest when it is integrated into healthcare systems across all stages of treatment and can be delivered both in clinical settings and at home, in accordance with patients' and families' preferences (Biopsychosocial Approach, 2020). The goals of palliative care include:

- adequate pain relief and symptom management;
- improvement of quality of life for patients and their families;
- psychological support for families during illness and after death;
- assistance with social and legal issues;
- promotion of a philosophy of dignified living and recognition of death as a natural and lawful process.

The biopsychosocial model of palliative care fully embodies the humanization of healthcare, person-centered practice, respect for human rights, and the protection of human dignity (Biopsychosocial Approach, 2020). Palliative care must be equally accessible to all who suffer. Every state bears the responsibility to ensure equitable access to palliative services for its citizens and to strengthen such care, as the right to a dignified life constitutes a fundamental human right (Gauri, 2012).

Palliative Care as a Public Health Responsibility

Palliative care should not be understood solely as a clinical or end-of-life service but rather as a fundamental public health responsibility of healthcare systems toward the population. From a public health perspective, palliative care addresses population-level suffering, health inequities, and the ethical obligation to ensure dignity and quality of life for individuals living with life-limiting illnesses (World Health Organization (WHO), 2014).

Global demographic shifts, particularly population aging and the increasing prevalence of chronic non-communicable diseases, have significantly expanded the need for palliative care services worldwide. According to the World Health Organization, more than 56 million people require palliative care annually, yet only a small proportion have adequate access, especially in low- and middle-income countries (WHO, 2014). This gap in access represents not only a clinical deficiency but also a public health failure, as unmet palliative care needs contribute to avoidable suffering, caregiver burden, and systemic health inequalities.

The integration of palliative care into public health frameworks aligns closely with the principles of Universal Health Coverage (UHC), which emphasizes equitable access to essential

health services without financial hardship. Both the WHO and the European Association for Palliative Care (EAPC) recognize palliative care as an essential component of UHC and a marker of health system maturity and social justice (WHO, 2014; EAPC, 2017). When palliative care is excluded from national health strategies, vulnerable populations—particularly older adults, patients with advanced cancer, and individuals with chronic progressive illnesses—are disproportionately affected, reinforcing existing health disparities.

From a public health ethics perspective, the lack of accessible palliative care violates the rights to health and to live with dignity. Health systems that prioritize curative and high-technology interventions while neglecting palliative services implicitly devalue the needs of individuals for whom a cure is no longer possible. Such an imbalance reflects a narrow biomedical orientation and contradicts the biopsychosocial model of health, which recognizes suffering as a multidimensional phenomenon encompassing physical, psychological, social, and spiritual domains (Engel, 1977; Havelka et al., 2009).

Moreover, evidence suggests that early integration of palliative care within healthcare systems is not only ethically justified but also cost-effective. Palliative care has been shown to reduce unnecessary hospitalizations, improve symptom management, support family caregivers, and optimize resource allocation—outcomes that are directly relevant to public health planning and sustainability (Chochinov & Cann, 2005; WHO, 2014). As such, palliative care represents a high-value intervention that simultaneously contributes to individual well-being and system-level efficiency.

In this context, palliative care must be conceptualized as a core public health priority rather than a marginal or optional service. Governments and health authorities bear a responsibility to integrate palliative care into national health policies, ensure workforce training, establish regulatory frameworks, and guarantee equitable access across regions and care settings. Upholding access to palliative care ultimately affirms the principle that dignity, relief from suffering, and holistic care are not privileges, but fundamental human rights that persist throughout the entire life course, including its final stages (Gauri, 2012).

Spiritual Care as a Neglected Component of Palliative Care

Despite growing international recognition of palliative care as a holistic, person-centered approach, spiritual care remains one of its most systematically neglected components. This neglect largely stems from the persistent misconception that spiritual care is synonymous with religious care. While religious support may be relevant for some patients, spirituality in healthcare encompasses a broader existential domain, including the search for meaning, the preservation of hope, the experience of dignity, and the need for connection in the face of serious illness and mortality (Puchalski et al., 2014; Ferrell et al., 2018).

Cicely Saunders' foundational concept of "total pain" provides a critical theoretical framework for understanding spiritual suffering as an integral dimension of patient distress. According to this model, suffering is multidimensional and arises from the complex interaction of physical, psychological, social, and spiritual factors. Saunders emphasized that unrelieved spiritual distress can amplify physical pain, deepen emotional suffering, and erode patients' sense of self and worth, particularly at the end of life (Saunders, 1964; Saunders et al., 2010). Consequently, the omission of spiritual care compromises the effectiveness of palliative interventions and undermines the goal of alleviating suffering in its totality.

Spiritual distress is highly prevalent among patients with advanced and life-limiting illnesses and is strongly associated with adverse psychosocial outcomes. Empirical studies consistently demonstrate that unmet spiritual needs are linked to higher levels of depression, anxiety, fear of death, hopelessness, and social isolation, as well as poorer health-related quality of life (Balboni et al., 2007; Chochinov & Cann, 2005). Moreover, patients who perceive their spiritual concerns as ignored by healthcare professionals report lower satisfaction with care and reduced trust in the healthcare system, while their family caregivers experience increased emotional burden and complicated grief (Balboni et al., 2010).

From a systems-level perspective, the marginalization of spiritual care reflects the enduring dominance of the biomedical model, which prioritizes disease-centered diagnosis and symptom control while inadequately addressing existential suffering. This imbalance is particularly evident in health systems where multidisciplinary palliative care teams are underdeveloped or poorly integrated. The absence of structured spiritual assessment tools, limited professional training, and unclear role definitions further contribute to the invisibility of spiritual care in routine practice (EAPC, 2017; WHO, 2014).

Importantly, spiritual care does not require healthcare professionals to engage in religious counseling. Rather, it involves recognizing patients as meaning-making beings, acknowledging their values and beliefs, and creating space for conversations about purpose, fears, hopes, and dignity. Such care affirms the patient as a subject rather than an object of treatment and aligns with contemporary human rights-based and dignity-centered models of care (Chochinov et al., 2002; Gauri, 2012).

Integrating spiritual care into palliative care is therefore both a clinical necessity and an ethical obligation. International guidelines increasingly identify spiritual care as a core domain of quality palliative care and call for its systematic integration into health systems through education, policy development, and interdisciplinary collaboration (EAPC, 2017; WHO, 2014). Addressing spiritual suffering not only improves quality of life but also reinforces the fundamental principle that every person retains intrinsic dignity and worth until the end of life.

The Role of the Family in Palliative Care: The Concept of the “Invisible Patient”

In palliative care, the patient’s family constitutes an indispensable yet frequently overlooked component of the care continuum. Serious and life-limiting illness affects not only the individual diagnosed but also profoundly disrupts the psychological, social, emotional, and economic well-being of family members who assume caregiving roles. Consequently, contemporary palliative care literature increasingly conceptualizes the family as the “invisible patient,” whose unmet needs significantly influence patient outcomes, quality of care, and the overall effectiveness of palliative interventions (Hudson & Payne, 2011; Ferrell & Wittenberg, 2017).

Family caregivers often provide extensive physical care, symptom monitoring, emotional support, and decision-making assistance, frequently with minimal preparation or professional support. This sustained responsibility exposes caregivers to substantial psychological distress, commonly referred to as caregiver burden, which encompasses emotional exhaustion, anxiety, depression, sleep disturbances, financial strain, and social isolation (Schulz & Sherwood, 2008). Empirical evidence consistently demonstrates that high caregiver burden is associated with poorer mental health, reduced quality of life, and increased morbidity among caregivers themselves (Adelman et al., 2014). Importantly, caregiver distress has a reciprocal effect on patients, exacerbating symptom burden, impairing communication, and diminishing perceived quality of care (Given et al., 2012).

From a biopsychosocial perspective, caring for the family is inseparable from caring for the patient. Family members serve as primary interpreters of patients' needs, mediators between patients and healthcare professionals, and custodians of patients' values and preferences, particularly as illness progresses and functional decline limits patients' autonomy. When families are inadequately supported, their capacity to fulfill these roles deteriorates, resulting in fragmented care, moral distress, and increased reliance on acute healthcare services (Ferrell et al., 2018).

Bereavement care represents a critical yet often neglected extension of palliative care for families. The period following a patient’s death is associated with heightened vulnerability to complicated grief, depression, anxiety disorders, and long-term health consequences among surviving relatives (Prigerson et al., 2009). International palliative care standards emphasize that support for families should not cease at the moment of death but should extend into the bereavement period through structured follow-up, psychosocial counseling, and community-based support mechanisms (EAPC, 2017; WHO, 2014). Failure to provide bereavement care not only undermines family well-being but also contradicts the ethical foundations of palliative care, which prioritize continuity, compassion, and dignity.

Recognizing the family as a unit of care necessitates a multidisciplinary approach that integrates psychosocial professionals, social workers, psychologists, and spiritual care providers

alongside medical teams. Such integration facilitates early identification of caregiver distress, timely intervention, and the development of individualized care plans that address both patient and family needs (Hudson et al., 2012). Evidence suggests that family-centered palliative care models improve patient satisfaction, reduce caregiver burden, enhance coping capacity, and contribute to more sustainable healthcare delivery (Ferrell & Wittenberg, 2017).

In this context, family-centered palliative care is not an optional adjunct but a core ethical and clinical requirement. Supporting families affirms their intrinsic role in the patient's lived experience of illness and reinforces the principle that dignity, compassion, and holistic care extend beyond the individual to encompass the relational networks in which patients exist. Ultimately, integrating family care into palliative services strengthens both patient outcomes and the resilience of health systems facing the growing burden of chronic and life-limiting diseases.

Conclusion: Palliative Care as a Humanizing and Social Responsibility Framework

Palliative care embodies the humanization of medicine, the protection of human dignity, and a societal commitment to those facing life-limiting conditions. Beyond symptom management, it represents a deliberate ethical and professional stance that prioritizes the person over the disease, integrating physical, psychological, social, and spiritual dimensions into care delivery (Chochinov & Cann, 2005; Sulmasy, 2002). By addressing the holistic needs of patients and their families, palliative care reinforces the principle that every individual retains intrinsic worth and rights, even in the context of incurable illness (Engel, 1977; Kopacz, 2013).

Moreover, palliative care challenges healthcare systems to confront fundamental questions about equity, access, and social justice: how societies care for those who cannot be cured reflects the moral and structural humaneness of their health systems. Ensuring universally accessible palliative care not only alleviates suffering but also affirms a shared responsibility to uphold dignity at the end of life (Gauri, 2012; Ferrell & Wittenberg, 2017). As such, palliative care functions simultaneously as a clinical practice, a moral imperative, and a public health strategy, compelling both policymakers and practitioners to integrate compassion, ethics, and patient-centered approaches into systemic healthcare delivery.

“How we care for those who can no longer be cured defines the humanity of our healthcare systems.”

References

- Adelman, R. D., Tmanova, L. L., Delgado, D., Dion, S., & Lachs, M. S. (2014). Caregiver burden: A clinical review. *JAMA*, *311*(10), 1052–1060. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.304>
- Balboni, T. A., Paulk, M. E., Balboni, M. J., Phelps, A. C., Loggers, E. T., Wright, A. A., ... Prigerson, H. G. (2010). Provision of spiritual care to patients with advanced cancer: Associations with medical care and quality of life near death. *Journal of Clinical Oncology*, *28*(3), 445–452. <https://doi.org/10.1200/JCO.2009.24.8005>
- Balboni, T. A., Vanderwerker, L. C., Block, S. D., Paulk, M. E., Lathan, C. S., Peteet, J. R., & Prigerson, H. G. (2007). Religiousness and spiritual support among advanced cancer patients and associations with end-of-life treatment preferences and quality of life. *Journal of Clinical Oncology*, *25*(5), 555–560. <https://doi.org/10.1200/JCO.2006.07.9046>
- Biopsychosocial Approach. (n.d.-b). *Biopsychosocial approach* [PDF]. CarePlatform. <https://careplatform.ge/wp-content/uploads/2021/04/ბიოფსიქოსოციალური-მიდგომა.pdf>
- Gauri, V. (2012). *Varun Gauri*. Senior Economist, Development Research Group, World Bank. <https://blogs.worldbank.org/team/varun-gauri>
- Chochinov, H. M., & Cann, B. J. (2005). Interventions to enhance the spiritual aspects of dying. *Journal of Palliative Medicine*, *8*(supplement 1). <https://doi.org/10.1089/jpm.2005.8.s-103>
- Chochinov, H. M., Hack, T., McClement, S., Kristjanson, L., & Harlos, M. (2002). Dignity in the terminally ill: A developing empirical model. *Social Science & Medicine*, *54*(3), 433–443. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(01\)00084-3](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(01)00084-3)
- David R. Kopacz, MD, D. R. K., MD. (2013). *Re-humanizing medicine*. <https://www.davidkopacz.com/rehumanizing-medicine>
- Engel, G. L. (1977). The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science*, *196*(4286), 129–136. <https://doi.org/10.1126/science.847460>
- European Association for Palliative Care. (2017). *EAPC White Paper on standards and norms for hospice and palliative care in Europe*. EAPC.
- Ferrell, B. R., Twaddle, M. L., Melnick, A., & Meier, D. E. (2018). National consensus project clinical practice guidelines for quality palliative care (4th ed.). *Journal of Palliative Medicine*, *21*(12), 1684–1689. <https://doi.org/10.1089/jpm.2018.0431>
- Ferrell, B. R., & Wittenberg, E. (2017). A review of family caregiving intervention trials in oncology. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, *67*(4), 318–325. <https://doi.org/10.3322/caac.21396>
- Gauri, V. (2012). Human rights and health: The right to palliative care as a public good. *Health and Human Rights Journal*, *14*(2), 29–42.

- Given, B. A., Given, C. W., & Sherwood, P. (2012). Family and caregiver needs over the course of the cancer trajectory. *Journal of Supportive Oncology*, *10*(2), 57–64.
- Havelka, M., Lučanin, J. D., & Lučanin, D. (2009). Biopsychosocial model—the integrated approach to health and disease. *Collegium Antropologicum*, *33*(1), 303–310.
- Hudson, P., Remedios, C., & Thomas, K. (2012). A systematic review of psychosocial interventions for family carers of palliative care patients. *BMC Palliative Care*, *11*, 17. <https://doi.org/10.1186/1472-684X-11-17>
- Hudson, P., & Payne, S. (2011). Family caregivers and palliative care: Current status and agenda for the future. *Journal of Palliative Medicine*, *14*(7), 864–869. <https://doi.org/10.1089/jpm.2010.0413>
- Kopacz, D. R. (2013). Rehumanizing medicine: Person-centered care in a technology-driven era. *Journal of Medical Humanities*, *34*(4), 317–328.
- Kordzaia, D., et al. (2005). *Palliative care*. Poligrafi Publishing House, with support from the Open Society Foundation.
- Prigerson, H. G., Horowitz, M. J., Jacobs, S. C., Parkes, C. M., Aslan, M., Goodkin, K., ... Maciejewski, P. K. (2009). Prolonged grief disorder: Psychometric validation of criteria proposed for DSM-V and ICD-11. *PLoS Medicine*, *6*(8), e1000121. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000121>
- Puchalski, C. M., & Ferrell, B. (2010). Making health care whole: Integrating spirituality into patient care. *Templeton Press*.
- Puchalski, C. M., Vitillo, R., Hull, S. K., & Reller, N. (2014). Improving the spiritual dimension of whole person care: Reaching national and international consensus. *Journal of Palliative Medicine*, *17*(6), 642–656. <https://doi.org/10.1089/jpm.2014.9427>
- Saad, M., de Medeiros, R., & Mosini, A. (2017). Are we ready for a true biopsychosocial–spiritual model? the many meanings of “spiritual.” *Medicines*, *4*(4), 79. <https://doi.org/10.3390/medicines4040079>
- Sulmasy, D. P. (2002). A biopsychosocial–spiritual model for the care of patients at the end of life https://www.researchgate.net/publication/11050534_A_Biopsychosocial-Spiritual_Model_for_the_Care_of_Patients_at_the_End_of_Life
- Saunders, C., Baines, M., & Dunlop, R. (2010). *Living with dying: A guide to palliative care* (4th ed.). Oxford University Press.
- Saunders, C. (1964). The symptomatic treatment of incurable malignant disease. *Prescriber's Journal*, *4*, 68–73.

World Health Organization. (1948). *Constitution of the World Health Organization*. In *Basic documents* (pp. 1–20). World Health Organization.

World Health Organization. (2014). *Strengthening of palliative care as a component of comprehensive care throughout the life course*. WHO. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/158962>

ტანჯვიდან ღირსებამდე: პალატიური მზრუნველობის ხელახალი გააზრება ბიოფსიქოსოციალური, სულიერი და ოჯახზე ორიენტირებული მიდგომების მეშვეობით

აბსტრაქტი

თანამედროვე მსოფლიოს ჯანდაცვის სისტემაში მაღალი ტექნოლოგიების დანერგვამ და კომერციალიზაციამ, თავის მხრივ შეუწყო იმას, რომ პაციენტი აღიქმება როგორც ბიოლოგიური ორგანიზმი, რომელიც „დაზიანების“ დროს ჯანდაცვის სისტემის მხრიდან „შეკეთება“ სჭირდება, ამის საპასუხოდ, ბიოფსიქოსოციალური მოდელი მისი პოლისტური ბუნებიდან გამომდინარე მოიცავს დაავადების „სრულყოფილ გაგებას“, პაციენტის როგორც ფიზიკური ასევე სულიერი, სოციალური და ფსიქოემოციური საჭიროებების გათვალისწინებას და, რაც მთავარია, მთავარ სუბიექტად არა დაავადების, არამედ პაციენტის როგორც პიროვნების წარმოდგენას, რომელსაც უფლებები გააჩნია. პალატიური ზრუნვა წარმოადგენს ამ მიდგომის ყველაზე თვალსაჩინოდ გამოხატულ დისციპლინას, რომელიც ემსახურება არა მხოლოდ სიმპტომების მართვას, არამედ ფსიქოლოგიურ, სულიერ და ოჯახის მხარდაჭერას დიაგნოზის დადგენის მომენტიდან სიცოცხლის ბოლომდე. სულიერი კეთილდღეობა, ღირსება და ოჯახის ჩართულობა უმნიშვნელოვანესია ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებისა, დაავადების მართვისა და ტანჯვის შემსუბუქებისთვის. მიუხედავად მისი ეფექტურობის მრავალმხრივი მტკიცებულებისა, პაციენტის ფსიქოემოციური და სულიერი და ასევე ოჯახის წევრების მხარდაჭერის ელემენტები ხშირად არ არის განვითარებული, განსაკუთრებით დაბალ და საშუალო შემოსავლიან ქვეყნებში. პალატიური ზრუნვის აღქმა როგორც საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის პრიორიტეტი ხაზს უსვამს ეთიკურ ვალდებულებებს, სამართლიან და თანასწორ ხელმისაწვდომობას და საზოგადოებრივ პასუხისმგებლობას. ბიოფსიქოსოციალური, სულიერი და ოჯახის წევრებზე ორიენტირებული მიდგომების დანერგვა გარდაქმნის პალატიურ ზრუნვას მხოლოდ კლინიკური სერვისიდან ჰუმანურ პრაქტიკად, რომელიც აღიარებს პაციენტის ავტონომიას, ამცირებს ტანჯვას და ამყარებს ჯანდაცვის სისტემების მდგრადობას.



შეზღუდული კონკურენციის პირობებში წამლის ფასების რეგულირების მექანიზმების ეფექტიანობა და მათი გავლენა მედიკამენტების ხელმისაწვდომობაზე

ნანა შაშიაშვილი

ფარმაციის აკადემიური დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი, ფარმაციის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო; სოციალური და კლინიკური ფარმაციის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, საქართველო

აბსტრაქტი

ფარმაცევტული სექტორი გამოირჩევა მაღალი კონცენტრაციის, ინფორმაციული ასიმეტრიისა და დაბალი ელასტიურობის მაჩვენებლებით, რაც აუცილებლად მოითხოვს სახელმწიფო მხრიდან ჩარევას სხვადასხვა რეგულაციების საშუალებით. წინამდებარე კვლევა მიმართულია წამლის ფასების რეგულირების მექანიზმების ანალიზსა და მათ გავლენაზე მედიკამენტების ხელმისაწვდომობაზე, განსაკუთრებული აქცენტი კეთდება საქართველოს ფარმაცევტულ ბაზარზე, სადაც წამლების იმპორტი, დისტრიბუცია და საცალო რეალიზაცია მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ჯგუფების ხელშია კონცენტრირებული, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაცია აძლიერებს მონოპოლიურ გავლენას და ზღუდავს კონკურენციის ბუნებრივ მექანიზმებს.

კვლევა ეფუძნება თვისებრივ ანალიტიკურ მიდგომას, რომელიც აერთიანებს დოკუმენტურ ანალიზს, პოლიტიკის შედარებით შეფასებას, ბაზრის სტრუქტურის მიმოხილვას და მეორადი მონაცემების გამოყენებას. შეფასებულია გარე რეფერენტული ფასების (ERP), შიდა რეფერენტული ფასების (IRP), ფასების პირდაპირი კონტროლის, ფასზე მოლაპარაკებების, ტენდერული მექანიზმებისა და კონკურენციის გაძლიერების სხვადასხვა ინსტრუმენტები.

შედეგებმა ცხადყო, რომ ERP-ის მეთოდი მონოპოლიურ გარემოში მხოლოდ ნაწილობრივ უზრუნველყოფს ფასების რეგულირებას: იგი ქმნის ადმინისტრაციულ ზღვარს, თუმცა სრულად ვერ უზრუნველყოფს რეალურ ფასთა შემცირებას ან მომხმარებელზე მნიშვნელოვან გავლენას. მაღალი ბაზრის კონცენტრაცია და კონკურენციის ნაკლებობა აძლიერებს გენერიკებისა და ბიოსიმულარების პოტენციურ ეფექტს და ზღუდავს მომხმარებლის არჩევანს. კვლევა, ასევე, ხაზს უსვამს რეგულაციისა

და კონკურენციის პოლიტიკას შორის ურთიერთკავშირს: ეფექტური ფასების რეგულირება შეუძლებელია კონკურენტული წნეხის გარეშე.

კვლევის საფუძველზე წარმოდგენილია რეკომენდაციები: ERP-ის მეთოდის დინამიზება ბაზრის პირობებთან, კონკურენციის გაძლიერება გენერიკებისა და ბიოსიმილარების გამოყენებით, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შეზღუდვა, ფასზე მოლაპარაკებებისა და ტენდერული მექანიზმების განვითარება. აღნიშნული მიდგომა უზრუნველყოფს წამლის ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებას, ბაზრის მდგრად კონკურენტულობასა და ფარმაცევტული რეგულაციის ეფექტიანობის ზრდას.

საკვანძო სიტყვები: *გარე რეგერენტული ფასები, მონოპოლიური ბაზარი, რეგულირება, საქართველოს ფარმაცევტული ბაზარი, წამლის ფასი, ხელმისაწვდომობა.*

შესავალი

წამლის ფასების რეგულირება თანამედროვე საზოგადოებრივი ჯანმრთელობისა და სოციალური პოლიტიკის ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან და კომპლექსურ მიმართულებას წარმოადგენს. მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობა პირდაპირ უკავშირდება მოსახლეობის ჯანმრთელობის მდგომარეობას, სოციალური თანასწორობის უზრუნველყოფასა და ზოგადად, ჯანდაცვის სისტემის მდგრადობას. ფასების არარეგულირებელი ან არასათანადოდ რეგულირებული ზრდა მნიშვნელოვნად ზღუდავს მოქალაქეთა შესაძლებლობას მიიღონ აუცილებელი მკურნალობა, განსაკუთრებით ქრონიკული დაავადებებისა და გრძელვადიანი თერაპიის შემთხვევაში, რაც აჩენს როგორც ინდივიდუალურ, ისე სისტემურ სოციალურ და ეკონომიკურ რისკებს [1,2].

გლობალურ დონეზე ფარმაცევტული ბაზარი ხასიათდება რამდენიმე ურთიერთდაკავშირებული ტენდენციით, მათ შორის წამლების ფასების სტაბილური ზრდით, ბაზრის კონცენტრაციის გაძლიერებით და კონკურენციის შემცირებით. საერთაშორისო კვლევები და პოლიტიკის ანალიზები მიუთითებს, რომ ფარმაცევტულ სექტორში სულ უფრო ძლიერდება მსხვილი კომპანიების გავლენა, რაც ხშირად იწვევს მონოპოლიური ან ოლიგოპოლიური ბაზრის სტრუქტურების ჩამოყალიბებას. ასეთ გარემოში ფასების ფორმირება ნაკლებად ემორჩილება თავისუფალი ბაზრის კლასიკურ მექანიზმებს, ხოლო სახელმწიფო ჩარევა გარდაუვალი და აუცილებელი ხდება მედიკამენტების ხელმისაწვდომობისა და სოციალური სამართლიანობის უზრუნველსაყოფად.

სახელმწიფოს როლი ფარმაცევტულ ბაზარზე მრავალმხრივია და მოიცავს როგორც რეგულატორულ, ისე სოციალურ და ეკონომიკურ ფუნქციებს. ერთი მხრივ, სახელმწიფოს მიზანია ფასების კონტროლი და ხელმისაწვდომობის გაზრდა, ხოლო მეორე მხრივ — ინოვაციების, ხარისხისა და უსაფრთხოების სტიმულირება. აღნიშნული ბალანსის დაცვა განსაკუთრებით რთულია ისეთ ბაზრებზე, სადაც კონკურენცია

შეზღუდულია, ხოლო, ფასებზე ზეწოლა ადმინისტრაციული ინსტრუმენტების გარეშე პრაქტიკულად შეუძლებელია [3,4,5].

საქართველოს ფარმაცევტული ბაზარი გლობალური ტენდენციების მკაფიო გამოხატულებას წარმოადგენს, თუმცა, მას გააჩნია სპეციფიკური სტრუქტურული თავისებურებები. ბაზარი ხასიათდება მაღალი კონცენტრაციით, სადაც წამლების იმპორტის, დისტრიბუციისა და საცალო რეალიზაციის მნიშვნელოვანი წილი რამდენიმე მსხვილი ეკონომიკური სუბიექტის ხელშია კონცენტრირებული. მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს საბითუმო და საცალო ბაზრების ვერტიკალური ინტეგრაცია, როდესაც ერთი და იგივე ეკონომიკური ჯგუფი აკონტროლებს წამლის მიმოქცევის სხვადასხვა ეტაპს. მსგავსი სტრუქტურა ზღუდავს რეალურ კონკურენციას, ამცირებს ფასების ბუნებრივი შემცირების შესაძლებლობას და აძლიერებს მონოპოლიურ გავლენას ფასების ფორმირებაზე.

საქართველომ წამლების ფასების რეგულირების მიზნით დანერგა რეფერენტული ფასების მეთოდი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ქვეყანაში. მიუხედავად ამისა, მონოპოლიური ან მაღალი კონცენტრაციის პირობებში აღნიშნული მექანიზმის ეფექტიანობა მოიტხოვს კრიტიკულ ანალიზს, ვინაიდან ფასების ადმინისტრაციული შეზღუდვა კონკურენციის გაძლიერების გარეშე ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს მედიკამენტების რეალურ ხელმისაწვდომობას და გრძელვადიან ფასობრივ სტაბილურობას [6,7].

კვლევის მიზანი და ამოცანები

წინამდებარე კვლევის მიზანია წამლის ფასების რეგულირების ძირითადი მექანიზმების ანალიზი, ფარმაცევტული ბაზრის მონოპოლიური სტრუქტურის გავლენის შეფასება ფასების ფორმირებაზე და რეფერენტული ფასების მეთოდის ეფექტიანობის განხილვა საქართველოს მაგალითზე.

კვლევის ამოცანებია: ფასების რეგულირების სხვადასხვა პოლიტიკის ინსტრუმენტების იდენტიფიცირება და შედარება; ბაზრის სტრუქტურული ფაქტორების გავლენის ანალიზი ფასებსა და ხელმისაწვდომობაზე; ასევე, იმ სისტემური გამოწვევების გამოვლენა, რომლებიც ზღუდავს მოქმედი რეგულირების პოლიტიკის შედეგიანობას.

მეთოდოლოგია

კვლევა ეფუძნება თვისებრივ ანალიტიკურ მიდგომას და იყენებს დოკუმენტურ ანალიზსა და შედარებითი პოლიტიკის შეფასებას. კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე, დამუშავებულია მრავალმეთოდიანი ანალიტიკური ჩარჩო, რომელიც უზრუნველყოფს ფასების რეგულირების მექანიზმების ეფექტიანობის კომპლექსურ შეფასებას კონკრეტული ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებების კონტექსტში.

კვლევის მონაცემთა წყაროებს წარმოადგენს საქართველოს მოქმედი საკანონმდებლო და მარეგულირებელი დოკუმენტები ფარმაცევტული ბაზრისა და წამლის ფასების რეგულირების სფეროში, ასევე, საერთაშორისო ორგანიზაციების, მათ

შორის ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO), ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაციის (OECD) და ევროკავშირის ინსტიტუტების ანგარიშები. დამატებით გამოყენებულია აკადემიური ლიტერატურა, რომელიც მოიცავს ფარმაცევტული ეკონომიკის, ბაზრის რეგულაციისა და ფასების კონტროლის თეორიულ და ემპირიულ კვლევებს.

ანალიტიკური ჩარჩო აერთიანებს ბაზრის სტრუქტურის, ფასების რეგულირების მექანიზმების და მედიკამენტების ხელმისაწვდომობის ურთიერთკავშირის შეფასებას. კვლევა განსაკუთრებით ფოკუსირებულია იმაზე, თუ როგორ მოქმედებს მონოპოლიური ან მაღალი კონცენტრაციის მქონე ბაზარი ფასების რეგულირების ინსტრუმენტების ეფექტიანობაზე და რა შედეგებს იწვევს ეს მედიკამენტების ხელმისაწვდომობასა და სოციალური კეთილდღეობის მახასიათებლებზე. აღნიშნული მიდგომა უზრუნველყოფს, რომ კვლევის შედეგები განიხილული იქნას როგორც თეორიულ, ისე პრაქტიკულ პოლიტიკურ კონტექსტში.

კვლევის მეთოდოლოგია მოიცავს შემდეგ კომპონენტებს:

შედარებითი პოლიტიკის ანალიზი. კვლევის ფარგლებში განხორციელდა ERP, IRP და სხვა რეგულაციური ინსტრუმენტების გამოყენების საერთაშორისო პრაქტიკის ანალიზი, ფოკუსირებით იმ ფაქტორებზე, რომლებიც განსაზღვრავენ ინსტრუმენტების ეფექტიანობას კონკურენტულ და კონცენტრირებულ ბაზრებში. შედარებითი ანალიზი საშუალებას იძლევა გამოვლინდეს საქართველოს რეგულაციური მოდელის ძლიერი და სუსტი მხარეები და საერთაშორისო გამოცდილებასთან თანხვედრა.

დოკუმენტური და სამართლებრივი ანალიზი. შეფასდა საქართველოს კანონმდებლობა, მთავრობის დადგენილებები, მინისტრის ბრძანებები და მარეგულირებელი ორგანოების ოფიციალური დოკუმენტები, რომლებიც ეხება წამლის ფასების რეგულირებას. პარალელურად, გაანალიზებულია საერთაშორისო ორგანიზაციების რეკომენდაციები და პოლიტიკის დოკუმენტები, რაც უზრუნველყოფს ნორმატიულ და ინსტიტუციურ ჩარჩოს სიღრმისეულ გაანალიზებას.

ბაზრის სტრუქტურის შეფასება. ანალიზი მოიცავს ფარმაცევტული ბაზრის კონცენტრაციისა და ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შესწავლას. გამოყენებულია ეკონომიკური ინდიკატორები და აღწერილობითი ანალიზი საბითუმო და საცალო სექტორების სტრუქტურის შესაფასებლად, მათ შორის დომინანტი მოთამაშეების როლი, კონკურენციის შეზღუდვის ნიშნები და ფასების ფორმირებაზე გავლენა. ეს კომპონენტი წარმოადგენს საკვანძო საფუძველს რეფერენტული ფასების ეფექტიანობის ინტერპრეტაციისთვის მონოპოლიური ელემენტების მქონე ბაზარში.

მეორადი მონაცემების გამოყენება. კვლევა ეფუძნება ოფიციალური სტატისტიკური წყაროების, მარეგულირებელი უწყებების ანგარიშების, საერთაშორისო ორგანიზაციების პუბლიკაციების და აკადემიური ლიტერატურის მონაცემებს. ამ მონაცემების გამოყენება საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ფასების დინამიკის, ბაზრის კონცენტრაციისა და რეგულაციის შედეგების ტენდენციების იდენტიფიცირება,

რაც უზრუნველყოფს კვლევის სანდოობას და საფუძველს იძლევა დასკვნების და პოლიტიკის რეკომენდაციების ფორმულირებისთვის.

კვლევის შედეგები

I. გლობალური ფარმაცევტული ბაზარი და წარუმატებლობის ფაქტორები

ფარმაცევტული ბაზარი კლასიკური მაგალითია ისეთი სექტორისა, სადაც თავისუფალი ბაზრის მექანიზმები სრულყოფილად ვერ უზრუნველყოფს რესურსების ეფექტიან განაწილებას. ამის მთავარი მიზეზია რამდენიმე სტრუქტურული ფაქტორი, რომლებიც არსებითად განასხვავებს მედიკამენტებს სხვა სამომხმარებლო პროდუქტებისგან.

ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია **ინფორმაციული ასიმეტრია**, როდესაც პაციენტი ვერ ფლობს საკმარის ცოდნას მედიკამენტის ეფექტიანობის, უსაფრთხოების, ალტერნატივებისა და ფასის სამართლიანობის შესახებ. გადაწყვეტილების მიღებაში წამყვან როლს თამაშობს ექიმი ან ფარმაცევტი, რაც ამცირებს მომხმარებლის არჩევანის თავისუფლებას და აძლიერებს ფასების არაკონკურენტული ფორმირების რისკს.

მეორე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია **მოთხოვნის დაბალი ელასტიურობა ფასის მიმართ**. მედიკამენტებზე მოთხოვნა ხშირად სასიცოცხლო აუცილებლობით არის განპირობებული, რის გამოც ფასის ზრდა არ იწვევს მოთხოვნის პროპორციულ შემცირებას. ეს გარემოება განსაკუთრებით ამძაფრებს სოციალური უთანასწორობისა და ფინანსური ბარიერების პრობლემას, განსაკუთრებით დაბალი და საშუალო შემოსავლის მქონე მოსახლეობისთვის.

ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების ერთობლიობა განაპირობებს **რეგულაციის აუცილებლობას**, რადგან ფარმაცევტული ბაზრის თვითრეგულაცია ვერ უზრუნველყოფს ვერც ფასების სამართლიან დონეს და ვერც მედიკამენტებზე თანაბარ ხელმისაწვდომობას. სახელმწიფო ჩარევა ამ კონტექსტში განიხილება როგორც საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დაცვის ინსტრუმენტი და არა მხოლოდ ეკონომიკური პოლიტიკის ელემენტი [8-10].

ბაზრის სტრუქტურა და ფასების ფორმირება. ფარმაცევტული ბაზრის სტრუქტურა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ფასების ფორმირებაზე. მონოპოლიური და ოლიგოპოლიური ბაზრის მოდელები ამ სექტორში ფართოდ არის გავრცელებული, განსაკუთრებით მცირე და საშუალო ბაზრების პირობებში. ასეთ გარემოში რამდენიმე მსხვილი მოთამაშე ფლობს ბაზრის მნიშვნელოვან წილს და აქვს შესაძლებლობა პირდაპირი ან ირიბი ზეგავლენა მოახდინოს ფასებზე.

კონკურენციის შეზღუდვა იწვევს რიგ ეკონომიკურ შედეგებს, მათ შორის ფასების ზრდას, ინოვაციის შემცირებას და მომხმარებლის კეთილდღეობის კლებას. როდესაც ბაზარზე შესვლის ბარიერები მაღალია, ხოლო ალტერნატიული მომწოდებლების რიცხვი შეზღუდული, ფასები ნაკლებად ასახავს რეალურ ხარჯებს და უფრო მეტად გამოხატავს ბაზრის ძალაუფლებას [11,12].

ყურადღება ექცევა ვერტიკალურ ინტეგრაციას, როდესაც ერთი და იგივე ეკონომიკური სუბიექტი აკონტროლებს საბითუმო და საცალო დონეებს. ასეთი სტრუქტურა ქმნის ინტერესთა კონფლიქტისა და ფასების მანიპულაციის რისკს, ამცირებს დამოუკიდებელი მოთამაშეების კონკურენტუნარიანობას და აძლიერებს ბაზრის კონცენტრაციას. საქართველოს ფარმაცევტული ბაზარი ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით მგრძობიარეა, რაც ფასების რეგულირების საკითხს კიდევ უფრო აქტუალურს ხდის. ქვეყანაში არანაკლებ პრობლემურია ჰორიზონტალური ინტეგრაციაც. ორივე ტიპის მახასიათებლები მოყვანილია N1 ცხრილში.

ცხრილი N1. ფარმაცევტული ბაზრის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაცია – სრული შედარებითი ცხრილი

კრიტერიუმი	ვერტიკალური ინტეგრაცია	ჰორიზონტალური ინტეგრაცია
განსაზღვრება	ერთი ეკონომიკური ჯგუფის მიერ მიწოდების ჯაჭვის სხვადასხვა ეტაპის კონტროლი	ერთი და იგივე ბაზრის დონეზე მოქმედი კომპანიების გაერთიანება ან კონტროლი
ინტეგრაციის დონეები	წარმოება → იმპორტი → დისტრიბუცია → საცალო რეალიზაცია	იმპორტიორ–იმპორტიორი; დისტრიბუტორ–დისტრიბუტორი; აფთიაქი–აფთიაქი
ფარმაცევტულ ბაზარზე გამოვლენა	იმპორტიორი ფლობს საბითუმო საწყობს და აფთიაქების ქსელს	ერთი კომპანია აკონტროლებს რამდენიმე მსხვილ აფთიაქების ქსელს
ძირითადი მიზანი	მიწოდების სრული კონტროლი და მარჟების ოპტიმიზაცია	ბაზრის წილის ზრდა და კონკურენტების შემცირება
ზემოქმედება კონკურენციაზე	ზღუდავს დამოუკიდებელი დისტრიბუტორებისა და აფთიაქების კონკურენციას	ამცირებს მოთამაშეთა რაოდენობას ბაზარზე
ბაზრის ბარიერები	ქმნის მაღალ შესვლის ბარიერებს ახალი კომპანიებისთვის	ართულებს მცირე და საშუალო ბიზნესის გადარჩენას
ფასების ფორმირებაზე გავლენა	შესაძლებელი ხდება ფასების კოორდინაცია ჯაჭვის ყველა ეტაპზე	ფასების პარალელური ზრდის ან სტაბილიზაციის რისკი
მომხმარებლის არჩევანი	ხშირად იზღუდება ალტერნატიული პროდუქტების ხელმისაწვდომობა	არჩევანი მცირდება აფთიაქების ან მომწოდებლების დონეზე
გენერიკების ხელმისაწვდომობა	ინტეგრირებული ქსელები ამჯობინებენ საკუთარ ბრენდებს	გენერიკების წახალისება სუსტდება კონკურენციის შემცირების გამო
ბიოსიმილარებზე გავლენა	შეზღუდული წვდომა და ნელი დანერგვა	ბაზარზე შესვლა რთულდება მაღალი კონცენტრაციის გამო

რეგულატორული რისკები	ინტერესთა კონფლიქტი, ფასების მანიპულაცია	კარტელური შეთანხმებების რისკი
ანტიმონოპოლიური შეფასება	რთული დასადგენია, მაგრამ მაღალი რისკის მატარებელია	პირდაპირი ობიექტი კონკურენციის სამართლისთვის
პოლიტიკის საპასუხო ინსტრუმენტები	ვერტიკალური ინტეგრაციის შეზღუდვა, გამჭვირვალობის მოთხოვნები	შერწყმა-შემენის კონტროლი, ბაზრის წილის ზღვარი
ERP/IRP ეფექტიანობა	დაბალი – ფასების შიდა კოორდინაციის გამო	საშუალო – მაგრამ სუსტდება მაღალი კონცენტრაციისას
ტენდერულ მექანიზმებზე გავლენა	ინტეგრირებული ჯგუფები დომინირებენ ტენდერებში	ტენდერები კარგავს კონკურენტულობას
გრძელვადიანი შედეგი	მონოპოლიური ან ოლიგოპოლიური სტრუქტურა	ოლიგოპოლია
საერთაშორისო პრაქტიკა	მკაცრად რეგულირდება EU-ში	კონტროლდება კონკურენციის ორგანოების მიერ
საქართველოს კონტექსტი	ფართოდ გავრცელებული პრაქტიკა	მაღალი კონცენტრაცია საცალო სექტორში

კომპლექსური ვერტიკალური ინტეგრაციის შეფასება ჯანდაცვისა და ფარმაცევტულ ბაზარზე. როდესაც ერთი და იგივე ეკონომიკური ჯგუფი ფლობს სადაზღვევო კომპანიას, სამედიცინო კლინიკას, ფარმაცევტულ წარმოებას, იმპორტ-დისტრიბუციასა და საცალო აფთიაქთა ქსელს, ადგილი აქვს კიდევ უფრო მაღალი დონის, მრავალსაფეხურიან ვერტიკალურ ინტეგრაციას, რომელიც მოიცავს ჯანდაცვის სერვისებისა და წამლის მიწოდების მთელ ჯაჭვს - წარმოებიდან საბოლოო მომხმარებლამდე. აღნიშნული მოდელი ქმნის დახურულ სისტემას, სადაც ფინანსური რესურსების მართვა (დაზღვევა), მომსახურების მიწოდება (კლინიკა) და მედიკამენტების ხელმისაწვდომობა (წარმოება-დისტრიბუცია-აფთიაქი) კონცენტრირებულია ერთ სუბიექტში. ამგვარ პირობებში კონკურენციის ბუნებრივი მექანიზმები მნიშვნელოვნად სუსტდება, რადგან შიდა ტრანსაქციები ანაცვლებს საბაზრო ურთიერთობებს. კომპლექსური ინტეგრაციის შემთხვევაში, ცალსახად იკვეთება ძირითადი რისკები:

ა. ინტერესთა კონფლიქტი. სადაზღვევო კომპანია შეიძლება პრიორიტეტულად აფინანსებდეს საკუთარ კლინიკასა და აფთიაქთა ქსელს, რაც ზღუდავს დამოუკიდებელი პროვაიდერებისა და დისტრიბუტორების ბაზარზე წვდომას.

ბ. პაციენტის არჩევანის შეზღუდვა. დაზღვეულ პირებს ფაქტობრივად ეზღუდებათ თავისუფალი არჩევანი როგორც სამედიცინო მომსახურების, ისე მედიკამენტების მიღებისას.

გ. ფასების არაგამჭვირვალე ფორმირება. მედიკამენტებისა და სამედიცინო მომსახურების ფასები შეიძლება დგინდებოდეს შიდა ტრანსფერული ფასებით, რაც ართულებს რეგულატორის მიერ რეალური ფასის კონტროლს.

დ. გენერიკებისა და ბიოსიმილარების კონკურენციის შესუსტება. ინტეგრირებული სტრუქტურა ხელს უწყობს „საკუთარი“ პროდუქტების პრიორიტეტიზაციას, რაც ამცირებს ბაზარზე ალტერნატიული მედიკამენტების წილს.

ე. ბაზრის დახურვის (foreclosure) ეფექტი. დამოუკიდებელი მწარმოებლები, იმპორტიორები, აფთიაქები და კლინიკები იძულებულნი ხდებიან დატოვონ ბაზარი ან იმუშაონ არათანაბარ პირობებში.

ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების ფონზე უმნიშვნელოდ ჩანს შესაძლო პოზიტიური ეფექტები (შეზღუდული პირობებით):

- ადმინისტრაციული ხარჯების შემცირება
- ლოჯისტიკური პროცესების ოპტიმიზაცია
- მომსახურების უწყვეტობის უზრუნველყოფა

თუმცა, ისიც ნათელია, რომ ეს ეფექტები რეალიზდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს მკაცრი რეგულატორული ზედამხედველობა და კონკურენციის დაცვის ეფექტიანი მექანიზმები.

საერთაშორისო პრაქტიკის მიხედვით, მსგავსი სრული ინტეგრაცია ითვლება მაღალი რისკის მქონე სტრუქტურად, რომელიც საჭიროებს:

- ანტიმონოპოლიურ ჩარევას
- ფასების გამჭვირვალობის მკაცრ მოთხოვნებს
- შიდა ტრანსაქციების გამოყოფას (ring-fencing)
- ინტერესთა კონფლიქტის მართვის ინსტრუმენტებს

აღნიშნული ტიპის ინტეგრაცია მოკლევადიან პერსპექტივაში შეიძლება ზრდიდეს სისტემის ეფექტიანობას, თუმცა გრძელვადიან პერიოდში ქმნის სერიოზულ საფრთხეს კონკურენციისთვის, წამლის ხელმისაწვდომობისთვის და ფასების სამართლიანი ფორმირებისთვის, განსაკუთრებით მაღალი კონცენტრაციის მქონე ბაზრებზე, როგორცაა საქართველო [13,14, 15].

ფასების რეგულირების თეორიული მოდელები. ფარმაცევტულ სექტორში ფასების რეგულირება ეფუძნება რამდენიმე თეორიულ მიდგომას, რომელთაგან ერთ-ერთი ცენტრალურია სოციალური კეთილდღეობის თეორია. ამ მიდგომის მიხედვით, მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობა განიხილება როგორც საზოგადოებრივი სიკეთე, ხოლო ფასების რეგულირება — როგორც ინსტრუმენტი მოსახლეობის ჯანმრთელობის საერთო დონის გასაუმჯობესებლად.

სახელმწიფო ინტერვენციის ეკონომიკური ლოგიკა ეფუძნება იმ მოსაზრებას, რომ ბაზრის წარუმატებლობის პირობებში რეგულაცია აუმჯობესებს რესურსების განაწილებას და ამცირებს სოციალური დანაკარგების მოცულობას. ფასების ზედა ზღვარი, რეფერენტული ფასები, გენერიკული ჩანაცვლების წახალისება და ანაზღაურების სისტემები სწორედ ამ ლოგიკის პრაქტიკულ გამოვლინებებს წარმოადგენს.

კვლევის კონცეპტუალური ჩარჩო ეფუძნება შემდეგ მიზეზ-შედეგობრივ მოდელს:

ბაზრის სტრუქტურა → ფასების ფორმირების მექანიზმი → მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობა → ჯანმრთელობის შედეგები

ამ მოდელის მიხედვით, ბაზრის მაღალი კონცენტრაცია და სუსტი კონკურენცია იწვევს ფასების ზრდას, რაც პირდაპირ აისახება მედიკამენტების ხელმისაწვდომობაზე და საბოლოოდ — მოსახლეობის ჯანმრთელობის მაჩვენებლებზე. აღნიშნული ჩარჩო ქმნის თეორიულ საფუძველს საქართველოს ფარმაცევტულ ბაზარზე მონოპოლიური სტრუქტურისა და რეფერენტული ფასების მეთოდის ეფექტიანობის კრიტიკული შეფასებისთვის.

ზოგადად, ფარმაცევტულ სექტორში ფასების რეგულირება ფართოდ გამოიყენება, როგორც მაღალი ხარჯების, ბაზრის კონცენტრაციისა და მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობის პრობლემებზე რეაგირების ინსტრუმენტი. საერთაშორისო პრაქტიკაში ჩამოყალიბებულია სხვადასხვა მექანიზმი, რომლებიც განსხვავდება რეგულირების სიღრმით, ადმინისტრაციული ჩარევის ხარისხითა და ეკონომიკური ეფექტებით [16].

გარე რეფერენტული ფასები (External Reference Pricing – ERP). გარე რეფერენტული ფასების მეთოდი (ERP) ეფუძნება პრინციპს, რომლის მიხედვითაც მედიკამენტის ფასი ერთ ქვეყანაში განისაზღვრება სხვა ქვეყნების ფასებთან შედარებით. როგორც წესი, რეგულატორი ირჩევს რეფერენტული ქვეყნების ჯგუფს და ადგენს ფასს მათში არსებული ფასების საშუალო, მინიმალური ან სხვა სტატისტიკური მაჩვენებლის საფუძველზე. ERP ფართოდ გამოიყენება როგორც ინოვაციური, ისე გენერიკული მედიკამენტების ფასების დასადგენად.

ERP-ის ეფექტიანობა დიდწილად დამოკიდებულია რეფერენტული ქვეყნების სწორ შერჩევაზე. ეკონომიკური განვითარების დონე, ჯანდაცვის დაფინანსების მოდელი, ვალუტა, გადასახადები და ბაზრის ზომა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ფასების შედარებადობაზე. არასათანადოდ შერჩეული რეფერენტული ქვეყნები ზრდის რისკს, რომ დადგენილი ფასი არ ასახავდეს ქვეყნის შიდა ეკონომიკურ რეალობას და ვერ უზრუნველყოს მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობა.

ERP-ის მთავარ უპირატესობად ითვლება მისი ადმინისტრაციული სიმარტივე და შედარებით სწრაფი განხორციელება. მეთოდი განსაკუთრებით მიმზიდველია მცირე ბაზრებისთვის, სადაც შიდა კონკურენცია სუსტია. ამასთან, ERP ხშირად ექვემდებარება კრიტიკას. იგი არ ითვალისწინებს მოსახლეობის გადახდისუნარიანობას, არ ასახავს რეალურ წარმოების ან დისტრიბუციის ხარჯებს და შესაძლოა გამოიწვიოს ფასების „გადაცემა“ ქვეყნებს შორის. გარდა ამისა, ERP ნაკლებად ეფექტიანია მაღალი ბაზრის კონცენტრაციის პირობებში, როდესაც ადგილობრივი ფასები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული მონოპოლიურ ან ოლიგოპოლიურ სტრუქტურებზე.

შიდა რეფერენტული ფასები (Internal Reference Pricing – IRP). შიდა რეფერენტული ფასები (IRP) წარმოადგენს ფასების რეგულირების ინსტრუმენტს, რომელიც ეფუძნება ერთი თერაპიული ჯგუფის ან კლასის მედიკამენტების ფასების შედარებას. მეთოდის მიზანია უზრუნველყოს მედიკამენტების თანასწორი ფასის პოლიტიკა და ხელი შეუწყოს კონკურენციის განვითარებას ერთსა და იმავე თერაპიულ სეგმენტში. IRP განსაკუთრებით ეფექტურია, როდესაც ბაზარზე წარმოდგენილია როგორც ორიგინალური, ისე გენერიკული მედიკამენტები; გენერიკების დაბალი ფასი ქმნის რეფერენტულ საფუძველს ფასების შემცირებისთვის და, შესაბამისად, ამცირებს მკურნალობის ღირებულებას ჯანდაცვის სისტემისა და პაციენტის თვალსაზრისით. ამ მეთოდით ფასის დადგენა დამოკიდებულია იმაზე, რამდენად შეღავათიანი და მისაღები ფასებია კონკრეტული თერაპიული ჯგუფის სხვა წამლებზე, რაც ზრდის მედიკამენტების ხელმისაწვდომობას და ხელს უშლის ზედმეტ ფასგადახედვას.

ფასების პირდაპირი კონტროლი. ფასების პირდაპირი კონტროლი წარმოადგენს მარეგულირებელი ორგანოს მიერ განსაზღვრულ მაქსიმალურ ფასებს ან ფასების ზედა ზღვარს, რომელიც აფთიაქებსა და დისტრიბუტორებს შეუძლიათ გამოიყენონ. ეს მეთოდი მოიცავს ფასების „გაყინვას“ (price freeze) ან რეგულირებული მარჟების (regulated mark-ups) დაწესებას, რათა ფასის ზრდა კონკრეტულ სამიზნე პერიოდში შეზღუდული იყოს. მაქსიმალური ფასების კონტროლი უზრუნველყოფს პაციენტისთვის მედიკამენტების ხელმისაწვდომობას და ხელს უშლის სპეკულაციურ ფასების ზრდას, განსაკუთრებით მონოპოლიურ ან ოლიგოპოლიურ ბაზრებში. ამასთან, პირდაპირი კონტროლის ეფექტიანობა ხშირად დამოკიდებულია ბაზრის კონკურენციის დონეზე, მარეგულირებელი მექანიზმების სიზუსტესა და მონიტორინგის სისტემების არსებობაზე.

ფასზე მოლაპარაკებები და ფასდაკლებები. ფასზე მოლაპარაკებები წარმოადგენს დარეგულირების მექანიზმს, სადაც სახელმწიფო უწყებები უშუალოდ აწარმოებენ მოლაპარაკებებს წამლის მწარმოებელთან ან დისტრიბუტორთან, რათა შეთანხმდნენ ფარმაცევტული პროდუქტების ფასებზე. ასეთი მოლაპარაკებები განსაკუთრებით გავრცელებულია ძვირადღირებული ინოვაციური მედიკამენტების შემთხვევაში, სადაც პირდაპირი ფასის კონტროლი არ არის ეფექტური ან შეიძლება შეზღუდოს ახალი პროდუქტების ბაზარზე მიღება.

მოლაპარაკებების ერთ-ერთი ფორმა არის Managed Entry Agreements (MEA), რაც გულისხმობს სპეციალურ ხელშეკრულებებს სახელმწიფო ორგანიზაციებსა და წამლის მწარმოებელს შორის. MEA უზრუნველყოფს მედიკამენტის ხელმისაწვდომობას ფისკალურად მდგრადი პირობებით, ხშირად მოიცავს ფასდაკლებებს, შედეგებზე დაფუძნებულ სამედიცინო ანაზღაურებას და ზოგჯერ მწარმოებლის პასუხისმგებლობას წამლის ეფექტურობის ან უსაფრთხოების მონაცემების მონიტორინგში. MEA-ის გამოყენება ზრდის სახელმწიფოს შესაძლებლობას შეამციროს ფინანსური რისკები და გააძლიეროს მედიკამენტის ხელმისაწვდომობა მოსახლეობისთვის [17,18,19].

კონკურენციის გაძლიერებაზე ორიენტირებული პოლიტიკა. კონკურენციის გაძლიერებაზე ორიენტირებული პოლიტიკა მიზნად ისახავს ბაზრის უფრო მოქნილ და კონკურენტულ გარემოში გადაყვანას, რაც ხელს უწყობს ფასების შემცირებას და მედიკამენტების ხელმისაწვდომობის ზრდას.

გენერიკების წახალისება ერთ-ერთი ძირითადი მექანიზმია, რომელიც უზრუნველყოფს ორიგინალური მედიკამენტების შეთავაზების ალტერნატივას დაბალ ფასში. სახელმწიფო ინიციატივები, როგორცაა ფასდაკლებები, მარეგულირებელი შეღავათები ან ბაზარზე მარტივი შესვლა, ხელს უწყობს გენერიკების წახალისებას.

ბიოსიმილარები — ბიოლოგიური მედიკამენტების გენერიკული ანალოგები — ასევე მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ კონკურენციის გაძლიერებაში. მათი დანერგვა იწვევს ბაზრის დივერსიფიკაციას, ფასი შემცირებას და ხელმისაწვდომობის ზრდას.

ტენდერული შესყიდვები წარმოადგენს კიდევ ერთ მძლავრ ინსტრუმენტს, რომელიც სახელმწიფო ან სადაზღვევო ორგანიზაციების მიერ წამლების შესყიდვისას ირჩევს ყველაზე ხელსაყრელ შეთავაზებებს, რაც იწვევს ფასების კონკურენტულ დაწევას. ტენდერები უზრუნველყოფენ გამჭვირვალობას და ხელს უწყობენ რესურსების ეფექტურ განაწილებას [19].

საერთაშორისო პრაქტიკის მიმოხილვა. წამლის ფასების რეგულირება სხვადასხვა ქვეყანაში ხორციელდება განსხვავებული ინსტრუმენტებისა და პოლიტიკის კომბინაციით, რაც დამოკიდებულია ჯანდაცვის სისტემის მოდელზე, ბაზრის სტრუქტურაზე და ქვეყნის ეკონომიკურ შესაძლებლობებზე. საერთაშორისო გამოცდილება ცხადყოფს, რომ ფასების ეფექტიანი რეგულაცია იშვიათად ეფუძნება ერთ მექანიზმს და, როგორც წესი, წარმოადგენს კომპლექსურ პოლიტიკურ ჩარჩოს, რომელიც აერთიანებს ადმინისტრაციულ რეგულაციას, კონკურენციის ხელშეწყობას და მტკიცებულებაზე დაფუძნებულ გადაწყვეტილებებს.

ევროკავშირის ქვეყნებში წამლის ფასების რეგულირების ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ ინსტრუმენტს წარმოადგენს გარე რეფერენტული ფასები (External Reference Pricing – ERP), რომელიც გამოიყენება როგორც დამოუკიდებლად, ისე სხვა მექანიზმებთან კომბინაციაში. მიუხედავად მეთოდის ფართო გავრცელებისა, ევროკავშირის პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ERP-ის ეფექტიანობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ქვეყნების მიხედვით. კონკურენტულ ბაზრებში, სადაც გენერიკული მედიკამენტების წილი მაღალია და ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაცია შეზღუდულია, ERP ხელს უწყობს ფასების სტაბილიზაციას და ზოგ შემთხვევაში – შემცირებას. ამასთან, ევროკავშირის წამყვან ქვეყნებში ERP იშვიათად გამოიყენება იზოლირებულად და, როგორც წესი, ერწყმის ფასზე მოლაპარაკებებს, შიდა რეფერენტული ფასებს (IRP), HTA/REA-ს მექანიზმებს და ტენდერულ შესყიდვებს.

დაბალი და საშუალო შემოსავლის ქვეყნების გამოცდილება განსხვავებულ სურათს აჩვენებს. ასეთ ქვეყნებში ფარმაცევტული ბაზრები ხშირად ხასიათდება მაღალი კონცენტრაციით, იმპორტზე დამოკიდებულებით და სუსტი მარეგულირებელი შესაძლებლობებით. ამ პირობებში ERP-ის დანერგვა ხშირად განიხილება როგორც

შედარებით მარტივი და ადმინისტრაციულად ნაკლებად რესურსმოხმარებელი ინსტრუმენტი. თუმცა პრაქტიკა მიუთითებს, რომ კონკურენციის არარსებობის პირობებში ERP იშვიათად იწვევს ფასების რეალურ შემცირებას და ხშირად მხოლოდ ზღვრულ კორექციას უზრუნველყოფს. ზოგიერთ შემთხვევაში რეგულაციამ შეიძლება გამოიწვიოს მიწოდების შემცირება ან გარკვეული მედიკამენტების ბაზრიდან გაქრობა, რაც კიდევ უფრო ამცირებს სამკურნალო საშუალებების ხელმისაწვდომობას [20,21,22].

საერთაშორისო პრაქტიკა ასევე ავლენს როგორც წარმატებულ, ისე პრობლემურ მოდელებს. წარმატებულად ითვლება ის სისტემები, რომლებიც ფასების რეგულაციას აერთიანებს კონკურენციის პოლიტიკასთან, გენერიკებისა და ბიოსიმილარების აქტიურ წახალისებასთან და მტკიცებულებაზე დაფუძნებულ შეფასებებთან. პრობლემურ მოდელებად კი აღიქმება ის მიდგომები, რომელიც ფასების ადმინისტრაციულ შეზღუდვაზეა კონცენტრირებული და არ ითვალისწინებს ბაზრის სტრუქტურულ თავისებურებებს. ასეთი გამოცდილება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის, სადაც ფასების რეგულირების შემდგომი განვითარება საჭიროებს არა მხოლოდ არსებული ინსტრუმენტების შენარჩუნებას, არამედ მათი ადაპტაციას ადგილობრივ ეკონომიკურ და ინსტიტუციურ რეალობაზე [23,24].

დაბალი და საშუალო შემოსავლის მქონე ქვეყნებში წამლის ფასების რეგულირება ხორციელდება განსხვავებულ ინსტიტუციურ და ეკონომიკურ პირობებში, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რეგულირების მექანიზმების ეფექტიანობაზე. ამ ქვეყნების ფარმაცევტული ბაზრები ხშირად ხასიათდება მაღალი იმპორტდამოკიდებულებით, შეზღუდული ადგილობრივი წარმოებით, ბაზრის კონცენტრაციით და მარეგულირებელი ინსტიტუტების შედარებით სუსტი შესაძლებლობებით. აღნიშნულ პირობებში სახელმწიფოსთვის წამლების ხელმისაწვდომობა განსაკუთრებით კრიტიკულ სოციალურ საკითხს წარმოადგენს, რის გამოც ფასების ადმინისტრაციული კონტროლი ფართოდ გავრცელებულ პრაქტიკად გვხვდება.

დაბალი და საშუალო შემოსავლის ქვეყნებში ყველაზე ხშირად გამოყენებული მექანიზმებია გარე რეფერენტული ფასები (ERP), ფასების ზედა ზღვრის დაწესება და გარკვეული კატეგორიის მედიკამენტებზე პირდაპირი ფასების კონტროლი. ამ მიდგომების დანერგვა ხშირად განპირობებულია მათი შედარებითი სიმარტივითა და დაბალი ადმინისტრაციული დანახარჯებით. თუმცა პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ბაზრის კონკურენტული მექანიზმების არარსებობის პირობებში ასეთი რეგულაციები ხშირად იწვევს მხოლოდ ფასების „ფორმალურ“ შემცირებას, რეალური ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესების გარეშე. ზოგიერთ შემთხვევაში რეგულაციამ შეიძლება გამოიწვიოს მედიკამენტების მიწოდების შეფერხება ან გარკვეული პროდუქტების ბაზრიდან გაქრობა, რაც კიდევ უფრო ამძაფრებს ხელმისაწვდომობის პრობლემას.

განსაკუთრებულ გამოწვევას წარმოადგენს ის გარემოება, რომ აღნიშნულ ქვეყნებში იშვიათად გამოიყენება მტკიცებულებაზე დაფუძნებული ინსტრუმენტები, როგორცაა ჯანმრთელობის ტექნოლოგიების შეფასება (HTA) ან რეგულაციული

ზემოქმედების ანალიზი (REA). შედეგად, ფასების რეგულირების გადაწყვეტილებები ხშირად მიიღება ბაზრის სტრუქტურისა და კონკურენტული დინამიკის სრულფასოვანი ანალიზის გარეშე, რაც ზღუდავს პოლიტიკის ეფექტიანობას.

დაბალი და საშუალო შემოსავლის მქონე ქვეყნების გამოცდილება აჩვენებს, რომ წამლის ფასების რეგულირების ეფექტიანობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ბაზრის სტრუქტურაზე, კონკურენციის დონესა და გამოყენებული ინსტრუმენტების კომბინაციაზე. ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია **რუმინეთი**, სადაც გარე რეფერენტული ფასების (ERP) სისტემა ეფუძნება ევროკავშირის ქვეყნების ფართო კალათას და ფასის დადგენა ხდება ყველაზე დაბალი ფასის პრინციპით. მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნულმა მიდგომამ გარკვეულ ეტაპზე გამოიწვია ფასების შემცირება, მან ასევე შექმნა მიწოდების პრობლემები, რადგან დაბალი ფასების პირობებში რიგი მწარმოებლები კარგავდნენ ბაზარზე დარჩენის ინტერესს. შედეგად, გარკვეულ თერაპიულ ჯგუფებში მედიკამენტების ხელმისაწვდომობა შემცირდა, რაც ERP-ის ერთპიროვნული გამოყენების რისკებზე მიუთითებს.

ბულგარეთის მაგალითი აჩვენებს შედარებით უფრო დაბალანსებულ მიდგომას, სადაც ERP კომბინირებულია შიდა რეფერენტული ფასებთან (IRP) და გენერიკული ჩანაცვლების აქტიურ პოლიტიკასთან. მიუხედავად ამისა, ბაზრის მაღალი კონცენტრაცია და დისტრიბუციის დონეზე ძლიერი მოთამაშეების არსებობა კვლავ ზღუდავს ფასების შემცირების პოტენციალს. ბულგარეთის გამოცდილება ცხადყოფს, რომ ფასების რეგულირება კონკურენციის პოლიტიკის გარეშე ვერ უზრუნველყოფს მედიკამენტების ხელმისაწვდომობის სრულ გაუმჯობესებას.

თურქეთი წარმოადგენს განსაკუთრებულ შემთხვევას, სადაც სახელმწიფო იყენებს მკაცრ ადმინისტრაციულ ფასების კონტროლს და ფიქსირებულ გაცვლით კურსს იმპორტირებული მედიკამენტებისთვის. აღნიშნულმა პოლიტიკამ საშუალო ვადაში შეამცირა ფასები, თუმცა გრძელვადიან პერსპექტივაში გამოიწვია წამლების დეფიციტი და ბაზრიდან გარკვეული ინოვაციური პროდუქტების გაქრობა. თურქეთის შემთხვევა მიუთითებს, რომ მკაცრი ფასობრივი რეგულაცია, რომელიც არ ითვალისწინებს ბაზრის ეკონომიკურ რეალობას, შესაძლოა უარყოფითად აისახოს მიწოდების მდგრადობაზე.

დაბალი შემოსავლის ქვეყნების კონტექსტში საინტერესოა **ლატვიისა და ლიეტუვის** გამოცდილება. ამ ქვეყნებში ERP ინტეგრირებულია აქტიურ სახელმწიფო მოლაპარაკებებთან, ტენდერულ შესყიდვებთან და გენერიკული მედიკამენტების მკაცრ წახალისებასთან. შედეგად, ფასების შემცირება მეტწილად მიღწეულია კონკურენციის გაძლიერებით და არა მხოლოდ ადმინისტრაციული ზღვრის დაწესებით. ბალტიის ქვეყნების გამოცდილება აჩვენებს, რომ მცირე ბაზრებშიც შესაძლებელია შედარებით ეფექტიანი რეგულაცია, თუ პოლიტიკა ეფუძნება მრავალინსტრუმენტულ მიდგომას.

ცხრილი 2. წამლის ფასების რეგულირების მექანიზმები დაბალი და საშუალო შემოსავლის ქვეყნებში: შედარებითი ანალიზი

ქვეყანა	გამოყენებული რეგულირების ინსტრუმენტები	მიღწეული შედეგები	ძირითადი რისკები და შეზღუდვები
რუმინეთი	<ul style="list-style-type: none"> • გარე რეფერენტული ფასები (ERP) • ყველაზე დაბალი ფასის პრინციპი • ფართო რეფერენტული ქვეყნების კალათა 	<ul style="list-style-type: none"> • ფასების ნომინალური შემცირება • სახელმწიფო ხარჯების დროებითი კონტროლი 	<ul style="list-style-type: none"> • მედიკამენტების დეფიციტი • ბაზრიდან მწარმოებლების გასვლა • ხელმისაწვდომობის გაუარესება
ბულგარეთი	<ul style="list-style-type: none"> • ERP + შიდა რეფერენტული ფასები (IRP) • გენერიკული ჩანაცვლება • ნაწილობრივი ფასზე მოლაპარაკებები 	<ul style="list-style-type: none"> • ფასების ზომიერი შემცირება • გენერიკების წილის ზრდა 	<ul style="list-style-type: none"> • მაღალი ბაზრის კონცენტრაცია • დისტრიბუციის დონეზე ფასების შენარჩუნება
თურქეთი	<ul style="list-style-type: none"> • ფასების ადმინისტრაციული კონტროლი • ფიქსირებული გაცვლითი კურსი • მკაცრი სახელმწიფო რეგულაცია 	<ul style="list-style-type: none"> • ფასების მკვეთრი შემცირება მოკლე ვადაში 	<ul style="list-style-type: none"> • წამლების დეფიციტი • ინოვაციური პროდუქტების გაქრობა • მიწოდების არასტაბილურობა
ლატვია	<ul style="list-style-type: none"> • ERP + სახელმწიფო მოლაპარაკებები • ტენდერული შესყიდვები • გენერიკების მკაცრი წახალისება 	<ul style="list-style-type: none"> • ფასების სტაბილური შემცირება • კონკურენციის ზრდა 	<ul style="list-style-type: none"> • მცირე ბაზრის გამო შეზღუდული არჩევანი • მაღალი დამოკიდებულება იმპორტზე
ლიეტუვა	<ul style="list-style-type: none"> • ERP ინტეგრირებული IRP-თან • ცენტრალიზებული შესყიდვები • აქტიური კონკურენციის პოლიტიკა 	<ul style="list-style-type: none"> • ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესება • ხარჯების კონტროლი 	<ul style="list-style-type: none"> • ადმინისტრაციული ტვირთი • მაღალი რეგულაციური ხარჯები

ცხრილში წარმოდგენილი შედარებითი ანალიზი აჩვენებს, რომ წამლის ფასების რეგულირების ყველაზე ეფექტიანი მოდელები ეფუძნება მრავალინსტრუმენტულ მიდგომას, სადაც ERP გამოიყენება როგორც დამხმარე მექანიზმი და არა როგორც ერთადერთი ინსტრუმენტი. იმ ქვეყნებში, სადაც ფასების რეგულაცია გაძლიერებულია კონკურენციის პოლიტიკით, გენერიკული მედიკამენტების წახალისებითა და

სახელმწიფო მოლაპარაკებებით, ფასების შემცირება უფრო მდგრადია და ნაკლებად იწვევს მიწოდების პრობლემებს. მეორე მხრივ, მკაცრი ადმინისტრაციული კონტროლი ან ERP-ის ერთპიროვნული გამოყენება მონოპოლიურ ბაზრებში ზრდის დეფიციტის, ბაზრიდან გასვლისა და ხელმისაწვდომობის გაუარესების რისკს, რაც განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია საქართველოს მსგავსი ბაზრებისთვის [25,26,27].

საერთაშორისო გამოცდილება ცხადყოფს, რომ წამლის ფასების რეგულირების წარმატებული მოდელები ეფუძნება მრავალინსტრუმენტულ და ინტეგრირებულ მიდგომას. ასეთ სისტემებში ფასების ადმინისტრაციული რეგულაცია კომბინირებულია კონკურენციის პოლიტიკასთან, გენერიკული და ბიოსიმილარული მედიკამენტების აქტიურ წახალისებასთან, ფასზე მოლაპარაკებებთან და ტენდერულ მექანიზმებთან. აღნიშნული მიდგომა განსაკუთრებით ეფექტანია იმ ქვეყნებში, სადაც სახელმწიფო ახორციელებს ბაზრის აქტიურ ზედამხედველობას და უზრუნველყოფს ვერტიკალური ინტეგრაციისა და მონოპოლიური პრაქტიკის შეზღუდვას [28].

წარმატებულ მოდელებში წამლის ფასი განიხილება არა მხოლოდ როგორც ეკონომიკური კატეგორია, არამედ როგორც საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ინსტრუმენტი, რომელიც პირდაპირ უკავშირდება მკურნალობის ხელმისაწვდომობას, თერაპიის უწყვეტობას და სისტემის ფინანსურ მდგრადობას. ასეთ ქვეყნებში ფასების რეგულირება ეფუძნება მკაფიო კრიტერიუმებს, გამჭვირვალე პროცედურებს და მტკიცებულებაზე დაფუძნებულ გადაწყვეტილებებს.

პრობლემურ მოდელებად ითვლება ის სისტემები, რომლებიც რეგულაციას ერთ კონკრეტულ ინსტრუმენტზე — უმეტესად ERP-ზე — ამყარებს და არ ითვალისწინებს ბაზრის სტრუქტურულ თავისებურებებს. მონოპოლიურ ან ოლიგოპოლიურ ბაზრებში ERP ხშირად ვერ ახდენს ფასების ეფექტიან კორექციას და შესაძლოა გააძლიეროს კიდევ არსებული დომინანტური მოთამაშეების პოზიციები. ასეთ პირობებში რეგულაცია შეიძლება იქცეს ფორმალურ პროცესად, რომელიც ვერ უზრუნველყოფს ფასების რეალურ შემცირებას და მედიკამენტების ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებას.

ქვეყნების ქეისების შედარებითი ანალიზი ცხადყოფს, რომ წარმატებული მოდელები ეფუძნება **ფასების რეგულაციისა და კონკურენციის პოლიტიკის სინერგიას**. ისეთ ქვეყნებში, სადაც ERP გამოყენებულია როგორც დამხმარე ინსტრუმენტი და არა ერთადერთი მექანიზმი (მაგალითად, ბალტიის ქვეყნები), რეგულაციამ რეალურად შეუწყო ხელი ფასების შემცირებას და ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებას.

მეორე მხრივ, პრობლემურ მოდელებად რჩება ის ქვეყნები, სადაც ფასების რეგულირება ხორციელდება **მონოპოლიურ ან ოლიგოპოლიურ ბაზრებში კონკურენციის გაძლიერების გარეშე**. რუმინეთისა და თურქეთის მაგალითები აჩვენებს, რომ ასეთ პირობებში ERP ან მკაცრი ფასობრივი კონტროლი იწვევს ან ფასების „ფორმალურ“ შემცირებას, ან მიწოდების შეფერხებას, რაც საბოლოოდ აზიანებს პაციენტების ინტერესებს.

აღნიშნული გამოცდილება განსაკუთრებით რელევანტურია საქართველოსთვის, სადაც ფარმაცევტული ბაზარი ხასიათდება მაღალი კონცენტრაციითა და ვერტიკალური

ინტეგრაციით. საერთაშორისო ქეისები მიუთითებს, რომ წამლის ფასების რეგულირების პოლიტიკის შემდგომი განვითარება საქართველოში უნდა დაეფუძნოს არა მხოლოდ ERP-ის ტექნიკურ გადახედვას, არამედ კონკურენციის გაძლიერებას, გენერიკული მედიკამენტების რეალურ წახალისებას და ბაზრის სტრუქტურული პრობლემების გადაწყვეტას.

აღნიშნული გამოცდილება მნიშვნელოვანი გაკვეთილი უნდა იყოს საქართველოსთვის, სადაც წამლის ფასების რეგულირების შემდგომი განვითარება საჭიროებს არსებული პოლიტიკის კრიტიკულ გადახედვას, კონკურენციის პოლიტიკის გაძლიერებას და ფასების რეგულირების ინსტრუმენტების ადაპტაციას ადგილობრივი ბაზრის რეალურ სტრუქტურასთან.

II. საქართველოს ფარმაცევტული ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებები

საქართველოს ფარმაცევტული ბაზარი ხასიათდება მაღალი კონცენტრაციითა და სტრუქტურული თავისებურებებით, რომლებიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ფასების ფორმირებას, კონკურენციის დონეს და მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობას. აღნიშნული ფაქტორები ქმნის სპეციფიკურ გარემოს, რომელშიც ფასების რეგულირების მექანიზმების ეფექტიანობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ბაზრის რეალურ სტრუქტურაზე და არა მხოლოდ რეგულაციური ინსტრუმენტების ფორმალურ დანერგვაზე.

ბაზრის კონცენტრაცია და მონოპოლიური ელემენტები. წამლის საბითუმო და საცალო ბაზრის კონცენტრაცია საქართველოს ფარმაცევტული ბაზრის ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელია საბითუმო და საცალო სეგმენტების მაღალი კონცენტრაცია. ბაზრის მნიშვნელოვანი წილი რამდენიმე მსხვილ მოთამაშეზე მოდის, რაც ამცირებს რეალური ფასობრივი კონკურენციის შესაძლებლობას. ასეთ პირობებში მცირე და საშუალო ზომის კომპანიებს შეზღუდული აქვთ როგორც ბაზარზე შესვლის, ისე განვითარების შესაძლებლობები, ხოლო ფასების დინამიკა ხშირად განისაზღვრება დომინანტი სუბიექტების სტრატეგიებით.

ინტეგრაცია. ბაზრის კონცენტრაციას კიდევ უფრო ამძაფრებს ვერტიკალური ინტეგრაციის მაღალი დონე, როდესაც ერთი და იგივე ეკონომიკური ჯგუფი აკონტროლებს მედიკამენტის იმპორტს, საბითუმო დისტრიბუციას და საცალო რეალიზაციას. ვერტიკალურად ინტეგრირებული სტრუქტურები ამცირებს შიდა კონკურენციას მიწოდების ჯაჭვის სხვადასხვა ეტაპზე და ქმნის ბარიერებს დამოუკიდებელი დისტრიბუტორებისა და აფთიაქებისთვის. თვალსაჩინოა ჰორიზონტალური და კიდევ უფორ მტად, კომპლექსური ინტეგრაციის გავლენაც.

ფასების ფორმირებაზე გავლენა. ასეთი ბაზრის პირობებში ფასების ფორმირება ნაკლებად არის დამოკიდებული ხარჯებზე ან კონკურენტულ წნეხზე და უფრო მეტად ასახავს ბაზრის ძალაუფლების დონეს. ვერტიკალური ინტეგრაცია იძლევა შიდა ტრანსფერული ფასების გამოყენების შესაძლებლობას, რაც ართულებს ფასების

გამჭვირვალობას და ამცირებს რეგულატორის შესაძლებლობას რეალურად შეაფასოს ფასების ეკონომიკური დასაბუთებულობა.

მონოპოლიის გავლენა ფასებსა და ხელმისაწვდომობაზე. მონოპოლიური და ოლიგოპოლიური ელემენტების არსებობა მნიშვნელოვნად ზღუდავს კონკურენციას როგორც ფასების, ისე პროდუქციის მრავალფეროვნების თვალსაზრისით. გენერიკული მედიკამენტების ბაზარზეც კი კონკურენცია ხშირად ფორმალურ ხასიათს ატარებს, რადგან დომინანტი კომპანიები ინარჩუნებენ კონტროლს მიწოდების არხებზე და საცალო სივრცეზე. კვლევითი და პრაქტიკული დაკვირვებები აჩვენებს, რომ ბაზრის მაღალი კონცენტრაციის პირობებში ფასების რეგულირების მექანიზმები, მათ შორის გარე რეფერენტული ფასები (ERP), ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს ფასების არსებით შემცირებას. დომინანტი მოთამაშეები ახერხებენ ფასების შენარჩუნებას ან რეგულაციის გვერდის ავლას, მაგალითად, მარჟების გადანაწილების, ასორტიმენტის ოპტიმიზაციის ან კონკრეტული მედიკამენტების მიწოდების შეზღუდვის გზით. მონოპოლიური სტრუქტურა ასევე ამცირებს მომხმარებლის რეალურ არჩევანს. ფორმალურად მრავალფეროვანი ასორტიმენტის მიუხედავად, პრაქტიკაში მომხმარებელს ხშირად სთავაზობენ იმავე ეკონომიკური ჯგუფის მიერ იმპორტირებულ და დისტრიბუციონირებულ მედიკამენტებს. ეს ზღუდავს ფასის, ხარისხისა და ალტერნატიული თერაპიული არჩევანის შესაძლებლობას და საბოლოოდ უარყოფითად აისახება მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობასა და სოციალურ სამართლიანობაზე [29,30, 31].

საქართველოში წამლების გამოწერის პოლიტიკა ფორმალურად ეფუძნება გენერიკული დასახელებით წამლის გამოწერის პრინციპს, რომლის მიზანია მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობის გაზრდა და ფასების შემცირება. აღნიშნული მიდგომა თეორიულად სწორ და ეკონომიკურად გამართლებულ მექანიზმს წარმოადგენს, თუმცა პრაქტიკაში რეცეპტის ინსტიტუტმა სრულფასოვანი ფუნქციონირება ვერ მოახერხა. რეცეპტების ნაწილი ან საერთოდ არ გამოიწერება, ან ფორმალურად იწერება ისე, რომ არ ქმნის ეფექტიან ბერკეტს არც ფასების კონტროლისა და არც რაციონალური ფარმაკოთერაპიის უზრუნველსაყოფად.

რეცეპტული სისტემის არასრულფასოვანი ამოქმედება პირდაპირ კავშირშია თვითმკურნალობის ფართო გავრცელებასთან. პაციენტების მნიშვნელოვანი ნაწილი მედიკამენტებს ექიმის კონსულტაციის გარეშე, უშუალოდ აფთიაქში იძენს. ასეთ პირობებში, გადაწყვეტილების მიღების ცენტრი ფაქტობრივად გადადის აფთიაქის დონეზე, სადაც წამლის შერჩევა ხშირად აღარ ეფუძნება კლინიკურ ან ფარმაკოეკონომიკურ პრინციპებს, არამედ მკაფიოდ გამოხატავს კომერციულ ინტერესებს.

აფთიაქის პირობებში, განსაკუთრებით მაღალი კონცენტრაციისა და ვერტიკალური ინტეგრაციის მქონე ბაზარზე, პაციენტს უმეტესად სთავაზობენ იმ პროდუქტს, რომელიც კონკრეტული ქსელისთვის უფრო მომგებიანია — ანუ მაღალი მარჟის მქონე, საკუთარი იმპორტის, წარმოების ან აფილირებული დისტრიბუტორის

პროდუქციას. ასეთ ვითარებაში გენერიკული დასახლებით გამოწერის ლოგიკა პრაქტიკულად ნეიტრალიზდება, რადგან გენერიკის არჩევანი აღარ ხდება ფასისა და თერაპიული თანასწორობის კრიტერიუმებით, არამედ ფასდება როგორც გაყიდვების ინსტრუმენტი.

აღნიშნული პრაქტიკა აძლიერებს ფასების „ზემოდან დაჭერის“ ეფექტს და ხელს უშლის რეალური კონკურენციის ჩამოყალიბებას. პაციენტის არჩევანი შეზღუდულია, ხოლო ფასზე ზეწოლა — მინიმალური, რაც საბოლოოდ ზრდის მედიკამენტებზე ჯიბიდან გადახდებს (out-of-pocket payments) და ამცირებს მკურნალობის ხელმისაწვდომობას. ამავე დროს, არაკვალიფიციური კონსულტაცია და თვითმკურნალობა ზრდის არარაციონალური გამოყენების, არასასურველი ეფექტებისა და ჯანმრთელობის სისტემის დამატებითი ფინანსური ტვირთის რისკებს.

ნათელია, გენერიკული გამოწერის პოლიტიკა ვერ აღწევს დასახულ მიზნებს იმ პირობებში, როდესაც რეცეპტის ინსტიტუტი სუსტია, თვითმკურნალობა ფართოდ გავრცელებული და აფთიაქები მოქმედებენ არასამართლიან კომერციულ გარემოში. ფასების რეგულირების მექანიზმები, მათ შორის ERP, ასეთ კონტექსტში ვერ უზრუნველყოფს სრულფასოვან შედეგს, თუ ისინი არ იქნება გაძლიერებული რეცეპტული კონტროლის, ფარმაცევტების პროფესიული პასუხისმგებლობის და კონკურენციის პოლიტიკის ეფექტიანი ინსტრუმენტებით.

აფთიაქების სიჭარბის და კონცენტრაციის გავლენა წამლის ფასზე. საქართველოს ფარმაცევტულ ბაზარზე აფთიაქების სიჭარბე, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც უმეტესობა კონცენტრირებულია რამდენიმე დიდ მოთამაშეზე, პირდაპირ გავლენას ახდენს ფასების ფორმირებაზე და კონკურენციის დინამიკაზე. ქვეყანაში აფთიაქების განაწილების მაჩვენებელი ცვალებადია. კონცენტრაცია განსაკუთრებით მაღალია ქალაქ თბილისში, სადაც 100 000 მოსახლეზე დაახლოებით 120 აფთიაქი მოდის, რაც ძალიან მაღალი მაჩვენებელია სხვა ქვეყნების მონაცემებთან შედარებით (იხ. სურ N1).

აფთიაქების გახსნისთვის მხედველობაში არ მიიღება დემოგრაფიული და გეოგრაფიული პრონციპი, განსხვავებით ევროპის რეგიონის რამდენიმე ქვეყნისგან, სადაც ახალი აფთიაქის გახსნის ლიცენზია შეიძლება გაიცეს მხოლოდ კონკრეტული კრიტერიუმების დაკმაყოფილების შემთხვევაში. ყველაზე გავრცელებული კრიტერიუმი არის მოსახლეობის რაოდენობა მოცემულ ქალაქში, ოლქში ან ადმინისტრაციულ რეგიონში. ევროპის რამდენიმე ქვეყანა იყენებს გეოგრაფიულ კრიტერიუმს, რაც მიზნად ისახავს თავიდან აიცილოს აფთიაქების კონცენტრაცია ერთსა და იმავე ტერიტორიაზე. მათგან ზოგიერთი გაერთიანებულია დემოგრაფიულ კრიტერიუმებთან. გამოყენებული კრიტერიუმი - მანძილი 2 აფთიაქს შორის. ამ მანძილის გაანგარიშება მკაფიოდ არის აღნიშნული (მაგალითად, არსებული აფთიაქის შესასვლელიდან გამოთვლილი სწორი ხაზის გამოყენებით ან ფეხით გასავლელი მანძილის გამოყენებით). მანძილი მერყეობს 100 მ-დან (ჩრდილოეთ მაკედონიაში) 5 კმ-მდე (ბელგიასა და სლოვენიაში). მანძილი შეიძლება ეხებოდეს აფთიაქებს ქალაქის ან სოფლის საზღვრებში, მაგრამ ასევე შეიძლება ეხებოდეს აფთიაქებს მეზობელ ქალაქებში ან სოფლებში. ბევრი ქვეყანა, როგორცაა

ბელგია, ხორვატია და უნგრეთი, არეგულირებს აფთიაქებს შორის დაშვებულ მანძილს ქალაქის ზომის მიხედვით. ხორვატიაში მინიმალური მანძილი დიდ ქალაქებში (500 000 ადამიანზე მეტი) არის 200 მ, ხოლო პატარა ქალაქებში მინიმალური მანძილი 500 მ. ბელგიაში მანძილი მერყეობს 1 კმ, 3 კმ და 5 კმ-ს შორის, რაც დამოკიდებულია მოსახლეობის რაოდენობაზე. დემოგრაფიული და გეოგრაფიული ან კონცენტრაციის შემზღუდავი კრიტერიუმები მოქმედებს: საბერძნეთში, კვიპროსში, ესპანეთში, რუმინეთში, ბელგიაში, ლატვიაში, ესტონეთში, იტალიაში, საფრანგეთში, პორტუგალიაში, ხორვატიაში, უნგრეთში, გერმანიაში, სლოვენიაში, ავსტრიაში, ლუქსემბურგში, ფინეთსა და დანიაში [32].

	Pharmacies per 100,000 Residents	Number of Pharmacies*
Greece	88	9,500
Cyprus	62	524
Malta	49	221
Spain	47	22,102
Lithuania	47	1,317
Bulgaria	46	3,282
Romania	44	8,620
Latvia	43	840
Belgium	42	4,841
Ireland	38	1,894
Estonia	38	498
Slovakia	37	1,994
Poland	36	13,497
EU average	32	ca. 143,000
Italy	32	19,331
France**	32	20,736
Portugal	28	2,923
Croatia	28	1,181
Czech Republic	24	2,547
Hungary	23	2,304
Germany	23	18,753
Slovenia	16	340
Austria	16	1,397
Luxembourg	15	97
Finland	15	819
Sweden	14	1,433
Netherlands	12	2,000
Denmark	9	506

მაღალი კონცენტრაციის პირობებში აფთიაქები ხშირად არიან ორიენტირებული არა ფასების კონკურენციაზე, არამედ მოგების მაქსიმიზაციაზე, რაც განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს როგორც სააფთიაქო, ასევე საბითუმო ფასებზე.

კვლევები აჩვენებენ, რომ ვერტიკალურად ინტეგრირებული ქსელები, რომლებიც ფლობენ იმპორტს, დისტრიბუციასა და საცალო გაყიდვებს, სირთულეს ქმნიან ბაზრის კონტროლისთვის. ამ სტრუქტურის შედეგად ფასები რჩება მაღალ დონეზე, მიუხედავად სახელმწიფო რეგულირების მცდელობებისა (მაგალითად, გარე რეფერენტული ფასების მეთოდის გამოყენებისა).

ამ კონცენტრაციით თავს იჩენს რამდენიმე მთავარი პრობლემა:

- **კონკურენციის შეზღუდვა:** მცირე მოთამაშეებს არ აქვთ შესაძლებლობა შეიტანონ ფასობრივი წონასწორობა ბაზარზე, რაც ხელს უშლის რეალურ კონკურენციას.

• ფასების ფსევდო-სტაბილურობა რეგულაციის პირობებშიც: მაღალი კონცენტრაციის პირობებში კომპანიები ხშირად „ასწორებენ“ ფასებს ისე, რომ ფორმალურად აკმაყოფილებდნენ რეგულაციის მოთხოვნებს, მაგრამ სინამდვილეში მომხმარებლისთვის ფასები კვლავ რჩება მაღალ დონეზე.

• მომხმარებლის არჩევანის შეზღუდვა: აფთიაქების უმცირესობა ფლობს ძირითად გაყიდვების წილს, რაც შემუშავებულ გენერიკულ ან ბიოსიმილარ პროდუქტებზე წვდომას ამცირებს [33,34].

შედეგად, აფთიაქების კონცენტრაცია ქმნის ბაზრის არამდგრად გარემოს, სადაც ფასების რეგულირების ტრადიციული ინსტრუმენტები (ERP, პირდაპირი ფასების კონტროლი) ეფექტურობას კარგავს, ხოლო მომხმარებელი რჩება ფარმაცევტული მომსახურების შეზღუდული არჩევანის წინაშე. აფთიაქების კონცენტრაციისა და ვერტიკალური ინტეგრაციის გავლენა წამლის ფასებზე და ხელმისაწვდომობაზე ნაჩვენებია N3 ცხრილში.

ცხრილი N3. აფთიაქების კონცენტრაციისა და ვერტიკალური ინტეგრაციის გავლენა წამლის ფასებზე და ხელმისაწვდომობაზე:

ფაქტორი	მექანიზმი	გავლენა ფასებზე	გავლენა ხელმისაწვდომობაზე	დამატებითი შენიშვნა
აფთიაქების კონცენტრაცია	ბაზრის უმრავლესობა რამდენიმე დიდ მოთამაშეზეა კონცენტრირებული	ფასების მაღალი სტაბილურობა, ნაკლები კონკურენცია ფასებზე	მომხმარებლის არჩევანის შემცირება, განსაკუთრებით გენერიკებზე	ზრდის ბაზრის შეზღუდულობას და რეგულაციის სირთულეებს
ვერტიკალური ინტეგრაცია (იმპორტი-დისტრიბუცია-აფთიაქი)	ერთსა და იმავე კომპანიას კონტროლი აქვს მთლიან ჯაჭვზე	შესაძლებელია ფასების შენარჩუნება რეგულაციის პირობებშიც	ბაზარზე ახალი ან ალტერნატიული პროდუქტების შეზღუდვა	ხელს უწყობს ბაზრის ძალაუფლების კონცენტრაციას
აფთიაქების სიჭარბე	ბაზრის დიდი რაოდენობა, მაგრამ უმრავლესობა კონტროლირებული	ფასების არაპროპორციული შენარჩუნება, ფასების კონკურენციის შემცირება	მომხმარებლისათვის ფასების და პროდუქტის არჩევანის შეზღუდვა	სიჭარბე ვრცელდება მხოლოდ კონკრეტულ რეგიონებში ან ქსელებზე
რეგულაციის შეზღუდული ეფექტი	ERP და სხვა ფასების კონტროლის ინსტრუმენტები	ფასები მხოლოდ ფორმალურად შეიძლება შემცირდეს	ხელმისაწვდომობა პრაქტიკულად არ უმჯობესდება	მონოპოლიური სტრუქტურა ხელს უშლის რეგულაციის

				რეალურ ეფექტს
--	--	--	--	------------------

სიტუაცია, როდესაც ერთი და იგივე პირი ან მასთან აფილირებული სუბიექტები ერთდროულად ფლობენ ფარმაცევტულ საწარმოს, ახორციელებენ იმპორტს, გააჩნიათ საბითუმო ბაზა, საცალო აფთიაქების ქსელი, კლინიკა და სადაზღვევო კომპანია, წარმოადგენს **ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის** კლასიკურ მაგალითს, რომელიც ფარმაცევტულ ბაზარზე მაღალი რისკის შემცველ სტრუქტურულ პრობლემად მიიჩნევა. ასეთი კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად სცდება ეფექტიანობის ზრდის ლეგიტიმურ ფარგლებს და ხშირად იწვევს ბაზრის დამახინჯებას, ფასების არაკონკურენტულ ფორმირებას და პაციენტის ინტერესების დაზიანებას.

პირველ რიგში, ეს მოდელი ქმნის ინტერესთა კონფლიქტის ძლიერ სტრუქტურულ საფუძველს. იმპორტიორი, რომელიც ერთდროულად აკონტროლებს სადაზღვევო კომპანიას და კლინიკას, იღებს შესაძლებლობას გავლენა მოახდინოს არა მხოლოდ მიწოდებაზე, არამედ მოთხოვნაზეც. სადაზღვევო პაკეტების პირობებით, რეფერალური მექანიზმებით ან კლინიკური პროტოკოლების არაპირდაპირი მართვით შესაძლებელია კონკრეტული ბრენდების ან საკუთარი იმპორტირებული პრეპარატების პრიორიტეტიზაცია, რაც არღვევს სამართლიანი არჩევანის პრინციპს და ზღუდავს კონკურენტ პრეპარატებზე წვდომას.

მეორე მნიშვნელოვანი პრობლემა უკავშირდება ფასების ფორმირებას. ვერტიკალურად ინტეგრირებულ სტრუქტურაში ფასები ხშირად აღარ ყალიბდება ბაზრის კონკურენტული მექანიზმით. შიდა ტრანსფერ-ფასები იმპორტიორს, საბითუმო ბაზასა და აფთიაქს შორის შეიძლება ხელოვნურად იყოს მორგებული ისე, რომ რეგულატორისთვის რეალური მარჟები გაუმჭვირვალე დარჩეს. შედეგად, ფასების რეგულაციის ინსტრუმენტები, მათ შორის რეფერენტული ფასების სისტემა, ეფექტიანობას კარგავს, რადგან რეგულაცია ფორმალურად მოქმედებს, ხოლო რეალური ეკონომიკური სარგებელი ინტეგრირებულ ჯგუფში კონცოლიდირდება.

მესამე ასპექტია კონკურენციის განდევნა ბაზრიდან. მცირე და დამოუკიდებელი იმპორტიორები, აფთიაქები ან კლინიკები ვერ უწევენ კონკურენციას ისეთ ჯგუფს, რომელსაც ერთდროულად აქვს მიწოდების, განაწილების, დანიშნვისა და დაფინანსების კონტროლი. ასეთ პირობებში „აფთიაქების სიჭარბე“ რეალურად არ ნიშნავს კონკურენციას, რადგან რაოდენობრივი სიმრავლე კონცენტრირებულია რამდენიმე მსხვილი მოთამაშის ხელში და არ იწვევს ფასების შემცირებას, არამედ ხშირად ამყარებს და სათავისოდ იყენებს დომინანტურ პოზიციას.

განსაკუთრებით პრობლემურია ასეთი მოდელი იმ პირობებში, როდესაც სახელმწიფო ცდილობს ფასების ადმინისტრაციული რეგულაციით (მაგალითად, ERP) შეამციროს მედიკამენტებზე დანახარჯები. მონოპოლიზებულ და ვერტიკალურად ინტეგრირებულ გარემოში ERP ვერ ახდენს დაბალი ფასის ასახვას საბოლოო მომხმარებელზე, რადგან სისტემა ახერხებს შიდა ბალანსირებას სხვა რგოლებზე -

სადაზღვევო თანაგადახდებზე, კლინიკურ სერვისებზე ან დამატებით კომერციულ მექანიზმებზე.

შედეგად, ასეთი კონცენტრაცია წარმოადგენს არა მხოლოდ ეკონომიკურ, არამედ სისტემურ ჯანმრთელობის პოლიტიკის პრობლემას. ის ასუსტებს სახელმწიფო რეგულაციის ეფექტიანობას, ზრდის ფასების სიხისტეს, ამცირებს პაციენტის არჩევანს და ქმნის რისკს, რომ სამედიცინო გადაწყვეტილებები ნაკლებად ეფუძნებოდეს კლინიკურ აუცილებლობას და მეტად — კომერციულ ინტერესებს.

ამგვარი სტრუქტურული რისკების შესამცირებლად საერთაშორისო პრაქტიკა აქტიურად იყენებს ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შეზღუდვას, აფილირებულ პირებზე მკაცრი გამჭვირვალობის მოთხოვნებს, კონკურენციის ორგანოების პროაქტიურ ჩართულობას და ფასებზე მოლაპარაკებების ცენტრალიზებულ მექანიზმებს. საქართველოს კონტექსტში აღნიშნული პრობლემა პირდაპირ უკავშირდება წამლის ფასების პოლიტიკის ეფექტიანობას და საჭიროებს არა მხოლოდ ფასების რეგულაციას, არამედ ბაზრის სტრუქტურულ რეფორმას

ფარმაცევტულ პოლიტიკაში ფართოდ არის გავრცელებული მოსაზრება, რომ აფთიაქების დიდი რაოდენობა ავტომატურად უნდა იწვევდეს კონკურენციის ზრდას და, შესაბამისად, წამლების ფასების შემცირებას. თუმცა პრაქტიკული გამოცდილება, განსაკუთრებით მცირე და კონცენტრირებული ბაზრების შემთხვევაში, აჩვენებს, რომ აფთიაქების რაოდენობრივი სიჭარბე ყოველთვის არ გარდაიქმნება რეალურ ფასობრივ კონკურენციად. საქართველოს ფარმაცევტული ბაზარი ამ თვალსაზრისით თვალსაჩინო მაგალითს წარმოადგენს.

ერთი მხრივ, აფთიაქების მაღალი სიმჭიდროვე ზრდის ოპერაციულ ხარჯებს. თითოეულ აფთიაქს აქვს მუდმივი გასავალი-ქირა, პერსონალი, ლოგისტიკა, მარაგების მართვა, IT სისტემები და რეგულაციებთან შესაბამისობის ხარჯები. ასეთ პირობებში აფთიაქები იძულებული ხდებიან შეინარჩუნონ მაღალი მარჟა, რათა უზრუნველყონ ფინანსური მდგრადობა, რაც პირდაპირ აისახება წამლის საცალო ფასზე.

მეორე მხრივ, აფთიაქების სიჭარბე ფასებზე დადებითად იმოქმედებდა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ისინი დამოუკიდებელი ეკონომიკური სუბიექტები იქნებოდნენ. საქართველოს რეალობაში კი აფთიაქების უმრავლესობა კონცენტრირებულია რამდენიმე მსხვილი ქსელის ხელში. რაოდენობრივად ბევრი აფთიაქი სინამდვილეში წარმოადგენს ერთი და იმავე მფლობელის ან აფილირებული ჯგუფის ნაწილს, რაც ნიშნავს, რომ ფასები ცენტრალიზებულად განისაზღვრება და არა თითოეული აფთიაქის დონეზე კონკურენციის გზით. ასეთ სიტუაციაში მომხმარებლისთვის ფასთა მრავალფეროვნება მხოლოდ ილუზიაა, ხოლო ბაზარზე ფასები სტაბილურად მაღალი რჩება.

მნიშვნელოვანია, ასევე, ფასების ქცევითი ასპექტი. აფთიაქების ქსელური მოდელი ხშირად ეფუძნება არაპროზირებად ფასდაკლებებს, ლოიალობის პროგრამებსა და ე.წ. აქციებს, რომლებიც არ ასახავს რეალურ ფასობრივ კონკურენციას. მაღალი საწყისი ფასი და პერიოდული ფასდაკლება, რომელსაც ხშირად მიმართავენ ბაზრის სუბიექტები,

საბოლოოდ არ ამცირებს მედიკამენტზე საშუალო დანახარჯს, არამედ ქმნის მარკეტინგულ სტრატეგიას, რომელიც მომხმარებელს არ აძლევს რეალური შედარების შესაძლებლობას.

აფთიაქების ჭარბი რაოდენობა ასუსტებს გენერიკების ფასობრივ პოტენციალსაც. როდესაც საცალო ბაზარი კონტროლდება რამდენიმე ქსელის მიერ, გენერიკული პრეპარატების შესვლა და აქტიური პრომოცია დამოკიდებულია არა ფასზე, არამედ ქსელის კომერციულ ინტერესზე და მომწოდებელთან შეთანხმებულ პირობებზე. შედეგად, გენერიკები ხშირად ვერ ასრულებენ ფასის შემცირების კლასიკურ როლს, რომელიც მათ კონკურენტულ ბაზრებში სტანდარტულად გააჩნიათ.

აფთიაქების სიჭარბე ზრდის ბაზარზე „შედწევის ბარიერებსაც“ ახალი მოთამაშეებისთვის. მიუხედავად იმისა, რომ თითქოს ფორმალურად ბაზარი ღიაა, პრაქტიკაში მაღალი ქირები, ლოკაციების დეფიციტი და ძლიერი ქსელების დომინაცია ართულებს დამოუკიდებელი აფთიაქების შემოსვლას ბაზარზე. ეს კიდევ უფრო ართულებს არსებულ ფასობრივ სტრუქტურას და ამცირებს კონკურენციის დინამიკას.

შედეგად, აფთიაქების ჭარბი რაოდენობა, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ისინი კონცენტრირებულია რამდენიმე მსხვილი მოთამაშის ხელში, არ იწვევს წამლის ფასების შემცირებას და რიგ შემთხვევებში შეიძლება პირიქით — ფასების სიხისტისა და მაღალი დონით შენარჩუნების ფაქტორად იქცეს. ასეთ პირობებში ფასების შემცირება ვერ მიიღწევა მხოლოდ აფთიაქების რაოდენობის ზრდით და საჭირო ხდება სტრუქტურული პოლიტიკა, რომელიც მიზნად ისახავს რეალური კონკურენციის გაძლიერებას, ვერტიკალური ინტეგრაციის შეზღუდვას და ფასების გამჭვირვალობის ზრდას.

ადამიანური რესურსები. აფთიაქების ჭარბი რაოდენობა პრობლემას არ ქმნის მხოლოდ ეკონომიკური ან კონკურენციული თვალსაზრისით, იგი პირდაპირ უკავშირდება ადამიანური რესურსების ხარისხს და პროფესიულ სტანდარტებს, რაც საბოლოოდ გავლენას ახდენს როგორც მედიკამენტის ფასზე, ისე მისი გამოყენების ეფექტიანობაზე. განსაკუთრებით მწვავე ხდება ეს პრობლემა მაშინ, როდესაც აფთიაქების სწრაფი ზრდა არ არის თანხვედრაში კვალიფიციური ფარმაცევტული კადრების მომზადებისა და შრომითი ბაზრის შესაძლებლობებთან.

როდესაც ბაზარზე ერთდროულად ფუნქციონირებს დიდი რაოდენობის აფთიაქი, ჩნდება კადრების დეფიციტი. ასეთ პირობებში აფთიაქები ხშირად ასაქმებენ არაფარმაცევტული პროფილის პერსონალს. ეს პრაქტიკა ამცირებს პროფესიული კონსულტაციის ხარისხს, ზრდის არარაციონალური თვითმკურნალობის რისკს და ასუსტებს ფარმაცევტის როგორც ჯანმრთელობის დაცვის პროფესიონალის როლს.

ერთი შეხედვით, შეიძლება ჩანდეს, რომ არაკვალიფიციური პერსონალის დასაქმება ამცირებს შრომით ხარჯებს და შესაბამისად ფასზეც დადებითად უნდა აისახოს. თუმცა რეალობაში ეფექტი საპირისპიროა. არაპროფესიონალური მომსახურება ზრდის გაყიდვებზე ორიენტირებულ ქცევას, სადაც პრიორიტეტი ენიჭება არა ყველაზე ეფექტიან ან ეკონომიურ თერაპიას, არამედ უფრო მაღალმარჟიან პროდუქტს. შედეგად,

მომხმარებელი ხშირად იღებს უფრო ძვირიან მედიკამენტს, მაშინ როდესაც იაფი და კლინიკურად ადეკვატური ალტერნატივა ხელმისაწვდომი იქნებოდა.

გარდა ამისა, არაკვალიფიციური პერსონალის მიერ დაშვებული შეცდომები - არასწორი დოზირება, შეუთავსებელი მედიკამენტების რეკომენდაცია ან ინფორმაციის არასრული მიწოდება - ზრდის წამლის არასათანადო გამოყენების ალბათობას. ეს კი იწვევს მკურნალობის გახანგრძლივებას, დამატებითი მედიკამენტების საჭიროებას და საბოლოოდ მომხმარებლის ჯამური დანახარჯის ზრდას. ამგვარად, ფასზე გავლენა ვლინდება არა მხოლოდ უშუალო საცალო ფასის დონეზე, არამედ მკურნალობის მთლიანი ღირებულების ზრდით.

არაკვალიფიციური კადრების დასაქმება ასევე ზრდის რეგულაციულ რისკებს. შედეგად, სახელმწიფოს მხრიდან კონტროლის გამკაცრება, შემოწმებები, სანქციები და მოთხოვნების გამკაცრება (მაგალითად, სავალდებულო პასუხისმგებელი ფარმაცევტის ინსტიტუტის გაძლიერება) ზრდის აფთიაქების ადმინისტრაციულ ხარჯებს. ეს ხარჯები კი, როგორც წესი, აისახება მედიკამენტის საბოლოო ფასზე და კიდევ უფრო ინარჩუნებს ფასების მაღალ დონეს.

ამ კონტექსტში აფთიაქების ჭარბი რაოდენობა ირიბად, მაგრამ სისტემურად უკავშირდება წამლის ფასს. იგი ქმნის გარემოს, სადაც ხარისხზე ორიენტირებული პროფესიული მომსახურება იცვლება გაყიდვებზე ორიენტირებული მოდელით, იზრდება არაეფექტიანი მოხმარება და ჯანდაცვის ხარჯების ტვირთი. შესაბამისად, ფასის შემცირების მოლოდინი აფთიაქების რაოდენობის ზრდის გზით არამართებულია, თუ ზრდას არ ახლავს კვალიფიციური ფარმაცევტული კადრების საკმარისი რესურსით უზრუნველყოფა და პროფესიული სტანდარტების მკაცრ დაცვა.

რეფერენტული ფასების მეთოდი საქართველოში. რეფერენტული ფასების მეთოდი საქართველოში დანერგილია როგორც წამლის ფასების დარეგულირების ერთ-ერთი ძირითადი ინსტრუმენტი, რომლის მიზანია მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესება და ფასების ზედმეტი ზრდის შეზღუდვა. მიუხედავად ამისა, ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებები და მაღალი კონცენტრაცია აჩენს კითხვებს აღნიშნული მეთოდის რეალური ეფექტიანობის შესახებ და საჭიროებს მის კრიტიკულ ანალიზს.

საქართველოს ფარმაცევტული ფასების რეგულირების პოლიტიკის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან სისტემურ ხარვეზს წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ რეფერენტული ფასების მეთოდის დანერგვას წინ არ უძლოდა სრულფასოვანი ბაზრის კვლევა და რეგულირების ზემოქმედების შეფასება (Regulatory Impact Assessment – RIA). აღნიშნული პრაქტიკა ეწინააღმდეგება როგორც საერთაშორისო რეკომენდაციებს, ისე მტკიცებულებაზე დაფუძნებული პოლიტიკის დაგეგმვის ძირითად პრინციპებს.

ბაზრის სტრუქტურის, კონკურენტული გარემოსა და ფასების ფორმირების მექანიზმების წინასწარი ანალიზის გარეშე განხორციელებული რეგულაცია მნიშვნელოვნად ზღუდავს მისი ეფექტიანობის პროგნოზირებადობას. საქართველოში ფარმაცევტული ბაზარი ხასიათდება მაღალი კონცენტრაციით, ვერტიკალური

ინტეგრაციითა და მონოპოლიური ელემენტების არსებობით, რაც არსებითად ცვლის ERP-ის მოქმედების ლოგიკას. ასეთ პირობებში ფასების ადმინისტრაციული ზღვრის დაწესება ვერ ქმნის იმ კონკურენტულ ზეწოლას, რომელიც ERP-ის ეფექტიანობის აუცილებელ წინაპირობას წარმოადგენს.

REA-ის არჩატარებამ ასევე გამორიცხა შესაძლო არასასურველი ეფექტების წინასწარი იდენტიფიცირება, მათ შორის ფასების „ზღვრული ადაპტაციის“ რისკი, გენერიკული კონკურენციის სუსტი სტიმულირება და ბაზრის მოთამაშეების სტრატეგიული ადაპტაცია რეგულაციის პირობებში. შედეგად, ფასების რეგულირება უფრო ფორმალურ ადმინისტრაციულ ინსტრუმენტად ჩამოყალიბდა, ვიდრე რეალურ ეკონომიკურ ბერკეტად მედიკამენტების ხელმისაწვდომობის გასაზრდელად.

რეფერენტული ქვეყნების შერჩევის, ფასის განსაზღვრის მეთოდოლოგიის და ფასების განახლების სიხშირის განსაზღვრისას არ იქნა გათვალისწინებული საქართველოს ბაზრის სპეციფიკური მახასიათებლები, როგორცაა იმპორტზე მაღალი დამოკიდებულება, საცალო ქსელების კონცენტრაცია და მომხმარებელთა მაღალი ჯიბიდან გადახდები. აღნიშნული კიდევ უფრო ამცირებს რეგულაციის სოციალურ და ეკონომიკურ ეფექტს.

ზოგადად, ლოგიკურია, რომ რეფერენტული ფასების დანერგვა ბაზრის კვლევისა და რეგულირების ზემოქმედების შეფასების გარეშე ქმნის სტრუქტურულ დისბალანსს პოლიტიკის მიზნებსა და რეალურ შედეგებს შორის. მიღებული გამოცდილება მიუთითებს, რომ ფასების რეგულირების შემდგომი გადახედვა უნდა დაეფუძნოს დეტალურ ბაზრის ანალიზს, REA/HTA-ს პრინციპებს და კონკურენციის პოლიტიკასთან მჭიდრო კოორდინაციას, რათა რეგულაცია გახდეს არა მხოლოდ ადმინისტრაციული, არამედ რეალურად შედეგზე ორიენტირებული ინსტრუმენტი.

მოქმედი მოდელის აღწერა. საქართველოში მოქმედი ERP მოდელი ეფუძნება შერჩეული რეფერენტული ქვეყნების ჯგუფს, რომელთა საცალო ან საბითუმო ფასები გამოიყენება ადგილობრივი ფასის განსაზღვრისთვის. რეფერენტული ქვეყნებად, როგორც წესი, არჩეულია სხვადასხვა ევროპული ქვეყნები, რომლებიც განსხვავდებიან როგორც ეკონომიკური განვითარების დონით, ისე ფარმაცევტული ბაზრის რეგულაციის მოდელებით. ასეთი ჰეტეროგენული ჯგუფი იწვევს ფასების შედარებადობის პრობლემას, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ქვეყნები განსხვავდებიან შემოსავლის დონით, სახელმწიფო სუბსიდირების მასშტაბითა და ფასზე მოლაპარაკებების პრაქტიკით. მედიკამენტის მაქსიმალური ფასი განისაზღვრება რეფერენტული ქვეყნების ფასებზე დაყრდნობით. ეს მიდგომა ფორმალურად ზღუდავს ფასების ზედა ზღვარს, თუმცა არ ითვალისწინებს ადგილობრივი ბაზრის სტრუქტურას, კონკურენციის დონესა და ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის გავლენას. შედეგად, ფასის დადგენა ხდება მეტწილად ადმინისტრაციული წესით და ნაკლებად ეფუძნება ბაზრის რეალურ დინამიკას. შედეგად, თვალსაჩინოა 3 ფაქტორი:

ა. მონოპოლიურ ბაზარზე ERP-ის შეზღუდული ეფექტი-მაღალი კონცენტრაციისა და მონოპოლიური ელემენტების პირობებში ERP ვერ ახერხებს კონკურენტული წნეხის

შექმნას. დომინანტი კომპანიები ადაპტირდებიან რეგულაციას ისე, რომ შეინარჩუნონ მაღალი მარჟები მიწოდების ჯაჭვის სხვადასხვა ეტაპზე, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მეთოდის სოციალურ ეფექტს.

ბ. ფასების „ზღვრული ადაპტაცია“ და არა რეალური შემცირება- პრაქტიკაში ERP ხშირად იწვევს ფასების მხოლოდ ზღვრულ კორექციას-ფასები რეგულირების მიერ დადგენილ მაქსიმუმთან ახლოს ფიქსირდება, თუმცა არ ხდება მათი არსებითი შემცირება. ასეთი „ადაპტაციური ქცევა“ მიუთითებს იმაზე, რომ ERP უფრო ფასების სტაბილიზაციის ინსტრუმენტად ყალიბდება და ნაკლებად-ხელმისაწვდომობის რეალურ გაზრდის მექანიზმად.

3. გენერიკების არასაკმარისი გავლენა- მიუხედავად იმისა, რომ გენერიკული მედიკამენტები თეორიულად უნდა ქმნიდნენ ფასის დაწვევის მთავარ ფაქტორს, საქართველოში მათი გავლენა შეზღუდულია. ეს განპირობებულია გენერიკების მიწოდების კონტროლით იმავე ეკონომიკური ჯგუფების მიერ, რომლებიც ფლობენ ორიგინალურ პროდუქტებს, რაც ამცირებს გენერიკების ფასობრივ კონკურენტუნარიანობას ERP-ის პირობებშიც კი.

საერთაშორისო გამოცდილებასთან შედარება. საერთაშორისო პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ERP ყველაზე ეფექტიანია იმ ქვეყნებში, სადაც ბაზარი შედარებით კონკურენტულია, გენერიკების წილი მაღალია და ინტეგრაცია შეზღუდულია. ასეთ გარემოში ERP მოქმედებს როგორც დამატებითი ბერკეტი და არა ერთადერთი რეგულატორული ინსტრუმენტი. მრავალ ქვეყანაში ERP ეფექტიანად არის შერწყმული სხვა მექანიზმებთან, როგორცაა ფასზე მოლაპარაკებები, შიდა რეფერენტული ფასები (IRP), ანაზღაურების პირობებზე მიბმული კონტრაქტები (Managed Entry Agreements) და კონკურენციის გაძლიერებაზე ორიენტირებული პოლიტიკა. ეს მიდგომა უზრუნველყოფს ფასების რეგულირების უფრო მოქნილ და შედეგზე ორიენტირებულ მოდელს, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი მცირე და კონცენტრირებული ბაზრებისთვის, როგორც საქართველოა [35].

შედეგების განხილვა

კვლევის შედეგებმა ცხადყო, რომ წამლის ფასების რეგულირების ეფექტიანობა საქართველოში მნიშვნელოვნად არის განპირობებული ფარმაცევტული ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებებით, განსაკუთრებით მონოპოლიური და ოლიგოპოლიური ელემენტების არსებობით. მაღალი ბაზრის კონცენტრაცია და ვერტიკალური ინტეგრაცია მნიშვნელოვნად ზღუდავს ფასების რეგულირების მექანიზმების რეალურ გავლენას საბოლოო საცალო ფასებზე.

მონოპოლიური სტრუქტურის გავლენა ფასების რეგულირების ეფექტიანობაზე.

კვლევამ აჩვენა, რომ ბაზარზე დომინანტი მოთამაშეების არსებობა ამცირებს რეგულაციური ინტერვენციების ეფექტიანობას. იმ პირობებში, როდესაც წამლის იმპორტი, დისტრიბუცია და საცალო რეალიზაცია დაკავშირებულია ერთიან კორპორაციულ სტრუქტურაში, ფასების რეგულირების მექანიზმები ვერ

უზრუნველყოფს კონკურენტული წნეხის წარმოქმნას. შედეგად, რეგულაცია ხშირად მოქმედებს მხოლოდ ფორმალურად და არ იწვევს ფასების არსებით შემცირებას მომხმარებლის დონეზე.

ERP-ის დადებითი, მაგრამ შეზღუდული გავლენა. გარე რეფერენტული ფასების (External Reference Pricing – ERP) დანერგვამ გარკვეულწილად შეამცირა ფასების ზრდის ტემპი და შექმნა ზედა ზღვარი რიგი მედიკამენტების ფასებისთვის. თუმცა, კვლევის შედეგები მიუთითებს, რომ ERP-ის ეფექტი ძირითადად შეზღუდულია ადმინისტრაციული ფასის დადგენის დონეზე და ნაკლებად აისახება საცალო ფასებზე. მონოპოლიურ ბაზარში კომპანიები ახდენენ ფასების „ზღვრულ ადაპტაციას“ რეგულაციურ მოთხოვნებთან, რაც იწვევს ფასების ფორმალურ კორექტირებას, მაგრამ არა მათ რეალურ შემცირებას.

რეფერენტული ფასების პოლიტიკა (External Reference Pricing – ERP; Internal Reference Pricing – IRP) უდავოა, რომ წარმოადგენს ერთ-ერთ ფართოდ გამოყენებულ ინსტრუმენტს წამლის ფასების კონტროლისთვის. თუმცა, მისმა არასწორმა დიზაინმა ან ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებების გაუთვალისწინებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული, ხშირად არაპირდაპირი და არასასურველი შედეგები, რაც საბოლოოდ აზიანებს როგორც ბაზრის ფუნქციონირებას, ისე საზოგადოებრივ ჯანმრთელობას (მონაცემები მოყვანილია N4 ცხრილში).

ცხრილი N4. რეფერენტული ფასების არასწორი პოლიტიკის რისკების ანალიზი

რისკი	მექანიზმი (როგორ ყალიბდება)	შედეგი ბაზრისა და პაციენტისთვის	პრევენციული მექანიზმები
მედიკამენტების დეფიციტი	რეფერენტული ფასი დგინდება რეალურ თვითღირებულებაზე დაბლა; დაბალი მარჟა იმპორტიორისთვის	მიწოდების შემცირება; ბაზრიდან გასვლა; შეფერხებული თერაპია	ERP-ის რეგულარული გადახედვა; მინიმალური მარჟის უზრუნველყოფა; დეფიციტის ადრეული მონიტორინგი
შავი ბაზრის ზრდა	ფასთა დიფერენციალი მეზობელ ქვეყნებთან; ოფიციალური მიწოდების შეზღუდვა	არალეგალური იმპორტი; ხარისხის კონტროლის დაბალი დონე; პაციენტის უსაფრთხოების რისკი	საბაჟო და ბაზრის ზედამხედველობის გაძლიერება; პარალელური ვაჭრობის კონტროლი
ფასის ფალსიფიკაცია	ფორმალური შესაბამისობა ERP-სთან არაგამჭვირვალე ფასდაკლებებითა და ბონუსებით	რეალური ფასის შემცირება არ ხდება; რეგულაციის ფორმალიზაცია	ფასების სრული გამჭვირვალობა; რეალური ტრანზაქციული ფასების მონიტორინგი

ინოვაციური მედიკამენტების ხელმიწვდომლობა	მკაცრი ფასობრივი ჭერი ამცირებს ბაზრის მიმზიდველობას	ახალი თერაპიების დაგვიანებული ან არარსებული ხელმისაწვდომობა	ფასზე მოლაპარაკებები; MEA; ინოვაციური პრეპარატების გამონაკლისი რეჟიმი
ბაზარზე გენერიკების შემოსვლის შეფერხება	ზედმეტად დაბალი რეფერენტული ფასი ამცირებს ეკონომიკურ სტიმულს	ახალი გენერიკების ბაზარზე არშემოსვლა; დომინანტი მოთამაშეების გაძლიერება	გენერიკების წახალისების პოლიტიკა; IRP თერაპიულ ჯგუფებში
კონკურენციის შემცირება	ERP გამოიყენება კონკურენციის პოლიტიკის გარეშე	ფასები სტაბილურდება მაღალ დონეზე; არჩევანის შეზღუდვა	კონკურენციის ორგანოს ჩართულობა; ბაზრის კონცენტრაციის კონტროლი
ინტეგრაციის გაძლიერება	რეგულაციის გვერდის ავლა ერთიანი კორპორაციული სტრუქტურის მეშვეობით	ფასების მანიპულაცია; ბაზრის დახურვა ახალი მოთამაშეებისთვის	ინტეგრაციის შეზღუდვა; სტრუქტურული რეგულაცია
ბიუჯეტური არამდგრადობა	ფორმალურად დაბალი ფასები, მაგრამ რეალური ხარჯების ზრდა	თანაგადახდების ზრდა; ფარული ფინანსური ტვირთი	HTA/REA ინტეგრაცია; ხარჯ-ეფექტიანობის შეფასება
რეგულატორის მიმართ ნდობის დაკარგვა	რეგულაცია არსებობს, მაგრამ შედეგი არ ჩანს	პოლიტიკის დისკრედიტაცია	შედეგზე ორიენტირებული რეგულაცია; ანგარიშვალდებულება

კონკურენციის გარეშე რეგულაციის სისუსტეები. კვლევამ დაადასტურა, რომ ფასების რეგულირება, რომელიც არ არის გამყარებული კონკურენციის გაძლიერებაზე ორიენტირებული პოლიტიკით, ვერ უზრუნველყოფს მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობის მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებას. კონკურენტული მექანიზმების ნაკლებობა ამცირებს გენერიკული მედიკამენტების პოტენციურ გავლენას ფასების შემცირებაზე და ზღუდავს მომხმარებლის არჩევანს. შედეგად, რეგულაცია ვერ ასრულებს სრულად სოციალური პოლიტიკის მიზანს და რჩება ნაწილობრივ ეფექტიან ინსტრუმენტად.

ფასების რეგულირების გავლენა მედიკამენტებზე, ბაზარზე და დინამიკაზე. კვლევის მიხედვით, ფასების დარეგულირების მექანიზმებს საქართველოს პირობებში

შეუძლიათ ნაწილობრივ შეამცირონ მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობის დაბრკოლება და შეაკავონ ფასების ზრდის ტემპი. თუმცა, მათი გავლენა ბაზრის სტრუქტურასა და კონკურენციაზე შეზღუდულია, ხოლო რეალური ეფექტი, განსაკუთრებით მონოპოლიურ სეგმენტებში, ნაკლებად თვალსაჩინოა.

მოსალოდნელი და არაპირდაპირი ეფექტები. ფასების რეგულირების მექანიზმები ზოგჯერ იწვევს არასასურველ, არაპირდაპირ ეფექტებს. მაგალითად, მაღალფასიანი რეგულირებადი მედიკამენტების შემთხვევაში შესაძლებელია დეფიციტის წარმოქმნა, როდესაც მწარმოებლებს ან დისტრიბუტორებს არ უღირთ იმპორტი. ასევე, რეგულაციის ფორმალური ხასიათი შესაძლოა ზღუდავდეს ინოვაციურ მედიკამენტებზე მწარმოებლების ინვესტიციებს.

კვლევის შედეგები მიუთითებს, რომ წამლის ფასების დარეგულირება საქართველოში უზრუნველყოფს გარკვეულ პოზიტიურ შედეგებს, თუმცა მისი ეფექტიანობა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ბაზრის მონოპოლიურ სტრუქტურაზე და კონკურენციის ნაკლებობაზე. ეს გარემოება აძლევს საფუძველს რეგულაციური პოლიტიკის გადახედვას და დამატებითი მექანიზმების ინტეგრაციის აუცილებლობას, რათა გაიზარდოს მედიკამენტების ხელმისაწვდომობა და ფასების მართვადობა.

კვლევის შედეგები სრულად შეესაბამება მდგომარეობას, რომლის მიხედვითაც ფარმაცევტული ბაზარი განსაკუთრებული გამოწვევების წინაშე დგას. აღნიშნული მოიცავს ინფორმაციული ასიმეტრიის პრობლემას, პროდუქტის მოთხოვნის დაბალ ელასტიურობას და მაღალი შესვლის ბარიერების არსებობას. საქართველოს ფარმაცევტული ბაზრის მონოპოლიური და ვერტიკალურად და ჰორიზონტალურად ინტეგრირებული სტრუქტურა კიდევ უფრო აძლიერებს აღნიშნულ სირთულეებს, რაც პირდაპირ აისახება რეგულაციის ეფექტიანობაზე. ამ პრობლემის თავიდან ასაცილებლად ევროკავშირის ბევრ ქვეყანაში (გერმანია, ბელგია, დანია, საფრანგეთი, ლუქსემბურგი, ესპანეთი, ავსტრია, ფინეთი, ესტონეთი, ლატვია, უნგრეთი, სლოვენია, კვიპროსი, საბერძნეთი, პორტუგალია, ბულგარეთი და პოლონეთი) კანონი კრძალავს სააფთიაქო ქსელების შექმნას. რაც შეეხება ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შეზღუდვას, ამ მხრივაც ბევრ ქვეყანას გააჩნია შემზღუდავი მექანიზმები [32], მონაცემები მოყვანილია N5 ცხრილში.

ცხრილი N5. ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შეზღუდვის მაგალითები

ქვეყანა	ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შეზღუდვის შედეგები
---------	--

ბულგარეთი	ერთი სუბიექტის მიერ არ შეიძლება 4-ზე მეტი ავთიაქის ფლობა.
დანია	1-ზე მეტი არ არის დაშვებული.
ესტონეთი	ერთი პირის მიერ დაუშვებელია 4-ზე მეტი ავთიაქის ფლობა.
ფინეთი	1-ზე მეტი არ არის დაშვებული.
საფრანგეთი	1-ზე მეტი არ არის დაშვებული
გერმანია	1-ზე მეტი არ არის დაშვებული.
უნგრეთი	ერთი და იგივე ფარმაცევტული კომპანიის მიერ 4 -ზე მეტი ავთიაქის პირდაპირი ან ირიბი კონტროლირება დაუშვებელია
მალტა	კომპანიას ან ინდივიდს შეუძლია ჰქონდეს მხოლოდ ერთი ავთიაქი ერთი და იმავე ქალაქში ან სოფელში.
მონაკო	1-ზე მეტი არ არის დაშვებული.
პოლონეთი	კუთვნილება ლიმიტირებულია მაქსიმუმ ოთხ ავთიაქამდე.
პორტუგალია	კუთვნილება ლიმიტირებულია მაქსიმუმ ოთხ ავთიაქამდე.
ესპანეთი	1-ზე მეტი არ არის დაშვებული.
თურქეთი	1-ზე მეტი არ არის დაშვებული

მაღალი კონცენტრაცია და დომინანტი მოთამაშეების ერთიანი კონტროლი იმპორტზე, დისტრიბუციაზე და საცალო რეალიზაციაზე მნიშვნელოვანწილად ზღუდავს ფასების რეგულირების მექანიზმების რეალურ გავლენას.

გარე რეფერენტული ფასების (ERP) მეთოდი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება საერთაშორისო პრაქტიკაში, საქართველოში მხოლოდ ნაწილობრივ უზრუნველყოფს ფასების კონტროლს. კვლევის შედეგები მიუთითებს, რომ ERP მონოპოლიურ გარემოში ვერ ახდენს ფასების არსებით შემცირებას ან მომხმარებელზე პირდაპირ პოზიტიურ და შესამჩნევ ეფექტს. ეს ინსტრუმენტი ფუნქციონირებს მხოლოდ ადმინისტრაციული რეგულაციის დონეზე, მაგრამ ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებები ქმნის გარემოს, სადაც კონკურენცია არ მოქმედებს, რაც მიშვნელოვნად შეზღუდავს ERP-ის ეფექტიანობას.

კვლევა ასევე ხაზს უსვამს რეგულაციისა და კონკურენციის პოლიტიკის განუყოფელ კავშირს. ეფექტური ფასების რეგულირება შეუძლებელია კონკურენტული ბაზრის არსებობის გარეშე. გენერიკებისა და ბიოსიმილარების წვდომა, ტენდერული მექანიზმები, ფასზე მოლაპარაკებები და ფასდაკლებების ინსტრუმენტები წარმოადგენენ საკვანძო ელემენტებს, რომლებიც აფართოებენ რეგულაციის შესაძლებლობებს, ზრდიან მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობას და უზრუნველყოფენ ფასების უფრო ეფექტიან კონტროლს.

შედეგების თეორიულ ინტერპრეტაციაში ასევე იკვეთება ფასების რეგულირების ეფექტიანობის ზრდის დამოკიდებულება ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებებისა და კონკურენციის მოცულობაზე. შედეგად, საჭიროა ისეთი სტრატეგიული მიდგომა, რომელიც უზრუნველყოფს ბალანსს ფასის კონტროლსა და ინოვაციებს შორის. ზედმეტი რეგულაცია შესაძლოა ზღუდავდეს ინოვაციებს და ინვესტიციებს, ხოლო არასაკმარისი რეგულაცია ვერ უზრუნველყოფს მედიკამენტების ხელმისაწვდომობას. ოპტიმალური მოდელი მოითხოვს ინტეგრირებულ პოლიტიკას, რომელიც ერთდროულად აერთიანებს ფასის კონტროლს, კონკურენციის გაძლიერებას, გენერიკებისა და ბიოსიმილარების წახალისებას და ეფექტურ მოლაპარაკებებს მწარმოებლებთან.

კვლევის შედეგები ადასტურებს, რომ საქართველოს ფარმაცევტულ ბაზარზე ფასების რეგულირება დამოუკიდებლად, კონკურენციის მხარდაჭერის გარეშე, ვერ აღწევს სრულ ეფექტს, რაც გვამღევეს საფუძველს დაისვას საკითხი პოლიტიკის გადახედვისა და დამატებითი მექანიზმების ინტეგრირების აუცილებლობასთან დაკავშირებით.

წამლის ფასების მკაცრი რეგულირება, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც იგი ეფუძნება არასწორად შერჩეულ ან არასაკმარისად მოქნილ რეფერენტული ფასების პოლიტიკას, ქმნის მნიშვნელოვან რისკს ფალსიფიცირებული მედიკამენტების გავრცელებისა და არალეგალური ბაზრის ფორმირებისათვის. აღნიშნული რისკი განსაკუთრებით მაღალია იმ ბაზრებზე, სადაც უკვე არსებობს მაღალი კონცენტრაცია, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაცია და კონკურენციის შეზღუდული დონე, რაც ამკარად დამახასიათებელი ნიშნებია საქართველოს ფარმაცევტული ბაზრისთვის.

როდესაც მარეგულირებელი ორგანო ადგენს ფასს, რომელიც არ შეესაბამება რეალურ ეკონომიკურ პირობებს - წარმოების, იმპორტის, ლოგისტიკისა და ხარისხის უზრუნველყოფის ხარჯებს - ლეგალური მიწოდება ხდება ეკონომიკურად ნაკლებად მიმზიდველი. ასეთ პირობებში ოფიციალური იმპორტიორები და დისტრიბუტორები ან ამცირებენ მიწოდებას, ან ტოვებენ ბაზარს. შედეგად, ჩნდება დეფიციტი, რაც ქმნის მოთხოვნას ალტერნატიული, არაოფიციალური მიწოდების არხების მიმართ.

დეფიციტისა და ფასთა დიფერენციალის პირობებში (განსაკუთრებით მეზობელ ქვეყნებთან შედარებით) იზრდება შავი ბაზრის ფორმირების ალბათობა. არალეგალური იმპორტი, პარალელური ვაჭრობა დაურეგულირებელი არხებით და არაოფიციალური გადამყიდველები ცდილობენ შეავსონ ბაზარზე არსებული სიცარიელე. ასეთ გარემოში

მნიშვნელოვნად იზრდება ყალბი, სუბსტანდარტული ან ხარისხობრივად შეუსაბამო მედიკამენტების შემოსვლის რისკი, ვინაიდან ისინი იაფია, სწრაფად იყიდება და არ საჭიროებს რეგულატორულ მოთხოვნებთან შესაბამისობას.

განსაკუთრებით პრობლემურია ის ფაქტი, რომ შავი ბაზრის პირობებში ირღვევა ფარმაცევტული ჯაჭვის გამჭვირვალობა: არ არსებობს მიკვლევადობა, ხარისხის კონტროლი, ფარმაცოუსაფრთხოება და პასუხისმგებლობის განსაზღვრა. ეს ქმნის პირდაპირ საფრთხეს პაციენტის უსაფრთხოებისთვის და არღვევს საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დაცვის ძირითად პრინციპებს. ყალბი მედიკამენტები შეიძლება შეიცავდეს არასწორ დოზას, არაეფექტურ ან ტოქსიკურ ინგრედიენტებს, რაც იწვევს ჯანმრთელობის პრობლემებს, გვერდით ეფექტებსა და ზოგ შემთხვევაში ლეტალურ შედეგებსაც.

გარდა ჯანმრთელობის რისკებისა, შავი ბაზრის ზრდა ასუსტებს სახელმწიფოს ინსტიტუციურ შესაძლებლობებს. მცირდება საგადასახადო შემოსავლები, იკარგება რეგულატორის კონტროლი ბაზარზე, ხოლო ლეგალური ბიზნესისთვის იქმნება არათანაბარი კონკურენტული გარემო. შედეგად, ფასების რეგულირება, რომელიც თავდაპირველად მიზნად ისახავდა ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებას, შესაძლოა გადაიქცეს ფაქტორად, რომელიც კიდევ უფრო დაამძიმებს სისტემურ პრობლემებს.

შესაბამისად, კვლევის შედეგები ადასტურებს, რომ ფასების რეგულირება, რომელიც არ არის გამყარებული ბაზრის რეალისტური შეფასებით, კონკურენციის გაძლიერებითა და ეფექტური ზედამხედველობით, ზრდის ყალბი მედიკამენტების შემოსვლისა და შავი ბაზრის გაჩენის რისკს. ეფექტიანი პოლიტიკა მოითხოვს არა მხოლოდ ფასის ადმინისტრაციულ კონტროლს, არამედ მიწოდების ჯაჭვის მდგრადობის, ხარისხის კონტროლისა და რეგულატორული მოთხოვნების აღსრულების გაძლიერებას.

პოლიტიკის რეკომენდაციები

კვლევის საფუძველზე წარმოდგენილია პოლიტიკის რეკომენდაციები საქართველოს ფარმაცევტული ბაზრის ეფექტიანი რეგულირებისთვის, რომლებიც მიზნად ისახავს როგორც ფასების კონტროლის ეფექტურობის გაზრდას, ისე მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობისა და კონკურენციის განმტკიცებას:

- **რეფერენტული ფასების მეთოდის გადახედვა.** რეფერენტული ფასების პრაქტიკა უნდა გარდაიქმნას უფრო დინამიკურ, ბაზარზე მორგებულ მოდელად. ეს მოიცავს რეფერენტული ქვეყნების რეგულარულ გადახედვას, ფასის დადგენის მეთოდოლოგიის ოპტიმიზაციას და მექანიზმებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ რეალურ ფასების შემცირებას და რეგულაციის ეფექტიანობის გაზრდას ფარმაცევტულ ბაზარზე.

- **კონკურენციის გაძლიერება.** გენერიკებისა და ბიოსიმილარების წვდომის გაფართოება წარმოადგენს საკვანძო ელემენტს, რომელიც ზრდის ბაზრის კონკურენციას. მაღალი კონკურენტული გარემოს შექმნა უზრუნველყოფს განხორციელდეს ფასების შემცირება, მომხმარებელზე ხელმისაწვდომობის გაზრდა და არჩევანის გაფართოება.

სახელმწიფო სტრუქტურებმა უნდა შექმნან გარკვეული „სტიმულები“, რომლებიც უზრუნველყოფს გენერიკების ინტეგრაციას თერაპიულ პროცესში, მაგალითად, ფასდაკლებით შექმნის პოლიტიკა ან პრიორიტეტული რეგისტრაცია.

- **ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შეზღუდვა.** ჰოსპიტალური და სადაზღვეო სექტორი, წარმოება, იმპორტი, დისტრიბუცია და საცალო რეალიზაცია ერთიან სტრუქტურაში აყალიბებს პირობებს, სადაც კონკურენცია დაბალია, ხოლო ფასების გამჭვირვალობა სუსტდება. შესაბამისი რეგულაციები და კონტროლის მექანიზმები უნდა დაწესდეს, რათა მოხდეს ბაზრის სტრუქტურული ბალანსი, გაიზარდოს გამჭვირვალობა და უზრუნველყოფილი იქნას სამართლიანი ფასების ფორმირება.

- **ფასზე მოლაპარაკებები და ტენდერული მექანიზმების ჩამოყალიბება.** სახელმწიფო ინსტიტუტებმა უნდა გააძლიერონ მოლაპარაკების მექანიზმები წამლის მწარმოებლებთან და დისტრიბუტორებთან, რაც საშუალებას იძლევა უფრო დაბალ ფასებში მიღწეულ იქნას მაღალი ხარისხის მედიკამენტების ხელმისაწვდომობა. ასევე საჭიროა ტენდერული სისტემების ჩამოყალიბება, რომლებიც უზრუნველყოფენ კონკურენტულ ფასებს, მაღალ ხარისხს და ფართო მიწოდების სტაბილურობას.

- **რეკომენდაციები სახელმწიფო ინსტიტუტებისთვის.** სახელმწიფო მარეგულირებელმა ორგანომ უნდა შეიმუშაოს აქტიური პოლიტიკა ბაზრის მონიტორინგისა და სტრუქტურულ ცვლილებებზე ზედამხედველობის მიმართულებით. ეს მოიცავს ბაზრის კონცენტრაციის ანალიზს, მონოპოლიური სეგმენტების გამოვლენას და შესაბამისი მოქნილი და ეფექტური რეგულაციების დროულ დანერგვას.

- **მარეგულირებელი ორგანოს როლის გამოკვეთა.** მარეგულირებელმა ორგანომ უნდა წარმართოს პოლიტიკა ისე, რომ უზრუნველყოს ბალანსი ფასის შეკავებას და ინოვაციებს შორის. ქმედებები უნდა შეესაბამებოდეს როგორც სოციალური კეთილდღეობის მიზნებს, ისე ინვესტიციების სტიმულირებას, რაც ბაზარს საშუალებას აძლევს შეივსოს განვითარებაზე ორიენტირებული ინოვაციებით.

- **სისტემური და ინტეგრირებული მიდგომის მნიშვნელობა.** ეფექტური რეგულაცია მოითხოვს სისტემურ მიდგომას, რომელიც აერთიანებს ფასების კონტროლს, კონკურენციის გაძლიერებას, გენერიკებისა და ბიოსიმილარების წახალისებას, ფასზე მოლაპარაკებებსა და ტენდერულ მექანიზმებს. ასეთი ინტეგრირებული პოლიტიკა უზრუნველყოფს მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობის გაზრდას, კონკურენციის განმტკიცებას და ბაზრის მდგრად სტრუქტურას.

ამ რეკომენდაციების განხორციელება შექმნის საფუძველს საქართველოს ფარმაცევტული ბაზრის რეგულირების ეფექტიანობის ზრდის, ფასების სტაბილურობის მიღწევის და მოსახლეობის უზრუნველყოფისთვის სამართლიანი ღირებულების და ხელმისაწვდომი სამკურნალო საშუალებებით.

დასკვნა

ფასების რეგულირება საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის კონტექსტში წარმოადგენს მნიშვნელოვან პოლიტიკურ ინსტრუმენტს, რომელიც უზრუნველყოფს მედიკამენტებზე სამართლიან და თანასწორ ხელმისაწვდომობას, ხელს უწყობს სოციალური კეთილდღეობის შენარჩუნებას და ეკონომიკურ ეფექტიანობას.

კვლევის მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი ქმნის ანალიტიკურ საფუძველს ფარმაცევტული პოლიტიკის გაუმჯობესებისა და გადაწყვეტილებების უფრო მტკიცებულებაზე დაფუძნებული დაგეგმვისთვის.

კვლევის შედეგები მიუთითებს, რომ საქართველოს ფარმაცევტულ ბაზარზე წამლის ფასების რეგულირების ეფექტიანობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ბაზრის სტრუქტურულ თავისებურებებზე. მონოპოლიური და ვერტიკალურად და ჰორიზონტალურად ინტეგრირებული გარემო მნიშვნელოვნად ზღუდავს ფასების რეგულირებას და ამცირებს რეფერენტული ფასების მეთოდის პოტენციალს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს უკანასკნელი უზრუნველყოფს ადმინისტრაციულ ფასთა რეგულირებას, მონოპოლიური სტრუქტურის პირობებში რეფერენტული ფასების ინსტრუმენტი ვერ უზრუნველყოფს ღირებულების რეალურ შემცირებას და მომხმარებელზე პირდაპირ გავლენას.

კვლევის შედეგები ადასტურებს, რომ ფარმაცევტული ფასების რეგულირება ეფექტიანია მხოლოდ კონკურენტულ გარემოში. მონოპოლიური ბაზრის პირობებში აუცილებელია მრავალინსტრუმენტული მიდგომა, რომელიც აერთიანებს როგორც ადმინისტრაციულ რეგულირებას, ისე კონკურენციის გაძლიერებასა და ბაზრის სტრუქტურული თავისებურებების მართვას. კერძოდ, ეს მოიცავს რეფერენტული ფასების მეთოდის გადახედვას ბაზრის სპეციფიკის გათვალისწინებით, გენერიკებისა და ბიოსიმილარების წვდომის გაზრდას კონკურენციის გაზრდის მიზნით, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის შეზღუდვას ფასების გამჭვირვალობის უზრუნველსაყოფად და ფასზე მოლაპარაკებებისა და ტენდერული მექანიზმების განვითარებას.

ძირითადი მიგნებები კვლევიდან აჩვენებს, რომ მონოპოლიური ბაზრის პირობებში რეგულაციის მექანიზმები, რომლებიც არ არის მხარდაჭერილი კონკურენციით, ვერ ახერხებს მედიკამენტებზე ხელმისაწვდომობის ეფექტიან ზრდას. ამასთან, კომპლექსური, სტრუქტურირებული და კონკურენციაზე ორიენტირებული პოლიტიკის გამოყენება უზრუნველყოფს როგორც ფასების კონტროლის, ისე ინოვაციების სტიმულირების შესაძლებლობას, რაც მნიშვნელოვანი პირობაა მოსახლეობის ჯანმრთელობის შედეგების გაუმჯობესებისა და ფარმაცევტული ბაზრის მდგრადი განვითარებისთვის.

References

1. Rodwin, M. A., & Gerke, S. (2022). German pharmaceutical pricing: Lessons for the United States. *International Journal of Health Services*, 52(1), 146–158.
2. Chandra, P., Kumar, P., Pandey, S. N., Pathak, R., Sharma, H., & Sachan, N. (2024). Overview of the pharmaceutical marketplace. In *Pharma marketing and pharmacoeconomics* (pp. 1–30). Apple Academic Press.
3. Jönsson, B. (2024). The pharmaceutical market. In *Internationalization, market power and consumer welfare* (pp. 145–171). Routledge.
4. Costa, E., & Santos, C. (2022). Pharmaceutical pricing dynamics in an internal reference pricing system: Evidence from changing drugs' reimbursements. *European Journal of Health Economics*, 23, 1497–1518.
5. Siegmeier, F., & Büssgen, M. (2022). Indication-wide drug pricing: Insights from the pharma market. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 15, 53.
6. Shashiashvili, N., Simonishvili, B., & Bakradze, M. (2025). Reference pricing for pharmaceuticals: Benefits, risks and systemic challenges.
7. Shashiashvili, N. (2024). Types of pharmacoeconomic analysis and economic evaluation of the pharmacist's role. *Economics*, 106(11–12), 34–37.
8. European Commission. (2024). *Making medicines more affordable* [Policy summary]. European Commission.
9. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025). *Health at a glance 2025: OECD indicators*. OECD.
10. World Health Organization. (2021). *Country pharmaceutical pricing policies: A handbook of case studies*. World Health Organization.
11. Iacocca, K., Mahar, S., & Wright, P. D. (2022). Strategic horizontal integration for drug cost reduction in the pharmaceutical supply chain. *Omega*, 108, 102589.
12. Curto, V., Sinaiko, A. D., & Rosenthal, M. B. (2022). Price effects of vertical integration and joint contracting between physicians and hospitals in Massachusetts. *Health Affairs*, 41(5), 741–750.
13. Gray, C., Alpert, A. E., & Sood, N. (2023). Disadvantaging rivals: Vertical integration in the pharmaceutical market (Working Paper No. 31536). National Bureau of Economic Research.
14. Shashiashvili, N. (2025). Regulating pharmaceutical business integration: Regulatory frameworks and impact on the healthcare system. *Experimental and Clinical Medicine Georgia*, (2), 23–27.
15. Rand, L. Z., & Kesselheim, A. S. (2021). International reference pricing for prescription drugs: A landscape analysis. *Journal of Managed Care & Specialty Pharmacy*, 27(9), 1309–1313.

16. Regondola-Baltazar, J. (2025). Evaluating government intervention in pharmaceutical pricing mechanisms: Comparisons and challenges.
17. World Health Organization. (2023). *WHO guideline on country pharmaceutical pricing policies* (Updated guidance). World Health Organization.
18. World Health Organization Regional Office for Europe. (2022). *Final report of the Oslo Medicines Initiative: Improving access to novel, high-priced medicines in the WHO European Region*.
19. Allred, C., Axne, C., Davids, S., Kim, A., & Spanberger, A. (2021). End the monopoly: Let Medicare negotiate drug prices. *The Washington Post*.
20. European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety. (2024). *Factsheet: Access to medicines in all Member States*. European Commission.
21. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018). *Pharmaceutical innovation and access to medicines*. OECD Health Policy Studies.
22. Joosse, I. R., Tordrup, D., Bero, L., Mantel-Teeuwisse, A. K., & van den Ham, H. A. (2023). A critical review of methodologies used in pharmaceutical pricing policy analyses. *Health Policy, 134*, 104576.
23. Gill, J., Fontrier, A. M., Kyriopoulos, D., & Kanavos, P. (2019). Variations in external reference pricing implementation: Does it matter for public policy? *European Journal of Health Economics*.
24. Iravani, F., Mamani, H., & Nategh, E. (2020). External reference pricing and parallel imports of pharmaceuticals: A policy comparison. *Production and Operations Management, 29*(12), 2716–2735.
25. Shukar, S., Zahoor, F., Hayat, K., Saeed, A., Gillani, A. H., Omer, S., ... Yang, C. (2021). Drug shortage: Causes, impact, and mitigation strategies. *Frontiers in Pharmacology, 12*, 693426.
26. Ivama-Brummell, A. M., & Pinilla-Dominguez, P. (2022). The regulatory, evaluation, pricing and reimbursement pathway for medicines in the UK: Combining innovation and access. *Journal of Hospital Pharmacy and Health Services, 13*(2), 804–804.
27. LaMattina, J. L. (2022). *Pharma and profits: Balancing innovation, medicine, and drug prices*. John Wiley & Sons.
28. Rémuzat, C., Urbinati, D., Mzoughi, O., El Hammi, E., Belgaied, W., & Toumi, M. (2015). Overview of external reference pricing systems in Europe. *Journal of Market Access & Health Policy, 3*(1), 27675.
29. Shashiashvili, N., Kvizhinadze, N., & Gaprindashvili, M. (2024). Impact of reference pricing policy on the pharmaceutical sector. *Experimental and Clinical Medicine Georgia, 4*(4), 64–66.
30. Shashiashvili, N., & Bakradze, N. (2025). Pharmaceutical market and pharmacy services: Analysis of challenges and opportunities on the example of the German model. *Georgian Scientists, 7*(2), 80–95.

31. World Health Organization Regional Office for Europe. (2023). *Access to information in markets for medicines in the WHO European Region: Oslo Medicines Initiative technical report*.
32. World Health Organization Regional Office for Europe. (2024). *Community pharmacy regulatory and practice models in Eastern Europe and Central Asia*. World Health Organization Regional Office for Europe
33. Shashiashvili, N. (2025). The impact of monopoly on the pharmaceutical market. *Sociopolitologos, 3*
34. Sholoiko, N., Nizhenkovska, I., Babenko, M., Hala, L., & Datsiuk, N. (2023). Implementation of the policy of external reference pricing for medicines: A review of international approaches. *Social Pharmacy in Health Care, 9*, 39–49.
35. Voehler, D., Koethe, B. C., Synnott, P. G., & Ollendorf, D. A. (2023). The impact of external reference pricing on pharmaceutical costs and market dynamics. *Health Policy Open, 4*, 100093.

The Effectiveness of Pharmaceutical Price Regulation Mechanisms under Conditions of Limited Competition and Their Impact on Access to Medicines

Nana Shashiashvili ^{1,2}

Doctor of Pharmacy, Associate Professor. 1. Department of Pharmacy, Georgian Technical University, Georgia; 2. Department of Social and Clinical Pharmacy, Tbilisi State Medical University, Georgia

Abstract

The pharmaceutical sector worldwide is characterized by high market concentration, information asymmetry, and low price elasticity, which makes government intervention necessary. This study examines pharmaceutical price regulation mechanisms and their impact on access to medicines, with a particular focus on the Georgian pharmaceutical market. Georgia's market is especially affected by these challenges, as a significant share of medicine importation, distribution, and retail is concentrated in the hands of a few large economic groups. Moreover, vertical integration strengthens monopolistic power and constrains the natural functioning of competitive market mechanisms.

The study is based on a qualitative analytical approach that combines documentary analysis, comparative policy analysis, market structure assessment, and the use of secondary data. The analysis covers a range of pricing regulation instruments, including External Reference

Pricing (ERP), Internal Reference Pricing (IRP), direct price controls, price negotiations, tendering mechanisms, and policies aimed at strengthening competition.

The findings indicate that, in a monopolistic environment, the ERP method provides only a partial solution to price regulation. While it establishes an administrative price ceiling, it does not lead to substantial price reductions or generate a meaningful impact at the consumer level. High market concentration and limited competition reduce the potential effect of generics and biosimilars and restrict patient choice. The study further highlights the close interrelationship between price regulation and competition policy, demonstrating that effective price regulation is not feasible without sufficient competitive pressure.

Based on the findings, the study proposes several policy recommendations, including the adaptation of ERP to market-specific conditions, the strengthening of competition through increased use of generics and biosimilars, the limitation of vertical integration, and the development of price negotiation and tendering mechanisms. The implementation of these measures would contribute to improved access to medicines, enhanced market sustainability, and greater effectiveness of pharmaceutical price regulation.

Keywords: *Access to medicine; External reference pricing; Georgian pharmaceutical market; Medicine price; Monopolistic market; Regulation.*

აკუსტიკური გახმოვანების ფუნქციის მქონე სადიაგნოსტიკო სისტემის (კონტროლერის) სტრუქტურულ-ფუნქციონალური და ელექტრული სქემების შემუშავება და მოდელირება

ლადო სეხნიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, დოქტორანტი

აბსტრაქტი

სტატიაში განხილულია აკუსტიკური გახმოვანების ფუნქციის მქონე სადიაგნოსტიკო სისტემის (კონტროლერის) სტრუქტურულ-ფუნქციონალური და ელექტრული სქემების შემუშავება და მოდელირება. შემოთავაზებული სისტემა განკუთვნილია სამედიცინო აპარატურაში, კერძოდ ჰემოდიალიზის მოწყობილობებში, დიაგნოსტიკური პროცესების ეფექტიანობისა და ოპერატიულობის გასაზრდელად. სისტემის არქიტექტურა ეფუძნება მიკროკონტროლერულ პლატფორმას და უზრუნველყოფს ანალოგური და ციფრული სენსორებიდან მიღებული ინფორმაციის დამუშავებას, ვიზუალურ ინდიკაციასა და აკუსტიკური შეტყობინებების გენერირებას რეალურ დროში. სტატიაში აღწერილია კონტროლერის მუშაობის რეჟიმები, ელექტრული პრინციპული სქემა და მისი სიმულაციური მოდელირება PROTEUS-ის გარემოში. მიღებული შედეგები ადასტურებს შემუშავებული გადაწყვეტის ფუნქციურ სისწორესა და პრაქტიკული გამოყენების პერსპექტივას სამედიცინო სადიაგნოსტიკო სისტემებში.

საკვანძო სიტყვები: სადიაგნოსტიკო სისტემა, მიკროკონტროლერი, აკუსტიკური გახმოვანება, ჰემოდიალიზი, PROTEUS, სენსორული მონიტორინგი.

შესავალი

თანამედროვე სამედიცინო ტექნოლოგიების განვითარება მჭიდროდ არის დაკავშირებული ინტელექტუალური სადიაგნოსტიკო და მონიტორინგის სისტემების დანერგვასთან, რომლებიც უზრუნველყოფენ პაციენტის მდგომარეობის უწყვეტ კონტროლს, მონაცემთა დამუშავებასა და ოპერატიულ უკუკავშირს. განსაკუთრებით მაღალი მოთხოვნები ვრცელდება ჰემოდიალიზის აპარატებზე, სადაც სისტემის

ნებისმიერი გაუმართაობა ან პარამეტრების გადახრა პაციენტის სიცოცხლესთან დაკავშირებულ რისკებს ქმნის[1].

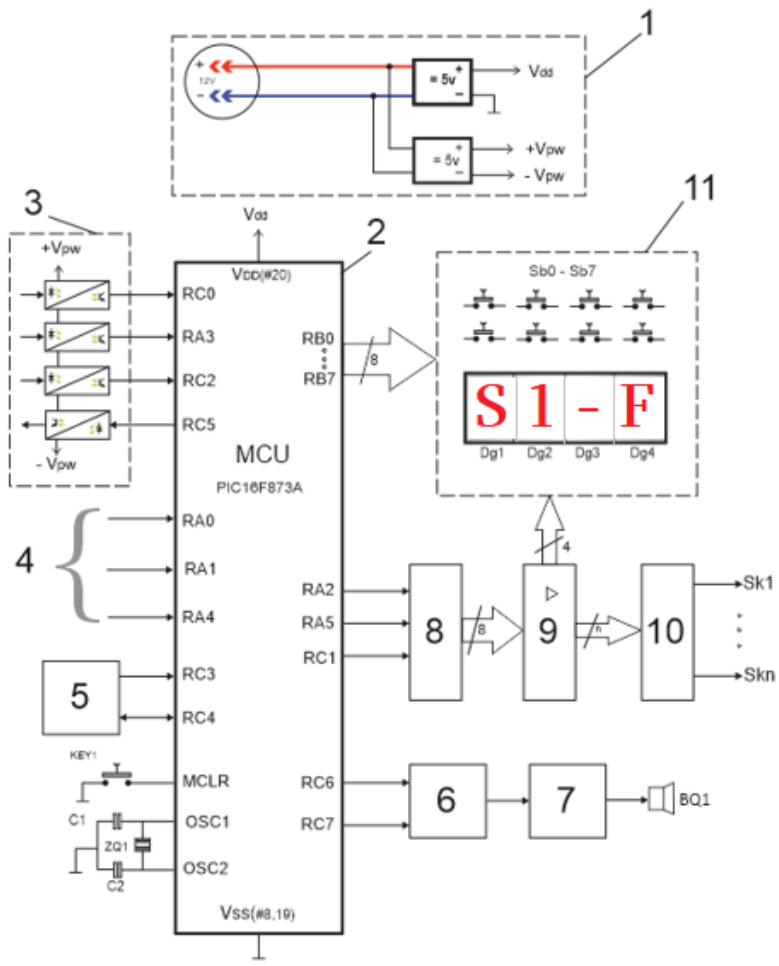
ამ კონტექსტში აქტუალურია ისეთი დამატებითი, ნახევრად-ინტეგრირებული სადიაგნოსტიკო სისტემების შემუშავება, რომლებიც არსებულ აპარატურას გააფართოებს ფუნქციურად და გაზრდის ინფორმაციის აღქმის სისწრაფესა და სიზუსტეს. ერთ-ერთ ეფექტურ მიდგომას წარმოადგენს აკუსტიკური გახმოვანების გამოყენება, რაც ოპერატორს საშუალებას აძლევს, ვიზუალური კონტროლის პარალელურად, ხმოვანი სიგნალების საშუალებითაც მიიღოს ინფორმაცია სისტემის მდგომარეობის შესახებ [2].

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია აკუსტიკური გახმოვანების ფუნქციის მქონე სადიაგნოსტიკო კონტროლერის სტრუქტურული, ფუნქციონალური და ელექტრული სქემების შემუშავება, აღწერა და მოდელირება, ასევე მისი გამოყენების შესაძლებლობების ანალიზი სამედიცინო ტექნოლოგიებში.

ძირითადი ნაწილი

სისტემის სტრუქტურულ-ფუნქციონალური სქემა

შემუშავებული სადიაგნოსტიკო სისტემის სტრუქტურული სქემა წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე. სისტემა შედგება შემდეგი ძირითადი კვანძებისგან: კვების ბლოკი, PIC16F873A ტიპის მიკროკონტროლერი, ოპტიზოლირებული ციფრული საკომუნიკაციო არხები, ანალოგური და დისკრეტული შესასვლელები, I2C ინტერფეისის მქონე ციფრული მოწყობილობები (ციფრული თერმომეტრი, EEPROM და სხვა), SD ბარათზე დაფუძნებული მინი DFPlayer პლეერი, გამამდიერებელი და ხმამაღლამოლაპარაკე, მიმდევრობით-პარალელური რეგისტრი, ბუფერული ბლოკი (დარლინგტონის გასაღებების ბაზაზე), ძალური ბლოკი, ასევე ინდიკაციისა და კლავიატურის მოდული [3].



ნახ.1. სადიაგნოსტიკო სისტემის სტრუქტურული სქემა.

1-კვების ბლოკი; 2- მიკროკონტროლერი; 3 -ოპტიზირებული ციფრულ საკომუნიკაციო არხები; 4 - ანალოგური და დისკრეტული შესასვლელები. 5 - მიმდევრობითი I2C ინტერფეისის მქონე მოწყობა (მაგ.ციფრ. თერმომეტრი, და სხ.); 6 - SD ბარათით აღჭურვილი მინი DFPlayer პლეერი; 7 - გამაძლიერებელი ; BQ1 - ხმამაღლამოლაპარაკე (სპიკერი); 8 -მიმდევრობით-პარალელურ რეგისტრი; 9 - ბუფერული ბლოკი (დარლინგტონის გასაღებები); 10 - ძალურ ბლოკი sk1-skn გამოსასვლელებით; 11 - ინდიკაციისა და კლავიატურის ბლოკი

აღნიშნული არქიტექტურა უზრუნველყოფს როგორც სენსორული მონაცემების მიღებასა და დამუშავებას, ისე შედეგების ვიზუალურ და აკუსტიკურ წარმოდგენას.

კონტროლერის მუშაობის რეჟიმები

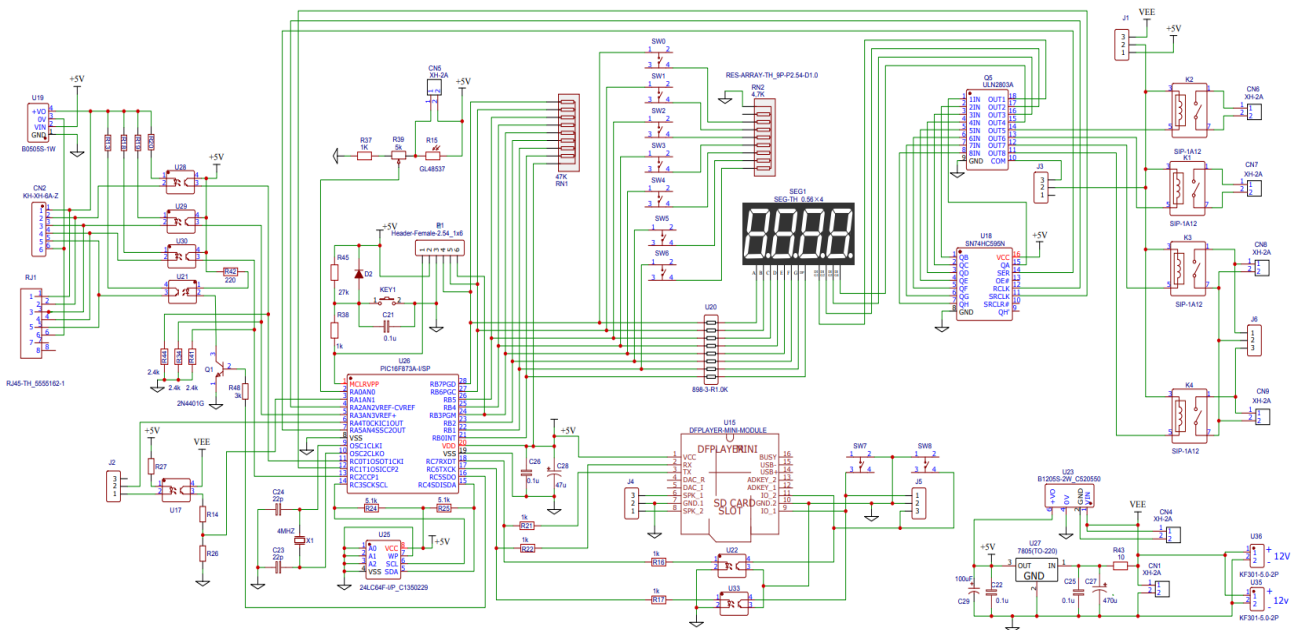
კონტროლერს გააჩნია ოთხი ძირითადი სამუშაო რეჟიმი:

1. **ობიექტის დიაგნოსტიკის რეჟიმი** – ძირითადი რეჟიმი, რომელშიც ხდება ანალოგური და ციფრული სენსორებიდან მიღებული სიგნალების დამუშავება და შესაბამისი აკუსტიკური შეტყობინებების გენერირება. მიკროკონტროლერის მეხსიერებაში წინასწარ ინახება T1 და T2 პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავენ შეტყობინების ხანგრძლივობასა და მათ შორის ინტერვალს.

2. პარამეტრების შეყვანის რეჟიმი – უზრუნველყოფს T1 და T2 პარამეტრების შეყვანას კლავიატურის საშუალებით, მონაცემების ვიზუალურ კონტროლსა და კორექტირებას.
3. ტესტირების რეჟიმი – გამოიყენება კონტროლერისა და სენსორული არხების გამართულობის შესამოწმებლად, ექვივალენტური სატესტო სიგნალების მიერთების გზით.
4. აკუსტიკური შეტყობინებების შემოწმების რეჟიმი – შესაძლებელს ხდის კონკრეტული ტრეკის არჩევას და შესაბამისი ხმოვანი შეტყობინების გაჟღერებას.

ელექტრული პრინციპული სქემა და მოდელირება

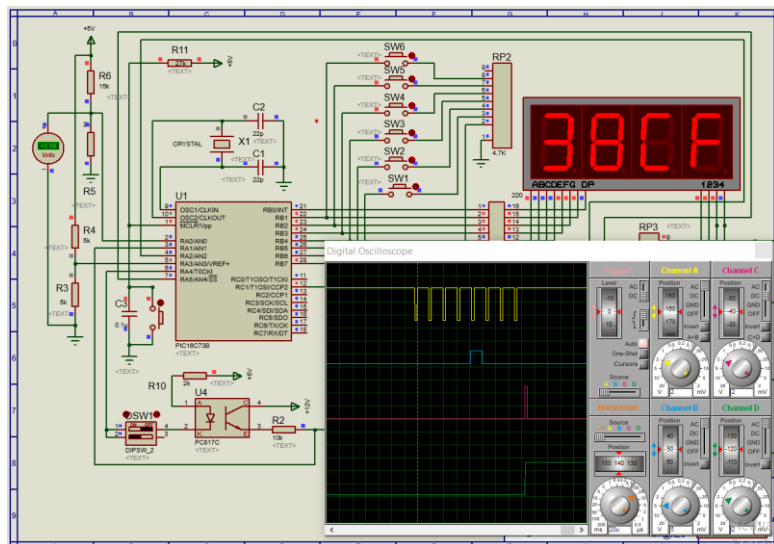
სტრუქტურულ-ფუნქციონალური სქემის საფუძველზე შემუშავებულია სადიაგნოსტიკო კონტროლერის ელექტრული პრინციპული სქემა (ნახ. 2). სქემა უზრუნველყოფს ძირითადი დიაგნოსტიკური ალგორითმის აპარატულ რეალიზაციას, DFPlayer-ის პროგრამირებად მართვასა და სხვადასხვა აკუსტიკური სიგნალის გენერირებას განსაზღვრული დროითი პარამეტრების გათვალისწინებით.



ნახ.2. სადიაგნოსტიკო კონტროლერის ელ.პრინციპული სქემა

სისტემა აღჭურვილია ოპტიკურად იზოლირებული საკომუნიკაციო არხით, ჩაშენებული I2C ინტერფეისით, ანალოგური და დისკრეტული შესასვლელებით, ასევე გამოსასვლელი ბუფერთა და (ოფციონალურად) რელეებით ძალური ობიექტების სამართავად. ინდიკაცია ხორციელდება დინამიური ინდიკაციის პრინციპით.

კონტროლერის ელექტრული სქემის სიმულაციური მოდელირება შესრულებულია PROTEUS-ის გარემოში (ნახ. 3), სადაც მიღებულია სისტემის მუშაობის დამადასტურებელი დროითი დიაგრამები.



ნახ.3. სადიაგნოსტიკო კონტროლერის სიმულაციური მოდელის მუშაობის ამსახველი დროითი დიაგრამებით.

TESTSYST დაფა აღჭურვილია კვების ძაბვის რეგულატორით რომელიც გამოიმუშავებს სტაბილურ მუდმივ კვების ძაბვას +5 V. წნევის სენსორები სამოსასვლელეები ანალოგური არხებით დაკავშირებულია PIC16F873A მიკროკონტროლერის 10 თანრიგა ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელის (ADC) შესასვლელთან, რომლის საყრდენი ძაბვის წყაროა +5ვ.

ამიტომ, ADC-ის შესასვლელზე არსებული ძაბვა არ უნდ აღემატებოდეს 5 ვოლტს.

ტესტირების პროგრამა მიკროკონტროლერის შიდა მონაცემთა EEPROM მეხსიერებაში (128 ბაიტი) ინახავს ADC-ის გაზომვის შედეგებს დღის განმავლობაში (0–23 საათი). მონაცემები იწერება მისამართებზე 0x20–0x37,

შემუშავებული კონტროლერის დაფის (პლატის) ფორმა კვადრატულია და მისი ფართი შეადგენს 1დმ².

სიმულაციის შედეგად მიღებული დროითი დიაგრამები ადასტურებს სისტემის სტაბილურ მუშაობას და შესაბამისობას დაპროექტებულ პარამეტრებთან.

დასკვნა

ნაშრომში შემუშავებულია აკუსტიკური გახმოვანების ფუნქციის მქონე სადიაგნოსტიკო კონტროლერის სტრუქტურული, ფუნქციონალური და ელექტრული სქემები. შემოთავაზებული გადაწყვეტა უზრუნველყოფს სენსორული მონაცემების რეალურ დროში დამუშავებას, ვიზუალურ და აკუსტიკურ უკუკავშირს, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის დიაგნოსტიკის ოპერატიულობასა და სანდოობას. PROTEUS-ის გარემოში ჩატარებულმა მოდელირებამ დაადასტურა სისტემის ფუნქციური გამართულობა და მისი გამოყენების პერსპექტივა სამედიცინო აპარატურაში, განსაკუთრებით ჰემოდიალიზის სისტემებში. გამოყენებული ლიტერატურა

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Webster, J. G. (2018). *Medical Instrumentation: Application and Design*. Wiley.
2. აზმაიფარაშვილი, ზ., მურჯიკნელი, გ., & პარშუტკინი, ი. (2020). ანალოგური და ციფრული მოწყობილობების კომპიუტერული მოდელირება Proteus-ის ბაზაზე. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი.
3. აზმაიფარაშვილი, ზ., & ტომარაძე, ო. (2019). გაზომვა, მართვა და რეგულირება მიკროკონტროლერის გამოყენებით. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი.
4. Azmaiparashvili, Z., Butskhrikidze, E., Otkhozoria, N., & Meskhia, M. (2024). Pressure Difference Measuring System for Clean Rooms. *Journal of Technical Science and Technologies*, 8(2), 17–22. <https://doi.org/10.31578/jtst.v8i2.157>
5. N Sharashenidze, N Otkhozoria, T Menabde - [Ultrasonic distance measurement and system simulation](https://doi.org/10.52340/g.s.2024.06.01.04), Georgian Scientists, 2024 <https://doi.org/10.52340/g.s.2024.06.01.04> Vol. 6 Issue 1, 2024

Design and Simulation of Structural-Functional and Electrical Schematics of an Acoustic-Enabled Diagnostic Controller

Lado Sekhniashvili

Georgian Technical University, PHD Student

Abstract

This paper presents the design and modeling of structural-functional and electrical circuits of a diagnostic system (controller) equipped with an acoustic feedback function. The proposed system is intended for medical equipment, particularly hemodialysis devices, to improve the efficiency and responsiveness of diagnostic processes.

The system architecture is based on a microcontroller platform and provides real-time processing of data obtained from analog and digital sensors, visual indication, and generation of acoustic notifications. The paper describes the functional structure of the controller, operating modes, electrical schematic design, and simulation modeling performed in the PROTEUS environment.

Simulation results confirm the functional reliability of the proposed solution and demonstrate its practical applicability in medical diagnostic systems.

Keywords: diagnostic system, microcontroller, acoustic feedback, hemodialysis, PROTEUS, sensor monitoring.

Solar Activity and the Dow Jones Industrial Average

Darejan Japaridze^{1,2}, Tamar Paatashvili³, Bidzina Chargeishvili⁴, Tengiz Mdzinarishvili⁵

¹Georgian E. Kharadze National Astrophysical Observatory, Senior researcher; ²Ilia State University, Associate Professor, Centre for Computational Helio Studies; darejan.japaridze@iliauni.edu.ge; ³Georgian E. Kharadze National Astrophysical Observatory, Data processing specialist; tpaatashvili@abao.ge; ⁴Georgian E. Kharadze National Astrophysical Observatory, Senior researcher; bidzina@aidio.net; ⁵Georgian E. Kharadze National Astrophysical Observatory, Senior researcher; tengiz.mdzinarishvili@iliauni.edu.ge

Abstract

We examined the relationship between solar activity and the Dow Jones Industrial Average from 1896 to 2021. We employed sliding-window correlation, cross-correlation, and wavelet coherence analyses. It was discovered that the correlation with 11-year periodicity is more than 0.5 during the 1906–1936 and 1964–2000 time periods, and is visible with a 95% confidence level during the 1910–1930 and 1990–1994 time periods. This correlation is proved by coherence, with a high 95% confidence level revealed between cosmic ray data and the Dow Jones Industrial Average in the same periods where the correlation between sunspot numbers and cosmic ray data is high (1964–2000), but with a distinct phase difference. Because financial indices reflect many simultaneous influences, revealing a correlation between studied events is difficult. nevertheless, it's significant to study the intercorrelations between financial indices and solar activity or cosmic rays for forecasting financial models and systemic risk assessments.

KeyWords: Dow Jones Industrial Average, Solar Activity, Sunspot Number, Cosmic Rays

1. Introduction

Solar variability modulates the near-Earth space environment through changes in electromagnetic emissions and energetic particle fluxes. Solar phenomena such as solar flares and solar coronal mass ejections can disrupt technological systems ([Buzulukova et al., 2025](#)) and influence human psychological state and health ([Neale et al., 2023](#)), which in turn may affect economic activity. There is a correlation between solar activity and various economic

characteristics (Gorbanev, 2012; 2020; Walsh, 1993; Krivelyova and Robotti, 2003; Peng et al., 2019).

The Dow Jones Industrial Average (DJIA) is one of the oldest and most popular stock indexes. The DJIA, while composed of 30 U.S. firms, is widely used as a proxy for market sentiment and global financial linkages. It can be considered not only a leading indicator of the US economy (Stock and Watson, 1989) but also an indicator of global business performance, due to its strong influence on other stock markets (Zheng and Chen, 2013). A sharp drop in the DJIA could indicate the onset of a large-scale crisis. Therefore, its changes are closely monitored to assess future economic performance expectations (Hester and Gibson, 2003; Goidel et al., 2010).

This study we revisited the DJIA–solar relationship and cosmic rays using long historical records and modern correlation and cross-correlation methods and the wavelet coherence approach.

2. Data and methods

Monthly sunspot numbers were obtained from the SILSO World Data Center (website: <http://www.sidc.be/silso/>) for 1818–2021. Cosmic-ray neutron monitor data were taken from the Oulu station (Sodankylä Geophysical Observatory, Finland) for 1964–2021. Historical DJIA values for 1896–2021 were retrieved from public market archives (Free Historical Market Data – Stooq, <https://stooq.com/^DJI - Dow Jones Industrial - U.S. - Stooq>).

2.1 Detrending

To remove the long-term upward trend in the DJIA, we applied an 11-year moving average chosen to match the dominant solar periodicity. After subtracting the smoothed data from the original data and multiplying it by 100, we get seasonal fluctuations around the DJIA trend as a percentage (DJ). Fig. 1 depicts the results.

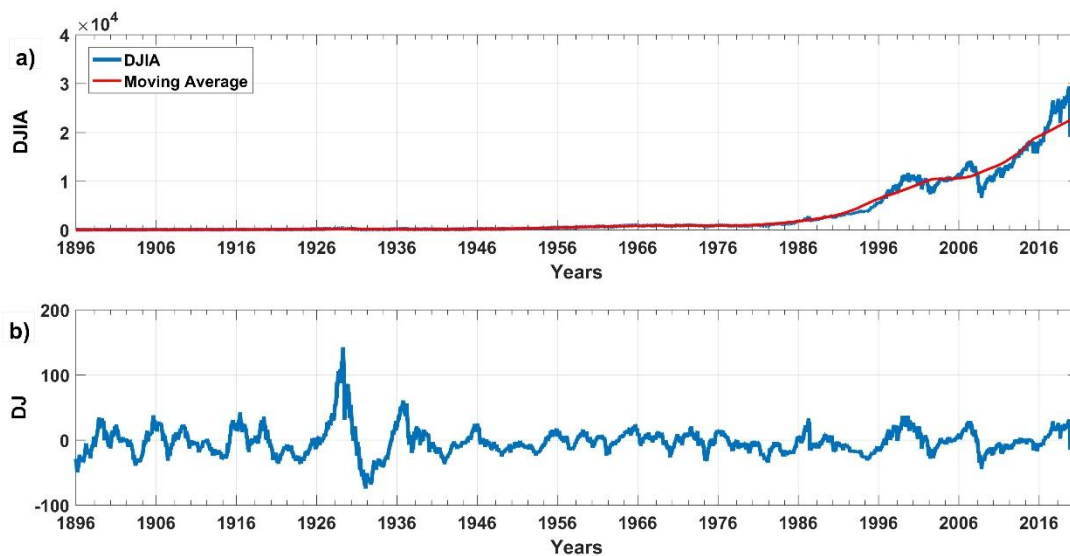


Fig. 1. DJIA data decomposition a) The DJIA (blue curve) and the moving average DJIA with an 11-year window (red curve); b) The detrended DJIA expressed as a percentage.

2.2 Correlation and cross-correlation

Over the full 1896–2021 interval, the monthly linear correlation between sunspot numbers and the detrended DJ is small but statistically significant, $r = 0.1492$ (0.0996–0.1980), but we can reject the null hypothesis ("no statistical relationship and significance") with high reliability because $P < 0.001$, indicating that the correlation is almost guaranteed. To see how this correlation changes over time, we compared smaller time intervals (several 11-year solar cycles). For this, we used a sliding window method. The linear correlation R between the data and the p -value for rejecting the null hypothesis was determined for each selected window. The window was then advanced by a relatively small-time step, and the same values were determined once more. The optimal time window length was chosen to be 22 years, with a time step size of one year. The results are shown in Fig. 2.

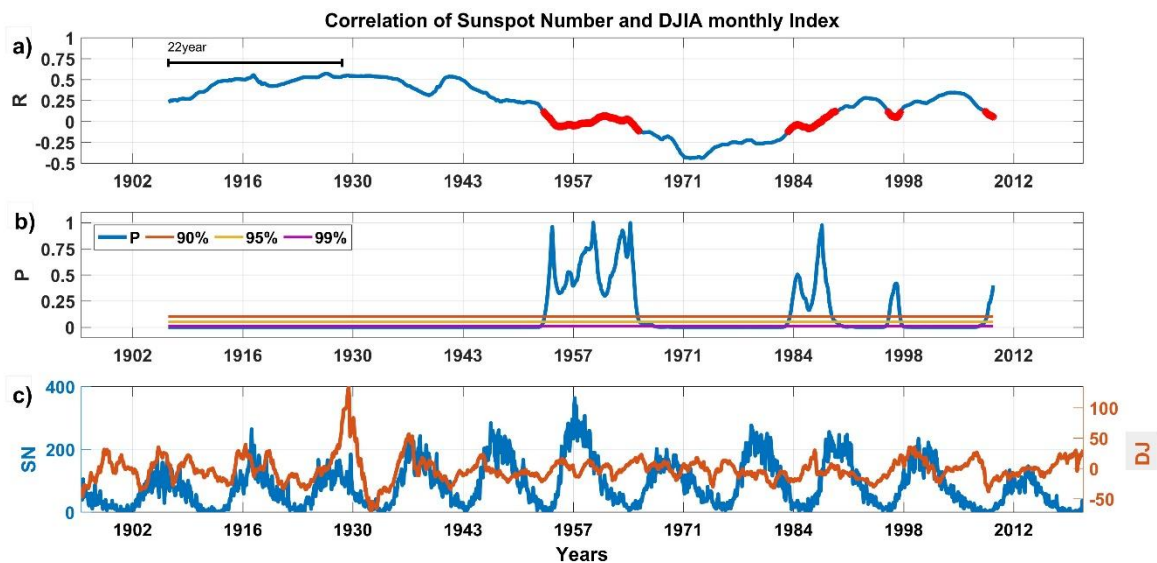


Fig. 2. Correlation charts between the SN and the DJIA detrended index (DJ) (the sliding window length is 22 years, and the step length is one year). a) Curve of correlation coefficients. The red dots indicate locations where we cannot reject the null hypothesis between events. b) The level of reliability of the hypothesis P ; c) The blue curve represents the SN, while the red curve represents the DJ.

Sliding-window correlations vary between approximately -0.5 and $+0.5$. Positive correlations are prominent in the early 20th century, reverse in the 1970s–1980s, and reappear toward at the end of the twentieth century and the beginning of the twenty-first century.

Because the process is non-linear and non-stationary, with many intermediate links, it is difficult to explain what this change depends on. The correlation modulus reaches 0.5, a significant value, while the areas of unreliable correlation (bold areas on the curve in Figure 2a) are relatively short and mostly coincide with areas of correlation sign change.

Cross-correlograms computed within moving with a 22-year windows reveal a non-stationary structure: the maximum cross-correlation (from -0.65 to 0.65) and peak lags shift between roughly -1 and $+3$ years. A top view of the resulting 3D image (contour plot) is depicted

in Fig. 3, and it clearly demonstrates that the connection between the studied data is non-stationery and changes over time.

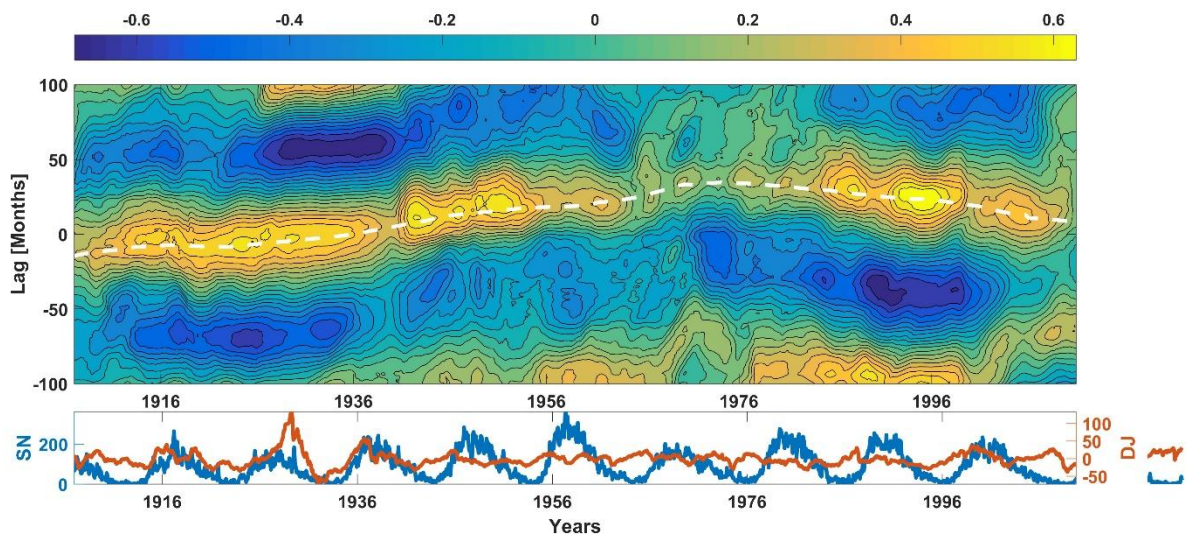


Fig. 3. The upper panel shows an SN-DJ cross-correlogram, with the horizontal axis representing date and the vertical axis representing phase lag; the white dashed curve shows lag variation corresponding to maximum cross-correlation; and the lower panel shows activity variations for SN and DJ, with the blue curve representing SN and the red curve representing DJ.

2.3 Wavelet coherence

Wavelet cross-correlation and wavelet coherence methods scale-dependent synchronizations have recently been widely used to identify potential relationships between two time series (Addison, 2017).

In general, the value of wavelet coherence ranges from 0 to 1 and, like the correlation coefficient, allows us to quantify the correlation between events.

We used software packages developed by Torrence and Compo and Grinsted to calculate the wavelet coherence between the monthly average SN and DJ data. The statistical significance level of wavelet coherence is estimated using Monte Carlo methods with red noise to calculate the 5% level of significance (300 calculations) (Torrence and Webster, 1999; Grinsted et al., 2004).

In addition to wavelet coherence, the wavelet coherence phase difference is calculated, which indicates how far apart the study events are for a given frequency and time. The areas of significant coherence (with a 95% level of confidence) are denoted by the black line contours. The arrows represent the relative phase of two-time series; a right-pointing arrow indicates in-phase coherence between the two signals, while a left-pointing arrow indicates anti-phase coherence. A phase arrow pointing down indicates that one time series is 90 degrees ahead of another, while one pointing up indicates that it is 90 degrees behind. When arrows are strongly horizontal (0 or 180 degrees), it indicates a linear relationship between the two phenomena being studied; non-horizontal arrows indicate an out of phase situation and a more complex non-linear relationship (Velasco Herrera et al., 2018).

Fig. 4 depicts the wavelet coherence between SN and DJ data. The above-mentioned arrows indicate phase differences for coherence and correlation values greater than 0.5.

The 95% confidence level of wavelet coherence was estimated using the Monte Carlo method (300 calculations) and is indicated with a bold outline in Fig. 4. It shows that the similarities between these two events are greatest for about 11 years (approximately 128 months).

The strongest coherence appears near the 11-year band, with coherence values reaching high levels to 0.8 in the 1920s and 0.72 in the 1990s, and it exceeds 0.5 during 1906–1936 and 1964–2000. Significant 11-year synchronization is concentrated in subintervals such as 1910–1930 and 1990–1994.

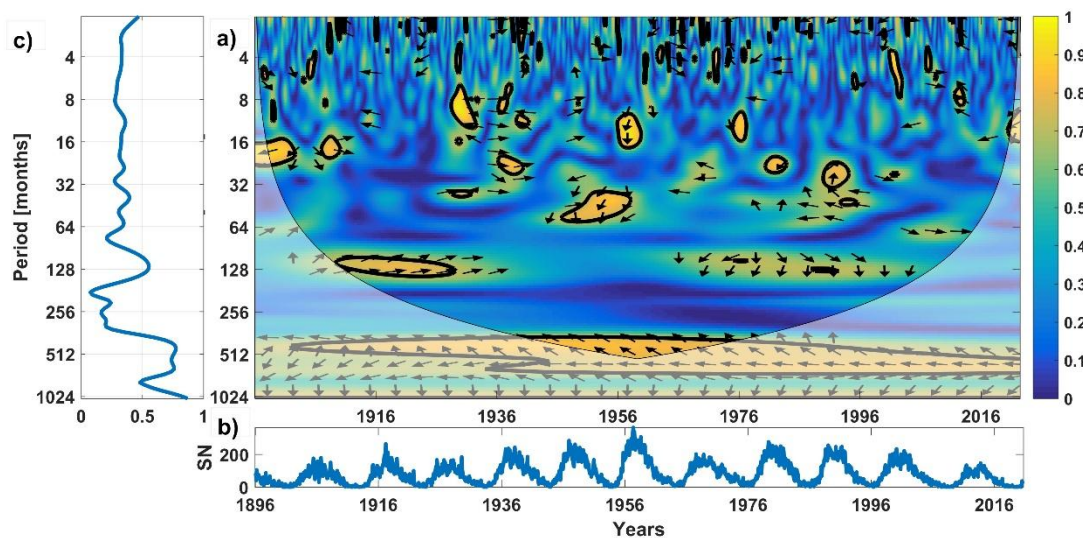


Fig. 4. a) Squared wavelet coherence between the SN and DJ time series. The color bar scale shows the wavelet coherence power. Arrows represent the relative phase relationship. The bold black contour denotes the 5% significance level calculated against a red noise background using Monte Carlo methods, and the normal contour denotes the cone of influence (COI). b) SN versus date c) The global spectrum of the wavelet coherence power.

Additional features (Fig. 4) include anticorrelated bands near 32 years and 50–60 years (with a value of 0.83); these may reflect to the long waves of Kondratieff, which are well-known in economics (Kondratieff, 1935; Korotayev, 2010, 2011; Galegatti, 2016; Modis, 2017). 50-60-year periodicity is also known for solar activity (Ogurtsov et al., 2002; Lomb, 1980, 2013) and the paleo-cosmic-ray record provided by cosmogenic radionuclides (McCracken et al., 2013).

These periodicities are also clearly visible in Figs. 4 and Fig. 5, though the data length of 120 years did not allow us to assess this periodicity convincingly because it is mainly found outside the cone of influence in Fig. 4. (COI). This period is presumably a modulation of the 11-year coherence between SN and DJ, but an explicit consideration is not possible due to the short observation time of DJ.

As we can see, wavelet coherence (i.e., in the frequency domain) allows us to investigate the relationship between two events at different scales and times more flexibly and

straightforwardly than traditional linear correlation or even sliding linear analysis on different scales.

We investigated the wavelet coherence between CR and the DJ. For 1964–2021 the 11-year synchronization found between the SN and the DJ is also visible in the wavelet coherence between CR and the DJ (Fig. 5). As shown in Fig. 5, when the coherence between the SN and the DJ increases, around 1964–2000, there is a 95% confidence in coherence between CR and the DJ, but with a different phase shift. but with a consistent phase offset consistent with the known anticorrelation between solar activity and galactic cosmic-ray flux (Caballero-Lopez et al., 2019; Bhattachaya and Roy, 2014). In several epochs the cosmic-ray–DJ relationship appears stronger and more statistically convincing than the sunspot–DJ link.

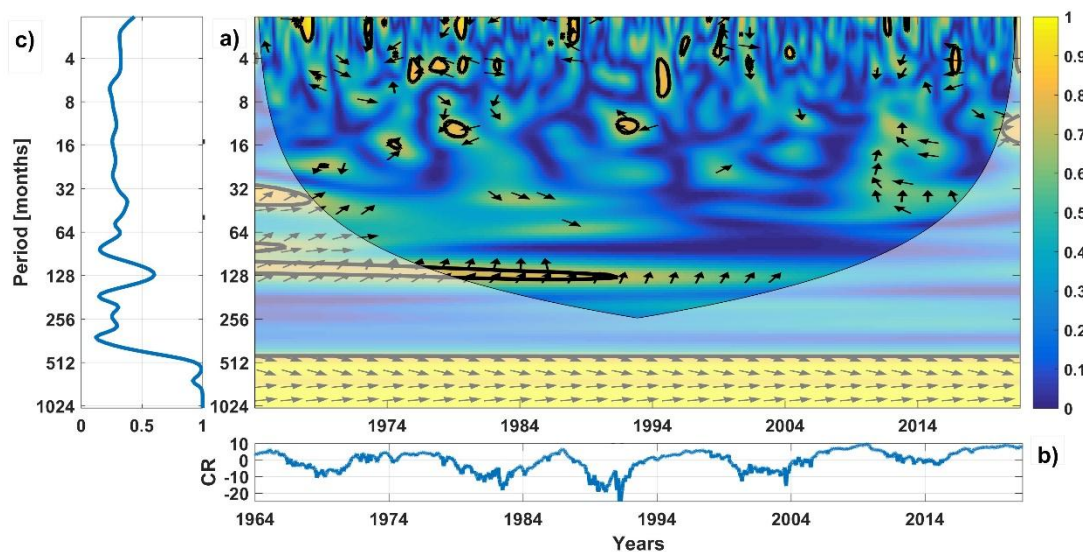


Fig. 5. a) Squared wavelet coherence between the CR and DJ time series. Arrows represent the relative phase relationship. The bold black contour denotes the 5% significance level calculated against a red noise background using Monte Carlo methods, and the normal contour denotes the cone of influence (COI). b) CR, c) The global spectrum of squared wavelet coherence.

3. Results

The relationship between solar activity and the DJIA from 1896 to 2021 is investigated. Using a novel approach called Wavelet coherence, it was revealed that the relationship between events is ambiguous and changes over time. There were detected synchronization time intervals with different periods, as well as changes in the coherence of these synchronizations over time.

Solar activity and the DJ have a non-stationary relationship, with quite high correlations occurring at different scales and time intervals. At the beginning of the twentieth century, high (0.7–0.8) coherence is observed in the region of 11-year periodicity.

The 11-year periodicity weakens and disappears in the middle of the twentieth century, a 3–4-year correlation emerges with a phase difference of about 1 year. However, by 1957, at the peak of solar activity, a one-year synchronization appears with a three-month phase difference. By the end of the twentieth century, an 11-year correlation appears with approximately 3–4 years

of phase difference, as well as a 4-year periodicity antiphase and a 2-3-year periodicity with a six-month lead. At the beginning of the 20th century, there is a 6-year correlation with almost no phase difference. Also found a 32-year anticorrelation and a 50-60-year anticorrelation.

The search for correlations between solar activity, cosmic rays and DJIA is complicated by the simultaneous influence of numerous factors on financial indices. Economic dynamics emerge from intricate interactions among economic, political, social, environmental, and technological systems. Understanding the interconnections among these processes requires further investigation to uncover intermediate links and causal mechanisms. Such clarification is essential for improving DJIA forecasts and should be incorporated into the development of robust financial modeling approaches.

This research was funded by the Shota Rustaveli National Scientific Foundation of Georgia (SRNSF), grant number FR-24-14835.

References

1. Addison, P. S., *The Illustrated Wavelet Transform Handbook: Introductory Theory and Applications in Science, Engineering, Medicine and Finance* (Boca Raton, FL: CRC Press), 2017.
2. Bhattachaya, R., Roy, M. Correlative Analysis of Cosmic Ray Intensity and Solar Activity Parameters, *Journal of Engineering Science and Technology* 6(2): 24-31, 2014.
3. Buzulukova, N., Kozyra, J., Fuller-Rowell, T., Dorodnitsyn, A., Extreme Space Weather Events, In book: Proc. of the United Nations/Germany Workshop on the International Space Weather Initiative, pp. 55-63, 2025.
4. Caballero-Lopez, R. A., Engelbrecht, N. E., Richardson, J. D., Correlation of Long-term Cosmic-Ray Modulation with Solar Activity Parameters, *The Astrophysical Journal*, 883:73 (13pp), 2019.
5. Gallegati, M., "Wavelet Estimation of Kondratieff Waves: An Application to Long Cycles in Prices and World GDP." *Kondratieff Waves: Cycles, Crises, and Forecasts*, 99-120, 2016.
6. Gorbanev, M., Sunspots, unemployment, and recessions, or Can the solar activity cycle shape the business cycle? MPRA Paper No. 40271, 2012.
7. Gorbanev, M., "Shifting Pattern of Extraordinary Economic and Social Events in Relation to the Solar Cycle." MPRA Paper No. 102163, 2020. University Library of Munich, Germany. [Online]. Available:
8. Goidel, K., Procopio, S., Terrell, D., Wu, H.D., Sources of Economic News and Economic Expectations. *American Politics Research*, 38, 759–777, 2010.
9. Grinsted, A., Moore, J. C., Jevrejeva, S., Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series, *Nonlinear Process. Geophys.* 11 (5–6), 561–566, 2004.
10. Hester JB, Gibson R. The Economy and Second-Level Agenda Setting: A Time-Series Analysis of Economic News and Public Opinion about the Economy. *Journalism & Mass Communication Quarterly*, 80, 73–90, 2003.
11. Kondratieff, N.D., The long wave in economic life. *Rev. Econ. Stat.* 17, 105–115, 1935.
12. Korotayev, A. V., Zinkina, J., Bogevolnov, J., Kondratieff waves in global invention activity (1900–2008). *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 78 (7), 1280–1284, 2011.
13. Korotayev, A. V., Tsirel, S. V., A spectral analysis of World GDP dynamics: Kondratieff waves, Kuznets swings, Juglar and Kitchin cycles in global economic development, and the 2008–2009, *Econ. Crisis Struct. Dyn.* 4 (1), 3–57, 2010.
14. Krivelyova, A., Robotti, C., "Playing the field: Geomagnetic storms and international stock markets," tech. rep., Working paper, Federal Reserve Bank of Atlanta, 2003.
15. Lomb, N., The sunspot cycle revisited. *J. Phys.: Conf. Ser.* 440 012042, 2013.
16. Lomb, N. R., Andersen, A. P., The analysis and forecasting of the Wolf sunspot numbers. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 190(4), 723-732, 1980.

17. McCracken, K. G., Beer, J., Steinhilber, F., Abreu, J., A Phenomenological Study of the Cosmic Ray Variations over the Past 9400 Years, and Their Implications Regarding Solar Activity and the Solar Dynamo. *Sol Phys* 286, 609–627, 2013.
18. Modis, T., A hard-science approach to Kondratieff's economic cycle. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 122, 63–70, 2017.
19. Neale, R. E., Lucas, R. M., Byrne, S. N., Hollestein, L., Rhodes, L. E., Yazar, S., Young, A. R., Berwick, M., Ireland & C. R. A., Olsen, M., The effects of exposure to solar radiation on human health, *Photokhemical&Photobiological Sciences*, 22, 1011-1047, 2023.
20. Ogurtsov, M. G. Nagovitsyn, Yu. A., Kocharov, G. E., Jungner, H., Long-Period Cycles of the Sun's Activity Recorded in Direct Solar Data and Proxies, *Solar Physics*, v. 211, Issue 1, p. 371-394, 2002.
21. Peng, L., Li, N., Pan, J., Effect of Ap-Index of Geomagnetic Activity on S&P 500 Stock Market Return, *Advances in Astronomy*, vol. 2019, id.2748062, 2019.
22. Stock, J. H, Watson, M. W., New indexes of coincident and leading economic indicators. In: *NBER Macroeconomics Annual 1989, Volume 4.* MIT Press; 351–409, 1989.
23. Torrence, C., Webster, P., Interdecadal changes in the ENSO-Monsoon System, *J.Clim.*, 12, 2679–2690, 1999.
24. Walsh, B., “Economic Cycles and Changes in the Earth's Geomagnetic Field”, *Cycles Magazine*, Vol. 44, pp. 76-80, 1993. ISSN 0011-4294.
25. Velasco Herrera, V. M., Pérez-Peraza, J., Soon, W., Márquez-Adame, J. C., The quasi-biennial oscillation of 1.7 years in ground level enhancement events. *New Astronomy*, 60, 7–13, 2018.
26. Zheng X., Chen B. M., Analysis of Dow Jones Industrial Average. In: *Stock Market Modeling and Forecasting. Lecture Notes in Control and Information Sciences*, vol 442. Springer, London. pp. 43-51, 2013.
27. Wavelet software by C. Torrence and G. Compo - <http://paos.colorado.edu/research/wavelets/>
28. Crosswavelet and wavelet coherence software by A. Grinsted - <http://noc.ac.uk/using-science/crosswavelet-wavelet-coherence>
29. SILSO, Sunspot Index and Long-term Solar Observations - <http://www.sidc.be/silso/datafiles>
Free Historical Market Data – Stooq;
30. <https://stooq.com/^DJI> - Dow Jones Industrial - U.S. - Stooq
31. Neutron monitors at the Sodankyla Geophysical Observatory in Oulu, Finland - <https://cosmicrays oulu.fi/>

მზის აქტივობა და დოუ ჯონსის ინდუსტრიული საშუალო ინდექსი

დარეჯან ჯაფარიძე^{1,2}, თამარ პაატაშვილი³, ბიძინა ჩარგეიშვილი⁴, თენგიზ მძინარიშვილი⁵

¹სსიპ - ევგენი ხარაძის ეროვნული ასტროფიზიკური ობსერვატორიის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი; ² ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი, გამოთვლითი ჰელიოკვლევების ცენტრი; darejan.japaridze@iliauni.edu.ge; ³სსიპ - ევგენი ხარაძის ეროვნული ასტროფიზიკური ობსერვატორიის მონაცემთა დამუშავების სპეციალისტი; tpaatashvili@abao.ge; ⁴სსიპ - ევგენი ხარაძის ეროვნული ასტროფიზიკური ობსერვატორიის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი; bidzina@aidio.net; ⁵ სსიპ - ევგენი ხარაძის ეროვნული ასტროფიზიკური ობსერვატორიის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი; tengiz.mdzinarishvili@iliauni.edu.ge

ანოტაცია

შესწავლილი იქნა კავშირი მზის აქტივობასა და დოუ ჯონსის ინდუსტრიულ საშუალო ინდექსს შორის 1896 წლიდან 2021 წლამდე. გამოყენებული იქნა კორელაციისა და კროს-კორელაციის მეთოდები მცოცავი დროითი ფანჯრით და ვეივლეტ კოჰერენტულობის ანალიზი. აღმოჩენილია, რომ 11-წლიანი პერიოდულობით კორელაცია 0.5-ზე მეტია 1906–1936 და 1964–2000 წლებში და 95%-იანი სანდოობის დონით მოჩანს 1910–1930 და 1990–1994 წლებში. იმავე პერიოდებში მაღალი, 95%-იანი სანდოობით იქნა გამოვლენილი 11 წლიანი სინქრონიზაცია კოსმოსური სხივების მონაცემებსა და დოუ ჯონსის ინდუსტრიულ საშუალო ინდექსს შორის, ხოლო მზის ლაქების რაოდენობასა და კოსმოსური სხივების მონაცემებს შორის 1964–2000 წწ. კორელაცია მაღალია ფაზური სხვაობით. შესწავლილ მოვლენებს შორის კორელაციის გამოვლენა რთულია, ვინაიდან ფინანსურ ინდექსებზე ერთდროულად მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას. მიუხედავად ამისა, მნიშვნელოვანია ფინანსურ ინდექსებსა და მზის აქტივობას ან კოსმოსურ სხივებს შორის კორელაციების შესწავლა ფინანსური საპროგნოზო მოდელებისა და სისტემური რისკების შესაფასებლად.

საკვანძო სიტყვები: დოუ ჯონსის ინდუსტრიული საშუალო ინდექსი, მზის აქტივობა, მზის ლაქები, კოსმოსური სხივები

კვლევა დაფინანსდა საქართველოს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (SRNSF) მიერ, გრანტის ნომერი FR-24-14835.

დიდმასშტაბიან გაზოვან დეტექტორებში თერმული თვითრეგულაციის მექანიზმები

ზვიად წამალაიძე¹; ოთარ კემულარია²; იური ბაღათურია³; სალომე ვაშაკიძე⁴

¹მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77, E-mail: zviadi.tsamalaidze@cern.ch Tel:+995741775; ²მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77, E-mail: oto.kemularia@gmail.com Tel: +995568821788; ³ასოცირებული პროფესორი, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0162, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 45, E-mail: iuri.bagaturia@cern.ch Tel:+995593781142; ⁴სტუდენტი (დოქტორანტურა), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77, E-mail: salo_vashakidze@ymail.com Tel:+995593644597

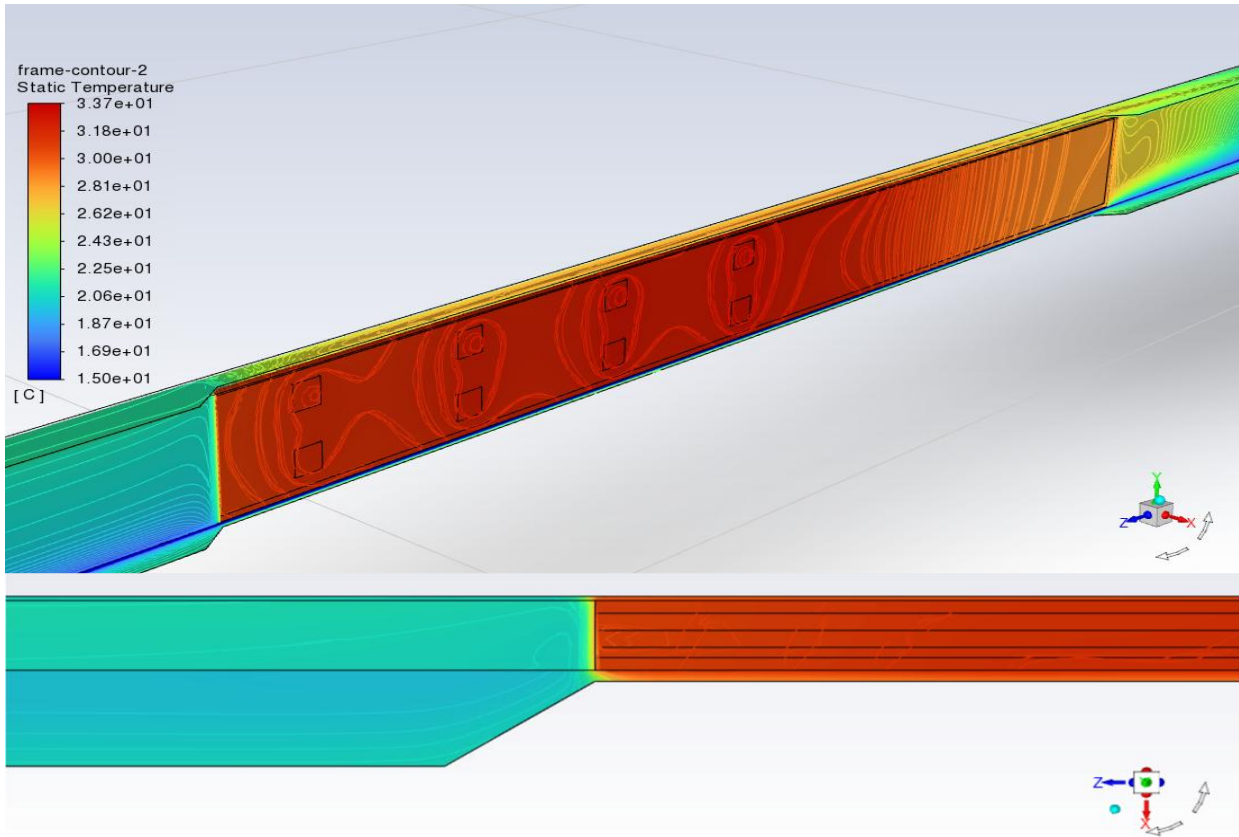
კატეგორია: საინჟინრო მეცნიერებები

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია დიდმასშტაბიან გაზოვან დეტექტორებში თერმული თვითრეგულაციის მიდგომა, რომელიც ეფუძნება დეტექტორის შიდა იონიზაციის აირის გამოყენებას ინტეგრირებული წინა ნაწილის (FE) ელექტრონიკის მიერ წარმოქმნილი სითბოს ეფექტურად მოსაშორებლად. კვლევა მოიცავს სტროუ-ტუბის ტრეკერის თერმულ ანალიზს, გაზის ნაკადისა და გეომეტრიული პარამეტრების ოპტიმიზაციას და სიმულაციური შედეგების ექსპერიმენტულ ვალიდაციას. მიღებული შედეგები აჩვენებს, რომ აირების CO₂-ს შემცველი ნაზავის გამოყენებით შესაძლებელია ელექტრონული კომპონენტების სამუშაო ტემპერატურის 40°C-მდე შემცირება დაბალი გაზის სიჩქარის პირობებში, რაც უზრუნველყოფს დეტექტორის კონსტრუქციის გამარტივებას, მასალის რაოდენობის შემცირებას და თერმული მართვის ეფექტიან ალტერნატივას მაღალი ენერგიების ფიზიკის ექსპერიმენტებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: გაზოვანი დეტექტორი, თერმული მართვა, სტროუ-ტუბის ტრეკერი, გაგრილების ოპტიმიზაცია, მაღალი ენერგიების ფიზიკა

შესავალი. მაღალი ენერგიების ფიზიკის ექსპერიმენტებში, ნაწილაკებზე დასაკვირვებლად და მისი რეგისტრაციის მეთოდოლოგიისთვის გამოიყენება გაზური



სურ. 1 თერმული განაწილება დეტექტორის გეომეტრიაზე სიმულაციაში. დეტალებისთვის იხ. ტექსტი

განმუხტვის დეტექტორები. სტატიაში განხილულია, შიდა იონიზაციის აირის გამოყენების შესაძლებლობა, როგორც გამაგრებელი სითხის, ინტეგრირებული წინა ნაწილის (FE) წამკითხავი ელექტრონიკის მიერ წარმოქმნილი თერმული დატვირთვის ეფექტურად მოსაშორებლად. ტექნიკა ეფუძნება ოპტიმიზებული სითხის ნაკადს და გამოიყენება თანამედროვე დაბალი სიმძლავრის ელექტრონიკაში. უპირატესობებს წარმოადგენს დეტექტორის კონსტრუქციის გამარტივება, საერთო მასალის რაოდენობის შემცირება თრეჟინგ-დეტექტორის გარშემო, დაბალი ბიუჯეტი, აგრეთვე შემცირებული ხარჯები. ვიკვლევთ, სტროუ-ტუბის ტრეკერს და შესაბამისი გაგრილების პარამეტრების თერმული ანალიზის საფუძველზე ვაკეთებთ ოპტიმიზაციას. შედეგები აჩვენებს, რომ ელექტრონული კომპონენტების ეფექტური გაგრილება შესაძლებელია მაქსიმალური სამუშაო ტემპერატურის 40°C-მდე შემცირებით, გამოიყენება აირების ნაზავი, რომელიც შეიცავს CO₂-ს მაქსიმუმ 30%-მდე შედარებით დაბალი სიჩქარის გაზის პირობებში.

I. ძირითადი ნაწილი

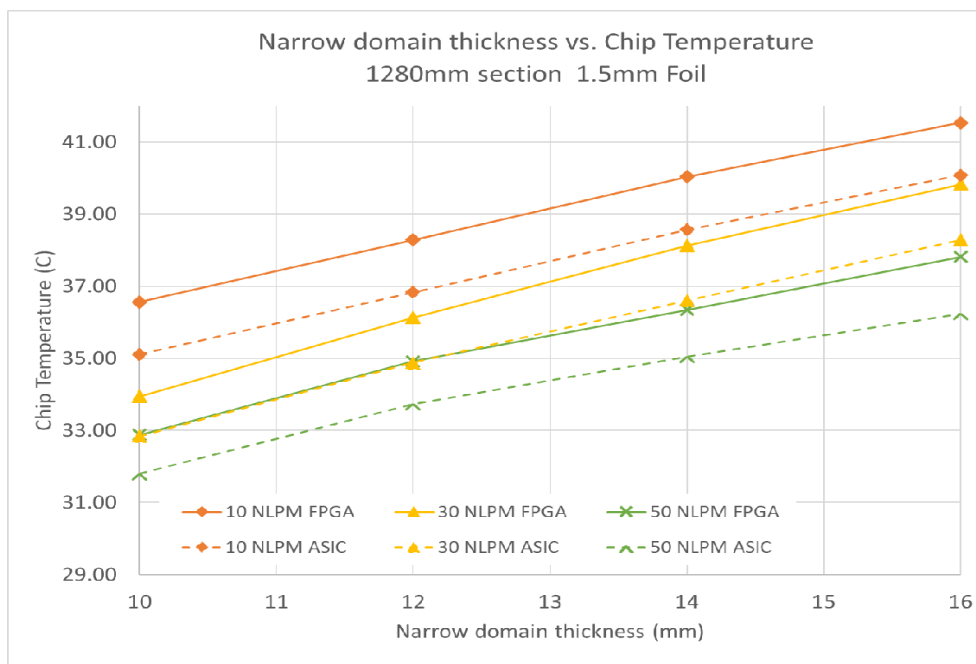
გაზური განმუხტვის დეტექტორები თანამედროვე მაღალი ენერჯიების ფიზიკის ექსპერიმენტის აუცილებელი კომპონენტია. აქ გამოიყენება გაზში იონიზაციის წარმოქმნა მისი სამუშაო მოცულობის დამუხტული ნაწილაკის მიერ გადაკვეთის დროს [1]. სენსორულ ელემენტებთან ელექტრონიკის ახლო ინტეგრაციის გამო, ეფექტური თერმული მართვა დიზაინის კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ასპექტია.

ტრადიციული გაგრილების სისტემები, რომლებიც დაფუძნებულია სპეციალურ სითხეებზე ან მექანიკურ სტრუქტურაზე, ზრდის კომპლექსურობას, ხარჯებს და ტრეკერის მოცულობაში დამატებითი მასალის შეტანა ხდება. ეს ყველაფერი არასასურველია მრავალჯერადი გაფანტვის მინიმიზაციისა და დეტექტორის მუშაობის პროცესისთვის.

პერსპექტიული ალტერნატივაა დეტექტორის იონიზაციის აირის გამოყენება, როგორც გამაგრილებელი საშუალება. აირის ნაკადის და შემადგენლობის ოპტიმიზაციის გზით, ერთსა და იმავე სისტემას ერთდროულად შეუძლია უზრუნველყოს დეტექტორის სტაბილური მუშაობა და ელექტრონიკის მიერ წარმოქმნილის სითბოს გამონთავისუფლება.

II. დეტექტორის კონფიგურაცია

ტრეკერი დეტექტორის ძირითადი კომპონენტია, რომელიც შექმნილია ნაწილაკების მაღალი სიზუსტით მონიტორინგისა და დაკვირვებისთვის. შედგება თხელი, მსუბუქი სტროუ-ტუბის მასივებისგან, რომელიც შევსებულია იონიზაციის აირით და განლაგებულია იმგვარად, რომ შესაძლებელია ნაწილაკების სამგანზომილებიანი რეკონსტრუქცია.



სურ. 2 ჩიპის ტემპერატურის დამოკიდებულება გარემოს სრული სისქეზე. დეტალები იხილეთ ტექსტში.

თითოეული მასივი შეიცავს სპილენძის ანოდურ მავთულს, რომელიც განთავსებულია ცენტრში და აგროვებს მასში გამავალი ნაწილაკების მუხტს. მაღალი გარჩევადობის შესანარჩუნებლად ელექტრონიკა ჩამკეტებთან მაქსიმალურად ახლოსაა

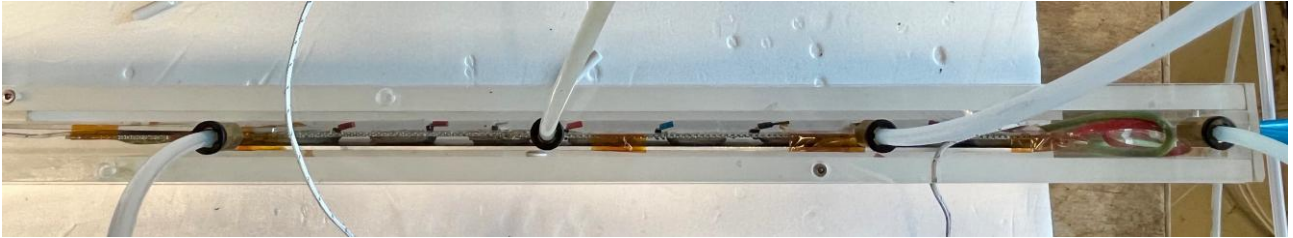
განთავსებული, თუმცა ამგვარი ინტეგრაცია სითბოს მოცილების პრობლემებს წარმოშობს.

დეტექტორში აირის სისტემა უზრუნველყოფს იონიზაციის აირის ცირკულაციას სტროლებში, რაც გვადლევს შესაძლებლობას, ეს აირი გამოვიყენოთ გაგრილებისთვის. კვლევა ფოკუსირებულია გაზის ნაკადისა და შემადგენლობის ოპტიმიზაციაზე, რათა ეფექტურად მოხდეს სითბოს ართმევა ელექტრონიკიდან და ამავდროულად დეტექტორმა იმუშაოს სრულფასოვნად. სურ.2-ზე მოცემულია ჩიპის ტემპერატურის დამოკიდებულება მჭიდრო გარემოს სისქეზე, სხვადასხვა გაზის ნაკადის სიჩქარისთვის, 1280მმ-იან მონაკვეთში. შედეგები ცხადყოფს, რომ ჩიპის ტემპერატურა სტაბილურად იზრდება ვიწრო გარემოს სისქის მიხედვით როგორც FPGA, ასევე ASIC კომპონენტებისთვის. გაზის ნაკადის მაღალი სიჩქარე უზრუნველყოფს ჩიპის დაბალ ტემპერატურას, რაც მიუთითებს სითბოს მოცილების ეფექტურობას. FPGA ჩიპები ოდნავ მაღალ ტემპერატურას აღწევს ვიდრე ASIC-ი, რაც შესაძლოა გამოწვეულია მაღალი ენერგომომხმარებით ან შემცირებული გაგრილების ეფექტურობით. მთლიანობაში, მონაცემები ადასტურებს ჩიპის ტემპერატურის ძლიერ დამოკიდებულებას, როგორც გაზის ნაკადის სიჩქარეზე, ასევე ვიწრო გარემოს გეომეტრიულ კონფიგურაციაზე.

III. ექსპერიმენტის აღწერა

კომპიუტერული გამოთვლების ვალიდაციისთვის, ჩატარდა მცირე მასშტაბის ექსპერიმენტი. შეიქმნა 650x75x20მმ შიდა გარემოს მქონე სატესტო მაკეტი, 1მმ სისქის აკრილის მინისგან (სურ.3). გარემოში მოთავსდა 400x60მმ ზომის მქონე ელექტრონული დაფის იმიტაციური მოდელი, რომელზეც დამაგრებული იყო სხვადასხვა კონფიგურაციის რეზისტორები, რომლებიც თავის მხრივ, ახდენდნენ კონკრეტული ელექტრული დენის მიწოდების შედეგად, თბოგამოცემის იმიტაციას. სატესტო მაკეტის ჩარჩოს გასწვრივ, დამაგრდა გაზის მიწოდების რამდენიმე ფიტინგი, რომლებითაც მაკეტის შიდა გარემოს, მიეწოდებოდა არგონის (Ar) გაზი, ცვალებადი ნაკადის სიდიდით. ექსპერიმენტის მიხედვით, შემოწმდა თუ როგორ ართმევდა თავს კვლევის ფარგლებში გამოყენებული გამოთვლითი მოდელი, რეალური ფიზიკური პროცესის აღწერას.

ელექტრული დაფის საიმიტაციო მოდელზე დამონტაჟებული რეზისტორები, დაჯგუფდა 9 ერთეულად, რომელთაგან 1 ახდენდა FPGA ელექტრონული ჩიპის თბოგამოცემის იმიტაციას, ხოლო დანარჩენი 8 – ASIC ელექტრონული ჩიპების. FPGA-ს შემთხვევაში, გამოყენებული იქნა რეზისტორების ისეთი კონფიგურაცია, რომელიც 3 W თბოგამოყოფის სიდიდეს შეესაბამებოდა, ხოლო ASIC-ს შემთხვევაში თითო - 0.66 W, ანუ ჯამში მთლიანი ელექტრონული დაფის მოდელზე, წარმოიქმნებოდა $3 + 8 * 0.66 = 8.28W$ სითბო.



სურ. 3 გაგრილების მაკეტის კონსტრუქცია

პროტოტიპს, არგონის გაზი მიეწოდებოდა $\dot{m} = 0.00018 \frac{kg}{s}$ მასური ნაკადის სიდიდითა და $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურით. ცნობილია, რომ არგონის სიმკვრივე და თერმული პარამეტრები შემდეგნაირია: სიმკვრივე $\rho = 1.78 \frac{kg}{m^3}$; კუთრი სითბოდევალობა $C_p = 525 \frac{J}{kg \cdot K}$; თბოგადაცემა $k = 0.018 \frac{W}{m \cdot K}$. აკრილის მინის იგივენაირი პარამეტრებია: $\rho = 2719 \frac{kg}{m^3}$; $C_p = 1500 \frac{J}{kg \cdot K}$; $k = 0.25 \frac{W}{m \cdot K}$. პროტოტიპის იმ გარემოს მოცულობა, რომელსაც გაზი ავსებს, გამოვიდა $0.000692476\text{ }m^3$. პროტოტიპის შიდა ეფექტური ფართობი $A_{eff} = 0.10\text{ }m^2$. გარემოში მოთავსებული ელექტრონული დაფის საიმიტაციო მოდელი, ახდენდა გაზის გარემოს კვეთის ფართობის შემცირებას და მის გარშემო ქმნიდა ე.წ. ვენტურის ეფექტს, რომლის მეშვეობითაც გაზის სიჩქარე ჩიპების გარშემო უფრო მაღალი იყო, ვიდრე დანარჩენ გარემოში ($v \approx 0.067\text{ }m/s$). პროტოტიპი მოთავსებული იყო სატესტო ოთახში, რომლის ტემპერატურა $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ს შეადგენდა.

აღნიშნული მონაცემებით, სავარაუდო სითბოს ართმევა და ჩიპების საბოლოო მიახლოებითი ტემპერატურა, გამოითვლება შემდეგნაირად:

გაზის მიერ ართმეული სითბო:

$$Q_{Ar} = \dot{m} C_p \times \Delta T_{Ar}$$

$$Q_{Ar} = 0.0936 \Delta T_{Ar} [W]$$

აკრილის მინის ჩარჩოს თბორეზისტენტულობა:

$$R_{cond} = \frac{L}{k} = \frac{0.01}{0.19} \approx 0.053\text{ }m^2K/W$$

გარე კონვექცია:

$$R_{conv} = \frac{1}{h} = \frac{1}{25} = 0.040\text{ }m^2K/W$$

სრული თბორეზისტენტულობა ერთეულ ფართობზე:

$$R_{wall} = 0.093\text{ }m^2K/W$$

სითბოს კარგვა ჩარჩოდან:

$$\dot{Q}_{walls} = \frac{A_{eff}}{R_{wall}} \times (T_{gas} - T_{\infty})$$

$$\dot{Q}_{walls} \approx 1.08 (T_{gas} - 21)[W]$$

გლობალური ენერჯის ბალანსი და გაზის ტემპერატურა:

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{Ar} + \dot{Q}_{walls}$$

$$T_{in} \approx T_{\infty} = 21^{\circ}C$$

$$8.23 = 0.0936(T_{gas} - 21) + 1.08 (T_{gas} - 21)$$

$$T_{gas} - 21 = \frac{8.28}{1.17} \approx 7^{\circ}C$$

$$T_{gas} \approx 28^{\circ}C$$

აქედან გამომდინარე, ძირითადი სითბო გაედინება ჩარჩოს კედლებიდან და მხოლოდ მცირე ნაწილის გაბნევა ხდება არგონის გაზის მიერ.

ვინაიდან, ელექტრული დაფა შედგება სპილენძის რამდენიმე შრისგანაც, გარდა მისი ძირითადი მასალის, თბოგადაცემა გვექნება $k_{PCB} \approx 10 \frac{W}{m \cdot K}$. ელექტრო დაფის სისქე $t_{PCB} = 1.6mm$.

ელექტრონულ დაფაზე ლატერალური თბორეზისტენტულობა

$$R_{spread} \approx \frac{1}{4k_{PCB}t_{PCB}} \approx 16 K/W$$

ჩიპების სავარაუდო ტემპერატურები:

ტემპერატურის ნამატი FPGA-სთვის: $\Delta T_{FPGA} = 3.0 \times (9 - 12) \approx 27 - 36^{\circ}C$

სავარაუდო საბოლოო ტემპერატურა: $T_{FPGA} \approx 48 - 57^{\circ}C$

ტემპერატურის ნამატი ASIC-სთვის: $\Delta T_{ASIC} = 5.28 \times (4 - 6) \approx 21 - 32^{\circ}C$

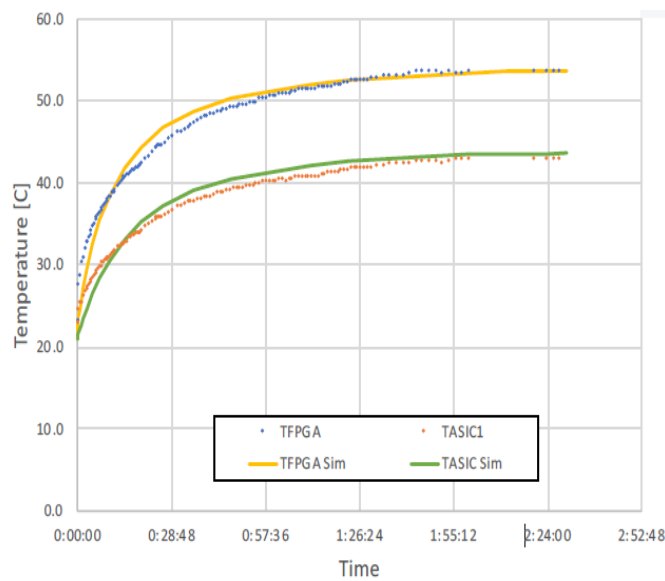
სავარაუდო საბოლოო ტემპერატურა: $T_{ASIC} \approx 42 - 53^{\circ}C$

IV. შედეგები და განხილვა

მიღებული შედეგების დეტალური აჩვენებს, რომ გამოყენებული თერმული გამოთვლები და სიმულაციის მეთოდოლოგია კორექტულად არის შერჩეული და რეალურად აღწერს დეტექტორის დიზაინის თერმულ ქცევას.

მიღებული მონაცემები ადასტურებს დეტექტორის დიზაინის ოპტიმიზაციის არჩეული მიდგომის სისწორეს და მიუთითებს, რომ თერმული მართვის სისტემის ძირითადი პარამეტრების მოდელირებაში სათანადოდ არის გათვალისწინებული.

შედეგები ცხადყოფს, რომ ჩიპის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად იზრდება სრული გარემოს სისქის ზრდასთან ერთად, რაც აიხსნება სითბოს გატანის გზების გახანგრძლივებითა და თერმული წინააღმდეგობების მატებით. ამავდროულად, გაზის ნაკადის სიჩქარის ზრდა ეფექტურად ამცირებს ჩიპის ტემპერატურას, რაც მიუთითებს კონვექციურ გაგრილების მნიშვნელოვან როლზე. აღნიშნული შედეგები ხაზგასმით აჩვენებს, რომ გაგრილების სისტემის ეფექტურობა ერთდროულად დამოკიდებულია როგორც გეომეტრიის პარამეტრებზე (გარემოს სისქე, მასალა), ისე ნაკადის დინამიკურ მახასიათებლებზე.



სურ. 4 გაზომილი ტემპერატურები დროზე დამოკიდებულების მიხედვით. დეტალებისთვის იხ. ტექსტი.

სურ.4 მოცემულია გაზომილი ტემპერატურები დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. მიღებული შედეგები აჩვენებს მაღალ ხარისხობრივს და რაოდენობრივ შესაბამისობას გაზომილ და სიმულირებულ მონაცემებს შორის, რაც ადასტურებს გამოყენებული თერმული მოდელის სიზუსტესა და სანდოობას. აღნიშნული თანხვედრა მიუთითებს, რომ წარმოდგენილი მოდელი შეიძლება გამოყენებული იქნეს დეტექტორის შემდგომი დიზაინის ოპტიმიზაციასა და სხვადასხვა სამუშაო სცენარების წინასწარი შეფასებისთვის მზაობას.

დასკვნები

1. დადგინდა, რომ არგონის ნაკადი მოცემულ გეომეტრიულ არეში ლამინალური ხასიათისაა და მისი საშუალო სიჩქარე შეადგენს დაახლოებით 0.07მ/წმ-ს;
2. ელექტრონულ დაფაზე სითბოს გავრცელება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ლოკალური სითბური ნაკადების შემცირებაში და უზრუნველყოფს ზედაპირზე სითბოს უფრო თანაბარ განაწილებას;
3. თბორეზისტენტულობის საფუძველზე შეფასებული სამუშაო ტემპერატურები შეესაბამება საშუალო სიმძლავრის ელექტრონული სისტემების ფუნქციონირების პირობებს;
4. ჩატარებული ანალიზი ადასტურებს, რომ შემუშავებული მეთოდი თანმიმდევრულია და შესაძლებელია გამოყენებული იქნას CFD სიმულაციებსა და ექსპერიმენტული მონაცემების ვალიდაციისთვის.

ლიტერატურა

1. ედიშერ ცხადაძე. (2018). *ელემენტარულ ნაწილაკთა დეტექტორები*.
2. Sauli, F. (2014). *Gaseous radiation detectors: Fundamentals and applications*. Cambridge University Press.
3. Knoll, G. F. (2010). *Radiation detection and measurement* (4th ed.). Wiley.
4. Spieler, H. (2005). *Semiconductor detector systems*. Oxford University Press.
5. Nakamura, K., et al. (2020). Thermal management techniques in high energy physics detectors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 953.
6. CMS Collaboration. (2014). *Design and performance of the CMS Tracker*. CERN Yellow Reports.
7. LHCb Collaboration. (2019). Operation and cooling strategy of gaseous tracking detectors. *Journal of Instrumentation (JINST)*.
8. Dassault Systèmes. (2022). *CATIA analysis and thermal simulation documentation*.
9. COMSOL Multiphysics®. (2023). *Heat Transfer Module User's Guide*.
10. Conte, V., et al. (2018). Thermal behavior of front-end electronics in gas-filled tracking systems. *IEEE Transactions on Nuclear Science*.

Self-Cooling of a Large Gaseous Detector

Zviad Tsamaladze Doctor of Sciences, Georgian Technical University,
77 M. Kostava Str., Tbilisi 0160, Georgia
E-mail: zviadi.tsamaladze@cern.ch Tel:+995741775

Otar Kemularia Doctor of Sciences, Georgian Technical University,
77 M. Kostava Str., Tbilisi 0160, Georgia
E-mail: oto.kemularia@gmail.com Tel: +995568821788

Iuri Bagaturia Associate Professor, Ilia State University,
45 I. Chavchavadze Ave., Tbilisi 0162, Georgia
E-mail: iuri.bagaturia@cern.ch Tel:+995593781142

Salome Vashakidze PhD Student (PhD candidate), Georgian Technical University,
77 M. Kostava Str., Tbilisi 0160, Georgia
E-mail: salo_vashakidze@ymail.com Tel:+995593644597

Abstract. Large volume gas detectors are common for particle tracking in high energy physics experiments. We discuss the possibility to use the internal ionization gas also as a coolant fluid to remove the heat produced by an integrated front-end (FE) readout electronics. The technique is based on an optimized fluid dynamics and is applicable to modern low-power electronics. The advantages are a simplified detector design, an overall lower material budget within the tracking detector, as well as reduced costs. We consider the case study of a straw tube tracker and optimize the relevant cooling parameters with thermal analyses. Our results indicate that an efficient cooling can be achieved with maximal operating temperatures below 40°C for the electronic components, using a gas mixture containing up to 30% of CO₂ and relatively modest values of the gas flow.

Keywords: gas detector, thermal management, straw-tube tracker, cooling optimization, high-energy physics

შიდა ქართლის წიფლნარების (*Fagus orientalis Lipsky*) ბუნებრივი განახლება ტყის ტიპებსა და ეკოტოპების მიხედვით გაიოზ ნოზაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ფაკულტეტი: აგრარული მეცნიერებისა და
ქიმიური ტექნოლოგიების სატყეო საქმის დოქტორანტი

აბსტრაქტი

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია შიდა ქართლის რეგიონში გავრცელებული აღმოსავლური წიფლის (*Fagus orientalis Lipsky*) ტყეების ბუნებრივი განახლების თავისებურებები სხვადასხვა ტყის ტიპებსა და ეკოტოპებში. კვლევა განხორციელდა შიდა ქართლის სახელმწიფო ტყის ოთხ სატყეო უბანში – ხაშურის, ქარელის, გორისა და კასპის სატყეოებში. გამოყენებულია სავლე კვლევის კლასიკური მეთოდები: სანიმუშო ფართობებისა და სააღრიცხვო ბაქნების აღება, კორომის მახასიათებლების დადგენა და აღმონაცენ-მოზარდის რაოდენობრივი შეფასება. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ წიფლნარების ბუნებრივი განახლების ინტენსივობა მკვეთრად განსხვავდება ეკოტოპების მიხედვით და მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული კორომის სიხშირეზე, ქვეტყის სახეობრივ შემადგენლობაზე და ნიადაგის ტენიანობის პირობებზე. მიღებული მონაცემები მნიშვნელოვანია წიფლნარების მდგრადი მართვისა და აღდგენის ღონისძიებების დაგეგმვისათვის.

საკვანძო სიტყვები: აღმოსავლური წიფელი, ბუნებრივი განახლება, ეკოტოპი, ტყის ტიპი, შიდა ქართლი.

შესავალი

ტყე წარმოადგენს დედამიწის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ბუნებრივ ეკოსისტემას, რომელიც განსაზღვრავს გარემოს ეკოლოგიურ სტაბილურობას, მონაწილეობს ჟანგბადისა და ნახშირბადის ციკლში, არეგულირებს ჰიდროლოგიურ რეჟიმს და იცავს ნიადაგს ეროზიული პროცესებისაგან. საქართველოს ბუნებრივ რესურსებს შორის ტყეს

განსაკუთრებული ადგილი უკავია, ხოლო ტყემქმნელი სახეობებიდან დომინანტობა აღმოსავლურ წიფელს (*Fagus orientalis Lipsky*) ეკუთვნის.

აღმოსავლური წიფელი საქართველოს ტყეების ფართობის თითქმის ნახევარს იკავებს და ქმნის მაღალპროდუქტიულ, ეკოლოგიურად სტაბილურ კორომებს. წიფლნარები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მთის ლანდშაფტებში, სადაც ისინი ასრულებენ წყალმარეგულირებელ, კლიმატმარეგულირებელ და ნიადაგდაცვით ფუნქციებს.

შიდა ქართლი გამოირჩევა ჰავის შედარებითი სიმშრალითა და კონტინენტურობით, რაც მნიშვნელოვნად ზღუდავს წიფლის გავრცელებას და გავლენას ახდენს მის ბუნებრივ განახლებაზე. ბოლო ათწლეულებში ტყის ინტენსიურმა და ხშირად არარაციონალურმა გამოყენებამ გამოიწვია წიფლნარების სიხშირის შემცირება, ქვეტყის გადაჭარბებული განვითარება და დიგრესულ-სუქცესიური პროცესების გააქტიურება.

აღნიშნული გარემოებები განაპირობებს შიდა ქართლის წიფლნარებში ბუნებრივი განახლების პროცესების სიღრმისეულ კვლევის აუცილებლობას.

კვლევის მიზანი და ამოცანები

კვლევის ძირითადი მიზანია შიდა ქართლის წიფლნარებში ბუნებრივი განახლების პროცესების შეფასება ტყის ტიპებისა და ეკოტოპების მიხედვით.

კვლევის ამოცანებია:

- წიფლნარების ეკოტოპური მრავალფეროვნების განსაზღვრა;
- აღმონაცენ-მოზარდის რაოდენობრივი შეფასება სხვადასხვა ეკოტოპში;
- ქვეტყის გავლენის დადგენა ბუნებრივი განახლების ინტენსივობაზე;
- პრობლემური ეკოტოპებისა და კორომების გამოვლენა.

კვლევის ობიექტი და მეთოდика

კვლევა ჩატარდა შიდა ქართლის სახელმწიფო ტყის ფონდის ოთხ სატყეო უბანში: ხაშური, ქარელი, გორი და კასპი. კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა აღმოსავლური წიფლის გაბატონებით ჩამოყალიბებული წმინდა და შერეული კორომები.

საველე კვლევის დროს გამოყენებული იქნა სანიმუშო ფართობების მეთოდი, ხოლო ბუნებრივი განახლების შესაფასებლად აღებულ იქნა სააღრიცხვო ბაქნები.

თითოეულ სანიმუშო ფართობზე განისაზღვრა:

- კორომის ასაკი და ბონიტეტი;
- საბურველის შეკრულობა;
- აღმონაცენ-მოზარდის რაოდენობა 1 ჰა-ზე;
- ქვეტყის სახეობრივი შემადგენლობა და დაფარულობა;
- ფერდობის დაქანება, ექსპოზიცია და ზღვის დონიდან სიმაღლე.

მიღებული მონაცემები დამუშავდა შედარებითი ანალიზის მეთოდით.

შიდა ქართლის წიფლნარების ეკოტოპური დახასიათება

შიდა ქართლის წიფლნარი ტყეები განვითარებულია ეკოლოგიურად განსხვავებულ ადგილსამყოფელებში, რაც განაპირობებს მათ ეკოტოპურ მრავალფეროვნებას. კვლევის ფარგლებში გამოყოფილ იქნა სამი ძირითადი ეკოტოპი:

1. მომშრალო (Subsiccum) წიფლნარები,
2. გრილი (მოტენიანო) (Subhumidum) წიფლნარები,
3. ტენიანი (Humidum) წიფლნარები,

კვლევის შედეგები და მათი ანალიზი

მომშრალო (Subsiccum) წიფლნარები

მომშრალო ეკოტოპებში წიფლნარების ბუნებრივი განახლება ხასიათდება მაღალი ვარიაბელურობით. საშუალო სიხშირის (0.5–0.6) კორომებში აღმონაცენ-მოზარდის რაოდენობა მერყეობს 3.4-დან 20.5 ათას ცალს/ჰა-მდე.

კვლევამ აჩვენა, რომ ასეთ ეკოტოპებში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს განათების რეჟიმს. შედარებით ფართო ფანჯრიან კორომებში აღმონაცენი უკეთ ვითარდება, ხოლო მასიური ქვეტყის არსებობა (შქერი, ჭყორი) მკვეთრად ამცირებს მისი გადარჩენის შანსს.

მომშრალო ეკოტოპები ყველაზე პერსპექტიულია წიფლის ბუნებრივი განახლების თვალსაზრისით, თუმცა საჭიროებს ქვეტყის რეგულირებას.

გრილი (Subhumidum) წიფლნარები

გრილ ეკოტოპებში ბუნებრივი განახლება საშუალო ან სუსტია. მკვდარსაფრიან წიფლნარებში აღმონაცენ-მოზარდის რაოდენობა 4.0–15.8 ათას ცალს/ჰა-ს შეადგენს.

განსაკუთრებით უარყოფითად მოქმედებს მაცვლის ინტენსიური განვითარება, მაცვლიან წიფლნარებში აღმონაცენის რაოდენობა იშვიათად აღემატება 1.5–2.9 ათას ცალს/ჰა, რაც მიუთითებს ქვეტყის ძლიერი კონკურენციის არსებობაზე.

ტენიანი (Humidum) წიფლნარები

ტენიან ეკოტოპებში ბუნებრივი განახლება უმეტეს შემთხვევაში არადამაკმაყოფილებელია. მარადმწვანე ქვეტყის (შქერი, წყავი) მაღალი დაფარულობის პირობებში აღმონაცენის განვითარება პრაქტიკულად შეჩერებულია.

ასეთ კორომებში წიფლის ბუნებრივი განახლება შესაძლებელია მხოლოდ მართვითი ჩარევის შედეგად, ქვეტყის შემცირებისა და განათების რეჟიმის გაუმჯობესების გზით.

დასკვნები

1. შიდა ქართლის წიფლნარებში ბუნებრივი განახლება მკვეთრად განსხვავდება ეკოტოპების მიხედვით.
2. საუკეთესო ბუნებრივი განახლება დაფიქსირდა მომშრალ ეკოტოპების საშუალო სიხშირის კორომებში.
3. მაცვლისა და მარადმწვანე ქვეტყის ინტენსიური განვითარება წარმოადგენს ბუნებრივი განახლების მთავარ შემაფერხებელ ფაქტორს.
4. პირწმინდა ჭრები იწვევს წიფლნარების დიგრესიულ ცვლას მეორადი ტყეებით.
5. აუცილებელია ეკოტოპზე მორგებული ტყის მოვლისა და აღდგენის ღონისძიებების განხორციელება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. სუხიტაშვილი ვ. საქართველოს ყვავილოვანი მცენარეები. თბილისი, 2018.
2. სუჯაშვილი მ. მეტყევის ცნობარი. თბილისი, 2018.
3. მახვილაძე ს.ე. მერქანმცოდნეობა. თბილისი, 1962.
4. ქვაჩაკიძე რ., იაშაღაშვილი ვ., ლაჩაშვილი ნ. საქართველოს ძირეული ტყეები. თბილისი, 2004.
5. გაგოშიძე გ., ნოზაძე გ. სტუდენტური სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. თბილისი, 2021.
6. გულისაშვილი ვ. ზოგადი მეტყევეობა. თბილისი, 1974.
7. შიდა ქართლის რეგიონის განვითარების სტრატეგია, 2013.
8. ჯაფარიძე თ. მცენარეთა ეკოლოგია. თბილისი, 2003.
9. ქვაჩაკიძე რ. საქართველოს გეობოტანიკური რაიონები. თბილისი, 2010.
10. ბახსოლიანი ტ. საქართველოს წიფლნარები. თბილისი, 2002.

Natural regeneration of beech forests (*Fagus orientalis Lipsky*) in Shida Kartli according to forest types and ecotopes

Gaioz Nozadze

Georgian Technical University Faculty: Agricultural Sciences and Chemical Technologies
Doctoral student in Forestry

Abstract

The presented work discusses the features of natural regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky*) forests distributed in the Shida Kartli region in different forest types and ecotopes. The study was carried out in four forest districts of the Shida Kartli State Forest Fund – Khashuri, Kareli, Gori and Kaspi forest districts. Classical field research methods were used: sampling of sample areas and census plots, determination of stand characteristics and quantitative assessment of the seedling-growth ratio. The results of the study showed that the intensity of natural regeneration of beech forests varies significantly depending on the ecotopes and significantly depends on the density of the grove, the species composition of the understory and soil moisture conditions. The data obtained are important for planning sustainable management and restoration measures for beech forests.

Keywords: Eastern beech, natural regeneration, ecotope, forest type, Shida Kartli.

სასოფლო-სამეურნეო ცხოველებში აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის თანამედროვე მიდგომები

ესე ჯაყელი¹; ქეთევან გოგუაძე²; ირმა ღლონტი³

¹სოფლის მეურნეობის აკადემიური დოქტორი. ტ. 593370804 sosojakeli@mail.com.

<https://orcid.org/0009-0000-9771-4576>; ²ბიოლოგიის მაგისტრი. ტ. 591414769

ketino_goguaдзе@mail.ru; ³ქიმიის მაგისტრი. ტ. 597857575 irmaghlonti1967@gmail.com

სსიპ ადამ ბერიძის სახელობის ნიადაგის, სურსათისა და მცენარეთა ინტეგრირებული დაცვის დიაგნოსტიკური ცენტრი „ანასეული“

აბსტრაქტი

აფლატოქსინები წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე საშიშ მიკოტოქსინს მეცხოველეობაში და იწვევენ ჰეპატოტოქსიკურ, იმუნოსუპრესიულ და კანცეროგენულ ეფექტებს. ნაშრომი წარმოადგენს თანამედროვე ლიტერატურის მიმოხილვით ანალიზს აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის სტრატეგიების შესახებ სასოფლო-სამეურნეო ცხოველებში. განხილულია სორბენტები (ცეოლითი, HSCAS), ჰეპატოპროტექტორები, ანტიოქსიდანტები და პრობიოტიკები. ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით, მათი კომპლექსური გამოყენება ამცირებს აფლატოქსინ M₁-ის გამოყოფას რძეში საშუალოდ 30–60%-ით, აუმჯობესებს საკვების კონვერსიას და ამცირებს ღვიძლის ფუნქციური დაზიანების მაჩვენებლებს. ინტეგრირებული მიდგომა წარმოადგენს ეფექტურ ინსტრუმენტს როგორც ცხოველთა ჯანმრთელობის დაცვისთვის, ისე სურსათის უვნებლობის უზრუნველსაყოფად.

საკვანძო სიტყვები: აფლატოქსინი B₁, აფლატოქსინი M₁, ცეოლითი, სორბენტები, ჰეპატოპროტექტორები, პრობიოტიკები, მეცხოველეობა

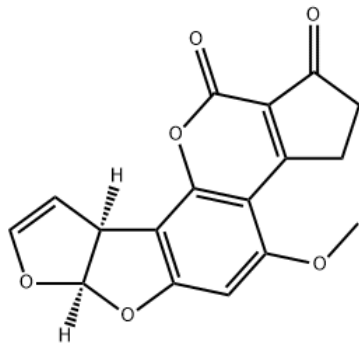
შესავალი

აფლატოქსინები წარმოადგენს მიკოტოქსინების ერთ-ერთ ყველაზე საშიშ ჯგუფს, რომლებიც სინთეზდება სოკოების *Aspergillus flavus* და *Aspergillus parasiticus* მიერ (Diaz D.E. et al. 2004). ისინი ფართოდ გვხვდება მარცვლეულში, სიმინდში, სოიაში და სხვა საკვებ ნედლეულში, განსაკუთრებით არასწორი შენახვის პირობებში (მაღალი ტენიანობა და ტემპერატურა) (<https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/aflatoxins-food>, 2020).

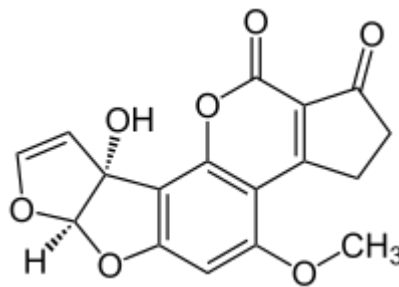
აფლატოქსინებით დაბინძურებული საკვების გამოყენება იწვევს პროდუქტიულობის შემცირებას, იმუნოსუპრესიას და ცხოველური პროდუქციის უსაფრთხოების რისკებს.

აფლატოქსინი B₁ (AFB₁) ყველაზე ტოქსიკურ ფორმად ითვლება (EFSA, 2020) და განსაკუთრებულ საფრთხეს წარმოადგენს მერძეული პირუტყვისთვის, რადგან ორგანიზმში მეტაბოლიზმის შედეგად გარდაიქმნება აფლატოქსინ M₁-ად (AFM₁), რომელიც გამოიყოფა რძეში და წარმოადგენს სერიოზულ რისკს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის.

მიკოტოქსინებით დაბინძურებული საკვების გამოყენება იწვევს პროდუქტიულობის შემცირებას, რეპროდუქციული ფუნქციების დარღვევას, დაავადებებისადმი მგრძობელობის ზრდას და საბოლოო პროდუქტის (რძე, ხორცი, კვერცხი) ხარისხის გაუარესებას. აღნიშნული პრობლემები განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს თანამედროვე ინტენსიურ მეცხოველეობაში, ასევე სურსათის უვნებლობის რეგულაციების (Codex Alimentarius, ევროპის სურსათის უვნებლობის ორგანო EFSA) კონტექსტში.



აფლატოქსინი B₁



აფლატოქსინი M₁

კვლევის მიზნები და ამოცანები

წინამდებარე მიმოხილვითი ნაშრომი აერთიანებს თანამედროვე ლიტერატურულ მონაცემებს აფლატოქსინების ტოქსიკოლოგიური მოქმედების, მათი დეტოქსიკაციის სტრატეგიებისა და პრაქტიკაში გამოყენებადი საკვებდანამატების ეფექტურობის შესახებ. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია ბუნებრივ სორბენტებზე (ცეოლითი, HSCAS), ჰეპატოპროტექტორებზე, ანტიოქსიდანტებსა და პრობიოტიკებზე. ნაჩვენებია, რომ კომპლექსური მიდგომა მნიშვნელოვნად ამცირებს აფლატოქსინების ბიოშელწევადობას, აუმჯობესებს ცხოველთა ჯანმრთელობას და უზრუნველყოფს ადამიანისათვის უსაფრთხო საკვებს.

აფლატოქსინების ბიოქიმიური მოქმედების მექანიზმები

აფლატოქსინი B₁ ღვიძლში ციტოქრომ P450-ის ფერმენტული სისტემის (CYP1A2, CYP3A4) მეშვეობით გარდაიქმნება აფლატოქსინ-8,9-ეპოქსიდად — მაღალრეაქტიულ

ნაერთად, რომელიც უკავშირდება დნმ-ს, განსაკუთრებით გუანინის N7 პოზიციაზე. ეს იწვევს მუტაციებს, ცილების სინთეზის დარღვევას, ოქსიდაციურ სტრესსა და ლიპიდების პეროქსიდაციას. აფლატოქსინები ასევე თრგუნავენ უჯრედულ იმუნიტეტს (Adegbeye et al., 2020).

ლიტერატურული მიმოხილვის მეთოდოლოგია

ნაშრომი ეფუძნება საერთაშორისო რეფერირებად პუბლიკაციებს, EFSA-სა და FAO/WHO-ს ანგარიშებს და ბოლო წლების კვლევებს აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის სტრატეგიების შესახებ მეცხოველეობაში (The [FAO/WHO Food Control System Assessment Tool](#) (developed 2019) is a comprehensive framework enabling countries to evaluate national food safety, including contaminants like [aflatoxins](#), from farm to table.)

დეტოქსიკაციის სტრატეგიების ზოგადი მიმოხილვა

აფლატოქსინებთან ბრძოლის თანამედროვე მიდგომები ეფუძნება პრევენციულ და კორექციულ ღონისძიებებს, რომლებიც მოიცავს:

- საკვების ხარისხის კონტროლს და მიკოტოქსინების მონიტორინგს;
- ფიზიკურ და ქიმიურ დეტოქსიკაციას;
- ბიოლოგიურ დეტოქსიკაციას;
- ცხოველის ორგანიზმის დამცავი მექანიზმების გაძლიერებას.

პრაქტიკაში ყველაზე ეფექტურია კომპლექსური მიდგომა, რომელიც აერთიანებს რამდენიმე მექანიზმს ერთდროულად.

მასალები და მეთოდები (დეტოქსიკაციის ძირითადი მიდგომები)

1. სორბენტები

სორბენტები წარმოადგენს დეტოქსიკაციის საფუძველს, რადგან ისინი აფლატოქსინებს აკავებენ კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში და ხელს უშლიან მათ აბსორბციას.

- **ცეოლითი** – ბუნებრივი ალუმოსილიკატი, რომელსაც ახასიათებს მაღალი ფორიანობა, იონგაცვლის უნარი და ქიმიური სტაბილურობა;
- **ბენტონიტი** – მონტმორილონიტზე დაფუძნებული თიხა, მაღალი ადსორბციული უნარით;
- **HSCAS** – ჰიდრატირებული ნატრიუმ-კალციუმის ალუმინოსილიკატი, სპეციფიკურად ეფექტური AFB₁-ის მიმართ.

2. ჰეპატოპროტექტორები

ჰეპატოპროტექტორები ამცირებენ ღვიძლის დაზიანებას და აჩქარებენ რეგენერაციულ პროცესებს:

- **სილიმარინი** – აძლიერებს ანტიოქსიდანტურ დაცვას და სტაბილიზებს ჰეპატოციტების მემბრანებს;

- მეთიონინი და ხოლინი – ლიპოტროპული ფაქტორები, რომლებიც ამცირებენ ცხიმოვან დეგენერაციას;
- ბეტაინი – მეთილირების პროცესების მხარდაჭერა.

3. ანტიოქსიდანტები

აფლატოქსინებით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის შესამცირებლად გამოიყენება:

- ვიტამინი E;
- სელენი (ორგანული ფორმები);
- გლუტათიონის სინთეზის ხელშემწყობი ამინომჟავები.

4. პრობიოტიკები და ბიოდეგრადაცია

თანამედროვე კვლევები ადასტურებს, რომ ზოგიერთი მიკროორგანიზმი (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus spp.*) უნარიანია აფლატოქსინების ბიოდეგრადაციის ან მათი ბიოშელწევადობის შემცირების.

შედეგები და პრაქტიკული სქემები

ლიტერატურული წყაროებისა და პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე შემუშავებულია აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის ინტეგრირებული სქემები სხვადასხვა სახეობის სასოფლო-სამეურნეო ცხოველებისთვის. აღნიშნული სქემები ითვალისწინებს როგორც სორბენტების (Gallo et al., 2021) ასევე მეტაბოლური და ბიოლოგიური დამცავი საშუალებების ერთობლივ გამოყენებას.

მეწველი ფურები

კომპლექსური დანამატების გამოყენება ამცირებს AFM₁-ის კონცენტრაციას რძეში 30–60%-ით, აუმჯობესებს რძის პროდუქტიულობას და ღვიძლის ბიოქიმიურ მაჩვენებლებს.

ღორები

დეტოქსიკაციის სქემები ხელს უწყობს საკვების კონვერსიის გაუმჯობესებას, ზრდის ცოცხალ მასას და ამცირებს იმუნოსუპრესიის ნიშნებს.

ბროილერები

ბროილერებში სორბენტებისა და ანტიოქსიდანტების გამოყენება ამცირებს სიკვდილიანობას, აუმჯობესებს ზრდის ტემპს და საკვების ათვისებას. (დოზირების დეტალური ცხრილები რეკომენდებულია წარმოდგენილ იქნეს ცალკე დანართის სახით.)

განხილვა

ლიტერატურული მონაცემების ანალიზი აჩვენებს, რომ ცეოლითი და HHSCAS ყველაზე სტაბილურ შედეგებს იძლევა აფლატოქსინების შეკავებაში. თუმცა, მათი ეფექტურობა დამოკიდებულია მინერალის წყაროზე, ნაწილაკების ზომაზე და დოზირებაზე. მონო-სტრატეგია არასაკმარისია; საუკეთესო შედეგი მიიღწევა სორბენტების, ჰეპატოპროტექტორების, ანტიოქსიდანტებისა და პრობიოტიკების კომბინაციით.

I. აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის ინტეგრირებული სქემა — მეწველი ფურები

დანამატი	დოზა	მოქმედების მექანიზმი	მოსალოდნელი ეფექტი
HSCAS	100-150 გ/დღე	აფლატოქსინების ადსორბცია ნაწილაკებში	AFM ₁ -ის შემცირება რძეში
ცეოლითი	0.5–1% საკვებში	მიკოტოქსინების შეკავება	ბიოშელწვეადობის შემცირება
სილიმარინი	10–20 მგ/კგ ცოცხ.მასა	ჰეპატოციტების დაცვა	ღვიძლის ფუნქციის გაუმჯობესება
ვიტამინი E	1000–2000 სე/დღე	ანტიოქსიდანტი	ოქსიდაციური სტრესის შემცირება
სელენი (ორგ)	0.3–0.5 მგ/კგ მშრ.ნივთ.	გლუტათიონის სისტემის აქტივაცია	უჯრედული დაცვა
პრობიოტიკები	1–2×10 ⁹ კოე/დღე	ბიოდეგრადაცია, მიკრობიოტას მხარდაჭერა	ტოქსინების აბსორბციის შემცირება

II. აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის ინტეგრირებული სქემა — ღორები

დანამატი	დოზა	მოქმედების მექანიზმი	მოსალოდნელი ეფექტი
ბენტონიტი / ცეოლითი	1% საკვებში	სორბცია კუჭ-ნაწლავში	ტოქსინების შეწოვის შემცირება
სილიმარინი	30–50 მგ/კგ	ღვიძლის დაცვა	ჰეპატოტოქსიკურობის შემცირება
ვიტამინი E	150–300 სე/კგ	ანტიოქსიდანტი	იმუნური სტატუსის გაუმჯობესება
სელენი	0,3 მგ/კგ	ანტიოქსიდანტური დაცვა	უჯრედული სტრესის შემცირება
ბეტაინი	0,05–0,1%	მეთილაციის მხარდაჭერა	მეტაბოლიზმის სტაბილიზაცია
პრობიოტიკები	1×10 ⁹ კოე/კგ	მიკრობული ბიოდეგრადაცია	ნაწლავური ჯანმრთელობის გაუმჯობესება

III. აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის ინტეგრირებული სქემა — ბროილერებში

დანამატი	დოზა	მოქმედების მექანიზმი	მოსალოდნელი ეფექტი
ცეოლითი / HSCAS	5–10 გ/კგ	აფლატოქსინების ადსორბცია	ზრდის ტემპის გაუმჯობესება
სილიმარინი	100 მგ/კგ	ჰეპატოპროტექტორი	ღვიძლის დაზიანების შემცირება
ვიტამინი E	100–200 სე/კგ	ანტიოქსიდანტი	იმუნური ფუნქციის მხარდაჭერა
სელენი	0.3 მგ/კგ	ანტიოქსიდანტური ფერმენტები	ოქსიდაციური სტრესის შემცირება
მეთიონინი + ცისტეინი	0.5%	გლუტათიონის სინთეზი	დეტოქსიკაციის მხარდაჭერა
პრობიოტიკები	1×10 ⁹ კოე/კგ	მიკრობიოტას რეგულაცია	საკვების ათვისების გაუმჯობესება

დასკვნა

აფლატოქსინების დეტოქსიკაცია სასოფლო-სამეურნეო ცხოველებში წარმოადგენს მრავალფაქტორულ პრობლემას, რომელიც მოითხოვს ინტეგრირებულ და მეცნიერულად დასაბუთებულ მიდგომას. კვლევების უმრავლესობა ადასტურებს, რომ მხოლოდ ერთი მეთოდის გამოყენება არასაკმარისია. სორბენტების (ცეოლითი, HSCAS), ჰეპატოპროტექტორების, ანტიოქსიდანტებისა და პრობიოტიკების ერთობლივი გამოყენება უზრუნველყოფს მაქსიმალურ დაცვას.

აღნიშნული მიდგომა არა მხოლოდ აუმჯობესებს ცხოველთა ჯანმრთელობასა და პროდუქტიულობას, არამედ წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს სურსათის უვნებლობის უზრუნველყოფისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დაცვისთვის.

საქართველოში ჩატარებული მონიტორინგის პროგრამები აჩვენებს, რომ მარცვლეულში აფლატოქსინების კონტამინაცია განსაკუთრებით აქტუალურია მაღალი ტენიანობის რეგიონებში. დიაგნოსტიკური ლაბორატორიების მიერ განხორციელებული ELISA სკრინინგი და HPLC დამადასტურებელი ანალიზები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რისკის შეფასებაში და პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვაში.

პრაქტიკული მნიშვნელობა ISO 17025-ის კონტექსტში

აფლატოქსინების კონტროლი და დეტოქსიკაცია მჭიდროდ უკავშირდება ლაბორატორიულ მონიტორინგს. აკრედიტებულ დიაგნოსტიკურ ცენტრებში (ISO/IEC 17025) აუცილებელია:

- საკვების და ცხოველური პროდუქციის რეგულარული ტესტირება (ELISA, HPLC);
- შედეგების ტრეისაბილობა (მიკვლევადობა);
- დეტოქსიკაციის ღონისძიებების ეფექტურობის შეფასება;

- რისკზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებების მიღება.

ლიტერატურა

1. Diaz D.E. et al. *Mycopathologia*, 2004.
2. Adegbeye, M. J., Reddy, P. R. K., Chilaka, C. A., Balogun, O. B., Elghandour, M. M. Y., Rivas-Caceres, R. R., & Salem, A. Z. M. (2020). Mycotoxin toxicity and residue in animal products: Prevalence, consumer exposure, and reduction strategies. *Toxicon*, 177, 96–108.
3. The [FAO/WHO Food Control System Assessment Tool](#) (developed 2019)
4. Gallo, A., Giuberti, G., Frisvad, J. C., Bertuzzi, T., & Nielsen, K. F. (2021). Review on mycotoxin binders in animal feed: Mechanisms and efficacy. *Toxins*, 13(10), 701.
5. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2020). *Risk assessment of aflatoxins in food*. EFSA Journal, 18(3), e06040.

Modern Approaches to Aflatoxin Detoxification in Agricultural Animals

Ese Jaqeli - Academic Doctor of Agricultural, **Ketevan Gogvadze** - Master of Biology, **Irma Ghlonti** - Master of Chemistry

Abstract

Aflatoxins are one of the most dangerous mycotoxins in livestock and cause hepatotoxic, immunosuppressive and carcinogenic effects. The paper presents a review of the current literature on strategies for detoxification of aflatoxins in farm animals. Sorbents (zeolite, HSCAS), hepatoprotectors, antioxidants and probiotics are discussed. According to literature data, their complex use reduces the release of aflatoxin M₁ in milk by an average of 30–60%, improves feed conversion and reduces indicators of functional liver damage. An integrated approach is an effective tool for both animal health protection and food safety.

Keywords: aflatoxin B1, aflatoxin M1, zeolite, adsorbents, hepatoprotection, probiotics, livestock

Design and Evaluation of an Energy-Efficient Automated Greenhouse Management System for Optimized Microclimate Control

Irakli Chantadze,

Doctoral student Georgian Technical University, chantadze.irakli22@gtu.ge

Abstract:

Energy consumption and microclimate instability remain critical challenges in modern greenhouse agriculture, particularly under conditions of rising energy costs and increasing climate variability. Efficient regulation of temperature, humidity, lighting, and irrigation is essential for maintaining high crop productivity while minimizing resource losses. This study proposes an automated, energy-efficient greenhouse management system designed to optimize environmental control processes through continuous monitoring and intelligent regulation.

The developed system combines sensor-based data acquisition with centralized control strategies to manage heating, ventilation, lighting, and irrigation in an integrated manner. A key innovation of the research is the application of a soil-assisted air circulation approach for humidity control, which enables moisture removal through condensation while simultaneously contributing to soil water balance. Experimental validation confirms that this approach enhances humidity stabilization and reduces the overall energy demand of greenhouse operation.

The research methodology involves system design, algorithm development for automated control, and experimental testing under real greenhouse conditions. Performance evaluation focuses on energy efficiency, environmental stability, and the operational reliability of the proposed solution. The results demonstrate that intelligent automation significantly improves microclimate regulation and resource utilization compared to conventional greenhouse management practices.

This study contributes to the advancement of sustainable greenhouse technologies by presenting a practical and scalable management framework that supports energy-efficient agricultural production. The proposed system has strong potential for application in modern greenhouse enterprises, educational initiatives, and national strategies aimed at improving resource efficiency and agricultural resilience.

Keywords: energy-efficient greenhouse, automation systems, humidity regulation, heating control, LED lighting, sustainable agriculture, greenhouse technology, resource optimization.

1. Introduction

Energy-efficient greenhouses represent a modern and sustainable approach to agricultural production, aimed at reducing energy consumption while ensuring stable and optimal microclimatic conditions for plant growth. In recent years, increasing energy costs, climate variability, and environmental concerns have intensified the need for innovative greenhouse technologies that combine automation, resource efficiency, and environmental control. Traditional greenhouse systems often rely on manual regulation and inefficient use of energy and water resources, which leads to significant heat losses, unstable temperature and humidity levels, and a decline in crop quality.

The development of automated greenhouse management systems provides an effective solution to these challenges by enabling continuous monitoring and real-time control of key environmental parameters. By integrating modern sensors, control algorithms, and energy-efficient technologies such as LED lighting and optimized irrigation systems, it is possible to improve both productivity and sustainability. Special attention is given to advanced humidity regulation methods that utilize natural soil thermal resources, offering an energy-saving alternative to conventional ventilation and dehumidification techniques. In this context, the present study focuses on the design, implementation, and experimental evaluation of an energy-efficient greenhouse management system with automated control functions.

2. Object and subject of research

The object of this research is the greenhouse microclimate system, including the physical processes of heat exchange, air circulation, moisture dynamics, and light distribution that directly influence plant growth and development. Particular emphasis is placed on the interaction between the greenhouse environment and soil thermal resources, as well as the impact of automated regulation on maintaining stable temperature, humidity, and illumination levels.

The subject of the research is the development and practical assessment of an automated, energy-efficient greenhouse management system. This system integrates environmental sensors for temperature, relative humidity, illumination, and carbon dioxide concentration with a central control unit that regulates heating, ventilation, humidity control through underground air circulation, LED lighting, and irrigation processes. The study examines control algorithms, system performance, and experimental results to evaluate the effectiveness of the proposed solution in improving energy efficiency, environmental stability, ecological sustainability, and the quality and competitiveness of agricultural products.

3. Target of research

Based on the identified limitations of traditional greenhouse production systems—such as high energy consumption, weak control of microclimatic parameters, dependence on manual operation, and insufficient adaptability to plant physiological needs—the primary target of this research is to design, implement, and experimentally validate an energy-efficient greenhouse management system based on integrated and automated control principles. The proposed system aims to optimize heating, ventilation, humidity regulation, lighting, irrigation, and CO₂ concentration by utilizing sensor-based monitoring and intelligent control algorithms, thereby ensuring stable microclimatic conditions with minimal resource consumption.

The research is focused on developing a technological model of an energy-efficient greenhouse that can operate reliably under varying external climatic conditions, particularly in regions characterized by seasonal temperature fluctuations and limited energy resources. Special attention is given to reducing heat losses, improving air circulation, and regulating humidity through innovative solutions, including underground air circulation pipelines and condensation-based moisture control. These approaches are intended to enhance energy recovery, minimize unnecessary ventilation losses, and improve overall system efficiency.

To achieve the stated target, several core research tasks were defined and implemented. First, the functional structure of an integrated greenhouse management system was developed, incorporating heating, ventilation, humidity regulation, LED lighting, irrigation, and CO₂ supply into a unified control platform. Each subsystem was analyzed in terms of its operational parameters, energy demand, and interaction with other technological components.

Second, experimental studies were conducted to investigate humidity regulation through the circulation of warm, humid air in underground air ducts, where temperature differences between air and soil lead to water vapor condensation. The formation, collection, and potential reuse of condensate were analyzed to evaluate the effectiveness of this method as an energy-efficient and environmentally sustainable solution for humidity control.

Third, an automated LED lighting management system was designed and tested using a hydroponic vertical greenhouse model. The system adjusts light duration and operating modes in coordination with natural illumination conditions and plant growth requirements, ensuring optimal photosynthetic activity while reducing electrical energy consumption.

Finally, the integrated operation of all subsystems was implemented through a centralized controller that processes sensor data in real time and executes control actions without human intervention. This approach enables precise regulation of greenhouse microclimate parameters, reduces the influence of subjective decision-making, and increases production stability.

Overall, the target of this research is not only to improve the technical performance of greenhouse systems but also to create a scalable, economically justified, and practically applicable solution that can be adopted in small, medium, and large greenhouse enterprises. The developed model is intended to contribute to the modernization of greenhouse agriculture, enhance

resource efficiency, and support sustainable agricultural production under contemporary environmental and economic challenges.

4. Literature analysis

Modern greenhouse technologies are increasingly oriented toward energy efficiency, automation, and sustainable resource management. Numerous scientific studies highlight that traditional greenhouse systems rely heavily on manual control and fossil energy sources, which leads to high operational costs, unstable microclimatic conditions, and inefficient use of resources. As a result, recent research focuses on integrated control systems that combine heating, ventilation, irrigation, lighting, and environmental monitoring into a unified automated framework [1-5].

One of the key research directions in greenhouse technology is microclimate regulation. Studies show that maintaining optimal temperature and humidity levels directly affects plant growth rate, yield, and product quality. Automated ventilation and heating systems based on sensor feedback significantly improve climate stability compared to conventional manual systems. Researchers emphasize that precise control reduces plant stress, minimizes disease development, and improves uniformity of production [7] [9].

Energy consumption remains a major challenge in greenhouse operation. According to existing literature, heating and artificial lighting account for the largest share of energy use. To address this issue, several authors propose the use of energy recovery techniques, including underground air circulation systems. Experimental results demonstrate that passing warm and humid air through soil-based pipelines allows partial heat recovery and promotes water vapor condensation, contributing to both energy savings and humidity regulation.

LED lighting technology has been widely studied as an alternative to traditional high-pressure sodium and fluorescent lamps. Research confirms that LEDs provide higher energy efficiency, longer lifespan, and better spectral control tailored to plant physiological needs. In particular, red and blue wavelength combinations have been shown to enhance photosynthesis and biomass accumulation. Automated LED control systems that adjust light intensity and duration based on plant growth stages and natural light availability further reduce electricity consumption.

Irrigation automation, especially in hydroponic and vertical greenhouse systems, is another extensively studied area. Literature indicates that automated watering systems improve water-use efficiency and nutrient uptake while reducing labor requirements. Integration of irrigation control with environmental sensors enables precise regulation of moisture levels, preventing both water stress and over-irrigation [8] [10] [11].

Recent studies also underline the importance of centralized control platforms in greenhouse automation. Such systems collect real-time data from temperature, humidity, light, and CO₂ sensors and apply predefined control algorithms to manage all subsystems simultaneously.

Researchers conclude that integrated automation increases system reliability, reduces human error, and improves overall production efficiency.

In summary, the literature review demonstrates that automated, energy-efficient greenhouse systems represent a well-established and rapidly developing research field. However, many existing solutions are costly or technologically complex, limiting their practical adoption. This creates a clear research gap for developing simplified, cost-effective, and reliable automation models that combine underground air circulation, LED lighting, and irrigation control—an objective directly addressed in the present study.

5. Research methods

The research methodology is based on a systematic approach to the design, implementation, and evaluation of an energy-efficient automated greenhouse model. The study combines theoretical analysis, system modeling, and experimental validation to assess the effectiveness of the proposed technological solution.

5.1 System Architecture

The greenhouse system is designed as an integrated automation framework consisting of the following main subsystems:

- microclimate monitoring and control;
- underground air circulation and heat exchange;
- LED lighting management;
- automated irrigation system;
- Centralized control and data processing unit.

Each subsystem operates based on real-time sensor data and predefined control logic, ensuring coordinated and adaptive system behavior.

5.2 Data Collection and Sensors

Meteorological and environmental data are collected using a network of sensors installed inside and outside the greenhouse. The measured parameters include:

- air temperature;
- relative humidity;
- soil temperature and moisture;
- light intensity;
- carbon dioxide concentration.

Sensor readings are continuously transmitted to the control unit, where they are analyzed and used for decision-making. This real-time data acquisition enables prompt response to environmental changes.

5.3 Control Algorithms

The control strategy is based on threshold and rule-based logic that maintains optimal conditions for plant growth while minimizing energy consumption. Temperature and humidity control is achieved through coordinated operation of ventilation, heating, and underground air circulation systems. When excess heat or humidity is detected, warm air is directed through underground pipes, allowing partial heat storage in the soil and moisture condensation. LED lighting is controlled according to plant growth stages, daily light integral requirements, and natural light availability. Irrigation schedules are adjusted based on soil moisture data, reducing water waste and preventing plant stress.

5.4 Experimental Setup

An experimental greenhouse prototype is constructed to validate the proposed model. The system operates under real environmental conditions over a defined cultivation period. Performance indicators such as energy consumption, microclimate stability, plant growth rate, and water usage are recorded and compared with those of a conventional greenhouse system.

5.5 Evaluation Criteria

The effectiveness of the system is evaluated using the following criteria:

- reduction in energy consumption;
- stability of temperature and humidity parameters;
- efficiency of water use;
- improvement in plant growth uniformity and yield;
- reliability and responsiveness of the automation system.

Statistical analysis is applied to compare experimental results with baseline values obtained from traditional greenhouse operation.

6. Results and Discussion

This section presents the experimental results obtained from testing the automated greenhouse system and provides an analysis of its performance in comparison with conventional greenhouse operation methods.

6.1 Microclimate Regulation Results

The experimental data show that the proposed system ensures stable regulation of temperature and humidity within the greenhouse. The underground air circulation system effectively reduces temperature fluctuations, especially during periods of rapid external temperature change.

In winter mode, heat recovery through the underground heat exchanger significantly reduced heat losses. The internal air temperature remained within the optimal range for plant growth, while relative humidity levels were maintained at stable values, preventing excessive moisture accumulation.

In summer mode, the cooling effect of the soil contributed to lowering air temperature inside the greenhouse without the use of active cooling devices. This passive cooling approach proved effective in maintaining acceptable thermal conditions.

6.2 Condensate Formation and Utilization

During both operational modes, a noticeable amount of condensate formed on the inner surfaces of the underground air ducts due to temperature differences between air and soil. The inclined installation of the pipes ensured efficient drainage of condensate into the collection tank. The collected condensate was free of mechanical impurities and can be reused for technical purposes, such as irrigation or system cleaning. This contributes to improved water-use efficiency and supports sustainable resource management.

An air circulation and humidity regulation system with automated control for a greenhouse (1) comprises sections arranged along the entire length of the greenhouse, consisting of air-duct pipes (2) installed parallel to each other underground. Along each underground air-duct pipe (2) of every section, closed-loop jacket pipes (3, 4) filled with water are arranged in segments around the air duct.

From each pair of jacket pipes, the front end of the first jacket pipe (3) is connected to the front end of the subsequent jacket pipe (4) by a water-conducting pipe (5), while the rear end is connected to the rear end of the next jacket pipe (4) by another water-conducting pipe (6). Pumps (7) and (8) are installed in the water-conducting pipes (5) and (6) to ensure water circulation within the jacket pipes.

Each air-duct pipe of the section is installed underground at an incline, enabling condensate formed inside the air duct to be discharged through a condensate drainage pipe (9) into a collection tank (10). The inlet ends of the air-duct pipes (2) are connected to a supply air duct (11), while the outlet ends are connected to an exhaust air duct (12). The supply and exhaust

air ducts (11) and (12) are raised from the ground at different heights at the front and rear of the greenhouse, and fans (13) and (14) are installed on these ducts.

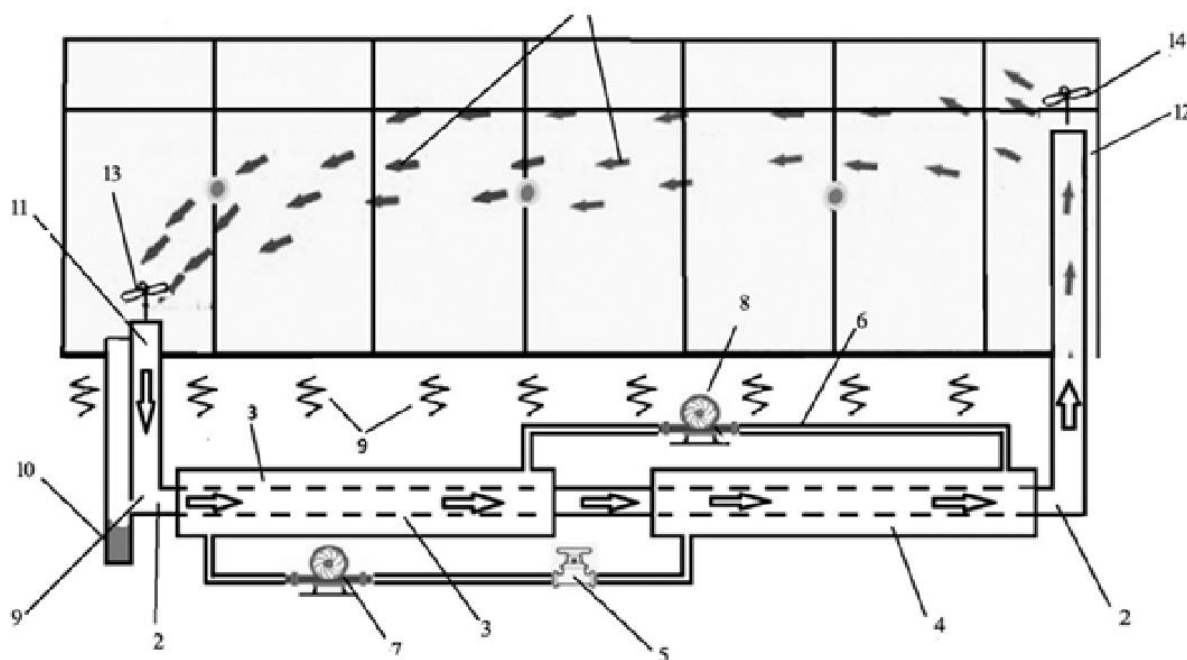


Figure 1. Operating scheme of the automated air circulation and humidity regulation system in the greenhouse.

The system is capable of operating in both summer and winter modes under automatic control.

In **winter operation mode**, when it is necessary to reduce heating costs and minimize heat losses, the air-duct pipes (2), closed-loop jacket pipes (3) and (4), and connecting water pipes (5) and (6), together with pumps (7) and (8), form a heat recovery system with an underground heat exchanger. The system operates as follows: when warm, humid air passes through the sections containing the closed-loop jacket pipes (3) and (4), it cools down, transferring heat to the water contained within the jacket pipes. The heated water is then pumped by pump (8) through the connecting water pipe (6) into the second jacket pipe (4), where it transfers heat to the already cooled air mass flowing through it. The reheated air is returned to the greenhouse via the outlet pipe (12) using fan (14). Meanwhile, the cooled water from the second jacket pipe (4) is pumped back to the first jacket pipe (3) via pump (7) and connecting pipe (5), where it is reheated by new masses of warm air extracted from the greenhouse by fan (13), thus repeating the cycle.

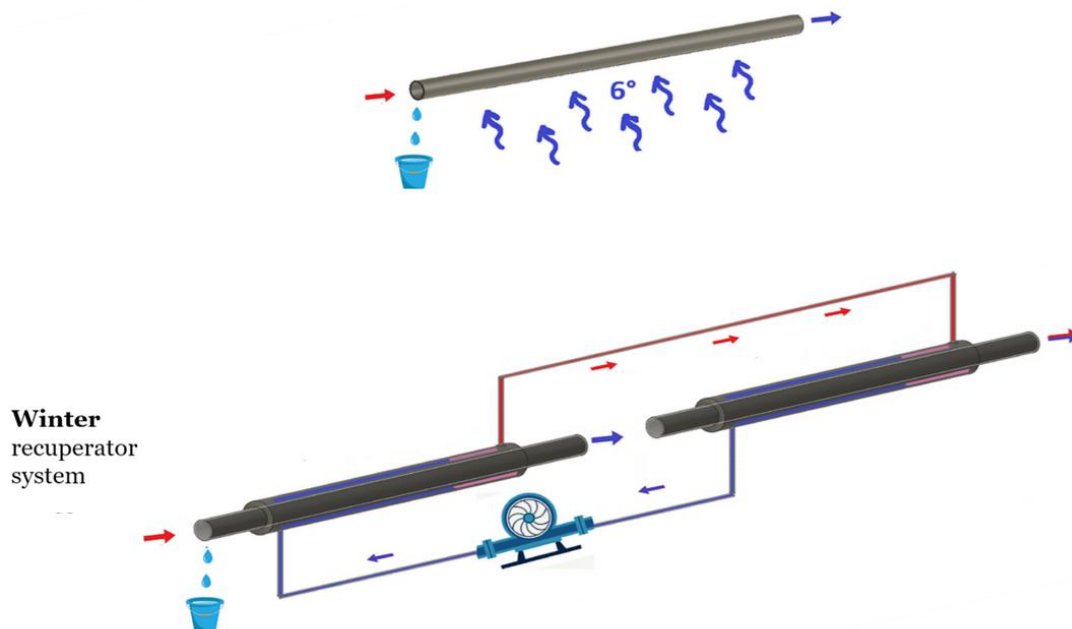


Figure 2. Winter recuperator system representation

In **summer operation mode**, pumps (7) and (8) on the water pipes (5) and (6) are switched off, and the system operates in cooling mode. Warm, humid air from the greenhouse enters the air-duct pipe through a fan and moves along the entire length of the underground air duct. The constant underground temperature (5–10 °C) causes the humid air flow to cool, and the cooled air is returned to the greenhouse by a fan installed at the outlet end of the pipe.

In both operating modes, the temperature difference between the air and the soil causes moisture to condense on the inner walls of the air-duct pipe (2). The resulting condensate is collected in the tank (10) and can subsequently be used for various purposes.

This type of greenhouse ventilation system, utilizing soil thermal resources, offers several advantages. First, it provides a natural and energy-efficient method of humidity control, significantly reducing energy consumption. In addition, improved air circulation within the greenhouse enhances plant health and reduces the risk of diseases caused by excessive humidity.

Excerpt from Patent CN203327636, Irakli Chantadze.

6.3 LED Lighting Performance

The application of LED lighting demonstrated uniform light distribution across the cultivation area. Automated control based on light intensity and growth phase allowed for optimized energy consumption.

Experimental observations confirmed that plants grown under controlled LED lighting exhibited consistent growth patterns and improved morphological characteristics compared to plants grown under non-regulated lighting conditions.

6.4 Energy Efficiency Analysis

One of the most significant outcomes of the research is the reduction in overall energy consumption. The combined use of soil thermal resources, heat recovery, and automated control reduced the demand for conventional heating and ventilation systems.

Energy consumption measurements indicate a noticeable decrease in operating costs, confirming the economic feasibility of the proposed solution.

6.5 Discussion of Results

The experimental results confirm that the integration of automated climate control, underground heat exchange, and LED lighting creates a synergistic effect. The system not only improves microclimate stability but also enhances plant health and productivity.

Compared to traditional greenhouse systems, the proposed model demonstrates higher energy efficiency, reduced environmental impact, and increased operational reliability. These advantages make the system suitable for commercial greenhouse applications and scalable agricultural solutions.

7. Conclusion

This study presents an automated greenhouse air circulation and humidity regulation system based on underground thermal resource utilization and intelligent control. The proposed system integrates air ducts, water-filled closed-loop casing pipes, heat recovery mechanisms, and automated control elements to regulate temperature, humidity, and air circulation efficiently.

Experimental results confirm that the system successfully maintains a stable microclimate inside the greenhouse under both winter and summer operating modes. In winter conditions, the heat recovery process significantly reduces thermal losses and heating energy demand. In summer conditions, passive cooling through soil temperature contributes to effective air cooling without the need for energy-intensive cooling equipment.

The formation and controlled removal of condensate not only prevent excessive humidity but also enable water reuse, increasing overall resource efficiency. Additionally, the integration of LED lighting with automated control enhances plant growth conditions while minimizing energy consumption.

Overall, the system demonstrates clear advantages over conventional greenhouse climate control solutions, including reduced energy consumption, improved environmental sustainability, and enhanced plant health. The modular structure and automated operation make the system adaptable for various greenhouse sizes and climatic conditions.

The results of this research indicate that the proposed solution has strong potential for practical application in modern energy-efficient and sustainable greenhouse technologies.

8. Practical Applications and Future Work

The developed automated greenhouse air circulation and humidity control system has wide practical applicability in modern agricultural production. Due to its energy-efficient design and reliance on underground thermal resources, the system can be effectively implemented in commercial greenhouses, vertical farming facilities, and hydroponic cultivation systems. Its ability to operate in both winter and summer modes allows year-round climate regulation with minimal external energy input.

The system is particularly suitable for regions with significant seasonal temperature variations, where heating and cooling costs represent a major portion of operational expenses. By reducing energy consumption and stabilizing the greenhouse microclimate, the proposed solution improves crop yield quality, shortens growth cycles, and enhances overall production reliability. Furthermore, the collected condensate can be reused for irrigation or technical purposes, contributing to water conservation and sustainable resource management.

Future research may focus on integrating advanced sensor networks and artificial intelligence algorithms for adaptive control and predictive climate regulation. The incorporation of real-time plant physiological feedback could further optimize environmental parameters according to specific crop requirements. Additionally, large-scale field testing and long-term performance analysis will be necessary to evaluate durability, economic feasibility, and return on investment under different climatic conditions.

The proposed system lays a strong foundation for the development of smart, environmentally friendly greenhouse technologies aligned with the principles of precision agriculture and sustainable development.

References

1. Boulard, T., & Wang, S. (2002). Greenhouse crop transpiration simulation from external climate conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 100(1), 25–34. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00089-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00089-9)
2. Castellano, S., Scarascia Mugnozza, G., Russo, G., Briassoulis, D., Mistrionis, A., Hemming, S., & Waaijenberg, D. (2008). Plastic nets in agriculture: A general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(6), 799–808. <https://doi.org/10.13031/2013.25320>
3. Körner, O., & Challa, H. (2003). Process-based humidity control regime for greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39(3), 173–192. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(03\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(03)00079-1)
4. Li, T., Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. M. (2014). Quantifying the source–sink balance and its impacts on plant growth and development. *Plant, Cell & Environment*, 38(10), 1876–1890. <https://doi.org/10.1111/pce.12460>

5. López, A., Valera, D. L., Molina-Aiz, F. D., Peña, A., & Marín, P. (2017). Field analysis of a greenhouse with underground air distribution system. *Biosystems Engineering*, 155, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.12.003>
6. Montero, J. I., Antón, A., Muñoz, P., & Lorenzo, P. (2011). Transpiration from greenhouse crops. *Acta Horticulturae*, 893, 345–352. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.893.36>
7. Nelson, J. A., Bugbee, B., & Hopper, N. W. (2020). Economic analysis of greenhouse lighting: LED vs. high pressure sodium fixtures. *HortScience*, 55(3), 361–372. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14639-19>
8. Pérez-Parra, J., Baeza, E., Montero, J. I., & Bailey, B. J. (2004). Natural ventilation of greenhouses with continuous roof vents. *Biosystems Engineering*, 88(2), 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.03.007>
9. Shamshiri, R. R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., Ahmad, D., & Shad, Z. M. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture. *Biosystems Engineering*, 170, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.02.006>
10. Otkhзорia, N., Otkhзорia, V., Narchemashvili, M. (2021) Fractality Of Measurements Of Quantities And Real Processes. International Trends In Science And Technology, Engineering Sciences June 2021 Doi: https://doi.org/10.31435/rsglobal_conf/30062021/7620
11. Chkheidze, I., Otkhзорia, N., & Narchemashvili, M. (2021). EVALUATION OF MEASUREMENT QUALITY USING THE MONTE-CARLO METHOD. *Universum*, 65-70. DOI: 10.32743/UniTech.2021.84.3-4.65-70
12. Sharashenidze, N., Otkhзорia, N., & Menabde, T. (2024). Ultrasonic distance measurement and system simulation. *Georgian Scientists*, 6(1), 20–25. <https://doi.org/10.52340/g.s.2024.06.01.04>
13. Singh, M. C., Singh, J. P., & Singh, K. G. (2016). Energy efficient greenhouse structures and climate control systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 299–314. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.022>
14. Sethi, V. P., & Sharma, S. K. (2007). Survey of cooling technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy*, 81(12), 1447–1459. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2007.06.004>
15. van Straten, G., van Willigenburg, L. G., van Henten, E. J., & van Ooteghem, R. J. C. (2010). *Optimal Control of Greenhouse Cultivation*. CRC Press.
16. Wang, S., & Boulard, T. (2000). Predicting greenhouse climate by neural networks. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104(1), 49–65. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00141-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00141-5)
17. Xu, J., Li, Y., Wang, R., & Liu, W. (2021). Energy-saving control strategies for greenhouse environment based on sensor networks. *Energy Reports*, 7, 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.01.012>

18. World Bank. (2020). *Energy-efficient technologies for sustainable greenhouse production*. Washington, DC: World Bank Group.

მიკროკლიმატის კონტროლის ოპტიმიზაციისათვის ენერგოეფექტური ავტომატიზებული სათბურის მართვის სისტემის შემუშავება და შეფასება ირაკლი ჩანთაძე

დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ენერგომომხმარება და მიკროკლიმატის არასტაბილურობა თანამედროვე სათბურის მეურნეობაში კრიტიკულ გამოწვევებს წარმოადგენს, განსაკუთრებით ენერჯის ხარჯების ზრდისა და კლიმატის ცვალებადობის პირობებში. ტემპერატურის, ტენიანობის, განათების და მორწყვის ეფექტური რეგულირება აუცილებელია მაღალი მოსავლიანობის შესანარჩუნებლად და რესურსების დანაკარგების მინიმიზაციისთვის. ეს კვლევა გვთავაზობს ავტომატიზებულ, ენერგოეფექტურ სათბურის მართვის სისტემას, რომელიც შექმნილია გარემოსდაცვითი კონტროლის პროცესების ოპტიმიზაციისთვის უწყვეტი მონიტორინგისა და ინტელექტუალური რეგულირების გზით.

შემუშავებული სისტემა აერთიანებს სენსორებზე დაფუძნებულ მონაცემთა შეგროვებას ცენტრალიზებულ მართვის სისტემასთან, რათა ინტეგრირებული გზით მართოს გათბობა, ვენტილაცია, განათება და მორწყვა. კვლევის მთავარი ინოვაციაა ნიადაგის დახმარებით ჰაერის ცირკულაციის მიდგომის გამოყენება ტენიანობის კონტროლისთვის, რაც საშუალებას იძლევა ტენიანობის მოცილებას კონდენსაციის გზით და ამავდროულად ხელს უწყობს ნიადაგის წყლის ბალანსს. ექსპერიმენტული ვალიდაცია ადასტურებს, რომ ეს მიდგომა აძლიერებს ტენიანობის სტაბილიზაციას და ამცირებს სათბურის ფუნქციონირების საერთო ენერგეტიკულ მოთხოვნას.

კვლევის მეთოდოლოგია მოიცავს სისტემის დიზაინს, ავტომატური მართვის ალგორითმის შემუშავებას და ექსპერიმენტულ ტესტირებას რეალური სათბურის პირობებში. შესრულების შეფასება ფოკუსირებულია ენერგოეფექტურობაზე, გარემოსდაცვით სტაბილურობასა და შემოთავაზებული გადაწყვეტის ოპერაციულ საიმედოობაზე. შედეგები აჩვენებს, რომ ინტელექტუალური ავტომატიზაცია მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს მიკროკლიმატის რეგულირებას და რესურსების გამოყენებას ტრადიციულ სათბურის მართვის პრაქტიკასთან შედარებით.

ეს კვლევა ხელს უწყობს მდგრადი სათბურის ტექნოლოგიების განვითარებას პრაქტიკული და მასშტაბირებადი მართვის ჩარჩოს წარმოდგენით, რომელიც მხარს

უჭერს ენერგოეფექტურ სასოფლო-სამეურნეო წარმოებას. შემოთავაზებულ სისტემას აქვს ძლიერი პოტენციალი თანამედროვე სათბურის საწარმოებში, საგანმანათლებლო ინიციატივებსა და ეროვნულ სტრატეგიებში გამოყენებისთვის, რომლებიც მიზნად ისახავს რესურსების ეფექტურობისა და სოფლის მეურნეობის მდგრადობის გაუმჯობესებას.

საკვანძო სიტყვები: ენერგოეფექტური სათბური, ავტომატიზაციის სისტემები, ტენიანობის რეგულირება, გათბობის კონტროლი, LED განათება, მდგრადი სოფლის მეურნეობა, სათბურის ტექნოლოგია, რესურსების ოპტიმიზაცია.

საწარმოო ტექნოლოგიები. სამრეწველო რობოტები

მაია ლომსაძე-კუჭავა¹, ნინო გიორგიშვილი², გიგა ჯოჯუა³

¹პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; ²ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; ³ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

აბსტრაქტი

ნაშრომში გაშუქებულია საწარმოო ტექნოლოგიებისა და სამრეწველო რობოტების არსი, როლი და მნიშვნელობა თანამედროვე წარმოებაში.

წარმოების ტექნოლოგია წარმოდგენილია როგორც საწარმოო ხაზების დიზაინისა და მართვის კომპლექსური მეთოდოლოგია, რომელიც მიმართულია დიდი რაოდენობით პროდუქციის ეფექტური, უსაფრთხო და ეკონომიური წარმოების უზრუნველყოფისკენ. განხილულია წარმოების ტექნოლოგიის მთავარი ამოცანები, რომლებიც მოიცავს საწარმოო ხაზების დაგეგმვას, პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციას, პრობლემების იდენტიფიკაციასა და გადაჭრას, ახალი ტექნოლოგიების შემუშავებასა და დანერგვას.

აღწერილია ორი მთავარი პროდუქტიულობის ინდიკატორი: კაპიტალის პროდუქტიულობა (აღჭურვილობის ეფექტურობა) და შრომის პროდუქტიულობა (მუშახელის ეფექტურობა). ხაზგასმულია, რომ წარმოების ინჟინერიის სპეციალისტი ასრულებს გადამწყვეტ როლს საწარმოო პერსონალსა და მენეჯმენტს შორის, რაც მას აძლევს როგორც ტექნიკური, ისე მენეჯერული უნარების განვითარების შესაძლებლობას.

სამრეწველო რობოტებთან დაკავშირებით წარმოდგენილია მათი ოფიციალური განმარტება JIS სტანდარტებისა და სამრეწველო უსაფრთხოების კანონის მიხედვით. განხილულია რობოტების კლასიფიკაცია სტრუქტურული მახასიათებლების მიხედვით: ვერტიკალური არტიკულირებული, SCARA, პარალელური ბმული, კარტეზიული, ცილინდრული და პოლარული კოორდინატების რობოტები. ცალკე აღნიშნულია თანამშრომლობითი რობოტები, რომლებიც უსაფრთხოდ მუშაობენ ადამიანებთან ერთად.

გაკეთებულია მკაფიო განსხვავება სამრეწველო და მომსახურე რობოტებს შორის: პირველები ანაცვლებენ ადამიანის მუშაობას საწარმოო გარემოში, ხოლო მეორეები

უჭერენ მხარს ადამიანის საქმიანობას სხვადასხვა სფეროში. ასევე წარმოდგენილია Sugino Machine-ის CRb რობოტი, როგორც ცილინდრული კოორდინატის რობოტის მაგალითი, რომელიც გამოირჩევა მაღალი სიზუსტით და ვიწრო სივრცეებში მუშაობის შესაძლებლობით.

ნაშრომში ხაზგასმულია ავტომატიზაციის მზარდი მნიშვნელობა მუშახელის დეფიციტისა და სამუშაო უსაფრთხოების გამო, აგრეთვე რობოტების ფართო გამოყენება საავტომობილო, ელექტრონიკის, ნახევარგამტარების და კვების ინდუსტრიაში.

საკვანძო სიტყვები: წარმოების ტექნოლოგია, სამრეწველო რობოტები, საწარმოო ხაზი, პროდუქტიულობა, ავტომატიზაცია, რობოტიზაცია.

შესავალი

თანამედროვე მსოფლიოში, სამრეწველო წარმოება განიცდის მნიშვნელოვან ტრანსფორმაციას ტექნოლოგიური პროგრესის, გლობალური კონკურენციის გაძლიერებისა და მუშახელის დეფიციტის გამო. ამ გამოწვევების პირობებში, წარმოების ეფექტურობის ამაღლება და ავტომატიზაციის დანერგვა გადამწყვეტ მნიშვნელობას იძენს ნებისმიერი საწარმოსთვის.

წარმოების ტექნოლოგია და სამრეწველო რობოტიკა წარმოადგენს ორ ურთიერთდაკავშირებულ მიმართულებას, რომლებიც უზრუნველყოფენ საწარმოო პროცესების ოპტიმიზაციას, პროდუქტიულობის ზრდას და სამუშაო პირობების გაუმჯობესებას. წარმოების ტექნოლოგია ფოკუსირებულია საწარმოო ხაზების დიზაინზე, მართვასა და განვითარებაზე, ხოლო სამრეწველო რობოტები უზრუნველყოფენ ამ პროცესების ფიზიკურ განხორციელებას.

ბოლო წლებში სულ უფრო მეტი ქარხანა მიმართავს ქარხნის ავტომატიზაციას და რობოტიზაციას, განსაკუთრებით განვითარებულ ქვეყნებში, როგორცაა იაპონია. ეს ტენდენცია განპირობებულია არა მხოლოდ ეკონომიკური მიზნით, არამედ უსაფრთხოების მოთხოვნებით და საშიში სამუშაოებისგან ადამიანების დაცვის აუცილებლობით.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია წარმოების ტექნოლოგიისა და სამრეწველო რობოტების არსის, ფუნქციების, კლასიფიკაციისა და პრაქტიკული გამოყენების სფეროების გაშუქება, აგრეთვე მათი როლის შესწავლა თანამედროვე მრეწველობის განვითარებაში.

ძირითადი ნაწილი

„წარმოების ტექნოლოგია“ არის ფიქრი და მეთოდების დანერგვა დიდი რაოდენობით პროდუქციის საწარმოებლად (ან მაღალი შერეული, მცირე ზომის წარმოება). გარდა დიზაინის დაკვირვებისა, უსაფრთხო, ეფექტიანი და იაფი წარმოების

პროცესების განსაზღვრისა და საჭირო აღჭურვილობის დანერგვის გათვალისწინებით, არსებული აღჭურვილობის მორგება ასევე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს.

ბოლო დროს მზარდი ქარხნები მუშაობენ ქარხნის ავტომატიზაციაზე (ქარხნის შიგნით არსებული ყველა პროცესის ავტომატიზაცია) და მიმდინარეობს რთული და მოწინავე პროცესების რობოტიზაცია. არის მრავალი შემთხვევა, როდესაც წარმოების ტექნოლოგიების განყოფილებები განლაგებულია იაპონიაში, ავითარებენ და აყალიბებენ წარმოების პროცესებს მორგებული რობოტების გამოყენებით და შემდეგ აფართოებენ ქარხნებს საზღვარგარეთულ ადგილებში.

რა არის წარმოების ტექნოლოგია?

წარმოების ინდუსტრიაში, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი განყოფილებაა „წარმოების ტექნოლოგია“, მაგრამ ბევრი რამ არ არის ცნობილი იმის შესახებ, თუ რა როლს ასრულებს წარმოების ტექნოლოგია და რა სახის სამუშაოს ასრულებს იგი. მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს წარმოდგენა, რომ უნარების ძალიან მაღალი დონეა საჭირო, ეს არის სამუშაო ადგილი, სადაც შედარებით ბევრი ადამიანია, ვინც სამუშაოს ცვლის ლიბერალური ხელოვნებისა თუ სხვა ინდუსტრიებიდან.

„წარმოების ინჟინერია“ არის საწარმოო ხაზების დიზაინისა და მართვის სამუშაოები კომპანიების ქარხნებში და საწარმოო ობიექტებზე. საწარმოო ხაზი არის საფეხურების სერია ნედლეულისგან სასურველი პროდუქტის დასამზადებლად. მაგალითად, ხე-ტყის დამზადების საწარმოო ხაზი მოიცავს პროცესების რიგს, როგორცაა ნედლი ხის მოჭრა, დაჭრა, გამრობა, ხარისხის შემოწმება და ხარისხის მიხედვით რანჟირება. ეს ნიშნავს მთელ დინებას. წარმოების ინჟინერიის მნიშვნელოვანი ამოცანაა მათი მართვა დაბალფასიანი, სწრაფი მიწოდების, მაღალი ხარისხის წარმოების სისტემის შესაქმნელად.

წარმოების ტექნოლოგიის მუშაობა არ არის მხოლოდ საწარმოო ხაზების დიზაინი და მართვა. თუ იდეალური საწარმოო ხაზისთვის საჭირო აღჭურვილობა გვაკლია, შესაძლოა მის განვითარებაზე ვიმუშაოთ. რა თქმა უნდა, აუცილებელია დარგში გამოყენებული სხვადასხვა ტექნოლოგიის გაგება, მაგრამ ასევე საჭიროა მენეჯმენტის უნარები, ამიტომ ბევრი ადამიანი ლიბერალური ხელოვნების ფონზე მუშაობს წარმოების ინჟინერიაში.

შეიმუშავეთ და შექმენით ეფექტიანი წარმოების სისტემა.

არსებობს რამდენიმე მნიშვნელოვანი პუნქტი, რომელიც განსაკუთრებით უნდა გაითვალისწინოთ წარმოების ინჟინერიაში მუშაობისას. ერთ-ერთი მათგანია „უაღრესად პროდუქტიული და ეფექტიანი საწარმოო ხაზების დიზაინი“. პროდუქტიულობა მოიცავს „კაპიტალის პროდუქტიულობას“ და „შრომის პროდუქტიულობას“, ხოლო წარმოების ტექნოლოგია გულისხმობს ეფექტიანი საწარმოო ხაზების შექმნას ამ ციფრების გათვალისწინებით.

კაპიტალის პროდუქტიულობა არის ინდიკატორი იმისა, თუ რამდენი პროდუქტის წარმოება შეიძლება ქარხნის აღჭურვილობისგან, ხოლო შრომის პროდუქტიულობა არის ქარხნის პერსონალის შრომის ეფექტიანობის მაჩვენებელი.

მაღალი კაპიტალის პროდუქტიულობა ნიშნავს, რომ აღჭურვილობა ძალიან ეფექტიანია, ხოლო შრომის მაღალი პროდუქტიულობა ნიშნავს, რომ მეტი წარმოება ხდება ნაკლები მუშაკით. წარმოების ინჟინრის სამუშაოა გამოიკვლიოს და განიხილოს გამოყენებული აღჭურვილობა, ასევე სამუშაო პროცედურები, გარემო და მუშაობის სტილი, პროდუქტიულობის გაუმჯობესების მიზნით. ამ პროდუქტიულობის ინდიკატორების სრულად გამოსაყენებლად და სამუშაო ადგილის ეფექტიანობის გასაუმჯობესებლად, სასარგებლო იქნება მენეჯმენტის აღრიცხვის ცოდნა.

არსებული წარმოების სისტემასთან დაკავშირებული საკითხების აღმოჩენა და გადაწყვეტა.

წარმოების საინჟინრო სამუშაოების მიზანია წარმოების ადგილზე პროდუქტიულობის გაუმჯობესება. ჩვენი მიზნების მისაღწევად აუცილებელია მიმდინარე წარმოების სისტემის ანალიზი, პრობლემების აღმოჩენა და მათი გაუმჯობესება და გადაჭრა. პრობლემების აღმოსაჩენად და მოსაგვარებლად აუცილებელია კაპიტალის პროდუქტიულობისა და შრომის პროდუქტიულობის რეგულარულად გაზომვა და აღრიცხვა. შემდეგ ჩაწერილი ინფორმაციის საფუძველზე აუცილებელია მრავალმხრივი ანალიზის ჩატარება, საწარმოო ხაზის სტატუსისა და პრობლემების აღმოჩენა და გაუმჯობესების ღონისძიებების სწრაფ ციკლში განხორციელება.

ბიზნეს პროცესებში წარმოების ტექნოლოგია ხშირად თამაშობს ჰიპოთეზების ფორმულირებისა და გადამოწმების როლს პრობლემების გადასაჭრელად. გარდა ამისა, ჩვენ ვალდებულნი ვართ ვუპასუხოთ სეზონურ რყევებს, როგორცაა პერსონალის ტრანსფერი და პერსონალის ცვლილებები. როდესაც წარმოების ინჟინერი აღმოაჩენს პროდუქტიულობის გაუმჯობესების ეფექტიან მეთოდებს ან იდეებს, წარმოების ინჟინრებისთვის მნიშვნელოვანი სამუშაოა მათი შეთავაზება კომპანიის შიგნით და მათი გავრცელება სამუშაო ადგილზე.

წარმოების ტექნოლოგია შეიძლება ითქვას, რომ არის „საწარმოო ადგილის საკონტროლო კომპი“, რომელიც ცენტრალურ როლს ასრულებს მუდმივად ცვალებად გარემოზე რეაგირებაში.

წარმოების ახალი ტექნოლოგიის შემუშავება და დანერგვა.

წარმოების ტექნოლოგიაში მუშაობა მოითხოვს არა მხოლოდ აქტუალური საკითხების მოგვარებას, არამედ ახალი წარმოების ტექნოლოგიების კვლევას და მათი დანერგვის შეთავაზებას.

თუ აღმოაჩენთ ახალ ტექნოლოგიას, რომელიც ეფექტიანია პროდუქტიულობის გასაუმჯობესებლად, თუ მისი სწრაფად დანერგვა შეგიძლიათ, მოახერხებთ მიიღოთ უპირატესობა ინდუსტრიაში.

ერთი ადამიანის აღმოჩენები და წინადადებები ხშირად ქმნის ორგანიზაციის საწარმოო საქმიანობას და კონკურენტულ უპირატესობას, ამიტომ ტექნიკური ცოდნისა და წინადადებების მქონე უნარის ინჟინრები ძალიან არიან დაფასებულნი ამ სფეროში.

წარმოების ტექნოლოგიას ხშირად სჭირდება სპეციალიზებული ტექნიკური ცოდნა, რადგან ის ასრულებს ადგილზე გამოსაყენებელი ტექნოლოგიების შერჩევასა და გადაწყვეტილების როლს. თუმცა, ამავდროულად, ასევე მნიშვნელოვანია ადგილზე სიტუაციის ზედმიწევნით მოსმენა და ბევრ კომპანიაში წარმოების ტექნოლოგიას ამუშავებენ მრავალი წევრი, რომლებიც იზიარებენ როლებს. ამიტომ, ყველა წევრი არ არის ტექნიკური სპეციალისტი და წევრებში ხშირად შედიან ახალწვეულები და გამოუცდელი ადამიანები.

აღჭურვილობის დანერგვა და მონტაჟი.

საწარმოო აღჭურვილობასთან მუშაობისას უამრავი შესაძლებლობაა დაგეგმოს და შევთავაზოთ წინადადებები აღჭურვილობის დანერგვასა და დამონტაჟებასთან დაკავშირებით. აღჭურვილობის დანერგვა დიდ ხარჯებს მოითხოვს, მაგრამ წარმოების ინჟინერიის პერსონალს მოეთხოვება, რომ შეძლოს მისი მოქმედების მტკიცებულებით ახსნა. დანერგვის განხილვისას, აუცილებელია შეფასდეს, თუ რამდენად მოსალოდნელია პროდუქტიულობის გაუმჯობესება ახალი აღჭურვილობის დანერგვით და რამდენი დრო დასჭირდება ხარჯების აღდგენას.

მიუხედავად იმისა, რომ საბოლოო გადაწყვეტილების მიღების უფლებამოსილება ეკუთვნის მენეჯმენტ გუნდს, ეჭვგარეშეა, რომ წარმოების ინჟინერია არის პროფესია, რომელსაც აქვს დიდი ავტორიტეტი, როდესაც საქმე ეხება აღჭურვილობის დანერგვასა და დამონტაჟებას. თუ წარმოების ტექნოლოგიის გუნდი შესანიშნავია, იქნება მეტი შესაძლებლობა ადგილზე ახალი აღჭურვილობის დამონტაჟებისთვის, რაც აუმჯობესებს ადგილზე პრო-დუქტიულობას, აუმჯობესებს არა მხოლოდ გაყიდვას, არამედ სამუშაო გარემოსაც.

იმის გამო, რომ აღჭურვილობის დანერგვა და მონტაჟი დიდ გავლენას ახდენს არა მხოლოდ საიტზე, არამედ კორპორატიულ მენეჯმენტზე, მნიშვნელოვანია ცოდნა და განსჯა, ისევე როგორც ადგილზე არსებული სიტუაციის სწორი გაგება.

რა არის წარმოების ტექნოლოგიის მიმზიდველობა?

წარმოების ტექნოლოგიების სამუშაოები შეიძლება ითქვას, რომ არის სამუშაოები, რომლებიც განლაგებულია წარმოების ადგილზე მომუშავე თანამშრომლებსა და კომპანიის მმართველ გუნდს შორის. ეს იმიტომ ხდება, რომ ისინი რეალურად სტუმრობენ საიტს და იღებენ პირველ მხრივ ტექნიკურ და გარემოსდაცვით საკითხებს, მენეჯერის მსგავსად ანალიზებენ და მართავენ ნომრებს.

სამუშაო ადგილის ხმების მენეჯმენტამდე გადასაცემად, აუცილებელია საწარმოო აქტივობების წარმართვა სამუშაო ადგილთან ერთიანობის გრძნობით. მეორე მხრივ, როგორც მენეჯმენტის გუნდს, მათაც უნდა ჰქონდეთ მენეჯერული პერსპექტივა, რომელიც მოიცავს რიცხვითი მონაცემებიდან საკითხების იდენტიფიცირებას და მათ გადაჭრას ბიზნესის პროდუქტიულობის გაზრდის დროს.

იმის გამო, რომ ეს სამუშაო მოითხოვს ჩვენგან ვიცოდეთ როგორც ადგილზე, ასევე მენეჯმენტის პერსპექტივები, ჩვენ შეგვიძლია შევიძინოთ არა მხოლოდ

სპეციალიზებული ცოდნა წარმოების ადგილის შესახებ, არამედ მენეჯმენტის პერსპექტივაც.

სინამდვილეში, არის მრავალი შემთხვევა, როდესაც ადამიანები, რომლებიც დიდი ხნის განმავლობაში მუშაობდნენ წარმოების ინჟინერიის სფეროში, დაწინაურდნენ მენეჯერულ პოზიციებზე, როგორცაა ქარხნის მენეჯერი ან CTO, (CTO არის პოზიცია, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს და პასუხისმგებელია კომპანიის ტექნიკურ ასპექტებზე. სისტემისა და სერვისების განვითარებაში ტექნოლოგიების გარდა, ის ასევე ჩართულია ბიზნეს სტრატეგიაში და მიიპყრო ტექნოლოგიური სახელმძღვანელო კომპანიების ყურადღება ოპტიმალური ტექნოლოგიური სტრატეგიების შექმნაში მისი როლისთვის. ასევე მნიშვნელოვანია, როგორც პოზიცია, რომელიც განასახიერებს ტექნოლოგიის მენეჯმენტის (MOT) პერსპექტივას, რომელიც, როგორც ამბობენ, არის კომპანიის გადარჩენის გასაღები.) ადამი-ანები, რომლებიც ძლიერები არიან როგორც ტექნოლოგიაში, ისე ბიზნესში, შეიძლება ველოდოთ აქტიურ როლს სხვადასხვა ინდუსტრიაში, ამიტომ წარმოების ინჟინერია ასევე მიმზიდველი სამუშაოა მათთვის, ვისაც სურს გაიზარდონ როგორც ბიზნესმენები.

წარმოების საინჟინრო სამუშაო წერტილები.

ზოგიერთ ადამიანს უჭირს წარმოების საინჟინრო სამუშაოები, რადგან ის მოითხოვს როგორც ტექნოლოგიას, ისე მენეჯერულ პერსპექტივას. წარმოების ინჟინერიაში მუშაობის რამდენიმე ხრიკი არსებობს და მათი წინასწარ ცოდნა დაგეხმარებათ შეუფერხებლად მუშაობაში.

წარმოების ინჟინერიაში მუშაობისას მთავარია „მოუსმინო დარგის ხმებს“. წარმოების ადგილზე წარმოიქმნება მრავალი პრობლემა. ამიტომ, დარგში მომუშავე თანამშრომლებთან ინტერვიუებით შეგროვებული ინფორმაცია არის მძლავრი მინიშნება იმ საკითხების მოსაძებნად, რომლებიც არ არის ასახული რიცხვებში და მრავალი საკითხიდან ყველაზე მნიშვნელოვანი საკითხის იდენტიფიცირებისთვის.

მაგალითად, ისეთი ინფორმაცია, როგორცაა „როცა ნედლეული, რომელსაც ჩვენ ვმუშაობთ სამუშაოზე, ხვდება სამუშაო ტანსაცმელზე, ჩნდება უცნაური სუნი,“ ან „ამ ბოლო დროს მანქანა უცნაურ ხმებს გამოსცემს მხოლოდ გარკვეული ნაწილების დამზადებისას“. დიდ გავლენას არ ახდენს წარმოების მაჩვენებლებზე, შესაძლოა. თუმცა, თანამშრომლებისა და ქარხნის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პერსპექტივიდან ეს არის საკითხი, რომელიც რაც შეიძლება მალე უნდა დადასტურდეს და დაიხვეწოს.

პრობლემების თავიდან აცილება შეგიძლიათ არა მხოლოდ სისტემის მიერ შეგროვებული და გაზომილი რიცხვითი მონაცემების მოსმენით, არამედ იმ საგნების, რისი გაგებაც შესაძლებელია მხოლოდ ადგილზე.

გარდა ამისა, წარმოების ინჟინრები აცნობებენ მენეჯმენტს ადგილზე არსებულ პირობებს, მაგრამ მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ ნომრების, არამედ ადგილზე არსებული ხმების მიწოდებაც, როგორცაა სამუშაო გარემოსთან და სამუშაო ტემპთან დაკავშირებული საკითხები. ფრონტის ხმების მენეჯმენტამდე ზუსტად გადმოცემით,

ჩვენ ვიმსახურებთ როგორც ხიდს მენეჯმენტსა და წინა ხაზზე და ვთამაშობთ ღია ორგანიზაციის შექმნის როლს.

ახალი აღჭურვილობისა და ტექნოლოგიების შერწყმა მიმდინარე ხარვეზებთან.

პროდუქტიულობის გაუმჯობესების მიზნით, რაც წარმოების ტექნოლოგიის პასუხისმგებლობაა, ხშირად საჭიროა ახალი აღჭურვილობისა და ტექნოლოგიების დანერგვა. ახალი აღჭურვილობისა და ტექნოლოგიების დანერგვა მიმზიდველია, მაგრამ ახალი აღჭურვილობის დანერგვისას საჭიროა მტკიცე განსჯის კრიტერიუმები. აქ ბიზნეს პერსპექტივა უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე ტექნიკური პერსპექტივა. სისტემის დანერგვისას აუცილებელია ადგილზე არსებული საკითხების იდენტიფიცირება და აღჭურვილობისა და ტექნოლოგიების დანერგვა, რომელიც შეავსებს უფსკრული იდეალურ მდგომარეობასა და არსებულ ვითარებას შორის.

აღჭურვილობაში ინვესტიცია მხოლოდ მუშაობის გასაუმჯობესებლად ან ტენდენციების დასაკმაყოფი-ლებლად ბევრ შემთხვევაში გამოიწვევს მაღალ ხარჯებს. აუცილებელია ადგილზე არსებული პრობლემების ზუსტად გააზრება და პრობლემის გასაუმჯობესებლად შესაბამისი აღჭურვილობისა და ტექნოლოგიის შერჩევა, ასევე გადაწყვეტილების მიღების ცოდნა. წარმოების ინჟინერიაში კარგი იდეაა ყოველთვის იყოს დაინტერესებული ახალი აღჭურვილობითა და ტექნოლოგიით და როდესაც გაეცნობით ინფორმაციას, იფიქრეთ, შეიძლება თუ არა მისი გამოყენება თქვენს სამუშაო ადგილზე.

ვინ არის შესაფერისი სამუშაოსთვის წარმოების ინჟინერიაში?

წარმოების ინჟინერია არის სპეციალური სამუშაო, რომელიც მოიცავს როგორც ტექნოლოგიას, ასევე მენეჯმენტს, ამიტომ ის მოითხოვს ამ სამუშაოსთვის შესაფერისი პიროვნების მქონე ადამიანებს. მოდით შევხედოთ, თუ რა ტიპის პიროვნებები და მახასიათებლებია შესაფერისი წარმოების ინჟინერიაში მუშაობისთვის.

კარგი კომუნიკაციის უნარი..

წარმოების ინჟინერია არის სამუშაო, რომელიც მოიცავს წარმოებაში ჩართულ ბევრ განყოფილებასთან მუშაობას. ჩართული ადამიანები ასაკისა და პოზიციის მიხედვით არიან დაწყებული გენერალური თანამშრომლებიდან დაწყებული ადგილზე მენეჯერებით, შიგა მენეჯერების დონის მენეჯერებით და აღმასრულებლებით. ამიტომ, წარმოების ტექნოლოგიაში აუცილებელია ზუსტი და უპრობლემოდ კომუნიკაციის უნარი მრავალფეროვან ადამიანებთან.

განსაკუთრებით წარმოების ტექნოლოგიაში, ხშირად ძნელია განსხვავებული მოსაზრებების მქონე ადამიანების მოსაზრებების შეჯერება. თუ ასეთ სიტუაციებში კარგად ვერ ახერხებთ, შეიძლება ვერ მოიპოვოთ საჭირო ინფორმაცია ან თქვენს მომავალ საქმიანობაზე შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს. გარდა ამისა, სხვადასხვა ადამიანებისგან გულწრფელი მოსაზრებების შეგროვების მიზნით, მნიშვნელოვანია რეგულარულად დაამყაროთ ურთიერთობები, ურთიერთქმედება ისე, რომ მოიპოვოთ ნდობა, და იმოქმედოთ და გქონდეთ გამოცდილება.

მათთვის, ვისაც სურს განაგრძოს კარიერა წარმოების ტექნოლოგიაში, კარგი იდეა იქნება, რომ იცოდეს და ივარჯიშოს კომუნიკაციის უნარებში.

სამრეწველო რობოტები

1. სამრეწველო რობოტის განმარტება

სამრეწველო რობოტები განსაზღვრულია შემდეგნაირად JIS-ში და კანონებში.

<p>JIS B 0134 განმარტება 1130 (ISO8373)</p>	<p>მანქანა, რომელსაც აქვს სამი ან მეტი ღერძი, მუშაობს ავტომა-ტური კონტროლის ქვეშ და აქვს რეპროგრამირებადი და მრავალმხრივი მანიპულ-ირების ფუნქციები. ზოგს მოძრაობის ფუნქცია აქვს და ზოგს არა.</p>
<p>JIS B 8433-1</p>	<p>რავალფუნქციური მანი-პულატორები ფიქსირებული ან მოძრავი პოზიციებით, პროგრამირებადი სამი ან მეტი ღერძით, ავტომა-ტურად კონტროლირებადი და ხელახალი პროგრამი-რებადი სამრეწველო ავტო-მატიზაციის აპლიკაციებში გამოსაყენებლად (JIS B 0134:1998, განმარტება 1130 შესწორებული განმარტება)</p> <p>შენიშვნა 1 რობოტები მოიცავს:</p> <ul style="list-style-type: none"> - მანიპულატორებს (მათ შორის აქტუატორებს); - კონტროლის სისტემებს, მათ შორის სასწავლებლებს და საკომუნიკაციო ინტერფეისებს (ტექნიკა და პროგრამული უზრუნველყოფა); 2 რობოტი მოიცავს ნებისმიერ დამატებით ღერძს, რომელსაც აკონტრო-ლებს რობოტი კონტრო-ლერი. <p>3 ამ სტანდარტის მიზნებისათვის შემდეგი აღჭურვილობა ითვლება სამრეწველო რობოტად:</p> <ul style="list-style-type: none"> ა) ხელით მართვადი რობოტი ბ) მობილური რობოტის მანიპულატორის ნაწილი გ) თანამშრომლობითი რობოტები
<p>სამრეწველო უსაფრთხოებისა და ჯანმრთელობის აქტი</p>	<p>მას აქვს მანიპულატორი და შესაძლებელია მოწყობილობა (მათ შორის ცვლადი თანმიმდევ-რობის კონტროლის მო-წყობილობა და ფიქსირებული მიმდევრობის კონტროლის მოწყობილობა) და შენახვის მოწყობილობაში არსებული ინფორმაციის საფუძველზე მანიპულატორს შეუძლია გახა-ნგრძლივება და შეკუმშვა, მოხრილი და დაჭიმვა, ზევით და ქვევით გადაადგილება, გადაადგილება. მარცხნივ და მარჯვნივ, ან როტაცია, ან ამ ოპერაციების კომბინაცია. მანქანები,</p>

	რომლებსაც შეუძლიათ ამის გაკეთება ავტომატურად (გამოკვლევისა და განვითარების პროცესში მყოფი მანქანების გამოკლებით და ჯანდაცვის, შრომისა და კეთილდღეობის მინისტრის მიერ განსაზღვრული)
--	--

მანიპულატორი არის ინდუსტრიული რობოტის მკლავი. ნაწილი, რომელიც შეესაბამება ადამიანის მკლავს, ასრულებს სხვადასხვა დავალებს.

განსხვავება „მომსახურების რობოტისგან“.

გარდა სამრეწველო რობოტებისა, არსებობენ რობოტებიც სახელწოდებით „მომსახურების რობოტები“.

მომსახურე რობოტები ძირითადად მოიცავს ჰუმანოიდ რობოტებს, როგორცაა მიმღები და სახელმძღვანელო რობოტები, მაგრამ ასევე მოიცავს ქირურგიული დამხმარე რობოტებს, სამაშველო რობოტებს და ენერჯის დამხმარე რობოტებს.

სამრეწველო რობოტები „ანაცვლებენ“ ადამიანის მუშაობას ქარხნებში და ა.შ., ხოლო მომსახურე რობოტები „უჭერენ მხარს“ ადამიანის ამოცანებსა და მოძრაობებს.

Sugino Machine-ის მცირე მცოცავი ტიპის სამუშაო რობოტები ასევე კლასიფიცირდება როგორც მომსახურე რობოტები, რადგან ისინი ასრულებენ სამუშაოს დისტანციურად იმ ადგილებში, სადაც ადამიანები ვერ შედიან.

2. სამრეწველო რობოტების აპლიკაციები და გამოყენების სფეროები.

სამუშაოს ავტომატიზაციის აუცილებლობა ბოლო წლებში გაიზარდა მუშახელის დეფიციტისა და საშიში სამუშაოსგან თავისუფლების გამო.

სამრეწველო რობოტები გამოიყენება ყველა სახის სამუშაოს ავტომატიზაციისთვის, მათ შორის დამუშავების, აწყობის, შედუღების, ტრანსპორტირებისა და ინსპექტირების ჩათვლით და გამოიყენება მრავალფეროვან ინდუსტრიაში, მათ შორის საავტომობილო ინდუსტრიაში, ელექტრო და ელექტრონული მოწყობილობების ინდუსტრიაში, ნახევარგამტარულ მრეწველობაში, კვების მრეწველობაში. და სოფლის მეურნეობა. დანერგილია.

არსებობს მრავალი სხვადასხვა ტიპის სამრეწველო რობოტი.

3. სამრეწველო რობოტების ტიპები.

სამრეწველო რობოტებს აქვთ საკუთარი მოძრაობები და მახასიათებლები მათი სტრუქტურიდან გამომდინარე, ამიტომ მნიშვნელოვანია აირჩიოთ რობოტი, რომელიც შეესაბამება თქვენს მიზანსა და გამოყენებას.

აქ წარმოგიდგენთ რობოტების კლასიფიკაციას მათი სტრუქტურის მიხედვით.

ვერტიკალური არტიკულირებული რობოტი;

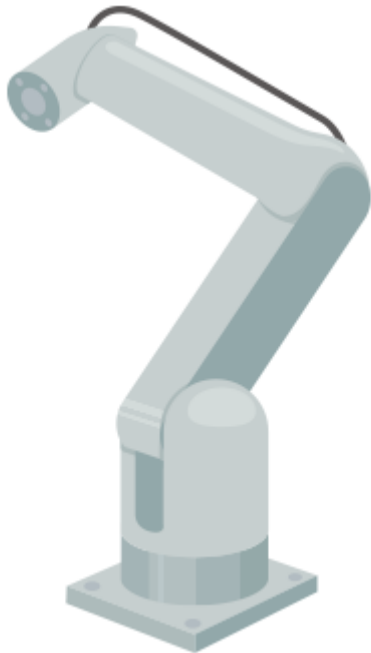
ეს არის უაღრესად მრავალმხრივი რობოტი, რომელიც გამოიყენება სხვადასხვა მიზნისთვის. ის ამჟამად ყველაზე ხშირად გამოყენებული რობოტია.

ამბობენ, რომ მას აქვს შვიდი ცული, ადამიანის მკლავის მოძრაობის მსგავსი და აქვს თავისუფლების მაღალი ხარისხი, რაც რთული მოძრაობების საშუალებას იძლევა.

ასევე არსებობს სპეციალიზებული მოდელები სხვადასხვა გამოყენებისთვის, ამიტომ ვარიაციების ფართო სპექტრია.

მეორე მხრივ, არის გარკვეული ასპექტები, რომლებიც მოძრაობის კონტროლს უფრო ართულებს.

(სურათის წყარო: რობოტის დაიჯესტი).



SCARA რობოტი (ჰორიზონტალური არტიკულირებული რობოტი).

ეს არის იაპონიაში შექმნილი რობოტი. SCARA ნიშნავს Selective Compliance Assembly Robot Arm-ს.

ის ძირითადად შედგება ორი მბრუნავი ღერძისგან და მკლავისგან, რომელიც შეიძლება განთავსდეს სიბრტყეზე, ხაზოვანი ღერძი ვერტიკალური მიმართულებით და მბრუნავი ღერძი, რომელიც არეგულირებს ხელის მიმართულებას.

ეს რობოტი ძირითადად მუშაობს პირდაპირ ზემოდან და კარგად აწყობს.

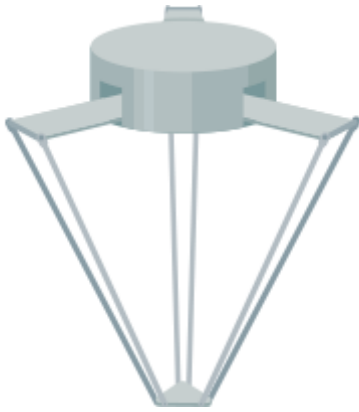
(სურათის წყარო: რობოტის დაიჯესტი)



პარალელური ბმული რობოტი

მკლავს აქვს მაღალი სიმტკიცე თითო მკლავის მასაზე, რაც მას მსუბუქ და ხისტ მკლავს ხდის.

ის კარგად მუშაობს, მაღალსიჩქარიანია და ძირითადად გამოიყენება კრეფის დროს.
(სურათის წყარო: რობოტის დაიჯესტი)

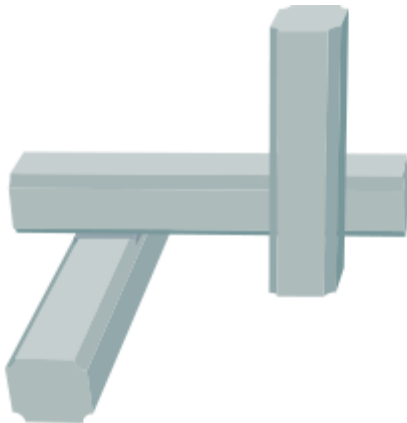


კარტეზიული რობოტი (ერთღერძიანი რობოტი).

ეს რობოტი საჭირო მოძრაობებს აღწევს რამდენიმე ერთღერძიანი რობოტის კომბინაციით.

გამოირჩევა მარტივი სტრუქტურით და დაბალი ღირებულებით.

(სურათის წყარო: რობოტის დაიჯესტი)



ცილინდრული კოორდინატი რობოტი.

ამ რობოტს აქვს წრფივი ღერძი ვერტიკალური და უკან გადაადგილებისთვის და ერთი მბრუნავი ღერძი, რომელიც აბრუნებს მთელ რობოტს.

Sugino Machine-ის "CRb" შედის ამ კლასიფიკაციაში.



პოლარული კოორდინატის რობოტი

ეს არის რობოტი, რომელსაც აქვს ბრუნვის ღერძი, რომელიც ბრუნავს მკლავს ზევით, ქვევით, მარცხნივ და მარჯვნივ, ხოლო მკლავს შეუძლია გაჭიმვა და შეკუმშვა.

ეს მოიცავს Unimate-ს, მსოფლიოში პირველ ინდუსტრიულ რობოტს ამერიკული კომპანია Unimation-ისგან (მსოფლიოში პირველი ინდუსტრიული რობოტების მწარმოებელი კომპანია).

Sugino Machine-მა შექმნა მსგავსი რობოტი 1969 წელს და გამოაცხადა ის, როგორც საჰაერო ძრავის მქონე რობოტი "Subman".

ერთობლივი რობოტი

სტრუქტურის მიხედვით კლასიფიკაციის გარდა, ბოლო წლებში გამოჩნდა სამრეწველო რობოტები სახელწოდებით "თანამშრომლობითი რობოტები".

ტიპური სამრეწველო რობოტები საჭიროებენ უსაფრთხოების ღონისძიებებს და უსაფრთხოების აღჭურვილობას, მაგრამ ერთობლივი რობოტები უაღრესად უსაფრთხოა, როგორცაა გაჩერება ადამიანებთან ან ობიექტებთან შეხებისას და შეუძლიათ იმუშაონ იმავე სივრცეში, როგორც ადამიანმა.

მიუხედავად იმისა, რომ მათ შეუძლიათ ადამიანებთან თანამშრომლობა და მოქნილი სამუშაოს შესრულება, მათ არ შეუძლიათ ისეთი ამოცანების შესრულება, როგორცაა მძიმე საგნების ტრანსპორტირება ან დამუშავება, რომელიც მოითხოვს სიმტკიცეს გამომავალი შეზღუდვების გამო.

4. რა არის CRb?

„CRb“ არის სამრეწველო რობოტი, რომელიც შექმნილია Sugino Machine-ის მიერ და სტრუქტურულად კლასიფიცირებულია, როგორც ცილინდრული კოორდინატის რობოტი.

ეს არის 6 ღერძიანი ან 4 ღერძიანი წამყვანი რობოტი, რომელსაც აქვს მკლავი დაკავშირებული სვეტთან, რომელიც იხსნება, იხურება და ბრუნავს.

მას აქვს ვერტიკალური არტიკულირებული რობოტის მსგავსი თავისუფლებისა და მრავალფეროვნების ხარისხი, მაგრამ იმის გამო, რომ მკლავი მოძრაობს ზევით და ქვევით, წინ და უკან ხაზოვანი მოძრაობის ღერძის საფუძველზე, მას აქვს მაღალი სიმტკიცე და შეუძლია სწორი ხაზით გადაადგილება მაღალი სიზუსტით.

მისი სტრუქტურულიდან გამომდინარე, მკლავი არ არის გამოწეული ძირითადი კორპუსის უკან, რაც შესაფერისს ხდის ვიწრო სივრცეებში მუშაობისთვის.

დასკვნა

წარმოების ტექნოლოგია და სამრეწველო რობოტიკა წარმოადგენს თანამედროვე მრეწველობის ფუნდამენტურ საფუძველს, რომელიც უზრუნველყოფს წარმოების ეფექტურობას, კონკურენტუნარიანობასა და მდგრად განვითარებას.

წარმოების ტექნოლოგიის სფეროში მომუშავე სპეციალისტები ასრულებენ უნიკალურ როლს - ისინი აკავშირებენ საწარმოო პერსონალსა და მენეჯმენტს, აერთიანებენ ტექნიკურ ექსპერტიზას მენეჯერულ კომპეტენციებთან და უზრუნველყოფენ უწყვეტ გაუმჯობესებას. მათი საქმიანობა მოიცავს კაპიტალის და შრომის პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციას, პრობლემების სისტემურ იდენტიფიკაციას, ახალი ტექნოლოგიების დანერგვასა და აღჭურვილობის სწორ შერჩევას.

სამრეწველო რობოტები, თავის მრავალფეროვნებაში - ვერტიკალური არტიკულირებული, SCARA, პარალელური ბმული, კარტეზიული, ცილინდრული და თანამშრომლობითი რობოტები - უზრუნველყოფენ ფართო სპექტრის ოპერაციების ავტომატიზაციას: დამუშავებიდან აწყობამდე, შედუღებიდან ტრანსპორტირებამდე. მათი გამოყენება საავტომობილო, ელექტრონიკის, ნახევარგამტარების და კვების ინდუსტრიებში ხელს უწყობს არა მხოლოდ წარმოების ხარისხისა და სიჩქარის ამაღლებას, არამედ სამუშაო უსაფრთხოების გაუმჯობესებასაც.

განსაკუთრებული ყურადღება მიიპყრო თანამშრომლობითმა რობოტებმა, რომლებიც უსაფრთხოდ მუშაობენ ადამიანებთან ერთად და წარმოადგენენ ადამიან-რობოტი ინტერაქციის ახალ ეტაპს.

მუშახელის დეფიციტის, გლობალური კონკურენციის გაძლიერებისა და უსაფრთხოების მოთხოვნების ზრდის პირობებში, წარმოების ტექნოლოგიისა და რობოტიკის როლი კიდევ უფრო გაიზრდება. ამ სფეროში ინვესტიციები და განვითარება წარმოადგენს გადამწყვეტ ფაქტორს საწარმოების კონკურენტუნარიანობისა და მდგრადი ზრდისთვის.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. JIS B 0134:1998 - იაპონური სამრეწველო სტანდარტი. სამრეწველო რობოტების განმარტება და ტერმინოლოგია. 2016 წ.
2. JIS B 8433-1 - იაპონური სამრეწველო სტანდარტი. სამრეწველო რობოტების უსაფრთხოება 2021წ.
3. ISO 8373 - საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაცია. რობოტიკა და ავტომატიზაცია - ლექსიკონი 2012წ.

4. სამრეწველო უსაფრთხოებისა და ჯანმრთელობის აქტი. იაპონია, ჯანდაცვის, შრომისა და კეთილდღეობის სამინისტრო.
5. Robot Digest (სხვადასხვა გამოცემები) - სამრეწველო რობოტების ტექნიკური მონაცემები და ილუსტრაციები 2024 წ.
6. Sugino Machine Ltd. Technical Documentation - CRb რობოტის სერიის ტექნიკური დოკუმენტაცია 2022 წ.

Manufacturing technologies. Industrial robots

GTU Professor Maia Lomsadze-Kuchava, GTU Associate Professor Nino Giorgishvili, GTU Assistant Professor Giga Jojua

Abstract

The paper covers the essence, role and importance of production technologies and industrial robots in modern production.

Production technology is presented as a complex methodology for designing and managing production lines, aimed at ensuring the efficient, safe and economical production of large quantities of products. The main tasks of production technology are discussed, which include planning production lines, optimizing productivity, identifying and solving problems, developing and implementing new technologies.

Two main productivity indicators are described: capital productivity (equipment efficiency) and labor productivity (labor efficiency). It is emphasized that a production engineering specialist plays a crucial role between production personnel and management, which gives him the opportunity to develop both technical and managerial skills.

Regarding industrial robots, their official definition is presented according to JIS standards and the Industrial Safety Law. The classification of robots according to structural features is discussed: vertical articulated, SCARA, parallel link, Cartesian, cylindrical and polar coordinate robots. Collaborative robots that work safely together with humans are separately mentioned.

A clear distinction is made between industrial and service robots: the former replace human work in a production environment, while the latter support human activity in various fields. The Sugino Machine CRb robot is also presented as an example of a cylindrical coordinate robot, which is distinguished by high accuracy and the ability to work in narrow spaces.

The paper emphasizes the growing importance of automation due to labor shortages and job safety, as well as the widespread use of robots in the automotive, electronics, semiconductor and food industries.

Keywords: manufacturing technology, industrial robots, production line, productivity, automation, robotization.



ეროვნული პოლიციის როლი, საფრანგეთის პოლიტიკურ უსაფრთხოებაში

დავით კუხალაშვილი¹; გოჩა ზაკურაძე²

¹ ისტორიის დოქტორი, პროფესიული უსაფრთხოების დოქტორი, კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტი, ასოცირებული პროფესორი; ² შპს ფსიქიკური ჯანმრთელობის ეროვნული ცენტრი, გენერალური დირექტორი

აბსტრაქტი

XXI საუკუნეში, ეროვნული უსაფრთხოება კვლავ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს. ცივი ომის შემდგომ ჩამოყალიბებული მოსაზრება, რომ გლობალიზაციის პროცესის პარალელურად, გლობალურ დონეზე ომების წარმოება აქტუალურობას დაკარგავდა, არ გამართლდა. განსაკუთრებით ბოლო დროს განვითარებული მოვლენების ფონზე, უსაფრთხოების საკითხმა წინა პლანზე წამოიწია, შესაბამისად მნიშვნელოვანი გახდა, არა მხოლოდ გარე, არამედ შიდა საფრთხეების კუთხითაც არსებული გამოწვევების იდენტიფიცირება. ომის ჰიბრიდული მეთოდებით წარმოებამ, წარმოშვა უსაფრთხოების სექტორზე პასუხისმგებელ სტრუქტურებს შორის მჭიდრო თანამშრომლობის აუცილებლობა, შესაბამისად არსებული რეალობიდან გამომდინარე, ქვეყნები ცდილობენ ერთის მხრივ მოქმედებათა ციკლისა და მეორეს მხრივ პასუხისმგებლობის მიმართულებების გაწერასა და კოორდინაციას. ზემოაღნიშნული საკითხიდან გამომდინარე, განსაკუთრებით საინტერესოა საფრანგეთის რესპუბლიკის ეროვნული პოლიციის როლის განხილვა, რომელიც სტაბილურობის, ლეგიტიმურობისა და დემოკრატიული პროცესების უწყვეტობის უზრუნველყოფის ძირითად საყრდენს წარმოადგენს.

ეროვნული პოლიციის საქმიანობა ხორციელდება საზოგადოებრივი წესრიგის პრევენციული და ოპერატიული უზრუნველყოფის საფუძველზე, შესაბამისად მჭიდრო კოორდინაციაშია შინაგან საქმეთა სამინისტროსთან და სპეცსამსახურებთან, რაც ერთიანი ეროვნული უსაფრთხოების არქიტექტურის საფუძველს წარმოადგენს.

სტატია მიზნად ისახავს, საფრანგეთის რესპუბლიკის ეროვნული პოლიციის მიერ წარმოებული უსაფრთხოების მექანიზმების ეფექტურობის გაანალიზებას, შესაბამისად გამოყენებულ იქნა ხარისხობრივი კვლევის მეთოდი, დესკრიპტიულ - ანალიტიკური მიდგომა, ინსტიტუციური და დოკუმენტური კვლევის მეთოდები. გაანალიზებულია რელევანტური ქართული და უცხოენოვანი სამეცნიერო ლიტერატურა, ასევე

უსაფრთხოების პოლიტიკასთან დაკავშირებული დოკუმენტები, რომლის საფუძველზეც შემუშავდა ორი საკვლევი კითხვა:

➤ რა განაპირობებს საფრანგეთის რესპუბლიკის უსაფრთხოების პოლიტიკის დეტერმინანტებს, ჰიბრიდული ომის კონტექსტში ?

➤ რა ფაქტორები განსაზღვრავენ საფრანგეთის რესპუბლიკის შიდა უსაფრთხოებას? კვლევის შედეგად გამოიკვეთა, რომ საფრანგეთის რესპუბლიკის შიდა უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული საკითხები, ევროპული უსაფრთხოების კონტექსტში აქტუალურია, შესაბამისად ქვეყნის შიგნით მიმდინარე მოვლენებს აქტიურად ეთმობა ყურადღება. კვლევის შედეგად იკვეთება, რომ რაც უფრო აქტუალურია საერთაშორისო ინტერესი, მით უფრო მნიშვნელოვანი ხდება მიმდინარე მოვლენების გაანალიზება. ეროვნული პოლიციის სტრატეგიული ფუნქცია, გამომდინარეობს სახელმწიფოს პოლიტიკური უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში, რაც ურთიერთკავშირშია მრავალდონიან და სახელმწიფოს სტაბილურობაზე უწყვეტად მოქმედ მნიშვნელოვან მექანიზმებთან.

საკვანძო სიტყვები: საფრანგეთის რესპუბლიკა, უსაფრთხოების პოლიტიკა, ეროვნული პოლიცია, ჰიბრიდული მეთოდები, გამოწვევები.

შესავალი

სახელმწიფოს პოლიტიკური უსაფრთხოების არქიტექტურაში, პოლიცია უმნიშვნელოვანეს ინსტიტუციურ საყრდენს წარმოადგენს, შესაბამისად საფრანგეთის ეროვნულ პოლიციას, სახელმწიფოს პოლიტიკური უსაფრთხოების დაცვის ორგანიზების პროცესში, განსაკუთრებული როლი აქვს მინიჭებული. საზოგადოებრივი წესრიგის დაცვასთან ერთად, ეროვნული პოლიციის ფუნქციას წარმოადგენს ისეთი საფრთხეების განეიტრალება, რომლებიც მომდინარეობენ:

- ბრძოლის წარმოების ჰიბრიდული მეთოდებიდან;
- პოლიტიკური ექსტრემიზმიდან;
- დეზინფორმაციიდან;
- სოციალური პოლარიზაციიდან.

ეროვნული პოლიცია, როგორც სტრატეგიული დონის უწყება, სახელმწიფოს მდგრადობის უზრუნველმყოფ ელემენტს წარმოადგენს. სახელმწიფოს პოლიტიკური უსაფრთხოების უზრუნველმყოფ სხვა უწყებებთან ერთად, კოორდინაციას უწევს პრევენციის პროცესს, რათა თავიდან იქნეს აცილებული პოლიტიკური დესტაბილიზაცია, შესაბამისად, ეროვნული პოლიციის აქტიური და წარმატებული საქმიანობა, გარკვეულწილად განსაზღვრავს სახელმწიფოს სტრატეგიული კუთხით შესაძლებლობების დაცვას.

პრობლემის აქტუალობა

თანამედროვე გლობალურ სამყაროში, უსაფრთხოების გარემოს დინამიური ცვლილებები, დაკავშირებულია არაერთ გამოწვევასთან, მათ შორის: პოლიტიკურ რადიკალიზმთან, საპროტესტო მუხტის ზრდასთან, ტერორიზმთან, კიბერუსაფრთხოების რისკებთან, შესაბამისად საფრანგეთის ეროვნული პოლიცია გარკვეულწილად ხდება პოლიტიკური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ცენტრალური ინსტიტუტი, რომლის ქმედუნარიანობა განსაზღვრავს სახელმწიფო მმართველობის მდგრადობასა და დემოკრატიული სისტემების სტაბილურობას. სწორედ აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია მისი ინსტიტუციური მექანიზმების, სტრუქტურული გამოწვევებისა და სტრატეგიული ფუნქციების კვლევა და ანალიზი, რათა გაირკვეს, რამდენად ადეკვატურად პასუხობს ეროვნული პოლიცია, იდენტიფიცირებული საფრთხეების პრევენციისა და განეიტრალების პროცესს.

კვლევის მეთოდოლოგია

ნაშრომის შესრულების პროცესში გამოყენებულია ხარისხობრივი კვლევის მეთოდი, დესკრიპტიულ-ანალიტიკური მიდგომა, ინსტიტუციური და დოკუმენტური კვლევის მეთოდები.

თეორიული ჩარჩო ეყრდნობა:

- **ბარი ბუზანის უსაფრთხოების თეორიას**, რომელიც ჩამოყალიბებულია კოპენჰაგენის სკოლის ფარგლებში. თეორიის მიხედვით პოლიტიკური უსაფრთხოება, როგორც უსაფრთხოების ხუთი განზომილებიდან ერთ-ერთი, გულისხმობს შიდა და გარე საფრთხეებისაგან, როგორც მმართველი ხელისუფლების და ინსტიტუტების, ასევე იდეოლოგიის დაცვას.¹
- **ჰანს ბორნის, მარინა ჩაპარინის, ფილიპ ფლურის თეორიას**, დემოკრატიული კონტროლი ძალოვან სტრუქტურებზე, რომლის მიხედვითაც პოლიციური უწყებები, სხვა ძალოვან უწყებებთან ერთად უნდა დაექვემდებარონ სამოქალაქო ხელისუფლების კონტროლს, ძალაუფლების ბოროტად გამოყენების, სამხედრო დომინაციის და პოლიტიკური ჩარევის თავიდან აცილების მიზნით.²
- **ფრანკ ჰოფმანის ჰიბრიდული საფრთხეების თეორიას**, რომელშიც გამოკვეთილია, რომ სამიზნე სახელმწიფოს წინააღმდეგ ზეწოლის უზრუნველსაყოფად

¹Buzan, B., „*People, States and Fear: The National Security Problem in International Relations*”, Revised ed. 1991, [http://213.55.90.4/admin/home/Dmu%20Academic%20Resource/Postgraduate%20Studies/Political%20Science/IR People%2C States and Fear National Security Problem in International Relations 1983.pdf](http://213.55.90.4/admin/home/Dmu%20Academic%20Resource/Postgraduate%20Studies/Political%20Science/IR%20People%2C%20States%20and%20Fear%20National%20Security%20Problem%20in%20International%20Relations%201983.pdf);

²Born, H., Fluri H.P., Lunn, S. „*Oversight and Guidance: The Relevance of Parliamentary Oversight for the Security Sector and Its Reform*”, Geneva Centre for the Democratic Control of Armed Forces (DCAF), 2003, https://www.dcaf.ch/sites/default/files/publications/documents/dcaf_doc4.pdf;

შესაძლებელია ერთდროულად გამოყენებულ იქნეს, როგორც პოლიტიკური და ეკონომიკური, ასევე სამხედრო, საინფორმაციო და კიბერ საფრთხეები.³

სამეცნიერო სიახლე

ღია წყაროებში არსებულ ლიტერატურაში, ფრანგული ეროვნული პოლიცია ძირითადად განიხილება სახელმწიფოს კრიმინალური უსაფრთხოების, საზოგადოებრივი წესრიგისა და ტერორიზმის წინააღმდეგ ბრძოლის ჭრილში. ნაშრომის ფარგლებში წარმოდგენილი ინფორმაციის მიზანს წარმოადგენდა, მეცნიერული კუთხით გაანალიზებულიყო პოლიციის ინსტიტუციური როლი, პოლიტიკური უსაფრთხოების თემატიკაში, ვინაიდან ზემოაღნიშნული თემატიკა მეცნიერულად ნაკლებად არის შესწავლილი და გაანალიზებული, შესაბამისად სამეცნიერო წრისთვის შეთავაზებულ იქნება ინსტიტუციური მექანიზმების სისტემური მოდელის ხედვა, რომელშიც გაერთიანებულია, როგორც საფრანგეთის ეროვნული პოლიციის სტრუქტურა და კომპეტენცია, ასევე პოლიტიკური დესტაბილიზაციის თავიდან აცილების პროცესში მისი ჩართულობა. ნაშრომის სიახლეს წარმოადგენს, ჰიბრიდული საფრთხეების გათვალისწინებით, საფრანგეთის ეროვნული პოლიციის, როგორც ბრძოლის პოლიტიკურ ინსტრუმენტად გამოყენების შესაძლებლობის განხილვა, შესაბამისად სამეცნიერო წრისათვის წარმოდგენილია ახალი მიდგომა. საფრანგეთის ეროვნული პოლიცია წარმოდგენილია არა მხოლოდ, როგორც უსაფრთხოების სიმბოლური ინსტიტუტი არამედ, როგორც პოლიტიკური სტაბილურობის უზრუნველმყოფი და კონტრსადაზვერვო საქმიანობის ხელშემწყობი აქტორი, რომელსაც შესწევს უნარი, სახელმწიფოს წინააღმდეგ მიმართული საფრთხის რისკები გაანეიტრალოს ან დაიყვანოს მინიმუმამდე. აღსანიშნავია, რომ ქართულ სამეცნიერო სივრცეში, აღნიშნული მიმართულებით კვლევები, პრაქტიკულად ნაწარმოები არ არის.

სახელმწიფოს პოლიტიკური უსაფრთხოების მდგრადობის უზრუნველყოფა დამოკიდებულია სახელმწიფო სტრუქტურების უნარზე, გაუმკლავდეს, როგორც შიდა, ისე გარე საფრთხეებს, შესაბამისად, პოლიტიკური უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის, უმნიშვნელოვანესია მისი კომპონენტების დაცვა დამაზიანებელი ზემოქმედებისაგან. სახელმწიფოში პოლიტიკურად სტაბილური გარემოს შექმნა და შენარჩუნება, ურთიეთკავშირშია მდგრადი მმართველობითი სისტემის ორგანიზებასთან, რომელიც თავის მხრივ პოლიტიკური უსაფრთხოების მნიშვნელოვან კომპონენტს წარმოადგენს. ზემოაღნიშნულთან ერთად, დემოკრატიული ინსტიტუტების დაცვა და გამართულად ფუნქციონირება, ისევე როგორც სოციალური და პოლიტიკური თანხმობის შენარჩუნება უცხო ქვეყნების დაინტერესების სფეროს წარმოადგენს, შესაბამისად, სახელმწიფოს პოლიტიკური უსაფრთხოება, ბმავია როგორც სამხედრო, ეკონომიკურ და ინფორმაციულ, ისე სხვა სახის უსაფრთხოებასთან.

სახელმწიფოს სტაბილურობა, განისაზღვრება სახელმწიფო ინსტიტუტების საქმიანობის კანონიერებით, რომლის ფარგლებშიც პოლიტიკური გადაწყვეტილებები,

³Hoffman, F. G. „Conflict in the 21st Century: The Rise of Hybrid Wars”, Potomac Institute for Policy Studies, 2007, https://www.potomac institute.org/images/stories/publications/potomac_hybridwar_0108.pdf;

ცვლილებები და მიმართველობითი პროცესი, დადგენილი წესების შესაბამისად მიმდინარეობს. ფაქტია, რომ სახელმწიფოში სტაბილურობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან განმაპირობებელ გარემოებას, ერთის მხრივ ძალოვან სტრუქტურებზე კომპეტენტური სამოქალაქო კონტროლის არსებობა და მეორეს მხრივ სახელმწიფო ინსტიტუტებისადმი ნდობის ფაქტორი წარმოადგენს, თუმცა აქვე უმნიშვნელოვანესია საზოგადოების მხრიდან, მიმდინარე პროცესებისა და დემოკრატიული პრინციპების დაცვით მიღებული გადაწყვეტილებებისადმი მოქალაქეთა სრული მხარდაჭერა. მიუხედავად იმისა, რომ სახელმწიფოებს გააჩნიათ პოლიტიკური უსაფრთხოების სტრატეგია, რომლის ძირითადი მიმართულებები, სხვა მნიშვნელოვან დოკუმენტებთან ერთად ასახულია ეროვნული უსაფრთხოების კონცეფციაში, უმნიშვნელოვანესია, მომდინარე საფრთხეებიდან გამომდინარე, სწრაფი და მოქნილი სისტემების ჩამოყალიბება, რომელთა კოორდინირებული მუშაობითაც შესაძლებელი გახდება არა მხოლოდ დოკუმენტებში ცვლილებების შეტანა, არამედ პრაქტიკული კუთხითაც მოქმედებები.

რუსეთის ფედერაციის შეჭრამ უკრაინაში, პრაქტიკულად განაპირობა ევროპული სახელმწიფოების მხრიდან უსაფრთხოების კუთხით არსებული პოლიტიკის გადახედვის აუცილებლობა, რაც ერთის მხრივ უსაფრთხოების სტრატეგიებში ცვლილებების შეტანაში და მეორეს მხრივ სამხედრო ბიუჯეტის ზრდაში აისახა. საფრანგეთის ეროვნული უსაფრთხოების ახალი კონცეფციის მიხედვით, რომელიც გათვლილია 2030 წლამდე, განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია ტერორიზმის წინააღმდეგ ბრძოლაზე, ჰიბრიდულ საფრთხეებზე და კიბერუსაფრთხოებაზე.

თანამედროვე ეტაპზე საფრანგეთის ეროვნული უსაფრთხოების სტრატეგიაში იკვეთება შემდეგი პრიორიტეტული მიმართულებები:

- ეფექტური ბირთვული შეკავების მექანიზმის არსებობა;
- საფრთხეებიდან გამომდინარე, ადეკვატური თავდაცვითი ბიუჯეტის შემუშავება;
- კიბერსაფრთხეებისადმი მდგრადობა;
- ევროპული თავდაცვის სტრატეგიული ავტონომიურობა;
- გადაწყვეტილების მიღების პროცესის გამარტივება;
- ჰიბრიდული საფრთხის პირობებში, სამოქმედო გეგმის ფარგლებში მოქმედება;
- დამოუკიდებლად, სამხედრო ოპერაციების წარმართვა.⁴

ნებისმიერი სახელმწიფოს ეროვნული უსაფრთხოების კონცეფციის მიზნების აღსრულებაში, განსაკუთრებული ადგილი აქვს დაკავებული პოლიციური უწყებების წარმატებულ საქმიანობას.

საფრანგეთის თანამედროვე პოლიციის სისტემაში, ფიქსირდება ორ კომპონენტისანი მოდელი, რომელშიც გაერთანებულია ეროვნული პოლიცია და ეროვნული ჟანდარმერია.⁵

⁴Friedrich Naumann Foundation for Freedom, „France's New Security Strategy, More Leadership in the EU ?” November 29, 2022, <https://www.freiheit.org/european-union/frances-new-security-strategy>;

⁵Open Society Institute New York, „Profiling Minorities: A Study of Stop-and-Search Practices in Paris”, 2009, https://www.justiceinitiative.org/uploads/84bc8c8ba-53cb-4bcc-8d18-ad801faa9641/search_20090630.Web.pdf;

ორივე სტრუქტურული ერთეული, შინაგან საქმეთა სამინისტროს ექვემდებარება და იმყოფება ერთიანი პოლიტიკური მმართველობის ქვეშ. დღეის მდგომარეობით, შიდა უსაფრთხოების ძალებში, დასაქმებულია 253 000 პოლიციელი და ჟანდარმი.⁶

მათი კომპეტენციის სფეროები, რეგიონული პრინციპითაა განაწილებული. საფრანგეთის შინაგან საქმეთა სამინისტროს ეროვნული პოლიცია წარმოადგენს სამოქალაქო სტრუქტურას. მის სამოქმედო არეალს წარმოადგენენ ქალაქები და ურბანული ტერიტორიები.

ეროვნული პოლიციის გენერალური დირექტორატის სტრუქტურა წარმოდგენილია შემდეგნაირად:

- სასამართლო პოლიციის ცენტრალური სამმართველო (DCPJ-Direction centrale de la Police judiciaire), რომლის ფუნქციას წარმოადგენს: სისხლის სამართლის გამოძიების წარმოება, ორგანიზებული დანაშაულის, ნარკოტიკების, ფინანსური და კიბერ დანაშაულების წინააღმდეგ ბრძოლა;⁷
- საზოგადოებრივი უსაფრთხოების ცენტრალური დირექტორატი (DCSP-Direction centrale de la sécurité publique), რომლის ფუნქციას წარმოადგენს: საზოგადოებრივი წესრიგის დაცვა, პატრულირება, საპოლიციო ოპერაციების ჩატარება, კრიმინალის პრევენცია;⁸
- რესპუბლიკის, დაცვის კომპანიების ცენტრალური სამმართველო (DCCRS / CRS-Direction centrale des compagnies républicaines de sécurité), რომლის უფლებამოსილებას წარმოადგენს, კატასტროფების დროს დახმარების აღმოჩენა და მასობრივი ღონისძიებების უსაფრთხოების კუთხით გასატარებელი ღონისძიებების უზრუნველყოფა;⁹
- ტერიტორიული დაზვერვის ცენტრალური სამმართველო (DCRT-Direction centrale du renseignement territorial), რომლის მოვალეობაა შიდა საფრთხეების, ექსტრემიზმისა და საზოგადოებრივი დაძაბულობის ირგვლივ ინფორმაციის მოპოვება-ანალიზი, პროცესების მონიტორინგი და რისკების პროგნოზირება;¹⁰
- საერთაშორისო ურთიერთობების სამმართველო (DCI-Direction de la coopération internationale), რომელსაც ევალება, როგორც საერთაშორისო ორგანიზაციებთან

⁶**Cour des comptes**, „The Divisions of Areas of Jurisdiction Between the National Police and the National Gendarmerie”, January 13, 2025, <https://www.ccomptes.fr/en/publications/divisions-areas-jurisdiction-between-national-police-and-national-gendarmerie>;

⁷**Ministère de l'Intérieur**, „La Direction Nationale de la Police Judiciaire (DNPJ)”, <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/direction-nationale-de-police-judiciaire-dnpj>;

⁸**Ministère de l'Intérieur**, „La Direction Nationale de la Sécurité Publique (DNSP)”, <https://annuaire-entreprises.data.gouv.fr/entreprise/direction-nationale-de-la-securite-publique-dnsp-120015169>.

⁹**Ministère de l'Intérieur**, „La Direction Centrale des Compagnies Républicaines de Sécurité (DCCRS)”, <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/direction-centrale-des-compagnies-republicaines-de-securite-dccrs>.

¹⁰**Ministère de l'Intérieur**, „Direction Nationale du Renseignement Territorial (DNRT)”, <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/direction-nationale-du-renseignement-territorial-dnrt>;

(ევროპოლი, ინტერპოლი), ასევე უცხო სახელმწიფოთა პოლიციურ უწყებებთან კოორდინაცია;¹¹

- პერსონალის შერჩევისა და სწავლების ცენტრალური სამსახური (SCRF-Service central du recrutement et de la formation), რომლის მოვალეობაა შეარჩიოს პერსონალი და მოახდინოს მათი პროფესიული მოზადება/გადამზადება;¹²
- ეროვნული პოლიციის გენერალური ინსპექცია (IGPN-Inspection générale de la Police nationale), რომლის ფუნქციაა, ეროვნულ პოლიციას დაქვემდებარებული უწყებების კონტროლი;¹³

ეროვნული ჟანდარმერია საფრანგეთის შეიარაღებული ძალების ნაწილია.¹⁴ ოპერატიული და საბიუჯეტო დაფინანსების თვალსაზრისით, ემორჩილება შინაგან საქმეთა სამინისტროს.¹⁵

ეროვნულ პოლიციას, განსაკუთრებული როლი აქვს მინიჭებული, ტერორიზმის წინააღმდეგ მიმართული პრევენციული ღონისძიებების, პროტესტების/მიტინგების მართვისა და შიდა საფრთხეების განეიტრალების კუთხით. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შესაძლებელია ითქვას, რომ საფრანგეთის ეროვნული პოლიცია, წარმოადგენს სახელმწიფოს შიდა უსაფრთხოების მთავარ ბირთვს, რომელიც სამსახურისადმი წაყენებული მოთხოვნების შესრულების უზრუნველსაყოფად, კოორდინირებულად მოქმედებს ეროვნული დაზვერვისა და ჟანდარმერიის სტრუქტურებთან. მაგალითის სახით შესაძლებელია მოყვანილ იქნეს 2015 წლის 13 ნოემბერს, პარიზში კოორდინირებულად განხორციელებული ტერორისტული თავდასხმები, რომლის შედეგადაც დაიღუპა 130 ადამიანი და რომელზე პასუხისმგებლობაც „ისლამურმა სახელმწიფომ“ (ISIS) აიღო.¹⁶ თავდასხმის პირველივე წუთებიდან, ტერაქტის სამიზნე ადგილებზე მობილიზებულ იქნა ადგილობრივი საპატრულო პოლიციისა და სპეცდანიშნულების ქვედანაყოფები, რომლებმაც დაზარალებულთა ევაკუაციისა და თავდამსხმელთა ლოკალიზების პროცესებს გაუწიეს ორგანიზება, შესაბამისად, შესაძლებელი გახდა ასობით მძევლის განთავისუფლების ოპერაციის ჩატარება, რომელსაც სამი ტერორისტის ლიკვიდაციაც მოჰყვა. საფრანგეთის ეროვნული პოლიციის როლი მნიშვნელოვანია პროტესტების მართვის კუთხითაც,

¹¹Le MESRS, „Direction de la Coopération Internationale”, <https://www.mesrs.gov.mr/fr/direction-de-la-cooperation-internationale>;

¹²Ministère de l’Intérieur, „STRF Guyane (Cayenne)”, <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-rejoindre/nos-voies-daccs/structures-de-formation-initiale/structures-de-formation/strf-0>;

¹³Ministère de l’Intérieur, „L’Inspection Générale de la Police Nationale (IGPN)”, <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/linspection-generale-de-police-nationale-igpn>;

¹⁴Ministère de l’Intérieur, „Quelles sont les différences entre la gendarmerie nationale et la police nationale” September 15, 2021. <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/dossiers/police-nationale-et-autres-forces-de-securite/quelles-sont-differences-entre-gendarmerie>;

¹⁵Vie Publique, „Police nationale, gendarmerie, polices municipales... Quelles différences”, June 11, 2025, <https://www.vie-publique.fr/questions-reponses/298724-police-nationale-gendarmerie-polices-municipales-quelles-differences>;

¹⁶Europol. „Islamic State Going Global Terrorism”, https://www.europol.europa.eu/annual_review/2015/terrorism.html.

ვინაიდან გააჩნია შესაბამისი დანაყოფები პოლიტიკური დესტაბილიზაციის თავიდან ასაცილებლად. პროტესტის მართვის თვალსაზრისით საყურადღებოა 2018 წლის 7 ნოემბერს საწვავზე აქციის ზრდის გამო, სპონტანურად, სოციალური ქსელების გამოყენებით ორგანიზებული მასობრივი პროტესტი, რომელიც საბოლოო ჯამში მთავრობის, ეკონომიკური უთანასწორობისა და პოლიციური ძალადობის წინააღმდეგ მიმართულ ფართო მოძრაობაში გადაიზარდა. საფრანგეთის შინაგან საქმეთა სამინისტრომ შეიმუშავა პროტესტების მართვის სპეციალური გეგმა.¹⁷ ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ პროტესტის დროს მოქმედებდნენ მობილური რეაგირების ჯგუფები, რომლებიც უზრუნველყოფდნენ სწრაფ გადაადგილებას და ადაპტირდებოდნენ პროტესტის დინამიკასთან. გეგმა ითვალისწინებდა კორდონის სტრატეგიას, რაც ადმინისტრაციული შენობების ირგვლივ ბარიკადების მოწყობას გულისხმობდა. გეგმის მიხედვით პროტესტის მართვის ფარგლებში გამოსაყენებელ სპეციალურ აღჭურვილობას წარმოადგენდა: წყლის ჭავლები, ცრემლსადენი გაზი, რეზინის იარაღი, დამცავი ფარები და ტაქტიკური აღჭურვილობა. ამასთან ერთად პროცესების კონტროლისა და სწრაფი რეაგირების უზრუნველსაყოფად გამოიყენებოდა ვიდეომონიტორინგი და დრონები. სისტემური ხასიათი მიიღო წესრიგის დამცველთა და პროტესტანთა შორის შეტაკებებმა და ძალადობის შემთხვევებმა. 2019 წლის 16 ნოემბრის მდგომარეობით დააკავეს 254 პროტესტის მონაწილე, გარდაიცვალა 11 ადამიანი, ხოლო 4000-ზე მეტი დაშავდა.¹⁸ უნდა აღინიშნოს, რომ პროტესტის კონტროლის ზომების სწორად შერჩევამ, მნიშვნელოვნად შეამცირა ფიზიკური დაპირისპირების ინციდენტები და შესაძლებელი გახდა ადმინისტრაციული შენობების დაცვა, ასევე მნიშვნელოვნად შეიზღუდა უკონტროლო ანარქიული სცენარების განხორციელება. პროცესების მართვის კუთხით, მნიშვნელოვანი იყო პრევენციული კონტროლის მექანიზმების არსებობა, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელი გახდა რისკების შემცველი ადგილების გამოვლენა. ეროვნულმა პოლიციამ განსაკუთრებული როლი ითამაშა პოლიტიკური დესტაბილიზაციის თავიდან აცილებაშიც, როდესაც ხელისუფლებამ 2023 წელს განიზრახა საპენსიო რეფორმა, რომელიც ითვალისწინებდა საპენსიო ასაკის 62 წლიდან 64 წლამდე გაზრდას.¹⁹ რამოდენიმედღიან საპროტესტო აქციებში მონაწილეობა მიიღო მილიონამდე ადამიანმა.²⁰ პროტესტების ფონზე, შეფერხდა საზოგადოებრივი ტრანსპორტი, მათ შორის მეტრო და საქალაქთაშორისო ტრანსპორტის მოძრაობა. მოხდა შეტაკებები პოლიციასა და დემონსტრანტებს შორის. დაფიქსირდა ვანდალიზმის

¹⁷ANOCR. „Plan de maintien de l'ordre – Gilets Jaunes”, https://www.anocr.org/wp-content/uploads/2021/10/ANOCR.SNMO_V3.pdf.

¹⁸Dilara, H., Ozcan, Y. „France Arrests 250+ in Yellow Vest Protests Anniversary”, <https://www.aa.com.tr/en/europe/france-arrests-250-in-yellow-vest-protests-anniversary/1648175>;

¹⁹Euronews. „Protesters in France Urge President Macron to Scrap Pension Reform Plans”, March 11, 2023, <https://www.euronews.com/2023/03/12/protesters-in-france-urge-president-macron-to-scrap-pension-reform-plans>;

²⁰Elaine, G., Deley, J., Leicester, J. „Unions Buoyant as 1.27 Million French Protest Pension Reform”, February 1, 2023, <https://apnews.com/article/france-government-macron-business-e5edd5d4ee2d78af638ec2ceec17f75>;

შემთხვევებიც, მაგალითად ცეცხლი წაუკიდეს საბანკო დაწესებულებას და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ყუთებს.²¹ 2023 წლის მარტსა და აპრილში, პოლიტიკური დესტაბილიზაციის თავიდან აცილების პროცეში, ჩართულნი იყვნენ, როგორც ეროვნული პოლიციის, ისე ეროვნული ჟანდარმერიის თანამშრომლები.²²

პროცესის კონტროლისათვის გამოყენებულ იქნა დრონები, რაზედაც 2023 წლის აპრილში საფრანგეთის მთავრობის მიერ გამოცემული იყო სათანადო დადგენილება.²³ საზოგადოებრივი წესრიგის დაცვის უზრუნველყოფის პროცესში გამოყენებული იქნა კეტლინგის მეთოდი²⁴, ხოლო როდესაც საპროტესტო აქცია გადაიზარდა შეტაკებებში, დემონსტრანტების დაშლისთვის, პოლიციის მიერ გამოყენებულ იქნა ცრემლსადენი გაზი, წყლის ჭავლი და რეზინის ხელკეტები.²⁵ საბოლოო ჯამში მოხერხდა პროცესის ნორმალიზება და რეფორმის გატარება. შესაძლებელია ითქვას, რომ ეროვნული პოლიცია ამ და ზემოაღნიშნულ შემთხვევებში გამოყენებულ იქნა, როგორც სახელმწიფოს სტაბილურობის უზრუნველყოფი ინსტრუმენტი.

საფრანგეთის ეროვნული პოლიცია წარმოადგენს დეპოლიტიზირებულ სტრუქტურულ ერთეულს, რომელიც პოლიტიკურ პროცესებში მონაწილეობს, როგორც სახელმწიფოს უსაფრთხოების უზრუნველყოფი ორგანო, ხოლო მოქმედებათა ციკლი დარეგულირებულია საფრანგეთის კონსტიტუციით, საჯარო სამსახურის კანონმდებლობით, ადმინისტრაციული და სისხლის სამართლის კოდექსით.²⁶

დასკვნა

საფრანგეთის უსაფრთხოების პოლიტიკის მოდელში, ეროვნულ პოლიციას კონსტიტუციური წესრიგის დაცვის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანი ფუნქცია გააჩნია. საფრანგეთის ეროვნული პოლიცია ჩართულია ტერორიზმის წინააღმდეგ მიმართული ღონისძიებებისა და პოლიტიკური დესტაბილიზაციის

²¹DW. „France: Clashes Between Pension Reform Protesters, Police”, March 29,

2023. <https://www.dw.com/en/france-clashes-between-pension-reform-protesters-police/a-65160157>;

²²Aseña, N. E. „France Sees 11th Day of Mass Mobilization Against Gov't Pension Reform. Anadolu Ajansı”, April 6, 2023, <https://www.aa.com.tr/en/europe/france-sees-11th-day-of-mass-mobilization-against-govt-pension-reform/2865200>;

²³Conseil d'État. „Use of Drones for Law Enforcement Purposes: The Conseil d'État Rejects the Request to Suspend Government Decree”, <https://www.conseil-etat.fr/en/news/use-of-drones-for-law-enforcement-purposes-the-conseil-d-etat-rejects-the-request-to-suspend-government-decree>;

²⁴Council of Europe / European Court of Human Rights. „Guide to the Case Law of the European Convention on Human Rights, Mass Protests”, 2024, 43, [https://ks.echr.coe.int/documents/d/echr-ks/guide mass protests_geo](https://ks.echr.coe.int/documents/d/echr-ks/guide%20mass%20protests_geo).

²⁵Aljazeera. „French Police Use Batons, Tear Gas in Paris Amid Pension Protests”, March 16, 2023, <https://www.aljazeera.com/news/2023/3/16/macron-forces-through-pension-reform-shunning-parliament>;

²⁶Constitution du 4 octobre 1958, *Légifrance*, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000571356/>.

Code des relations entre le public et l'administration. (n.d.). *Légifrance*. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte lc/LEGITEXT000031366350/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000031366350/)

მაინსპირირებელი სოციალური პროტესტების პრევენციის პროცესში, შესაბამისად, საფრანგეთის ეროვნული პოლიცია, როგორც საზოგადოებრივი წესრიგის დაცვის ინსტიტუტი, მნიშვნელოვან როლს თამაშობს, სახელმწიფოს როგორც პოლიტიკური სტაბილურობის და დემოკრატიული მმართველობის უსაფრთხოების შენარჩუნებაში, ასევე იდენტიფიცირებული საფრთხეების განეიტრალების კუთხითაც.

ბიბლიოგრაფია

1. Aljazeera. (2023, March 16). French police use batons, tear gas in Paris amid pension protests. <https://www.aljazeera.com/news/2023/3/16/macron-forces-through-pension-reform-shunning-parliament>
2. ANOCR. (2021). Plan de maintien de l'ordre – Gilets Jaunes. https://www.anocr.org/wp-content/uploads/2021/10/ANOCR.SNMO_V3.pdf
3. BBC News. (2022, December 13). Nice: Eight guilty over the deadly Bastille Day lorry attack. <https://www.bbc.com/news/world-europe-63954860>
4. Born, H., Fluri, P. H., & Lunn, S. (Eds.). (2003). Oversight and guidance: The relevance of parliamentary oversight for the security sector and its reform. Geneva Centre for the Democratic Control of Armed Forces (DCAF) / NATO Parliamentary Assembly. https://www.dcaf.ch/sites/default/files/publications/documents/dcaf_doc4.pdf
5. Buzan, B. (1991). People, states and fear: The national security problem in international relations (Rev. ed.; Original work published 1983). http://213.55.90.4/admin/home/Dmu%20Academic%20Resource/Postgraduate%20Studies/Political%20Science/IR_People%2C_States_and_Fear_National_Security_Problem_in_International_Relations_1983.pdf
6. CNEWS. (2023). Manifestation contre la réforme des retraites: 10.500 policiers et gendarmes mobilisés partout en France ce mardi. <https://www.cnews.fr/france/2023-02-10/manifestation-contre-la-reforme-des-retraites-10000-policiers-et-gendarmes>
7. Code des relations entre le public et l'administration. (n.d.). Légifrance. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000031366350/
8. Constitution du 4 octobre 1958. (1958). Légifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000571356/>
9. Conseil d'État. (n.d.). Use of drones for law enforcement purposes: The Conseil d'État rejects the request to suspend government decree. <https://www.conseil-etat.fr/en/news/use-of-drones-for-law-enforcement-purposes-the-conseil-d-etat-rejects-the-request-to-suspend-government-decree>
10. Council of Europe / European Court of Human Rights. (2024). Guide to the Case Law of the European Convention on Human Rights, Mass Protests (p. 43). https://ks.echr.coe.int/documents/d/echr-ks/guide_mass_protests_geo

11. Cour des comptes. (2025, January 13). The divisions of areas of jurisdiction between the national police and the national gendarmerie. <https://www.ccomptes.fr/en/publications/divisions-areas-jurisdiction-between-national-police-and-national-gendarmerie>
12. DW. (2023, March 29). France: Clashes between pension reform protesters, police. <https://www.dw.com/en/france-clashes-between-pension-reform-protesters-police/a-65160157>
13. Erturk, N. A. (2023, April 6). France sees 11th day of mass mobilization against gov't pension reform. Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr/en/europe/france-sees-11th-day-of-mass-mobilization-against-govt-pension-reform/2865200>
14. Europol. (2015). Islamic State going global: Terrorism. https://www.europol.europa.eu/annual_review/2015/terrorism.html
15. Euronews. (2023, March 12). Protesters in France urge President Macron to scrap pension reform plans. <https://www.euronews.com/2023/03/12/protesters-in-france-urge-president-macron-to-scrap-pension-reform-plans>
16. Friedrich Naumann Foundation for Freedom. (2022, November 29). France's new security strategy: More leadership in the EU? <https://www.freiheit.org/european-union/frances-new-security-strategy>
17. Ganley, E., Le Deley, J., & Leicester, J. (2023, February 1). Unions buoyant as 1.27 million French protest pension reform. AP News. <https://apnews.com/article/france-government-macron-business-e5edd5d4ee2d78af638ec2ceec17f75>
18. Hamit, D., & Ozcan, Y. (2019). France arrests 250+ in Yellow Vest protests anniversary. <https://www.aa.com.tr/en/europe/france-arrests-250-in-yellow-vest-protests-anniversary/1648175>
19. Hoffman, F. G. (2007). Conflict in the 21st century: The rise of hybrid wars. Potomac Institute for Policy Studies, https://www.potomac institute.org/images/stories/publications/potomac_hybridwar_0108.pdf
20. Kiknadze, T., & Kukhalashvili, D. (2023). Political power and its role in intelligence and counterintelligence organization. Future Human Image, 20, 81–82. https://www.fhijournal.org/journals/2023/20/FHI_20_KiknadzeKukhalashvili.pdf
21. Le MESRS. (n.d.). Direction de la coopération internationale. <https://www.mesrs.gov.mr/fr/direction-de-la-cooperation-internationale>
22. Ministère de l'Intérieur. (2021, September 15). Quelles sont les différences entre la gendarmerie nationale et la police nationale? <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/dossiers/police-nationale-et-autres-forces-de-securite/quelles-sont-differences-entre-gendarmerie>
23. Ministère de l'Intérieur. (n.d.-a). Direction centrale des compagnies républicaines de sécurité (DCCRS). <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/direction-centrale-des-compagnies-republicaines-de-securite-dccrs>
24. Ministère de l'Intérieur. (n.d.-b). Direction générale de la gendarmerie nationale (DGGN). <https://lannuaire.service-public.gouv.fr/gouvernement/ccfd1487-59f3-4866-bf1e-340d7eea4be5>

25. Ministère de l'Intérieur. (n.d.-c). Direction nationale de la police judiciaire (DNPJ). <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/direction-nationale-de-police-judiciaire-dnpj>
26. Ministère de l'Intérieur. (n.d.-d). Direction nationale du renseignement territorial (DNRT). <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/direction-nationale-du-renseignement-territorial-dnrt>
27. Ministère de l'Intérieur. (n.d.-e). L'Inspection générale de la police nationale (IGPN). <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-decouvrir/notre-organisation/organisation/linspection-generale-de-police-nationale-igpn>
28. Ministère de l'Intérieur. (n.d.-f). STRF Guyane (Cayenne). <https://www.police-nationale.interieur.gouv.fr/nous-rejoindre/nos-voies-daces/structures-de-formation-initiale/structures-de-formation/strf-0>
29. Open Society Institute. (2009). Profiling minorities: A study of stop-and-search practices in Paris (p. 46). https://www.justiceinitiative.org/uploads/84bc8cba-53cb-4bcc-8d18-ad801faa9641/search_20090630.Web.pdf
30. Vie Publique. (2025, June 11). Police nationale, gendarmerie, polices municipales... Quelles différences? <https://www.vie-publique.fr/questions-reponses/298724-police-nationale-gendarmerie-polices-municipales-quelles-differences>

The role of the National Police in France's political security

David Kukhalashvili¹; Gela Giorgadze²

¹Doctor of History, Doctor of Occupational Safety, Caucasus International University, Associate Professor; Doctor of Political Science, Caucasus International University, Assistant Professor; ²General Director of the National Center for Mental Health LLC.

Abstract

In the 21st century, national security remains a pressing issue. The post-Cold War assumption that global warfare would become less relevant as globalization progressed has not been borne out. In view of recent developments, the issue of security has become a priority, and consequently, it has become important to identify the challenges posed by external and internal threats. The employment of hybrid methods of warfare has engendered an imperative for enhanced collaboration between the entities responsible for the security sector. Consequently, in light of the prevailing circumstances, nations are endeavouring to delineate and synchronise the sequence of actions and the domains of responsibility. In view of the aforementioned points, it is of particular interest to discuss the role of the National Police of the French Republic, which is the primary institution responsible for ensuring stability, legitimacy and continuity of democratic processes.

The activities of the National Police are executed on the basis of the preventive and operational maintenance of public order. Consequently, these activities are closely coordinated with the Ministry of Internal Affairs and special services, which form the basis of a unified national security architecture.

The article's objective is to analyse the effectiveness of security mechanisms implemented by the National Police of the French Republic. To this end, a qualitative research method was employed, incorporating a descriptive-analytical approach and documentary research methods. A comprehensive analysis of pertinent Georgian and foreign scientific literature, in conjunction with documents pertaining to security policy, was conducted. This analysis culminated in the formulation of two research questions:

- What are the determinants of the security policy of the French Republic in the context of hybrid warfare ?
- What factors determine the internal security of the French Republic ?

The research revealed that issues related to the internal security of the French Republic are relevant in the context of European security. Therefore, active attention is paid to the events taking place within the country. The research indicates that the relevance of international interests is directly proportional to the necessity of analysing current events. The strategic function of the national police derives from the imperative of ensuring the political security of the state. This is interconnected with significant mechanisms that operate at multiple levels and continuously affect the stability of the state.

Keywords: French Republic, security policy, national police, hybrid methods, challenges.

ნოზოკომიური სეფსისი, როგორც პოსტკოსპიტალური სექტორის ტვირთი ნიკოლოზ ჩიქოვანი, ნინო ცხვედიანი, თინათინ გაბრიჭიძე, ქეთევან მაჭავარიანი, ვახტანგ შოშიაშვილი, ლევან რატიანი

აბსტრაქტი

შესავალი: სეფსისი თანამედროვე ჯანდაცვის სისტემის ერთ-ერთ ყველაზე მძიმე და კომპლექსურ გამოწვევად რჩება. იგი ხასიათდება მაღალი სიკვდილიანობით, მულტიორგანული დისფუნქციით და მნიშვნელოვანი სოციალურ-ეკონომიკური ტვირთით. გლობალური შეფასებების მიხედვით, ყოველწლიურად დაახლოებით 49 მილიონი შემთხვევა და 11 მილიონი სიკვდილი სეფსისთან არის დაკავშირებული, რაც მსოფლიო სიკვდილიანობის დაახლოებით 20%-ს შეადგენს. ნოზოკომიური (საავადმყოფოში შეძენილი) სეფსისი აღნიშნული ტვირთის განსაკუთრებით კრიტიკულ კომპონენტს წარმოადგენს, განსაკუთრებით ინტენსიური თერაპიისა და გადაუდებელი დახმარების პირობებში, სადაც ინვაზიური პროცედურები, ხანგრძლივი ჰოსპიტალიზაცია, ანტიმიკრობული რეზისტენტობა და იმუნოსუპრესია ზრდის როგორც ინციდენტობას, ისე სიკვდილიანობას.

მიზანი: მოცემული სტატიის მიზანია ნოზოკომიური სეფსისის, როგორც პოსტკოსპიტალური ავადობის, სიკვდილიანობისა და რეჰოსპიტალიზაციის მნიშვნელოვანი ფაქტორის, ანალიზი, აგრეთვე ვერბალური აუტოფსიისა და ბიომარკერების ინტეგრაციის როლის შეფასება სეფსისის „დამალული“ ეპიდემიოლოგიური ტვირთის გამოვლენაში.

მეთოდები: ჩატარდა საერთაშორისო კოჰორტული კვლევების, სისტემური მიმოხილვებისა და მეტა-ანალიზების ნარატიული მიმოხილვა, რომელიც ფოკუსირებული იყო საავადმყოფოში შეძენილ (HA) და ინტენსიური თერაპიის განყოფილებაში შეძენილ სეფსისზე, რეჰოსპიტალიზაციის მაჩვენებლებზე, გრძელვადიან სიკვდილიანობასა და სიკვდილის მიზეზთა რეგისტრაციის სისტემების შეზღუდვებზე. განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო იმ კვლევებს, რომლებიც აფასებდნენ ვერბალურ აუტოფსიას (VA), როგორც დამატებით ეპიდემიოლოგიურ ინსტრუმენტს, და მის ინტეგრაციას კლინიკურ და ბიომარკერულ მონაცემებთან, მათ შორის ხსნად ტრიგერულ რეცეპტორთან, გამოხატულთან მიოელოიდურ უჯრედებზე-1 (sTREM-1).

შედეგები: არსებული მტკიცებულებები მიუთითებს, რომ საავადმყოფოში შეძენილი სეფსისი ასოცირებულია მნიშვნელოვნად უფრო მაღალ სიკვდილიანობასთან, ვიდრე საზოგადოებაში შეძენილი ინფექციები, ასევე ინტენსიური თერაპიისა და ჰოსპიტალში

დაყოვნების ხანგრძლივობის ზრდასთან. სეფსისის შემდგომი რეკოსპიტალიზაციის მაჩვენებლები კვლავ მაღალია და ხშირად განპირობებულია ინფექციის რეციდივითა და პოსტ-სეფსისური გართულებებით, რაც დაკავშირებულია გრძელვადიანი სიკვდილიანობის გაზრდილ რისკთან. სეფსისთან ასოცირებული სიკვდილიანობის მნიშვნელოვანი ნაწილი არასათანადოდ აღირიცხება არასრული დოკუმენტაციის, არასწორი კლასიფიკაციის (მაგ., სიკვდილობის ძირითად მიზეზად მულტიორგანული უკმარისობის დაფიქსირება) და გაწერიდან მოკლე პერიოდში განვითარებული ლეტალური გამოსავლების გამო. იმ გარემოებებში, სადაც სამედიცინო დოკუმენტაცია შეზღუდულია, ვერბალურმა აუტოფსიამ ინფექციასთან დაკავშირებული სიკვდილიანობის იდენტიფიკაციაში ეფექტურობა აჩვენა და შესაძლებელი გახადა ადრე არაღიარებული („დამალული“) სეფსისის ტვირთის გამოვლენა. VA-ს მონაცემების ინტეგრაციამ კლინიკურ ჩანაწერებსა და ბიომარკერებთან, როგორცაა sTREM-1, შეიძლება გააუმჯობესოს დიაგნოსტიკური სიზუსტე და ეპიდემიოლოგიური ზედამხედველობა.

დასკვნა: პოსტკოსპიტალურ სექტორში ნოზოკომიური სეფსისი წარმოადგენს მნიშვნელოვან და ხშირად არასათანადოდ შეფასებულ ტვირთს. დაგვიანებული დიაგნოსტიკა, ანტიმიკრობული რეზისტენტობა და სიკვდილიანობის არასრულყოფილი რეგისტრაცია განაპირობებს მისი რეალური გავლენის შემცირებულ შეფასებას. სტრუქტურირებული ვერბალური აუტოფსიის ბიომარკერულ შეფასებასთან ინტეგრაცია წარმოადგენს პერსპექტიულ მიდგომას სიკვდილის მიზეზების უფრო ზუსტი განსაზღვრის, ეპიდემიოლოგიური მონაცემების გაძლიერებისა და ჯანდაცვის პოლიტიკისა და რესურსების უფრო ეფექტური განაწილების ხელშეწყობისათვის.

საკვანძო სიტყვები: სეფსისი, ვერბალური აუტოფსია, ეპიდემიოლოგია, ნოზოკომიური სეფსისი

სეფსისი თანამედროვე ჯანდაცვის სისტემის ერთ-ერთ ყველაზე მძიმე და კომპლექსურ გამოწვევად რჩება. იგი ხასიათდება მაღალი სიკვდილიანობით, მულტიორგანული დაზიანებითა და სოციალურ-ეკონომიკური ტვირთით. მიუხედავად კლინიკურ მედიცინასა და ინტენსიურ თერაპიაში მიღწეული პროგრესისა, სეფსისით გამოწვეული ლეტალობა კვლავ მაღალია. უახლესი გლობალური შეფასებების მიხედვით, სეფსისი და სექტიკური შოკი ყოველწლიურად მილიონობით სიკვდილთან არის ასოცირებული და მნიშვნელოვან ტვირთს ქმნის როგორც განვითარებული, ისე განვითარებადი ქვეყნების ჯანმრთელობის დაცვის სისტემაში. 2020 წელს გამოქვეყნებული მონაცემებით, მსოფლიოში სეფსისთან დაკავშირებული 48.9 მილიონი შემთხვევა და 11 მილიონი სიკვდილი დაფიქსირდა, რაც გლობალური სიკვდილიანობის 20%-ს შეადგენს [1].

სამედიცინო დაწესებულებაში განსაკუთრებით მაღალი რისკის ზონად ითვლება ინტენსიური თერაპიისა და გადაუდებელი დახმარების განყოფილებები. კვლევები მიუთითებენ, რომ გადაუდებელი დახმარების განყოფილებაში ინფექციის საექვო ნიშნებით შემოსული პაციენტების დაახლოებით 30–40% აკმაყოფილებს სეფსისი-3-ის კრიტერიუმს, ხოლო ჰოსპიტალური ლეტალობა რჩება მაღალ დონეზე [2]. სეფსისის ადრეული ამოცნობა და დოკუმენტირება ხშირად არასაკმარისია, რაც პირდაპირ კავშირშია დაგვიანებულ მკურნალობასა და გაზრდილ სიკვდილიანობასთან [3].

სეფსისის ეპიდემიოლოგიური ტვირთი განსაკუთრებულად მძიმეა ნოზოკომიურ ინფექციებთან ასოცირებული შემთხვევების დროს. ნოზოკომიური ინფექციები არა მხოლოდ ზრდის სეფსისის განვითარების რისკს, არამედ მნიშვნელოვნად აუარესებს დაავადების მიმდინარეობასა და პროგნოზს, ზრდის ჰოსპიტალიზაციის ხანგრძლივობას, მკურნალობის ღირებულებას და საბოლოოდ — სიკვდილიანობის მაჩვენებლებს. აღნიშნული ინფექციები ხშირად ინვაზიურ სამედიცინო ჩარევებთან, ხანგრძლივ ჰოსპიტალიზაციასთან, მულტირეზისტენტული მიკროორგანიზმების გავრცელებასთან, ანტიბიოტიკების ხანგრძლივ გამოყენებასთან და პაციენტთა იმუნოსუპრესიულ მდგომარეობასთანაა დაკავშირებული.

აღმოსავლეთ ევროპის და დაბალი და საშუალო შემოსავლების მქონე ქვეყნებში ჩატარებული კვლევები გვიჩვენებენ ნოზოკომიური ინფექციებისა და ანტიმიკრობული რეზისტენტობის მაღალ გავრცელებას, რაც კიდევ უფრო ზრდის სეფსისით გამოწვეული არასასურველი გამოსავლების რისკს [5]. ასევე, მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს სამედიცინო მომსახურებასთან ასოცირებული სეფსისით გამოწვეული სიკვდილიანობის რეალური მასშტაბის არასრულყოფილი აღრიცხვა. ზოგიერთ ქვეყანაში სიკვდილის მიზეზთა რეგისტრაციის არსებული სისტემები ვერ უზრუნველყოფენ საკმარის სიზუსტესა და სრულყოფილ აღრიცხვას, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როდესაც კლინიკური დოკუმენტაცია არასრულია, დიაგნოსტიკური შესაძლებლობები შეზღუდულია ან სიკვდილი ხდება სტაციონარის გარეთ. ასეთ ვითარებაში სეფსისი აღრიცხება როგორც „საბოლოო მდგომარეობა“ და არა სიკვდილის გამომწვევი ძირითადი მიზეზი.

ხშირ შემთხვევაში, გარდაცვალების შესახებ სამედიცინო ცნობაში სეფსისი ან საერთოდ არ ფიქსირდება, ან აღრიცხება არასპეციფიკური დიაგნოზით (მაგ., მულტიორგანული უკმარისობა), რაც იწვევს სეფსისით გამოწვეული სიკვდილიანობის აღრიცხვიანობის სისტემურ ხარვეზს. შედეგად, სეფსისისა და ნოზოკომიური ინფექციების წვლილი საერთო სიკვდილიანობაში ხშირად არასათანადოდ შეფასებული რჩება, რაც იწვევს ამ დაავადებების ტვირთის არასრულ ასახვას (ე.წ. „დამალულ ტვირთს“) როგორც კლინიკურ, ისე ეპიდემიოლოგიურ დონეზე.

ეს საკითხი განსაკუთრებით პრობლემურია რეჰოსპიტალიზაციის კონტექსტში, როდესაც პაციენტი ბრუნდება საავადმყოფოში ინფექციური გართულებებით და კვდება მოკლე დროში, ხოლო სიკვდილის მიზეზის კლასიფიკაცია ვერ ასახავს ინფექციისა და ჯანდაცვის სისტემური რისკ-ფაქტორების რეალურ როლს.

2020 წელს Intensive Care Medicine-ში გამოქვეყნებული სისტემური მიმოხილვის და მეტა-ანალიზის (Markwart R et al) მიზანი იყო გლობალური ეპიდემიოლოგიური მტკიცებულებების მიხედვით განესაზღვრათ საავადმყოფოში შეძენილი (HA) და ინტენსიური თერაპიის განყოფილებაში შეძენილი (ICU-A სეფსისის შემთხვევების გავრცელება და მათი სიკვდილიანობის მაჩვენებელი ჰოსპიტალურ პაციენტებში. კვლევამ აჩვენა, რომ სეფსისი ჰოსპიტალურ გარემოში წარმოადგენს მნიშვნელოვან საფრთხეს, განსაკუთრებით ICU-ში, სადაც სიკვდილიანობა განსაკუთრებით მაღალია.

პრატიკ ლამიჩანეს და მისი თანაავტორების მიერ 2025 წლის მეტა ანალიზით შედარდა ICU-ში მოთავსებული პაციენტების სიკვდილიანობა და კლინიკური შედეგები HA და CA სეფსისის მქონე პაციენტებში. მთავარი შედეგი იყო ის, რომ საავადმყოფოში შეძენილი (HA) სეფსისის მქონე პაციენტებს ჰქონდათ 2.19-ჯერ უფრო მაღალი სიკვდილიანობის რისკი, ვიდრე საზოგადოებასთან ასოცირებულ (CA) ინფიცირებულებს. ასევე, HA ჯგუფის პაციენტებმა ICU-ში და საერთოდ საავადმყოფოში დაყოვნების უფრო დიდი ხანგრძლივობაც აჩვენა. კვლევამ ნათლად წარმოაჩინა, რომ ჰოსპიტალურ გარემოში განვითარებული სეფსისი უფრო მძიმე შედეგებით მთავრდება, რაც შესაძლოა უკავშირდებოდეს ინვაზიურ პროცედურებს, ანტიბიოტიკოტერაპიას და პაციენტის იმუნოსუპრესიის ფაქტორს.

2022 წელს აშშ-ში ჩატარებული კვლევის მიზანი იყო განესაზღვრათ ICU-ში შეძენილი ინფექციების დამოუკიდებელი რისკ-ფაქტორები და მათი გავლენა უშუალოდ ICU და საავადმყოფოს სიკვდილიანობაზე. კვლევის მთავარი შედეგი კი იყო ის, რომ 16 808 სეფსისის მქონე პაციენტიდან 17.1% -ის შემთხვევაში ეს იყო ICU-ში შეძენილი ინფექციები. ამ კვლევამ ხაზი გაუსვა ICU-ში შეძენილი ინფექციების მნიშვნელობას, რომელიც ზრდის სიკვდილიანობის რისკს და საჭიროებს დამატებით ქმედით ღონისძიებებს, რაც მეტ საწოლ-დღეს და ფინანსურ ხარჯს გულისხმობს.

Donnelly და თანაავტორების მიერ აშშ-ში ჩატარებულმა ეროვნულმა რეტროსპექტულმა კვლევამ (2015), რომელიც ეფუძნებოდა Medicare-ის ადმინისტრაციულ მონაცემებს, აჩვენა, რომ სეფსისით ჰოსპიტალიზებული პაციენტების 30-დღიანი რეჰოსპიტალიზაციის მაჩვენებელი შეადგენდა 26%-ს, რაც მნიშვნელოვნად აღემატებოდა სხვა მწვავე მდგომარეობების (მაგ., გულის უკმარისობა ან პნევმონია) მაჩვენებლებს [1]. კვლევის მიზანი იყო სეფსისის შემდეგ რეჰოსპიტალიზაციის სიხშირისა და ეკონომიკური ტვირთის შეფასება. ავტორებმა დაადგინეს, რომ

რეჰოსპიტალიზაციის ყველაზე ხშირ მიზეზს კვლავ ინფექციები წარმოადგენდა, რაც მიუთითებს პირველადი ეპიზოდის არასრულად ნამკურნალევ შემთხვევაზე ან რეციდივზე.

Prescott და კოლეგების მიერ ჩატარებულმა ე.წ. „Propensity Score Matching“ (PSM) მეთოდზე დაფუძნებული კოჰორტული კვლევისას (BMJ, 2016) შეისწავლეს სეფსისის შემდეგ გადარჩენილთა გვიანი სიკვდილიანობა აშშ-ში. კვლევამ აჩვენა, რომ სეფსისის გადატანის შემდეგ პაციენტები მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი სიკვდილიანობის რისკის ქვეშ იყვნენ ჰოსპიტალიზაციიდან 2 წლამდე პერიოდის განმავლობაში, საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით[2]. ეს შედეგები აჩვენებს, რომ სეფსისის გავლენა სცდება მწვავე ფაზას და ქმნის ე.წ. პოსტ-სეფსისურ სინდრომს, რომელიც მჭიდროდაა დაკავშირებული განმეორებით ჰოსპიტალიზაციებთან.

გერმანიაში ჩატარებულმა ეროვნულმა კოჰორტულმა კვლევამ (AOK insurance database, 2016–2019) შეაფასა სეფსისის შემდეგ გადარჩენილთა რეჰოსპიტალიზაციები ამბულატორიული მოვლის პირობებში (ACSC). კვლევის მიზანი იყო დაედგინა, თუ რამდენად არის რეჰოსპიტალიზაციები პოტენციურად პრევენცირებადი. შედეგებმა აჩვენა, რომ პაციენტთა 53%-ზე მეტს ჰქონდა მინიმუმ ერთი რეჰოსპიტალიზაცია 12 თვის განმავლობაში, ხოლო 21% შემთხვევაში მიზეზი იყო ინფექციასთან დაკავშირებული ACSC [3]. ეს მიუთითებს როგორც პირველადი დახმარების სისტემის ხარვეზებზე, ისე ინფექციური გართულებების არასაკმარის კონტროლზე.

იმ შემთხვევებში, როდესაც სამედიცინო დოკუმენტაცია არასრული ან არაზუსტია, სიკვდილის სავარაუდო მიზეზებისა და გარემოებების დასადგენად საერთაშორისო დონეზე აღიარებულ მეთოდს წარმოადგენს ვერბალური აუტოფსია (VA), როგორც ალტერნატიული და დამატებითი მეთოდოლოგია. მეთოდი ეფუძნება სტრუქტურირებულ ინტერვიუს გარდაცვლილის ოჯახის წევრებთან და მოიცავს ინფორმაციას სიმპტომების, დაავადების მიმდინარეობის, მკურნალობის ხელმისაწვდომობისა და სიკვდილის გარემოებების შესახებ [6]. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ შემუშავებულია ვერბალური აუტოფსიის სტანდარტიზებული ინსტრუმენტები, მათ შორის არის 2022 წლის განახლებული ვერსიაც, რომელიც ადაპტირებულია ზრდასრულთა სიკვდილიანობის მიზეზების შესაფასებლად და ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ქვეყნებში [7].

ვერბალური აუტოფსიის დიდმასშტაბიან კვლევებში გამოყენებამ, როგორცაა Million Death Study, მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა სეფსისისა და ინფექციური მიზეზებით გამოწვეული სიკვდილიანობის შეფასება და გამოავლინა მანამდე დაუფიქსირებელი ეპიდემიოლოგიური ტენდენციები [8].

Million Death Study (MDS) არის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი ვერბალური აუტოფსიის (VA-ს) გამოყენებით ჩატარებული ეპიდემიოლოგიური კვლევა, რომელიც მიზნად ისახავდა სიკვდილის რეალურ მიზეზთა დადგენას ინდოეთში. კვლევა ჩატარდა ინდოეთში 1998–2014 წლებში, შესწავლილი იყო დაახლოებით 14 მილიონი სიკვდილის შემთხვევა ვერბალური აუტოფსიის საშუალებით. კვლევის მიზანი იყო, შეედგინათ სიკვდილიანობის სავარაუდო მიზეზების ჩამონათვალი საზოგადოებრივ დონეზე, განსაკუთრებით იქ, სადაც არ იყო საავადმყოფოს მიერ დადგენილი ან დოკუმენტირებული. კვლევამ გამოავლინა ძირითადი ორგანული და ინფექციური მიზეზები, მათ შორის სეფსისი და სხვა ინფექციები. კვლევა გლობალური და რეგიონული პოლიტიკის დასკვნების საფუძველზე, დაეხმარა ჯანდაცვის სისტემის წარმომადგენლებს უფრო ეფექტურად დაეგეგმათ თავიანთი რესურსები.

კლინიკური მონაცემების, ადმინისტრაციული ჩანაწერების და ვერბალური აუტოფსიის მონაცემების (VA) ინტეგრაცია წარმოადგენს თანამედროვე ეპიდემიოლოგიური ანალიზის სტანდარტს, განსაკუთრებით იმ ქვეყნებში, სადაც სრულყოფილი სამედიცინო რეგისტრაციის სისტემები არ არსებობს. ასეთი ინტეგრირებული მიდგომის უპირატესობები მდგომარეობს იმაში, რომ ის საშუალებას იძლევა მეტი სიზუსტით იდენტიფიცირდეს და მიეთითოს სიკვდილიანობის მიზეზები კლასიფიკაციაში და გამოვლინდეს დაურეგისტრირებელი („დამალული“) ტვირთი; ინტეგრირებული კვლევები აფართოებს ცოდნას სეფსისისა და ნოზოკომიური ინფექციების შედეგების შესახებ სხვადასხვა კლინიკურ და საზოგადოებრივ კონტექსტში და ხელს უწყობს ჯანდაცვის პოლიტიკისა და რესურსების უფრო ეფექტურ განაწილებას.

სეფსისი აღიარებულია არა მხოლოდ მწვავე, სიცოცხლისთვის საშიშ მდგომარეობად, არამედ ქრონიკული შედეგების მქონე სინდრომად, რომელიც მნიშვნელოვნად ზრდის როგორც ადრეული, ისე გვიანი სიკვდილიანობისა და რეჰოსპიტალიზაციის რისკს. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ჩატარებულმა მრავალმა კოჰორტულმა და ადმინისტრაციულმა კვლევამ აჩვენა, რომ სეფსისის გადატანის შემდეგ პაციენტები ხშირად ბრუნდებიან საავადმყოფოში ინფექციური და არაინფექციური გართულებების გამო, ხოლო ამ რეჰოსპიტალიზაციებს თან ახლავს მაღალი ლეტალობა [1–3].

რეჰოსპიტალიზაციის კონტექსტში განსაკუთრებულ პრობლემას წარმოადგენს სიკვდილის მიზეზების არაზუსტი ან არასრული კლასიფიკაცია. ხშირ შემთხვევაში პაციენტი კვდება განმეორებითი ჰოსპიტალიზაციის დროს ან გაწერის შემდეგ მოკლე პერიოდში, ხოლო გარდაცვალების შესახებ სამედიცინო ცნობაში ფიქსირდება საბოლოო მდგომარეობა (მაგ., მულტიორგანული უკმარისობა), ნაცვლად ძირითადი ინფექციური პროცესისა, რომელმაც განაპირობა ფატალური გამოსავალი [4].

Angus და Prescott აღნიშნავენ, რომ სეფსისით გამოწვეული სიკვდილიანობა ხშირად სისტემურად არის ნაკლებად აღრიცხული, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც სიკვდილი ხდება სტაციონარის გარეთ ან მცირე დროის ინტერვალში რეჰოსპიტალიზაციის შემდეგ [5]. ამ პირობებში ოფიციალური სტატისტიკა ვერ ასახავს სეფსისისა და ნოზოკომიური ინფექციების რეალურ წვლილს საერთო სიკვდილიანობაში, რაც ქმნის ე.წ. „დამალული“ სიკვდილიანობის ფენომენს.

ვერბალური აუტოფსია (VA) წარმოადგენს საერთაშორისო დონეზე აღიარებულ მეთოდს სიკვდილის სავარაუდო მიზეზის დასადგენად იმ შემთხვევებში, როდესაც სამედიცინო აღრიცხვიანობა არასრულია ან არ არსებობს. VA ეფუძნება სტრუქტურირებულ ინტერვიუს გარდაცვლილის ოჯახის წევრებთან ან მომვლელებთან და მოიცავს ინფორმაციას სიმპტომების, დაავადების მიმდინარეობის, მკურნალობის ხელმისაწვდომობისა და სიკვდილის გარემოებების შესახებ [6].

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ 2022 წელს განახლებული ვერბალური აუტოფსიის ინსტრუმენტი (WHO Verbal Autopsy Instrument 2022) მიზნად ისახავს სიკვდილის მიზეზების სტანდარტიზებულ შეფასებას და ICD-10/ICD-11 კლასიფიკაციასთან შესაბამისობას [7]. ინსტრუმენტი ფართოდ გამოიყენება დაბალი და საშუალო შემოსავლების მქონე ქვეყნებში, თუმცა მისი გამოყენება, სულ უფრო მეტად განიხილება როგორც დამატებითი მეთოდი კლინიკური და ადმინისტრაციული მონაცემების გასამყარებლად.

VA-ის გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაგალითია უგანდაში ჩატარებული მულტიცენტრული კვლევა (2017–2020), რომელმაც შეისწავლა ბავშვთა (<5 წელი) სიკვდილიანობა სეფსისის შემდეგ [8]. კვლევის მიზანი იყო დაედგინა სიკვდილის მიზეზები იმ შემთხვევებში, როდესაც ბავშვები კვდებოდნენ საავადმყოფოდან გაწერის შემდეგ მოკლე პერიოდში. VA ინტერვიუების საფუძველზე დადგინდა, რომ სიკვდილიანობის ძირითადი მიზეზი კვლავ სეფსისისა და ინფექციური გართულებების რეციდივი იყო. ეს კვლევა ნათლად აჩვენებს VA-ს პოტენციალს ე.წ. „დამალული“ სიკვდილიანობის გამოსავლენად.

Murray და კოლეგების მიერ ჩატარებულმა მეთოდოლოგიურმა კვლევამ (BMC Medicine, 2014) შეაფასა VA-ზე დაფუძნებული სხვადასხვა ალგორითმის სიზუსტე და დაადასტურა, რომ სტანდარტიზებული ინსტრუმენტების გამოყენების შემთხვევაში VA-ს შეუძლია საიმედოდ განსაზღვროს სიკვდილის ძირითადი მიზეზები მოსახლეობრივ დონეზე [10].

ვერბალური აუტოფსიის მონაცემები შესაძლოა ინტეგრირდეს სხვადასხვა ბიომარკერების დონესთან. კერძოდ, ვერბალური აუტოფსიის და ბიომარკერ sTREM-1 ინტეგრაციით შესაძლებელია, შეივსოს კლინიკური და სტატისტიკური მონაცემების

დეფიციტი, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როდესაც სიკვდილის მიზეზი არ არის ზუსტად დადგენილი ან დოკუმენტირებული (11). აღნიშნული მიდგომა მნიშვნელოვნად აძლიერებს სეფსისისა და ნოზოკომიური ინფექციების ეპიდემიოლოგიის შესაძლებლობებს და ქმნის პირობებს მათთან ასოცირებული დაურეგისტრირებელი („დამალული“) სიკვდილიანობის გამოსავლენად.

ვერბალური აუტოფსიის სტრუქტურირებული მონაცემების და ბიომარკერ sTREM-1-ის, აგრეთვე, სხვა ბიომარკერების ინტეგრირება კლინიკურ და ეპიდემიოლოგიურ მონაცემებთან, საშუალებას მოგვცემს გამოვლინდეს სეფსისისა და ნოზოკომიური ინფექციების არასრულად ასახული („დამალული“) ტვირთი. ინტეგრირებული მიდგომა განსაკუთრებით აქტუალურია გადაუდებელი დახმარების სისტემებში, სადაც დროის ფაქტორი კრიტიკულია და არსებული მონაცემები ხშირად ვერ ასახავს რეალურ მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს.

დასკვნა: სეფსისი კვლავ რჩება კლინიკური მედიცინის ერთ-ერთ უმთავრეს გამოწვევად. მისი დიაგნოსტიკა ხშირად დაგვიანებულია, ხოლო აღრიცხვიანობა არასრულყოფილია. ინტენსიური თერაპიისა და გადაუდებელი მედიცინის განყოფილებებში განსაკუთრებით აქტუალურია ნოზოკომიური სეფსისის პრევენცია და დროული გამოვლენა. სეფსისის ეპიდემიოლოგიის შესასწავლად განსაკუთრებული მნიშვნელობისაა სიკვდილის შემდგომი ვერბალური აუტოფსია. მისი ინტეგრირება ბიომარკერ sTREM-1-თან მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ეპიდემიოლოგიურ სტატისტიკას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Fleischmann-Struzek C, Rudd K. Challenges of assessing the burden of sepsis. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2023 Dec;118(Suppl 2):68-74. doi: 10.1007/s00063-023-01088-7.
2. Rudd KE, Johnson SC, Agesa KM, Shackelford KA, Tsoi D, Kievlan DR, et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet*. 2020;395(10219):200–11.
3. Markwart R, Saito H, Harder T, Tomczyk S, Cassini A, Fleischmann-Struzek C, et al. Epidemiology and burden of sepsis acquired in hospitals and intensive care units: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2020;46(8):1536–51.
4. Fleischmann-Struzek C, Mellhammar L, Rose N, Cassini A, Rudd KE, Schlattmann P, et al. Incidence and mortality of hospital- and ICU-treated sepsis: results from an updated systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2020;46(8):1552–62.
5. Zhou J, Qian C, Zhao M, Yu X, Kang Y, Ma X, et al. Epidemiology and outcome of severe sepsis and septic shock in intensive care units in mainland China. *PLoS One*. 2014;9(9):e107181.
6. Cassini A, Högberg LD, Plachouras D, Quattrocchi A, Hoxha A, Simonsen GS, et al. Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis*. 2019;19(1):56–66.
7. Wang HE, Donnelly JP, Griffin R, Levitan EB, Shapiro NI, Howard G. Derivation and validation of a risk-adjustment model for sepsis mortality using administrative data. *Crit Care Med*. 2013;41(10):2335–44.
8. Prescott HC, Angus DC. Enhancing recovery from sepsis: a review. *JAMA*. 2018;319(1):62–75.
9. World Health Organization. *WHO verbal autopsy instrument 2022: cause of death determination*. Geneva: World Health Organization; 2022.
10. Nichols EK, Byass P, Chandramohan D, Clark SJ, Flaxman AD, Jakob R, et al. The WHO 2016 verbal autopsy instrument: an international standard suitable for automated analysis by InterVA, InSilicoVA and Tariff 2.0. *PLoS Med*. 2018;15(1):e1002486.
11. Stassi C, Mondello C, Baldino G, Ventura Spagnolo E. Post-Mortem Investigations for the Diagnosis of Sepsis: A Review of Literature. *Diagnostics (Basel)*. 2020 Oct 20;10(10):849. doi: 10.3390/diagnostics10100849. PMID: 33092081; PMCID: PMC7590167.

Nosocomial Sepsis as a Burden of the Post-Hospital Sector

Nikoloz Chikovani, Nino Tskhvediani, Tinatin Gabrichidze, Ketevan Machavariani, Vakhtang Shoshiashvili, Levan Ratiani

Abstract

Background: Sepsis remains one of the most severe and complex challenges in modern healthcare, characterized by high mortality, multi-organ dysfunction, and substantial socioeconomic burden. According to global estimates, nearly 49 million cases and 11 million deaths annually are associated with sepsis, accounting for approximately 20% of all global deaths. Nosocomial (hospital-acquired) sepsis represents a particularly critical component of this burden, especially in intensive care and emergency settings, where invasive procedures, prolonged hospitalization, antimicrobial resistance, and immunosuppression increase both incidence and mortality.

Objective: This article aims to analyze nosocomial sepsis as a major contributor to post-hospital morbidity, mortality, and rehospitalization, and to explore the role of verbal autopsy and biomarker integration in identifying the hidden epidemiological burden of sepsis.

Methods: A narrative review of international cohort studies, systematic reviews, and meta-analyses was conducted, focusing on hospital-acquired (HA) and ICU-acquired sepsis, rehospitalization rates, long-term mortality, and limitations in cause-of-death registration systems. Particular attention was given to studies evaluating verbal autopsy (VA) as a complementary epidemiological tool and its integration with clinical and biomarker data, including soluble triggering receptor expressed on myeloid cells-1 (sTREM-1).

Results: Evidence indicates that hospital-acquired sepsis is associated with significantly higher mortality compared with community-acquired infections, with increased ICU and hospital length of stay. Rehospitalization rates following sepsis remain high, frequently driven by recurrent infections and post-sepsis complications, and are associated with elevated long-term mortality risk. A substantial proportion of sepsis-related deaths remains underreported due to incomplete documentation, misclassification (e.g., recording multi-organ failure as the primary cause), and deaths occurring shortly after discharge. Verbal autopsy has demonstrated effectiveness in identifying infection-related mortality in settings with limited medical documentation and can reveal previously unrecognized (“hidden”) sepsis burden. Integration of VA data with clinical records and biomarkers such as sTREM-1 may enhance diagnostic accuracy and epidemiological surveillance.

Conclusions: Nosocomial sepsis constitutes a significant and often underestimated burden within the post-hospital sector. Delayed diagnosis, antimicrobial resistance, and incomplete mortality registration systems contribute to underestimation of its true impact. The integration of structured verbal autopsy with biomarker-based assessment represents a promising approach for improving cause-of-death attribution, strengthening epidemiological data, and informing more effective health policy and resource allocation strategies.

Keywords: Sepsis, Verbal Autopsy, Epidemiology, Nosocomial Sepsis

The study of cytotoxic activity of some alkaloid-bearing plants growing in Georgia

Lali Kintsurashvili¹, Tamar Suladze², Nino Kachlishvili³, Jean Legault⁴, Vakhtang Mshvildadze⁵,
Nina Vachnadze⁶

¹Lali Kintsurashvili, Doctor of Pharmacy, Senior Researcher, I. Kutateladze Institute of Pharmacochimistry, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: l.kintsurashvili@tsmu.edu; ²Tamar Suladze, Doctor of Pharmacy, Researcher, I. Kutateladze Institute of Pharmacochimistry, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia; ³Nino Kachlishvili, Doctor of Biology, Researcher, I. Kutateladze Institute of Pharmacochimistry, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia; ⁴Jean Legault, Doctor of Biology; Professor at Fundamental Sciences Department, Université du Québec a Chicoutimi (Canada); ⁵Vakhtang Mshvildadze, Doctor of Pharmacy, Senior Researcher, I. Kutateladze Institute of Pharmacochimistry, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia; Professor at Fundamental Sciences Department, Université du Québec a Chicoutimi (Canada); ⁶Nina Vachnadze, Doctor of Chemistry, Chief Researcher, I. Kutateladze Institute of Pharmacochimistry, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia;

Abstract.

The aim of the study was to examine the aboveground parts of plants growing in Georgia: *Delphinium elisabethae* N. Busch., *Solanum nigrum* L., *Sophora japonica* L., *Vinca herbacea* Waldst. et Kit., for their alkaloid content and to evaluate their biological activity. Purified total alkaloid fractions were obtained using liquid-liquid extraction from the aforementioned plants, in the composition of which, as Phytochemical analysis revealed the major alkaloid constituents correspond to diterpene (*D. elisabethae*), steroidal (*S. nigrum*), quinolizidine (*S. japonica*), and indole-type bases (*V. herbacea*). Cytotoxic activity in vitro was assessed using three cell cultures: A-549 (human lung carcinoma cell culture, ATCC#CCL-185); DLD-1 (cell culture of the rectum adenocarcinoma, ATCC#CCL-221); WS-1 (human dermal fibroblasts) with the Resazurin and Hoechst tests.

It was found that the total alkaloid fraction from *V. herbacea* demonstrated strong cytotoxic activity against A-549 and DLD-1 cells, with no toxicity toward WS-1. The *S. nigrum* fraction displayed moderate cytotoxicity against all tested cell cultures. The total alkaloid fractions from *D. elisabethae* and *S. japonica* showed only weak cytotoxic activity against all cell lines.

Introduction. Modern comprehensive approaches used in the treatment of oncological diseases represent a set of complementary strategies, including surgical intervention, radiation therapy, chemotherapy, targeted and immunotherapeutic methods [1,2]. These approaches target the tumour and the patient's body at the molecular, cellular and systemic levels. Despite the progress achieved, significant problems still remain in the treatment of malignant neoplasms due to the high toxicity of anticancer drugs, the development of drug resistance and insufficient selectivity of their action [3,4]. In this regard, the search for new, safer and biologically active natural compounds that can become the basis for alternative or auxiliary chemotherapeutic agents remains relevant [5].

One of the promising areas of cancer therapy is the use of chemotherapeutic drugs of plant origin. Secondary metabolites, especially alkaloids, play an important role in the treatment of malignant neoplasms [6, 7]. A number of widely used cytostatics were obtained from plant materials: vincristine and vinblastine from *Vinca rosea L.*, taxol from *Taxus baccata L.*, Ukrain -based on an alkaloid from *Chelidonium majus L.*, camptothecin from *Camptotheca acuminata Decne.* [8-11]. Alkaloids, due to their wide range of pharmacological activity, in particular their strong cytotoxic and antiproliferative effects, attract special attention of researchers. [12]. The biological activity of these compounds is realized through multiple molecular mechanisms. For instance, disturbances in microtubule dynamics are characteristic for indole alkaloids, inhibition of topoisomerases - for camptothecin, and induction of apoptosis - for berberine and soforidine. Such a diverse mechanisms of action on malignant neoplasms underscore the significant therapeutic potential of alkaloids and generate increasing interest in their further research [13]. The species examined—*Delphinium elisabethae* N. Busch. (*Helleboraceae*), *Solanum nigrum* L. (*Solanaceae*), *Sophora japonica* L. (*Leguminosae*), and *Vinca herbacea* Waldst. et Kit. (*Apocynaceae*)—were selected for their established biological and pharmacological properties and as the objects, that allow for a comprehensive analysis of representatives of diverse structural classes based on their cytotoxic action.

According to the literature data, the chemical composition of *D. elisabethae* is characterized by the presence of alkaloids with potential cytotoxic activity. However, the number of publications related to research in this area remains limited. In this regard, the development of an optimal method for isolating total alkaloid fractions enriched with biologically active bases exhibiting selective activity from *D. elisabethae*, growing in Georgia, represents an urgent and scientifically justified task [14].

Numerous studies of foreign scientists related to *S. nigrum* have demonstrated its high antiproliferative activity. However, there are no systematic studies of the alkaloid composition and cytotoxic activity of this species in Georgia. It is known that the chemical composition of the plant includes valuable steroidal glycoalkaloids (solasonine, solamargine) with established antitumor activity. In this regard, the study of *S. nigrum* growing in Georgia is of interest for

identifying biologically active components, expanding phytochemical data on the flora of Georgia and searching for promising natural compounds with cytotoxic potential [15].

The rich chemical composition of *S. japonica*—flavonoids, isoflavonoids, quinolizidine alkaloids, and phenolic acids—makes it a valuable source of biologically active metabolites. However, as in the previous case, information on cytotoxic activity is limited, which determines interest in assessing the potential antitumor activity of this species and identifying novel biologically active compounds [16, 17].

The genus *Vinca* plays a key role in oncopharmacology, being the source of a number of successful anticancer drugs such as vincristine and vinblastine. *V. herbacea* is considered a promising object for the search for cytotoxically active alkaloids. Studying the chemical composition and biological activity of the aboveground parts of *V. herbacea* will allow to approach the study of this plant from a novel perspective, creating the prerequisites for identifying new compounds and evaluating their biological activity, and determining their potential for the development of natural anticancer agents [18].

An analysis of these species will enable the identification of the most promising plant sources of biologically active compounds and provide a scientific foundation for further phytochemical and pharmacological research

The aim of research. The aim of our research was to study the aboveground vegetative organs of the following plants: *Delphinium elisabethae* N. Busch. (*Helleboraceae*); *Solanum nigrum* L. (*Solanaceae*); *Sophora japonica* L. (*Leguminosae*), *Vinca herbacea* Waldst. et Kit. (*Apocynaceae*), growing in Georgia, for the content of alkaloids and to evaluate their physiological activity.

Materials and methods. The plant material was collected during the flowering phase, collected in Western Georgia. Air-dried raw materials were crushed. Extraction was performed by maceration in 70% ethanol at room temperature for 48 hours, followed by filtration and evaporation to a dry residue. The residue was treated with a 5% hydrochloric acid solution. The acidic solution was alkalized with 25% ammonia, after which extraction was performed with chloroform. The combined chloroform fractions were washed with distilled water to a neutral pH, dehydrated with anhydrous sodium sulphate, filtered and evaporated to dryness.

Qualitative analysis of the isolated total alkaloid fractions was performed by thin-layer chromatography (TLC) on plates (Silica gel 60 F₂₅₄ (Merck, Germany) using the following solvent system: chloroform-methanol (4:1; 6:1; 9:1); chloroform-benzene-ethanol 95% - ammonia 25% (40:40:10:0.2); benzene-ethylacetate-methanol (2:2:1). For visualization, the following detectors were used: Dragendorff reagent, ammonium cerium sulfate solution in 85% orthophosphoric acid (for indole bases), in the presence of standards. Also, identification of alkaloids was realized using 7890B GC System and 5977A Single Quadrupole GC/MSD System (Agilent Technologies, USA). Cytotoxic activity was evaluated on three cell lines: A549 (human lung carcinoma, ATCC#CCL-185); DLD-1 (human colorectal adenocarcinoma, ATCC#CCL-221); WS-1 (human dermal fibroblasts,) which were received from ATCC (American Type Culture Collection - Manasa, USA). Cancer cells were cultivated in Earle's salt and L-glutamine growth medium. (Earle's salts

content: KCl, NaCl, NaH₂PO₄ · H₂O, D-Glucose, MgSO₄ · 7H₂O, CaCl₂ · 2H₂O, NaHCO₃, red phenol), then supplemented with 10% fetal calf serum (Hyklon, Logan, USA) vitamins (1X), penicillin (100 I.U/ml) and streptomycin (100 mkg/ml), amino acids (1X), sodium pyruvate (Mediaech Cellgro, VA). Cells were incubated at 37 °C in a humidified atmosphere containing 5% CO₂.

Results and discussion. Spectral analysis (GC/MS) and thin-layer chromatography (TLC) revealed the presence of diterpene alkaloids in the chemical composition of the aboveground organs of *D. elisabethae*, steroidal alkaloids in *S. nigrum*, quinolizidine alkaloids in *S. japonica*, and indole alkaloids in *V. herbacea*.

Table 1 presents the dominant alkaloid bases identified in the total alkaloid fractions isolated from the aboveground vegetative organs of the studied species.

Table 1. Alkaloids identified in the aboveground parts of *D. elisabethae*, *S. nigrum*, *S. japonica*, and *V. herbacea*.

Plant	Vegetative part of the plant	Total alkaloid content (%) in dry plant material	Identified alkaloids	Alkaloid class	Formula	Molecular weight (g/mol)	Melting point (°C)	Optical rotation ([α] _D)
<i>D. elisabethae</i>	Aboveground	1, 21	Methyllycaconitine	diterpene	C ₃₇ H ₅₀ N ₂ O ₁₀	666.81	157-158 (decomp.)	+49° (EtOH)
			Anthranoillicotinine	diterpene	C ₃₂ H ₄₆ N ₂ O ₈	586.72	-	-
			Lycocotinine	diterpene	C ₂₅ H ₄₁ NO ₇	467.60	169-171	-
<i>S. nigrum</i>	Aboveground	1, 0	Solasonine	steroidal	C ₄₅ H ₇₃ NO ₁₆	868.04	290-295 (decomp.)	-
			Solamargine	steroidal	C ₄₅ H ₇₃ NO ₁₅	852.04	295-300 (decomp.)	-
<i>S. japonica</i>	Aboveground	0, 2	Sophorine	quinolizidine	C ₁₁ H ₁₄ N ₂ O	190.24	146-147	-
<i>V. herbacea</i>	Aboveground	0, 94	Vincarine	indole	C ₂₁ H ₂₄ N ₂ O ₃	352.1787	263-264	+14 (MeOH)
			Herbamin	indole	C ₂₂ H ₂₈ N ₂ O ₄	382.1893	176-179 (MeOH decomp.)	0±5° (CHCl ₃)
			Vincamain	indole	C ₂₂ H ₂₆ N ₂ O ₃	366.1943	226-227 (EtOH)	-54° (EtOH)
			Herbadine	indole	C ₂₁ H ₂₄ N ₂ O ₃	368.1736	206-208 (decomp.)	-

As shown in Table 1, qualitative and quantitative analysis of the aboveground parts of these species revealed clear differences in alkaloid content. The highest total alkaloid fraction was observed in *D. elisabethae* -1.21%, whereas the lowest was found in *S. japonica* - 0.2%. Among

the steroidal glycoalkaloids, *S. nigrum* exhibited 1.0%, whereas *V. herbacea* - a moderate content of 0.94%.

Physicochemical properties, such as melting point and optical rotation ($[\alpha]_D$), reflect the features of the stereochemical configuration and the degree of purity of the alkaloids. Thus, methyllycaconitine exhibits a positive optical rotation (+49°), whereas *V. herbacea* alkaloids exhibit a wide range of $[\alpha]_D$ values (from -54° to +14°), indicating the presence of various stereoisomers in the samples.

Based on the data in Table 1, it can be concluded that representatives of the genera *Delphinium* and *Vinca* are characterized by a high content and diverse array of biologically active alkaloids, whereas *Sophora* and *Solanum* exhibit a narrower but more pronounced profile, emphasizing their chemotaxonomic and pharmacological significance.

The cytotoxic activity of total alkaloid fractions isolated from the plant samples was assessed by the inhibitory concentration (IC_{50}), which suppresses cell growth by 50%. Daunorubicin served as a positive control. According to the results of cytotoxic activity in vitro using the Resazurin and Hoechst tests, the studied fractions revealed varying degrees of cytotoxic activity depending on the plant species, assay method, and cell line. The research results are presented in Table 2.

Table 2. In vitro cytotoxic activity of total alkaloid fractions from *D. elisabethae*, *S. nigrum*, *S. japonica*, *V. herbacea*, as determined by Resazurin and Hoechst tests (IC_{50} , $\mu\text{g/ml}$).

plant	Methods					
	Resazurin			Hoechst		
	A-549	DLD-1	WS-1	A-549	DLD-1	WS-1
<i>D. elisabethae</i>	159±12 $\mu\text{g/ml}$	>200 $\mu\text{g/ml}$	>200 $\mu\text{g/ml}$	92±14 $\mu\text{g/ml}$	>200 $\mu\text{g/ml}$	>200 $\mu\text{g/ml}$
<i>S. nigrum</i>	38±4 $\mu\text{g/ml}$	69±5 $\mu\text{g/ml}$	39±3 $\mu\text{g/ml}$	37±3 $\mu\text{g/ml}$	49±6 $\mu\text{g/ml}$	46±5 $\mu\text{g/ml}$
<i>S. japonica</i>	182±7 $\mu\text{g/ml}$	147±8 $\mu\text{g/ml}$	110±3 $\mu\text{g/ml}$	125±6 $\mu\text{g/ml}$	113±8 $\mu\text{g/ml}$	107±2 $\mu\text{g/ml}$
<i>V. herbacea</i>	18±2 $\mu\text{g/ml}$	44±3 $\mu\text{g/ml}$	75±15 $\mu\text{g/ml}$	48±12 $\mu\text{g/ml}$	29±5 $\mu\text{g/ml}$ ^o	>200 $\mu\text{g/ml}$
Daunorubicin	0,68± 0,08 μM	<0,078 μM	0,12±0,02 μM	<0,078 μM	<0,078 μM	0,13± 0,03 μM

According to the data presented in Table 2, the cytotoxic activity of total alkaloid fractions from *D. elisabethae*, *S. nigrum*, *S. japonica*, *V. herbacea* varies significantly depending on the plant species, alkaloid class, and cell line used and also is consistent with the pharmacological characteristics described in the literature.

The total alkaloid fractions of *D. elisabethae* exhibited generally low cytotoxic activity, with the exception of line A-549 according to the Hoechst test ($IC_{50} = 92 \pm 14 \mu\text{g/ml}$), IC_{50} values exceeded 200 $\mu\text{g/ml}$. This activity is probably due to the dominant alkaloids present in the composition of

the total alkaloid fractions. Modifying extraction conditions, fractionation, or using alternative purification methods may alter the chemical composition of the total fraction, including the ratio of minor and major alkaloids, which, in turn, may affect its biological activity profile.

The steroidal alkaloids of *S. nigrum* demonstrated moderate cytotoxic activity, with IC_{50} values for all tested lines ranging from 37–69 $\mu\text{g/ml}$. The similar levels of activity in different cell lines may suggest that these compounds act on cells through a common mechanism, without showing pronounced selectivity. Considering the known ability of glycoalkaloids to enhance the cytotoxicity of several chemotherapeutic agents, further investigation of the potential synergism of *S. nigrum* with anticancer drugs seems appropriate.

The total alkaloid fraction of *S. japonica* containing quinolizidine alkaloids exhibited low cytotoxic activity, particularly against A-549 cells ($IC_{50} = 182 \pm 7 \mu\text{g/ml}$), which is consistent with literature data on the generally weak cytotoxicity of most quinolizidine bases. However, to identify the application potential of this fraction, it can be further evaluated in terms of the antibacterial, antifungal, antioxidant, and neurotropic activities, which, according to the literature, are characteristic of many quinolizidine alkaloids. In addition, changing the extraction method and fractionation may enable the isolation of components with more pronounced cytotoxic activity, which suggests continuation of the research in this direction.

The most pronounced cytotoxic effect was observed for the total alkaloid fraction of *V. herbacea*, in particular, against the A-549 cell line (Resazurin method) with the lowest value of $IC_{50} = 18 \pm 2 \mu\text{g/ml}$, indicating the high sensitivity of cells to this class of alkaloids. According to the Hoechst test, strong activity was also noted against the DLD-1 cell line ($IC_{50} = 29 \pm 5 \mu\text{g/ml}$), further supporting the potential of *V. herbacea* compounds against colorectal cells. Taken together, these findings highlight the pharmacological potential of *V. herbacea* as a promising source of cytotoxically active natural compounds.

Thus, among the studied objects, the diterpene (*D. elisabethae*) and quinolizidine (*S. japonica*) bases were less active, whereas steroidal alkaloids (*S. nigrum*) demonstrated moderate activity, and bases belonging to the indole class (*V. herbacea*) showed the highest cytotoxic potential. The observed differences correlate well with the chemical nature of the corresponding classes of alkaloids and can be used for a targeted search for biologically active compounds.

Conclusions. An analysis of the alkaloid composition of the aboveground parts of *D. elisabethae*, *S. nigrum*, *S. japonica*, and *V. herbacea*, introduced and growing in Georgia, was conducted in the study. The compounds belonging to various structural classes of alkaloids, including diterpene, steroidal, quinolizidine, and indole bases were identified, and their dominant components were determined using GC/MS and TLC methods.

The obtained total alkaloid fractions exhibited varying degrees of cytotoxic activity in vitro, depending on the plant species. Of particular interest is *V. herbacea*, the alkaloid complex of which demonstrated pronounced cytotoxic effects while showing no toxicity toward normal cells.

The results highlight the pharmacological potential of the studied species and indicate the prospects for further in-depth investigation of individual alkaloids, their mechanisms of action, and possible areas of application as prototypes of antitumor agents.

References:

1. A. Mondal, A. Gandhi, C. Fimognari, A.G. Atanasov, A. Bishayee. Alkaloids for cancer prevention and therapy: Current progress and future perspectives. *Eur. J. Pharm.*, 2019, 858. Article 172472, 10.1016/j.ejphar.2019.172472
2. Hanahan, D. Hallmarks of cancer: new dimensions. 2022, 12(1), 31–46. DOI: 10.1158/2159-8290.CD-21-1059
3. Holohan, C., Van Schaeybroeck, S., Longley, D. B. & Johnston, P. G. Cancer drug resistance: an evolving paradigm. *Nature Reviews Cancer* 2013, 13, 714–726. DOI: 10.1038/nrc3599
4. Longley, D. B. & Johnston, P. G. Molecular mechanisms of drug resistance. *Journal of Pathology*. 2005, 205, 275–292.
5. Cragg, G. M. & Newman, D. J. Natural products in cancer therapy. *Journal of Natural Products*. 2013, 76, 2024–2034.
6. Wink, M. Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. *Medicines (Basel)*. 2015, 2(3), 251–286. DOI: 10.3390/medicines 2030251
7. Harvey, A. L., Edrada-Ebel, R. & Quinn, R. The re-emergence of natural products for drug discovery in the genomics era. *Nature Reviews Drug Discovery* 2015, 14, 111–129. DOI: 10.1038/nrd4510
8. Wani, M. C., Taylor, H. L., Wall, M. E., Coggon, P. & McPhail, A. T. Plant antitumor agents. *Taxol*. *Journal of the American Chemical Society*. 1971, 93(9), 2325–2327. DOI: 10.1021/ja00738a045
9. Wall, M. E., Wani, M. C., Cook, C. E., Palmer, K. H., McPhail, A. T. & Sim, G. A. Plant antitumor agents. *Camptothecin*. *Journal of the American Chemical Society*. 1966, 88(16), 3888–3890. DOI: 10.1021/ja00925a039
10. Nowicky, J. W. Ukrain — anticancer preparation from *Chelidonium majus* L. *Drugs under Experimental and Clinical Research*. 1992, 18(1), 1–11.
11. Cushnie, T. P. T., Cushnie, B. & Lamb, A. J. Alkaloids: general overview and relevance to cancer. *Phytochemistry Reviews*. 2020, 19, 815–842. DOI: 10.1007/s11101-019-09604-w
12. Newman, D. J. & Cragg, G. M. Natural products as sources of new drugs. *Journal of Natural Products*. 2020, 83, 770–803. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.9b01285
13. Schmidt, T. J. Cytotoxic natural products. *Natural Product Reports*. 2017, 34, 942–1017. DOI: 10.1039/c7np00031k
14. Chen S., Meng L., Fatma M., Demerdash E., Zhou L., Rizvi S., Cui L., Kang W. Review of Compounds and Pharmacological Effects of Delphinium. *Journal of Chemistry*. 2020, Article ID 9375619:23. doi.org/10.1155/2020/9375619].

15. Chen, Y., Li, S., Sun, F., Han, H., Zhang, X., Fan, Y., et al. In Vivo antimalarial Activities of Glycoalkaloids Isolated from Solanaceae Plants. *Parm. Biol.*, 2010, 48(9), 1018-1024. doi: 10.3109/13880200903440211
16. Kang, N., et al. Sophoridine induces apoptosis. *Oncology Reports*. 2011, 25, 853–858. DOI: 10.3892/or.2010.1122
17. Farias A., Iturriaga P. A. systematic review on secondary metabolites of genus Sophora: chemical diversity. *J Chil Chem Soc.* 2022; 67(3), 5571-5581. doi:10.4067/S0717-97072022000305571
18. N. Gagua, A. Bakuridze, N. Vachnadze, D. Berashvili, V. Vachnadze. Extraction of pharmacologically active alkaloids from Vinca species. *Georgian Medical News*. 2011, 6 (195), 172-178.

საქართველოში გავრცელებული ზოგიერთი ალკალოიდშემცველი მცენარის ციტოტოქსიკური აქტივობის შესწავლა

ლალი კინწურაშვილი¹, თამარ სულაძე¹, ნინო ქაჩლიაშვილი¹, ჟან ლეგო², ვახტანგ
შშივლიდაძე^{1,2}, ნინა ვაჩნაძე¹

¹თსუ იოველ ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი, 0159, თბილისი, საქართველო;
²კვებვის უნივერსიტეტის ფუნდამენტურ მეცნიერებათა დეპარტამენტი, შიკაგოში, კანადა

აბსტრაქტი

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საქართველოში გავრცელებული მცენარეების *Delphinium elisabethae* N. Busch, *Solanum nigrum* L., *Sophora japonica* L. და *Vinca herbacea* Waldst. et Kit. მიწისზედა ნაწილების შესწავლა ალკალოიდების შემცველობისა და მათი ბიოლოგიური აქტივობის შეფასებისთვის.

სითხე-სითხოვანი ექსტრაქციის შედეგად მიღებულ ალკალოიდების ჯამებში ფიტოქიმიური კვლევებით იდენტიფიცირებულია დიტერპენული (*D. elisabethae*), სტეროიდული (*S. nigrum*), ქინოლიზიდინის (*S. japonica*) და ინდოლის ჯგუფის ფუძეები (*V. herbacea*).

In vitro ციტოტოქსიკური აქტივობა შეფასდა სამ უჯრედულ ხაზზე — A-549 (ადამიანის ფილტვის კარცინომა), DLD-1 (სწორი ნაწლავის ადენოკარცინომა) და WS-1 (ადამიანის ნორმალური ფიბრობლასტები) Resazurin-ისა და Hoechst-ის მეთოდების გამოყენებით.

V. herbacea ალკალოიდების ჯამი გამოირჩეოდა მკვეთრად გამოხატული ციტოტოქსიკური მოქმედებით A-549 და DLD-1 ხაზებზე, მაგრამ არ იყო ტოქსიკური WS-1 უჯრედების მიმართ. *S. nigrum* ჯამმა გამოამჟღავნა ზომიერი აქტივობა ყველა ხაზის მიმართ, ხოლო *D. elisabethae* და *S. japonica* ალკალოიდების ჯამებმა წარმოადგინეს სუსტი ციტოტოქსიკური ეფექტი.

ოჯახი პოლიტიკური სოციალიზაციის მთავარი აქტორი საქართველოში

ავთანდილ ტუკვაძე¹, ვალერიან დოლიძე²

¹პოლიტიკის მეცნიერების დოქტორი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი; ²ისტორიის მეცნიერებათა დოქტორი, ვალერიან დოლიძე, ასოცირებული პროფესორი

აბსტრაქტი

ოჯახი მთელი ცხოვრების განმავლობაში წარმოადგენს პოლიტიკური სოციალიზაციის წამყვან აგენტს, რომელშიც გამომუშავებული ღირებულებები, ჩვევები, პოლიტიკურ წარმოდგენები ქმნიან საფუძველს პიროვნული განვითარებისთვის. ადამიანი ოჯახის მეშვეობით აცნობიერებს თავის რელიგიურ და ეთნიკურ იდენტობას, რომელიც იშვიათად იცვლება მთელი ცხოვრების მანძილზე და აქტიურ როლს თამაშობს სოციალიზაციის პროცესში. ოჯახები, როგორც სოციალიზაციის პირველადი და „მუდმივი აგენტები“, სხვადასხვა როლს თამაშობენ განსხვავებული რეჟიმებისა და საზოგადოებრივ განვითარების საფეხურებზე.

ქართულ სინამდვილეში ოჯახი სახელმწიფოს ძლიერების ფუნდამენტია და მართლმადიდებლური ეკლესია მმართველ ელიტებთან ერთად ყველანაირად ცდილობენ დაიცვან (მათ შორის საკანონმდებლო დონეზე) საკუნეების განმავლობაში ჩამოყალიბებული ოჯახური ტრადიციები, ღირებულებები. ნაშრომში, რ. პატნემის „სოციალური კაპიტალის“ თეორიაზე დაყრდნობით პირველადაა გაანალიზებული, „ქართული სუფრის კულტურის“ როლი პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესში.

საკვანძო სიტყვები: პოლიტიკური სოციალიზაცია, აგენტი, „სუფრის კულტურა“, ღირებულებები, ოჯახი.

შესავალი

პოლიტიკური სოციალიზაცია არის პროცესი, რომლის საშუალებითაც ადამიანები იძენენ საზოგადოებაში დამკვიდრებულ პოლიტიკურ ღირებულებებს, „ზოგადი პოლიტიკური თამაშის წესებს“, იზიარებენ აღიარებულ ფასეულობებს, შეხედულებებს, ქცევის მორალურ ნორმებს, პოლიტიკური კულტურის კონკრეტულ მოდელს, რომლებიც მომდევნო თაობებს გადაეცემა.

პოლიტიკური სოციალიზაციის საბოლოო მიზანი არის კონკრეტული პოლიტიკური წყობისთვის „მისაღები“, ლოიალურად განწყობილი „კარგი მოქალაქის“ ჩამოყალიბება, რომელიც (მოქალაქეობა) განსხვავებულ შინაარსობრივ დატვირთვას გულისხმობს სახელმწიფოებრივი განვითარების სხვადასხვა საფეხურზე, თუმცა, ნებისმიერი რეჟიმის დროს მმართველი ელიტები დაინტერესებული არიან პოლიტიკური სტაბილურობის უზრუნველყოფით, რომელიც ვერ მიიღწევა მათთვის მისაღები იდეოლოგიური ორიენტაციების გაზიარების–წარმატებული სოციალიზაციის გარეშე. აქედან გამომდინარე, პოლიტიკური სოციალიზაციის აგენტების მიმართ (ოჯახი, სკოლა, თანატოლები, რელიგია, ეთნიკური იდენტობა, მასმედია, პოლიტიკური ინტიტუტები და ა.შ.) ინტერესი სხვადასხვა დარგის მეცნიერებს გააჩნიათ, რომლებიც განსხვავებულ მეთოდოლოგიაზე დაყდნობით ცდილობენ შეისწავლონ და გაანალიზონ პრობლემა: არსებობს პოლიტიკური სოციალიზაციის სხვადასხვა განმარტებები, რაც მეცნიერებისთვის დამახასიათებელი ბუნებრივი პროცესია; ამასთან ერთად, პოლიტიკური სოციალიზაციის აგენტების გავლენა განსხვავებულია სხვადასხვა სოციალურ გარემოში, რასაც ეროვნული–კულტურული, ეკონომიკური, რელიგიური, გეოპოლიტიკური და სხვა განვითარების თავისებურებები განაპირობებენ.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ოჯახის როლის ანალიზი პოლიტიკურ სოციალიზაციაში საქართველოს მაგალითზე. ოჯახი პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესის მუდმივი აგენტია, რომელიც სხვადასხვა ხარისხის გავლენას ახდენს მისი წევრების ეთნიკური და რელიგიური იდენტობის ფორმირების, იდეოლოგიური ორიენტირების, ტრადიციების, ფასეულობის გადაცემისა და სახეცვლილების პერმანენტულ პროცესზე, იგი სხვადასხვა მოცულობის როლს თამაშობს განსხვავებული პოლიტიკური რეჟიმების და სოციალ ეკონომიკური კულტურული განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე. ქართული სინამდვილის ანალიზი ამის კარგი მაგალითია. ამასთან ერთად, ჩვენ შევეცადეთ გაგვეხილა ოჯახური ურთიერთობების ერთერთი ტრადიციის „ქართული სუფრის კულტურის“ გავლენა პოლიტიკური სოციალიზაციის სფეროში. აქვე დავძენ, რომ იდეა მოდის ერთერთი წარმატებული სტუდენტიდან, ჯიმი ნიჟარაძიდან, რომელმაც პოლიტიკური კულტურის სასწავლო კურსის ფარგლებში გააკეთა პრეზენტაცია ქართული სუფრის როლზე პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესში.

პოლიტიკური სოციალიზაციის კლასიკური განსაზღვრებები

გაბრიელ ალმონდის აზრით პოლიტიკური კულტურის ფორმირებისა და გადაცემის პროცესში პოლიტიკური სოციალიზაცია თამაშობს მნიშვნელოვან როლს. „სამოქალაქო კულტურის გადაცემის პროცესი რთულია და სოციალურ ინსტიტუტებში –ოჯახში, თანატოლთა ჯგუფში, სკოლაში, სამსახურში, პოლიტიკურ სისტემაში, გაწვრთნას მოითხოვს“ გ. ალმონდი ს. ვერბა (2009), მოგვიანებით ალმონდი იგივე აზრს ავითარებს შედარებით პოლიტიკაში: „პოლიტიკური ღირებულებების ფორმირებისა და გადაცემის გზების განმარტებისას ერთი თაობიდან მეორეზე ვიყენებთ ტერმინს პოლიტიკური სოციალიზაცია“ ალმონდი და პაუელი (2002), მოცემულ ცნებაში აქცენტი კეთდება პოლიტიკური სოციალიზაციის როლზე პოლიტიკური კულტურის ჩამოყალიბების და მის გადაცემაზე მომდევნო თაობისთვის.

სიდნეი ვერბა, რომელთან ერთადაც ალმონდმა პოლიტიკური კულტურის მეცნიერული კონცეფცია ჩამოაყალიბა მეოცე საუკუნის სამოციან წლებებში აშშ–ი, ბრიტანეთში, მექსიკაში, დასავლეთ გერმანიაში და იტალიაში პოლიტიკური ორიენტაციების შესწავლის მიზნით ჩატარებული ემპირიული კვლევების საფუძველზე, იზიარებს პოლიტიკური სოციალიზაციის როლს პოლიტიკურ კულტურის გადაცემის პროცესში და ასევე, აქცენტს აკეთებს სისტემის სტაბილურობის და პოლიტიკური პროცესის უწყვეტობაზე (სოციალიზაცია პერმენენტული პროცესია ბავშვობიდან –მთელი ცხოვრების განმავლობაში) და მოცემული პოლიტიკური კულტურის მატარებელი მოქალაქის ჩამოყალიბებაზე (ინდივიდი იძენს პოლიტიკურ იდენტობას– მოქალაქეობრივი ცნობიერება, იდეოლოგიური კუთვნილება).

დევიდ ისტონმა მრავალი ნაშრომი მიუძღვნა პოლიტიკური სისტემაში „შემავალი“ და „გამომავალი“ სიგნალების შესწავლას, სისტემის ლეგიტიმაციის და მხარდაჭერის მექანიზმების ანალიზს ნაშრომებში **პოლიტიკური სისტემა** (1953), **პოლიტიკური ცხოვრების სისტემური ანალიზი** (1965); ისტონის მიხედვით, პოლიტიკური სისტემა სტაბილურობას ინარჩუნებს მაშინ, როდესაც სოციალიზაციის პროცესში მოქალაქეები ითვისებენ სისტემის ნორმებსა, წესებს და აღიქვამენ მას ლეგიტიმურად და ხდება ფასეულობების ინტერნალიზაცია უყალიბდებად სისტემისადმი ნდობისა და მხარდაჭერის პოლიტიკური ორიენტაციები.

ჰერბერტ ჰაიმანი არის ერთ-ერთი პირველი მკვლევარი, რომელმაც სისტემურად შეისწავლა **პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესი. პოლიტიკური სოციალიზაცია** (1959). ეს არის კლასიკური და ერთ-ერთი პირველი ფუნდამენტური კვლევა პოლიტიკური სოციალიზაციის შესახებ. მისი აზრით პოლიტიკური სოციალიზაციის მემკვიდრით ინდივიდი გამოიმუშავებს პოლიტიკურ დამოკიდებულებებს სისტემის, რეჟიმის, იდეოლოგიების მიმართ. ის ერთერთი პირველი მკვლევარია, რომელიც ოჯახის როლს აანალიზებს ბავშვების პოლიტიკური ორიენტაციების ჩამოყალიბების საქმეში.

ამრიგად, პოლიტიკური სოციალიზაციის ანალიზისას ალმონდი აქცენტს აკეთებს პოლიტიკური კულტურის ფორმირებასა და მის გადაცემაზე თაობიდან თაბაზე, ვერბა

სტაბილურობის უწყვეტობის უზრუნველყოფაზე, ისტონი სისტემისადმი ნდობისა და მხარდაჭერის ჩამოყალიბებაზე და ლეგიტიმაციაზე, ჰაიმანი, რომელიც პოლიტიკური სოციალიზაციის თეორიის ფუძემდებელია, განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობს ადრეული სოციალიზაციის შესწავლას—ოჯახის როლს პოლიტიკური ორიენტაციების ჩამოყალიბების პროცესში.

ქართულ სინამდვილეში პოლიტიკური სოციალიზაციის ფუნდამენტალური ნაშრომია გურამ აბესაძის (ერთერთი პირველი სადოქტორო დისერტაცია პოლიტიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად) “პოლიტიკური სოციალიზაცია: არსი, სტრუქტურა და ფუნქციონირების თავისებურებანი (სოციალურ–ფილოსოფიური ანალიზი)” გ.აბესაძე (1996). პროფესორი გ. აბესაძე დეტალურად აანალიზებს პოლიტიკური სოციალიზაციის არსს, სტრუქტურას, ფუნქციონირების მექანიზმებს. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა პოლიტიკური სოციალიზაციის თავისებურებებს ქართულ სინამდვილეში და მის გავლენას პოლიტიკური კულტურის ცვლილებებზე, დემოკრატიული ღირებულებების დამკვიდრებაზე. გ. აბესაძეს მიაჩნია, რომ პოლიტიკური სოციალიზაცია თანამედროვე ქართული პოლიტიკური ერისა და მისი იდენტობის ფორმირების განმსაზღვრელი პირობაა.

პოლიტიკური სოციალიზაციის საბოლოო მიზნად განიხილება პოლიტიკური შეხედულებების, ღირებულებების და იმ პოლიტიკური კულტურის გამომუშავება და დამკვიდრება, რომელიც არსებული პოლიტიკური ელიტების ლეგიტიმაციას განამტკიცებს და არჩევნებში მხარდამჭერი ადამიანების სიმრავლეს უზრუნველყოფს, მაგრამ არსებობს ბერძნული მიდგომა პოლიტიკური სოციალიზაციის საბოლოო მიზანთან დაკავშირებით, რომელიც „კარგი მოქალაქის“ ფორმირებას ითვალისწინებს, რომელიც განსხვავებულ შინაარსობრივ დატვირთვას იძენს სხვადასხვა საზოგადოებებში და პოლიტიკურ რეჟიმებში. მაგალითად „დასმენის“ (ქართული მოდიფიკაცია „ჩაშვების“) ინსტიტუტის ლეგიტიმაცია მოხდა საბჭოთა რეჟიმის დროს. ცნობილია, რომ გარდამავალ პერიოდში წყდებოდა საკითხი „ვინ–ვის“, რაც დაუნდობელ ბრძოლას ითვალისწინებდა სოციალიზმსა და კაპიტალიზმს შორის. ნომენკლატურული რეკრუტირების მთავარი კრიტერიუმები, სოციალურ წარმომავლობასთან ერთად იყო პარტიული ერთგულება მარქსისტულ–ლენინური იდეოგიის, „ერთადერთი ჭეშმარიტი იდეოლოგიისადმი“—თაყვანისცემა, ბურჟუაზიული ელემენტების წინააღმდეგ ბრძოლაში კლასობრივი ინტერესების პირველადობა, ინდივიდუალურ ინტერესზე კოლექტიურის უპირატესობა და ყველაფერი ეს კომუნისტური საზოგადოების აშენებისათვის აუცილებელ პირობად მიაჩნდათ. ამ პერიოდში შექმნილი „სოციალისტური რეალიზმის“ ლიტერატურა დაცლილია ყოველგვარი მორალური–ეთიკური ნორმებისგან. მაგ. ქართულ სინამდვილეში, ისევე როგორც მთელ კავშირში, მსგავსი ლიტერატურული ნაწარმოებების შექმნა აუცილებელი იყო და ამის მაგალითები მრავლადაა: „გვადი ბიგვა“, „კოლხეთის ცისკარი“ და სხვა, რომლებშიც მთავარი, „დადებითი“ პერსონაჟების ქცევები დღევანდელი საზომით ამორალური იყო: მაგალითად „კოლხეთის ცისკარში“, მექი ვაშაკიძე, რომელიც უღარიბესი გლეხების

წარმომადგენელი იყო და იგი კოლექტივიზაციის გატარების მთავარ მოქმედ პირს წარმოადგენდა (მან შემოიყვანა ტრაქტორი სოფელში), შეყვარებული იყო მდიდარი გლეხის, კულაკის ბარნაბა საგანელიძის ქალიშვილზე თალიკოზე, მაგრამ ამას ხელი არ შეუშლია მისთვის, რომ მომავალი სასიამორო დაეზღუდებინა (რადგანაც იგი სხვა კლასის წარმომადგენელი იყო) და სასიკვდილოდ გაეწირა. მსგავსი ქმედება კარგი მოქალაქის ქცევასთან იყო გაიგივებული.

ამერიკული ანტროპოლოგიური სკოლის მიერ აღიარებული თავისუფლების და მოქალაქის ცნების განსხვავებული მიდგომები სხვადასხვა ცივილიზაციებში. ქართულ სინამდვილეში დასავლეთში აღიარებული „კარგი მოქალაქის“ ცნება, გარკვეული აზრით, დღესაც ეწინააღმდეგება ქართულ მენტალიტეტს, რომელშიც უარყოფით როლს „კანონიერი ქურდების“ ფსიქოლოგიის „ქართული ფესვები“ თამაშობენ. საქართველოში, ლათინურ ამერიკაში, აზიაში და სხვა ქვეყნებში „ცუდ ქცევადაა“ აღიარებული სხვისი დანაშაულებრივი ქმედების აღიარება და მას „ჩაშვებად“, მოღალატეობრივ ქმედებად აღიქვამენ: ამის მიზეზი მრავალია, მაგრამ ჩვენ იმის თქმა გვინდოდა, რომ „კარგი მოქალაქის“ განმარტება საკმაოდ რთულია და ამ დროს ყველაზე მიზანშეწონილია არისტოტელეს მოსაზრებებიდან ამოვიდეთ: არისტოტელეს მოძღვრებაში კარგი მოქალაქის ცნება მჭიდროდაა დაკავშირებული ადამიანის არისტოტელესეულ განსაზღვრებასთან, რომლის მიხედვით ადამიანი „პოლიტიკური ცხოველია“ და მისი პოლიტიკაში მონაწილეობისა და საზოგადოების განყენებით არსებობა, არისტოტელეს გაგებით, მხეცთან და ღმერთთან იდენტიფიცირდება, არისტოტელესთან მოქალაქეობა არ არის მხოლოდ სტატუსი, რადგანაც პოლიტიკურ პროცესში ჩართულ მდგომარეობაში აღიქმება ადამიანი მოქალაქედ „ჩვენ მოქალაქეებად მივიჩნევთ იმათ, ვინც მონაწილეობს სასამართლოსა და სახალხო კრებაში. ჩანს ასეთი განსაზღვრება უკეთ შეესაბამება ყველა იმათ, ვინც მოქალაქეთ იწოდება“ მ. ბიჭაშვილი (2006). არისტოტელე აღიარებს, რომ ეს ცნება შეესაბამება დემოკრატიაში მოქალაქის განსაზღვრებას, რადგანაც ტირანიაში მოქალაქე ვერ განიხილება პოლიტიკის აქტიურ სუბიექტად, არისტოტელეს აზრით მოქალაქე არის ის, ვისაც აქვს უნარი მონაცვლეობით იყოს მმართველი და მართულიც. კარგმა მოქალაქემ უნდა იცოდეს, როგორ დაემორჩილოს კანონებს და მართოს სხვები საზოგადოებრივი კეთილდღეობისთვის. ერთდროულად მართვა და მორჩილება არ ძალუძს ტირანს, მონას და ეს შესაძლებელია მხოლოდ „პოლიტიკაში“, სადაც მმართველი ძალა საშუალო ფენაა. არისტოტელეს განსაზღვრება, რომ კარგი მოქალაქე კარგი ადამიანიც უნდა იყოს დღესაც აქტუალურია, რადგანაც არისტოტელეს მიხედვით „კარგი ადამიანის სათნოება აბსოლუტური და უნივერსალურია“ და კარგი ადამიანის და კარგის მოქალაქის ცნება მხოლოდ იდეალურ სახელმწიფოში ემთხვევა ერთმანეთს, მაგრამ არასრულყოფილ სახელმწიფოში კარგი მოქალაქე შეიძლება იყოს ერთგული ქვეშევრდომი, მაგრამ არ იყოს მორალურად სრულყოფილი კარგი ადამიანი.

ამრიგად, პოლიტიკური სოციალიზაციის საბოლოო მიზანი კონკრეტული რეჟიმის მიმართ ლოიალურად განწყობილი მოქალაქის ფორმირებაა, რომელიც იზიარებს საზოგადოებაში დამკვიდრებულ ქცევით ნორმებს, „პოლიტიკური თამაშის წესებს“,

ღირებულებებს, ხელისუფლების იდეოლოგიურ ორიენტირებს, ქვეყნის საშინაო და საგარეო პოლიტიკის მიმართულებებს და არჩევნებში მმართველი ელიტის ხელისუფლებაში ყოფნის მხარდამჭერ არჩევანს აკეთებს. ოპოზიციური ელიტას იგივე მიზანი გააჩნია საკუთარი მხარდამჭერი მოქალაქეების მიმართ. ხელისუფლება და ოპოზიცია ცდილობს გაავრცელოს თავისთვის მისაღები იდეოლოგიურ-პოლიტიკური ღირებულებები პირდაპირი და არაპირდაპირი (ირიბი) სოციალიზაციის აგენტების (ოჯახი, სკოლა, პარტიები, მასმედია, სოციალური ქსელების და სხვა) მეშვეობით.

პირდაპირი, არაპირდაპირი (ირიბი) და შერეული სოციალიზაცია

პოლიტიკური სოციალიზაცია შეიძლება იყოს პირდაპირი და არაპირდაპირი (ირიბი), ასევე, იგი შეიძლება ატარებდეს შერეულ ფორმას.

აღმონდი შედარებით პოლიტიკაში სოციალიზაციაზე მსჯელობისას გამოყოფს პირდაპირ და არაპირდაპირი სოციალიზაციის ფორმებს და განმარტავს, რომ სოციალიზაცია პირდაპირია რომელიც ითვალისწინებს პოლიტიკის შესახებ ინფორმაციის, ღირებულებების შეხედულებების უშუალოდ გადაცემას. აღმონდი მაგალითად განიხილავს სამოქალაქო განათლების გაკვეთილებს სკოლაში, ბავშვების ინდოკრინაცია ისლამურ ირანში, პაკისტანში, საბჭოთა ტოტალიტარიზმის დროს კომკავშირში მიღების პროცედურას, პროპაგანდას, აპართეიდი სამხრეთ აფრიკაში. სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ ინდოქტრინაციის დროს სწავლება ხორციელდება ერთი იდეოლოგიის, გარკვეული მოსაზრებების უპირობო ჭეშმარიტების აბსოლუტიზაციისა და კრიტიკული აზროვნების შეზღუდვის, ალტერნატიული შეხედულებისა და ღირებულებების გამორიცხვის პირობებში. ის ხასიათდება ორგანიზებული და გეგმიური სწავლებით, ოფიციალური ინსტიტუტების ჩართულობით, პოლიტიკურ საკითხებზე პირდაპირი ინფორმაციის მიწოდებით.

არაპირდაპირი პოლიტიკური სოციალიზაციის დროს პოლიტიკური შეხედულებების, ღირებულებების ჩამოყალიბება მიმდინარეობს არა მიზანმიმართულად, არამედ საკუთარი გამოცდილების მეშვეობით, მაგ; როცა მშობლები კამათობენ პოლიტიკურ საკითხებზე ან კიდევ მასწავლებელთან და თანატოლებთან ურთიერთობების პროცესში, ასევე, როგორც მნიშვნელოვანი მოვლენა ქვეყნის ცხოვრებაში და ასევე, სხვა უამრავი ფაქტორი შეიძლება გახდეს არაპირდაპირი სოციალიზაციის მაპროვოცირებელი მიზეზი: უნებლიე და ბუნებრივი გავლენა, ყოველდღიური სოციალური გამოცდილება, ღირებულებების გადაცემა არაპოლიტიკური გარემოდან.

ჩვენი აზრით, ისევე, როგორც პოლიტიკური კულტურა, პოლიტიკური რეჟიმი, დემოკრატია არ არსებობს სუფთა ფორმით და მათ ტიპოლოგიას ვახდენთ იმის მიხედვით თუ რომელი ნიშნები ჭარბობს თვითეულ მათგანში და მიზანშეწონილად ვიყენებთ ჰიბრიდული სისტემების და რეჟიმების ცნებებს, ასევე, პოლიტიკური სოციალიზაცია იშვიათად ხორციელდება მხოლოდ პირდაპირი და არაპირდაპირი ფორმით და ხშირად ეს პროცესი შერეულ ხასიათს ატარებს. ამასთან ერთად, პოლიტიკური სოციალიზაცია მიმდინარეობს ერთდროულად რამდენიმე აქტორის

ზემოქმედებით ოჯახის, მედიის, სკოლის, პირადი გამოცდილების გავლენით და იგი ფორმალური და არაფორმალური ზემოქმედების შედეგად ხორციელდება რეალურ ცხოვრებაში.

ოჯახი პოლიტიკური სოციალიზაციის მთავარი აქტორი საქართველოში

ოჯახი კაცობრიობის ისტორიაში უძველესი სოციალური ინსტიტუტი და სახელმწიფოებრიობის საფუძველია. ჯერ კიდევ უძველესი პერიოდის მოაზროვნეები აღიარებდნენ ოჯახის განმსაზღვრელ როლს ცივილიზაციის განვითარებისა და სახელმწიფო ინსტიტუტების მოწყობის გზაზე. არისტოტელეს მიაჩნდა, რომ ოჯახების გაერთიანებამ შექმნა სოფლები, ხოლო სოფლების გაერთიანებით ჩამოყალიბდა სახელმწიფოები; კონფუცუს სურდა მამასა და შვილის ურთიერთობა სახელმწიფოებრივი მოწყობის საფუძვლად ექცია და მმართველების ბატონობა ქვეშევრდომებზე მამაშვილურ ურთიერთობებისთვის გაეიგივებინა. ოჯახი დღესაც გადამწყვეტ როლს ასრულებს სოციალური, პოლიტიკური, კულტურული, ეკონომიკური, სამართლებრივი ურთიერთობების სფეროში. ნაცისტურ გერმანიაში და ბევრ ტოტალიტარულ თუ დემოკრატიულ სისტემებში „საუკეთესო მეოჯახის“ სტატუსი ელიტების რეკრუტირების მნიშვნელოვან კრიტერიუმს წარმოადგენდა (დღესაც, ქართულ სინამდვილეში „კარგი ოჯახის შვილის“ ცნებას მნიშვნელოვანი შინაარსობრივი დატვირთვა აქვს). ხშირად ქვეყნდება „მსოფლიოს მმართველი ოჯახების“ სია, რომლებიც ფაქტობრივად მიკროსახელმწიფოებს წარმოადგენენ კონკრეტულ სახელმწიფოებში. საუდის არაბეთსა და ბევრ არაბულ სამყაროში, საყოველთაოდაა ცნობილი ქალების უუფლებო მდგომარეობა, მაგრამ ამ ქვეყნებიდან ოქსფორდის, კემბრიჯის, ჰარვარდის და სხვა წამყვანი უნივერსიტეტების კუსდამთავრებული ქალბატონების მხოლოდ მცირე ნაწილი იბრძვის ქალების ემანსიპაციისთვის ისლამურ სამყაროში. მათ უმრავლესობაში თვლიან, რომ ტრადიციული ოჯახის მოწყობის სტრუქტურაში ქალის ფუნქციურმა როლმა გაამართლა არაბულ სამყაროში და ასეთ გარემოში სახელმწიფოებრივი განვითარებისა და მშვიდობიანი თანაარსებობის უკეთესი პირობებია შექმნილი.

საქართველოს ისტორიაში ოჯახები, გარკვეული გვარები განვითარების ყველა საფეხურზე წამყვან როლს თამაშობდა. შუა საუკუნეების საქართველოში ოჯახი და საქორწინო სამართალი ემყარებოდა ქრისტიანული რელიგიის ნორმებს, კერძოდ მათეს სახარებას, რომელიც უშვებდა „გამონაკლისებს“ და შესაძლებლად თვლიდა განქორწინებას „მრუშობის“ შემთხვევაში. შემდგომ ქართული საოჯახო სამართალი მრუშობასთან ერთად, თანდაყოლილ ეპილეფსიას, მამაკაცის სქესობრივი კავშირის უუნარობას („ცვედანობას“), პირში მყრალ სუნს და ხასიათის შეუთავსებლობაც კი განქორწინების მიზეზებად მიიჩნეოდა. ეს ხდებოდა მაშინ, როცა კათოლიკურ ევროპაში ლუკას და მარკოზის სახარებაზე დაფუძნებული საქორწინო სამართალი კატეგორიულად კრძალავდა საფრანგეთში, ესპანეთში, იტალიაში, ბრიტანეთში, „საღვთო რომის იმპერიაში“ განქორწინებას და მხოლოდ იშვიათი გამონაკლისების

შემთხვევაში, ისიც მმართველ ელიტისთვის, ეკლესია აცხადებდა, რომ ქორწინება თავიდანვე „არალეგიტიმური“ იყო და უშვებდა ცოლ-ქმრის გაყრას. ასევე, ოჯახის მოწყობის დემოკრატიულობაზე მიუთითებდა ის ფაქტიც, რომ ევროპის ქვეყნებში დაკანონებული იყო „პირველი ღამის უფლება“ და შესამაბისი სამართლებრივი ნორმებიც არსებობდა, ხოლო საქართველოს სინამდვილეში „პირველი ღამის უფლება“ ივანე ჯავახიშვილის, გიორგი ნადარეიშვილის და სხვა ცნობილი ისტორიკოსებისა და იურისტების კვლევების მიხედვით არ არსებობდა და არც ყოფილა სამართლებრივად ლეგიტიმირებული ევროპისგან განსხვავებით. მოყვანილი მაგალითებიდან ნათლად ჩანს, რომ მართლმადიდებლურ საქართველოში ისტორიულად, ოჯახის მოწყობა, სამართლებრივად უფრო დემოკრატიულ პრინციპებს ეფუძნებოდა, ვიდრე ევროპაში.

ოჯახი ქართულ სინამდვილეში პოლიტიკური სოციალიზაციის მნიშვნელოვანი აგენტი და მისი როლი მთელი ცხოვრების განმავლობაში გრძელდება მიუხედავად იმისა, რომ გარკვეულ სახეცვლილებას განიცდის გლობალიზაციის ეპოქაში. ქართული ოჯახის ტრადიციული ფორმა კვლავ წამყვან როლს ასრულებს პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესში განსაკუთრებით რეგიონების მასშტაბით, თუმცა მიმდინარეობს მისი ტრანსფორმაციის და სახეცვლილების პროცესიც, განსაკუთრებით დიდი ქალაქებში: იცვლება ოჯახის სტრუქტურა, წევრების რაოდენობა, პირდაპირი-ვერტიკალური სოციალიზაციის ფორმა, მზარდია ოჯახებში ლიბერალური ღირებულებების დამკვიდრება, გაზრდილია თაობებს შორის ურთიერთგავლენის ხარისხი, მატულობს მარტოხელა ოჯახების რიცხვი (9 ათასამდე, სადაც 98 % მხოლოდ დედები არიან), კოვიდმა მნიშვნელოვანად შეცვალა ოჯახებს შორის ურთიერთობების ქართული ტრადიციები, განმსაზღვრელ გავლენას ახდენს ოჯახის სოციალ ეკონომიკური მდგომარეობა, სტატუსი, მშობლების განათლება და სხვა მნიშვნელოვანი ფაქტორები. ასევე, ყველაზე მნიშვნელოვანი პოლიტიკური სოციალიზაციის აგენტი ქართულ სინამდვილეში არის ქართული მართლმადიდებლური, ქრისტიანული ეკლესია. იგი ყველაზე ავტორიტეტული ინსტიტუტია საქართველოში და მასთან მიახლოებული პოპულარობა არ გააჩნია ხელისუფლების შტოებს, პარტიებს, ლიდერებს და ა.შ. ეკლესიას განმსაზღვრელი როლი აქვს ხელისუფლების პოლიტიკის შემუშავებაში ოჯახური ღირებულებების, ქრისტიანული ტრადიციების დაცვის სფეროში: ფაქტობრივად ეკლესია ეროვნულ ინტერესებზე და ფასეულობებზე აპელირებით მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ქართული პოლიტიკური ერის ფორმირების პროცესში და ამაზე არა ერთი სამეცნიერო ნაშრომი არსებობს და უფრო მეტიც დისერტაციაც არის დაცული ნ. აბესაძე (2022). ეკლესიის როლი დიდია ქართულ ოჯახებში კონსერვატორული ღირებულებების ჩამოყალიბების და მისი თაობებიდან თაობებზე გადაცემის პროცესში. ყოველივე ეს გასათვალისწინებელია ტრადიციული ოჯახების როლის გაშუქების დროს პოლიტიკურ სოციალიზაციის პროცესში.

ადრეულ ასაკში ბავშვი ოჯახში პირდაპირი სოციალიზაციის ობიექტია, მოზარდი ცდილობს მშობლების ქცევის მოდელის კოპირებას, გარე და შიდა ინფორმაციები მიიღება კრიტიკული ანალიზის გარეშე, ოჯახში ყალიბდება ეთნიკური და რელიგიური

იდენტობის ყველაზე მყარი ღირებულებები, რომლებიც მთელი ცხოვრების განმავლობაში პიროვნებისთვის უცვლელია იშვიათი გამონაკლისის გარდა; შვილები ბუნებრივად ახდენენ თავიანთ იდენტიფიცირებას იმ პარტიასთან, რომელსაც მშობლები უჭერენ მხარს, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში თუ ორივე მშობელი ერთი პარტიის წევრია; ემპირიული კვლევებით დასტურდება, რომ პოლიტიკური ორიენტაციები იოლად გადაეცემა ოჯახის წევრებს (მშობლებიდან შვილებს), დაცულია მემკვიდრეობითობის პრინციპი პოლიტიკური და იდეოლოგიური ღირებულებების თაობებს შორის გადაცემის პროცესში; ირიბი სოციალიზაცია ოჯახში ხდება შვილების ემპირიული დაკვირვების საფუძველზე: დადიან თუ არა მშობლები არჩევენზე, ღებულობენ თუ არა მონაწილეობას აქციებში, უსმენენ თუ არა ახალ ამბებს, რომელი პოლიტიკური მოვლენების მიმართ ავლენენ ინტერესს და ა.შ. სოციალიზაციის პირდაპირი და არაპირდაპირი ან შერეული ფორმის დომინანტობას ოჯახში განაპირობებს ოჯახის წევრების სიმრავლე, სხვადასხვა თაობის ადამიანების ერთად თანაცხოვრება (შვილების გავლენა მშობლებზე პოლიტიკური სოციალიზაციის უკუპროცესში ხშირად ღირებულებებისა და პოლიტიკური ორიენტაციების ცვლილებებში გამოიხატება); ერთია, მოზარდის ურთიერთობა ბებიებთან და ბაბუებთან, რომელთა შეხედულებები ძირითადად ტრადიციების დაცვასა და კონსერვატიზმთან იდენტიფიცირდება, მეორეა მშობლებთან, რომელთა დამოკიდებულება შედარებით მკაცრია, მაგრამ უფრო მეტად ლიბერალური, მესამეა თავის ძმებთან და დებთან (თუ ისინიც არიან), რომლებიც ჰორიზონტალური სოციალიზაციის აგენტებს წარმოადგენენ ოჯახში. ბევრი ფსიქოლოგი, მკვლევარი და სხვა დარგის წარმომადგენელი მხარს უჭერს ტრადიციული ოჯახის იდეას, სადაც ბებიები და ბაბუები ღებულობენ მონაწილეობას შვილიშვილის აღზრდაში, რადგანაც ბავშვთან რბილი, სიყვარულისა და მხარდაჭერით გამსჭვალური დამოკიდებულება აუცილებელი ელემენტია აღზრდის პროცესში, როგორც ამას მიუთითებს ცნობილი ამერიკელი პედიატრი ბენჯამინ სპოკი თავის წიგნში „სპოკი ბებიებისა და ბაბუებისთვის“, ამას წერს იმ ქვეყანაში, სადაც დღეს ტრადიციული ოჯახები არქაულ ელემენტს წარმოადგენს და ყველაზე მაღალი პროცენტია მარტოხელა ოჯახების წილი მთლიან მოსახლეობაში: აშშ მსოფლიოში ერთ-ერთი ლიდერია მარტოხელა მშობლების (განსაკუთრებით მარტოხელა დედების) პროცენტული მაჩვენებლით, ბავშვების დაახლოებით 23-25% ცხოვრობს მარტოხელა მშობელთან ერთად, ეს მაჩვენებელი თითქმის სამჯერ აღემატება მსოფლიოს საშუალო მონაცემებს (რომელიც დაახლოებით 7%-ია). ეს ტენდენცია გლობალური ხასიათისაა და შემფოთების მიზეზია, რადგანაც მარტოხელა ოჯახებში აღზრდილი ბავშვები უფრო მეტად არიან მიდრეკილი ნარკოტიკებისა და კრიმინალის და სიღარიბისკენ თომას მ. მაგშტადტი (2010).

ტრადიციულ მრავალშვილიან ოჯახებში ბავშვები სწავლობენ უფროსებისა და იერარქიისადმი პატივისცემას, უფრო ტოლერანტები არიან, მაგრამ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, როგორაა სტრუქტურულად მოწყობილი ოჯახი: ის ავტორიტარულია და უსიტყვო მორჩილებას ითვალისწინებს უფროსი თაობის მიმართ თუ დემოკრატიულ

საწყისებს ეფუძნება, ორივე მშობელი „თანამონაწილეობის“ პრინციპზე ფუნქციონირებს ოჯახში და ყველას აქვს უფლება საკუთარი პოზიცია დააფიქსიროს, რომელიც ლიბერალური დემოკრატიის და პლურალიზმის პრინციპებს, დამოუკიდებელი აზროვნების უნარებს ავითარებს მოზარდის ცნობიერებაში. ქართულ სინამდვილეში ტრადიციულ ოჯახებში, როცა ერთ ჭერს ქვეშ ცხოვრობს სამი თაობა, მნიშვნელოვნადაა შესუსტებული მოზარდის ავტონომიურობისა და დამოუკიდებლობის ხარისხი, რადგანაც უფროსი თაობის–ბებიებისა, ბაბუების და მშობლების გარდაცვალებამდე შვილი „ბავშვის სტატუსში“ აღიქმება ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში.

მკვლევარების დიდი ნაწილი უპირატესობას ანიჭებენ ოჯახების ფორმალურ სტრუქტურულ დახასიათებას, რომელიც გულისხმობს: სოციალ–ეკონომიკური სტატუსს, შემოსავალს, მშობლების განათლებასა და პროფესიას; ოჯახის შემადგენლობას, სიდიდეს, მასში მშობლების, დებისა და ძმების არსებობას; ოჯახში მშობლების (მათ შორის პოლიტიკური) როლების განაწილებას. ე. ტარასოვა (2021).

ჩამოთვლილი გარემოებები ზოგადი ხასიათისაა და ნებისმიერი ოჯახისათვისაა დამახასიათებელი მიუხედავად იმისა რომელ საზოგადოებასთან და ქვეყანასთან გვაქვს საქმე. ზოგადად ოჯახების როლის გასაანალიზებლად პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესში მკვლევარები იყენებენ სხვადასხვა თეორიას და ცდილობენ კონკრეტულ შემთხვევაში უფრო მისაღები მიდგომა გამოიყენონ, თუმცა ისიც ფაქტია, რომ მარტო ერთი მეთოდოლოგიით ქართული ოჯახების როლის გაანალიზება პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესში შეუძლებელია და ის მოითხოვს კომპლექსურ მიდგომას.

ოჯახის როლის გაანალიზება პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესში შესწავლილია ტრადიციული მიდგომის ვერსიაში, ტრანსმისიურ მოდელში, როგორც საბაზისო სოციალური სტრუქტურული ერთეული ხელისუფლებისადმი მხარდამჭერი ღირებულებების ფორმირების პროცესში; „თაობათა შორის გადაცემის“ მოდელი შესაძლოა მიესადაგებოდეს ქართული ოჯახის დახასიათებას, რომელიც იკვლევს, თუ რამდენად ბაძავს შვილი მშობლებს და აკოპირებს მათ ქცევებს: თუ ოჯახში პოლიტიკა აღიქმება ბინძურ სფეროდ და პოლიტიკოსები უარყოფით პერსონაჟებად, ბავშვს უყალიბდება პასიური დამოკიდებულება, გაუცხოება პოლიტიკური პროცესებისგან, მაგრამ ასევე, თუ მშობლები პოლიტიკას საშიშ სფეროდ მიიჩნევენ და ერიდებიან პოლიტიკურ თემებზე საუბარს მაშინაც შვილებს უყალიბდება აპათიური დამოკიდებულება და შიში პოლიტიკური თემებზე მსჯელობისა და დისკუსიის მიმართ; ქართულ სინამდვილეში დიდი მნიშვნელობა აქვს მშობლები ახალ ამბებს რომელი მედია საშუალებიდან ღებულობენ, რადგანაც პარტიული ტელევიზიები ცნობიერების მკვეთრ პოლარიზაციას უწყობენ ხელს.

თაობებს შორის პოლიტიკური ორიენტაციების გადაცემის პროცესში (მემკვიდრეობითობის მდგომარეობა) მოიაზრება მშობლებსა და შვილებს შორის აქტიური კომუნიკაციის და ურთიერთდამოკიდებულების ასპექტები, რომელიც ქართულ სინამდვილეში დიდხანს გრძელდება და გარკვეული აზრით ამცირებს შვილების დამოუკიდებლობის ხარისხს, რადგანაც დედ–მამა შვილს ბავშვად აღიქვამს,

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მთელი ცხოვრების მანძილზე. ბავშვობაში ათვისებული ქცევების მოდელები ოჯახში, შემდეგ გადაიტანება პოლიტიკურ სფეროში (შესაბამისობის მდგომარეობა), არის განსაკუთრებული მნიშვნელობის და მაღალი მდგრადობით ხასიათდება (პირველადობის პრინციპი), განსაზღვრავს და აორგანიზებს ქცევით რეაქციებს პოლიტიკურ სტიმულებთან მიმართებაში (სტრუქტურების მდგომარეობა).

ტრანსმისიის მოდიფიცირებული, რევიზიონისტული მოდელი უფრო ფართო მნიშვნელობით განიხილავს ოჯახს, როგორც პოლიტიკური სოციალიზაციის აგენტს: მისი მიმდევრები ამტკიცებენ, რომ მშობლების გავლენა გამოიხატება საერთო პოლიტიკურ ორიენტაციებში, კონკრეტული ნიშნების კოპირებაში და ყურადღებას აქცევს საკმაოდ ფართო სპექტრის ფაქტორებს, რომლებიც ზრდიან ინდივიდის სოციალიზაციის მიმდებლობას. მათ შორის აქტიური, აფექტური, კომუნიკაციური და სხვა ფაქტორები. ამის გარდა ის ბავშვს ანიჭებს უფრო აქტიურ როლს თავის პოლიტიკურ განვითარებაში.

ქართული ოჯახების როლის გაანალიზების პროცესში საინტერესოა რობერტ პატმენის „სოციალური კაპიტალის“ თეორიის გამოყენება, რადგანაც ჩვენს რეალობაში ოჯახი თამაშობს ურთიერთობების პროცესში შემადუღებელ და დამაკავშირებელ ფუნქციას ნათესაებს, ახლობლებს შორის, რომელიც წარმოშობს ჩაკეტილი ლოიალური ჯგუფების, კლანის მაგვარ გაერთიანებებს, რომლებიც ხმას აძლევენ არა პროგრამების მიხედვით, არამედ ოჯახური კავშირების მიხედვით. კლინტელიზმის პრინციპი მჭიდროდ უკავშირდება პარტიების პერსონალიზაციის პროცესს.

სისტემური თეორია კარგად მიესადაგება ქართული ოჯახების შესწავლას, რადგანაც ოჯახი აქ განიხილება, როგორც „მიკრო“ სისტემა, რომელიც მუდმივ ურთიერთქმედებაშია მაკროსისტემასთან–სახელმწიფოსთან; ქართულ სინამდვილეში დიდია ოჯახზე ეკლესიის გავლენა, რომელიც ხშირად სახელმწიფო ინსტიტუტების საშუალებით ახდენს თავისი ინტერესების რეალიზაციას–ოჯახური ღირებულებების და ტრადიციების დაცვის პოლიტიკის გატარებას.

პოლიტიკური რადიკალიზაცია საქართველოში ოჯახებშიც გადავიდა და მიიღო ტრადიციული ქრისტიანულ–მართლმადიდებლურ და ნეოლიბერალურ ღირებულებებს შორის დაპირისპირების ფორმა, რომელიც უფრო მოგვაგონებს, ლიბერალიზმისა და კონსერვატიზმის დაპირისპირების საწყის სტადიას, როცა ლიბერალობა ან კონსერვატორობა საღანძღავ სიტყვებს ნიშნავდა. ამ პროცესის ახსნა შესაძლებელია პოლიტიკური კულტურის თავისებურებებით, ქართული ხასიათით, განსაკუთრებით „ქურდული მენტალიტეტისათვის“ დამახასიათებელი პატრიარქალური კულტურის არსებობითა და გავლენით, რომელიც უარყოფით როლს თამაშობს სახელმწიფოებრივი აზროვნების ჩამოყალიბების პროცესში, როგორც ოჯახების, ისე სახელმწიფოს დონეზე.

„ქართული სუფრა“ პოლიტიკური სოციალიზაციის აქტორი

„ქართული სუფრის კულტურა“ საუკუნეების განმავლობაში ყალიბდებოდა და დღევანდელი სახით ის დაახლოებით მე-19 საუკუნეში ფორმირდა. ღვინის კულტურა საქართველოში ანტიკურ პერიოდის წინა ხანას უკავშირდება, „ვეფხისტყაოსანში“ ვხვდებით ნადიმის აღწერას, ღვინის სმის კულტურას, ხოლო 17–18 საუკუნეებში უცხოელი მოგზაურების მიერ (მაგ; ჟან შარდენი) აღწერილია ქართული სუფრა და ასევე, თამადის მსგავსი პიროვნების ფუნქციები: მას უძველეს დროში პურისა და ღვინის წინამძღოლად მოიხსენიებდნენ. ოჯახებს შორის ურთიერთობებში სუფრას განსაკუთრებული როლი ჰქონდა, რადგანაც სტუმარს ღვთისგან მოვლენილ ადამიანად მიიჩნევდნენ („სტუმარი ღვთისაა“) და დაუწერელი მორალური კანონების, ტრადიციის მიხედვით ის ყველაზე საპატივცემულო და ხელშეუხებელი ადამიანი ხდებოდა, მას შემდეგ რაც ოჯახის ზღურბლს გადმოაბიჯებდა; ეს მოვლენა მთელი დრამატიზმითაა აღწერილი ვაჟა ფშაველას „სტუმარ–მასპინძელში“ და „ალუდა ქეთელაურში“. ფაქტობრივად, სტუმარ–მასპინძლობის და ქართული სუფრის კულტურა ქვეყნის კულტურული კოდია, რომელიც ეროვნული იდენტობის დამახასიათებელი, შემადუღებელი კულტურის გამოხატულებაა. აქვე დავძენთ, რომ სულ სხვა დატვირთვა ქონდა ოჯახში გაშლილ სუფრას და გამასპინძლებას, იგი ახლობლობის, ნდობის, თავისიანად აღქმის სიმბოლოს ნიშნავდა და გამონათქვამი „მე მის ოჯახში ვიყავი“ გარკვეული პატივისცემის, ახლობლად განცდის, მორალური დატვირთვის მეტაფორადაა აღქმული ქართულ რეალობაში.

„ქართული სუფრა“ გარკვეული აზრით „მიკრო სახელმწიფოა“ თავისი ლიდერთ–თამადით, რომელიც ექვემდებარება გარკვეულ რეგლამენტს და პასუხისმგებელია სიმშვიდე, წესრიგი, უსაფრთხოება შეინარჩუნოს და იდეოლოგიურად გამაერთიანებელი ლიდერული როლი ითამაშოს სუფრის წევრებს შორის. სუფრა უზრუნველყოფას იერარქიულობის აღქმას, ასწავლის წესრიგის პატივისცემას, რიგითობის პრინციპის დაცვას და რაც მთავარია ავითარებს მოსმენის უნარს და ამდენად ზრდის სხვისი აზრის გაზიარების ალბათობას–პოლიტიკური პლურალიზმის უნარ–ჩვევებს. სუფრის თამადა, როგორც ტრადიციული თამადობის, ისე მისი თანამედროვე ნაირსახეობის პირობებში, ვალდებულია დაიცვას „ალავერდის“ ტრადიცია და სუფრის ნებისმიერ წევრს მიცეს აზრის გამოთქმის–სადღეგრძელოს თქმის უფლება. თამადის სადღეგრძელოს დროს უყურადღებობა, ცუდ ქცევადაა აღქმული ქართული სუფრის კულტურაში.

სუფრაზე აქტიურდება ინდოქტრინაციის პროცესი, სადღეგრძელოების თანმიმდევრობა ისეა გაწერილი (ვერბალური კოდექსი), რომ სუფრის წევრებს მიეწოდება ისეთი ცნებები და ღირებულებები, რომლებიც დოქტრინების სახითაა ჩამოყალიბებული და მტკიცებულებას არ საჭიროებენ. ეს წარმოადგენს პირდაპირი სოციალიზაციის მაგალითს: ღმერთის, მშვიდობის, ქართველი ერის, დიდი წინაპრების, ერთიანობისათვის ბრძოლაში დაღუპულების, მშობლების, ილია მეორის და სხვა სადღეგრძელოები აყალიბებენ ეროვნულ და რელიგიურ იდენტობას, „ქართველობის“

განცდის უპირატესობებს. ეთიკური ხასიათის სადღეგრძელოები მეგობრობის, თავდადების, ერთგულების მორალურ პრინციპებს და „კარგ მოქალაქედ“ განცდის გრძნობებს აღძრავენ სუფრის წევრებს შორის. ქართული სუფრა „რბილი ძალის“ ეფექტური ისტრუმენტი: დაპირისპირებული მხარეების შერიგება (მედიაცია) სუფრაზე ხდება „ღვინისა და მშვიდობის კონტექსტში“.

ქართული სუფრა არის დაახლოების, ნდობის, ურთიერთპატივისცემის გამომუშავების ლაბორატორია და თუ რობერტ პატნემს დავეყრდნობით, ქართული სუფრა არის „სოციალური კაპიტალის“ გამომამუშავებელი ინსტიტუტი, რადგანაც ერთმანეთთან ნდობის კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად იზრდება, ხოლო ერთმანეთის მიმართ ნდობა, ამერიკელი სოციოლოგის აზრით, მნიშვნელოვანი კაპიტალია საზოგადოების ეკონომიკური და პოლიტიკურ განვითარების წარმატების გზაზე; ისტორიულად სუფრაზე ხდებოდა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, კონფლიქტის მონაწილეების შერიგება, მნიშვნელოვანი გარიგებები („მათ შორის ჩაწყობები“) და მისი დარღვევა ცუდ ქცევად აღიქმებოდა. ქართული სუფრა რჩებოდა თავისუფლების კუნძულად ტოტალიტარიზის ეპოქაში, სადაც მეტ თავისუფლებას გრძნობდა ინდივიდი და გამოთქვამდა გულწრფელი საუბრის და მონანიების მზაობას. ჩანართის სახით შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ ევროპული საბჭოს ორ დღიანი სამიტების პირველი დღე მთავრდებოდა არაოფიციალური ვახშამით, სადაც იწვევდნენ გაწევრიანების აპლიკანტ ქვეყნის წარმომადგენელსაც, ასეთი უშუალო ურთიერთობა მეტ შანსს იძლეოდა მიეღწიათ კონსენსუსისთვის, ვიდრე კაბინეტებში უემოციო, არაგულწრფელი საუბრების ფორმატში, დღეისათვის ეს ტრადიცია აღარ გრძელდება და შესაძლოა მიზეზი შიდა დაპირისპირება ან კიდევ კანდიდატი ქვეყნების გაზრდილი რაოდენობა და სხვა ფაქტორები იყოს;

თამადის ტრადიციული მოდელი ითვალისწინებდა ორატორული ხელოვნებას და ეს თვისება პოლიტიკური ლიდერობის განმსაზღვრელი ნიშანია ქართულ პოლიტიკაში: კარგად საუბარი, პოპულიზმი, არარეალური დაპირებები იმ ლიდერული უნარ-ჩვევების ნაზავია, რომელიც ყველაზე მეტ გავლენას ახდენს ქართველ ამომრჩევლებზე. თამადა „სამართლიანი დიქტატორის“ მოდელს განასახიერებს, ის ყველას აძლევს სიტყვას, არავის ჩაგრავს და პოლიტიკაშიც სამართლიანი ძლიერი ხელის, პატრონის მოთხოვნა პოლიტიკური ორიენტაციის ნაწილია. კარგი თამადა უნდა გრძნობდეს სუფრის განწყობას, ისევე როგორც კარგი მმართველი უნდა იყოს ხალხთან. ქართული სუფრა „ნამდვილი აკადემიაა“, რომლის ფარგლებში ხშირად მოისმენ ახალ ინფორმაციას ისტორიიდან, პოლიტიკიდან, კულტურიდან.

ქართული ტრადიციის მიხედვით სუფრას გააჩნდა გამოცდის ფუნქციაც: ოჯახში იწვევდნენ სასიძოს და ღვინის სმის პროცესში აკვირდებოდნენ მის ქცევებს, მჭერმეტყველების უნარებს, ინტელექტს; განსაკუთრებით აინტერესებდათ მალე ხომ არ ითვრებოდა, როგორ აკონტროლებდა თავს, ხომ არ ახასიათებდა ფსიქიკის პათოლოგიური დარღვევები, ზედმეტი მიდრეკილილება ალკოჰოლისადმი;

დასახელებული ფაქტორები ოჯახის უფროსების მიერ მიიჩნეოდა შემაფერხებელ გარემოებებად მომავალი ოჯახის შექმნის გზაზე.

ტრადიციულ სუფრას, ავტორიტარული ყაიდის თამაძობის ინსტიტუტს გააჩნია თავისი მინუსები და უარყოფითი მხარეები, ერთი მხრივ, სუფრასთან ერთმანეთის მიმართ საქებარ სიტყვებს არ ვიშურებთ და სუფრის წევრს ვახასიათებთ არა ისე როგორებიც არიან, არამედ როგორიც უნდა იყოს და წარმოვადგენთ მის იდეალურ ვარიანტს, რაც ხშირად იმედგაცრუების მიზეზი ხდება; მეორე. ხშირად თამაძის სადღეგრძელოებში გამოვლენისლი პატრიოტიზმი რეალურ ცხოვრებაში არ გადადის და „სუფრის პატრიოტიზმის“ ფარგლებს არ ცდება, მოძველებულია „დეკლარირებული“, „ტრაფარეტული“ „დაქირავებული თამაძების“ სადღეგრძელოები; ნაკლები ნდობა გააჩნია სუფრაზე გაცემულ დაპირებებს და მრავალი სხვა, მაგრამ ეს მომენტები, არ ფარავს ქართული სუფრის დადებით გავლენას და როლს პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესზე ოჯახის ფარგლებში.

გლობალიზაციის პროცესმა და განსაკუთრებით ახალმა გამოწვევებმა, რომელიც ქვეყნის დემოკრატიზაციაზე და ადამიანის უფლებების დაცვაზე გადის, გავლენა მოახდინა ქართული სუფრის ფუნქციებზე, თამაძის ინსტიტუტზე და მთლიანად პოლიტიკურ და სამართლებრივ კულტურაზე. აგრეთვე, ტრანსფორმაციაზე გავლენა იქონია კოვიდის პანდემიამ, რომლის დროსაც ხანგრძლივი წყვეტა იყო ოჯახური შეკრებებისა და დღესასწაულების აღნიშვნის მიმართულებით. ოჯახებს შორის ურთიერთობებმა სუფრიდან სოციალურ ქსელებში გადაინაცვლა, ქართულმა სუფრამ დაკარგა თავის ფუნქცია, ადამიანების პირისპირ შეხვედრები ჩაანაცვლა „გაშუალებულმა“ კავშირებმა, გარკვეული აზრით ამანაც შეუწყო ხელი „გაუცხოებისა“ და პოლარიზაციის პროცესს.

დღევანდელი სუფრაზე ზოგჯერ თამაძის ერთპიროვნულ მმართველობას აღარ აღიარებენ სუფრის ახალგაზრდა წევრები და ამაში მათ ხელს უწყობს მაგიდების განლაგების სტრუქტურაც (5–8 კაციანი განცალკავებული მაგიდები), რაც მეტ შესაძლებლობას იძლევა გაიზარდოს ავტონომიურობის ხარისხი და საერთო მსოფლმხედველობის მცირე „ახლობლურ გარემოცვაში“ აღმოჩნდნენ; ასევე, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ქვეყანაში მიმდინარე პოლარიზაციის პროცესი: პოლიტიკა, ეროვნული საკითხი, ფეხბურთი ტაბუ დადებული საკითხებია და ხშირ შემთხვევაში დაპირისპირებისა და საერთო სუფრის დაშლის მიზეზი ხდება, ამდენად, თუ ადრე სუფრა „მშვიდობის“ და „ერთობის“ ადგილი იყო, დღეს ოჯახის გარეთ შეკრებებზე, განსხვავებული შეხედულებების, ღირებულებების და პარტიული კუთვნილების მქონე ადამიანებს შორის ხდება დაპირისპირება და ზოგჯერ სუფრა განხეთქილების ასპარეზად იქცევა, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ სუფრაზე გავლენები რიტუალურიდან ემოციურში გადაიზრდება ხოლმე.

შეიცვალა თამაძობის ინსტიტუტიც, სადღეგრძელოების თანამიმდევრობა (სადღეგრძელო როგორც „პოლიტიკური მანიფესტი“ კვლავ რჩება ღირებულებების დეკლარირებისა და გადაცემის საშუალებად) და წინა პლანზე სამოქალაქო საზოგადოებისა და პიროვნების თავისუფლების პრობლემებმა გადმოიწია.

ყოველივე, კი თაობათა შორის კონფლიქტში, ძირითადათ უფროსი თაობის კონსერვატორულ ღირებულებებსა და ლიბერალიზმს შორის დაპირისპირებაში პოულობს გამოხატულებას, მაგრამ ამას უფრო მწვავე ხასიათი, როგორც აღნიშნული იყო, ოჯახის გარეთ შეხვედრების დროს აქვს. ოჯახი კვლავ რჩება პოლიტიკური სოციალიზაციის აქტიურ აგენტად პოლიტიკის გატარების პროცესში; ქართულ სუფრას შეუძლია კონსენსუსის და „რბილი ძალის“ როლი ითამაშოს პოლიტიკურ პროცესში და სუფრასთან შეხვედრებმა „დემოკრატიულ პოლიტიკური თამაშის წესების“ დამკვიდრებასა და სამოქალაქო კულტურის გაძლიერებას შეუწყოს ხელი.

ამრიგად, ოჯახებთან ერთად, „ქართული სუფრა“, როგორც ოჯახებს შორის შეხვედრის ადგილი, მნიშვნელოვან როლს თამაშობს პოლიტიკური სოციალიზაციის პროცესში, სადაც საერთო განწყობა, ურთიერთნდობა, ერთმანეთის მოსმენის კულტურა, აზრთა გაზიარება ხდება და საბოლოო ჯამში პოლიტიკური პლურალიზმის და ტოლერანტობის უნარ-ჩვევები ყალიბდება. იგი „სოციალური კაპიტალის“ დაგროვების ეფექტური მექანიზმია ქართულ რეალობაში. არაფორმალურ შეხვედრებს დიდი ყურადღება ექცევა ევროპის დემოკრატიებში: დღეისათვის ევროკომისიის წევრებისთვის (მათი რაოდენობა 25 ათასზე მეტია), აუცილებელი მოთხოვნაა არაფორმალური შეხვედრები, ეს მეთოდი კარგადაა აპრობირებული ევროკავშირის შიდა სტრუქტურებში, რაც მნიშვნელოვნად აჩქარებს კონსენსუსის-დემოკრატიის საბაზისო ელემენტის ჩამოყალიბებას; ასევე, თემთა პალატაში მუშაობის ეთიკური კოდექსი, ავალდებულებს სახელისუფლებო და ოპოზიციური ელიტების წევრებს არაოფიციალურ შეხვედრების მოწყობას, რადგანაც უძველესი დემოკრატიული ტრადიციების ქვეყანაში კარგად ესმით ურთიერთნდობის მნიშვნელობა პოლიტიკურ პროცესში.

გამოყენებული ლიტერატურა

- 1.გ. ალმონდი ს. ვერბა (2009) სამოქალაქო კულტურა და დემოკრატიის სტაბილურობა ჟურნალი „სოლიდარობა“ ნომერი 2 (29) გვ 11.
- 2.Г. Алмонд, Дж. Пауэлл (2002) Сравнительная политология сегодня. გვ 105. 106.
- 3.Easton David (1953), The Political System , (1965) Systems Analysis of Political
4. Herbert Hyman (1959) Political Socialization.
- 5.გ.აბესაძე (1996).პოლიტიკური სოციალიზაცია: არსი, სტრუქტურა და ფუნქციონირების თავისებურებანი (სოციალურ–ფილოსოფიური ანალიზი).
- 6.ნ.აბესაძე (2022) მართლმადიდებელი ეკლესია და თანამედროვე ქართული ეროვნული-პოლიტიკური იდენტობის ფორმირების აქტორი (დისერტაცია დაცულია პოლიტიკის მეცნიერების აკადემიური დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში).
- 7.მ. ბიჭაშვილი (2006). პოლიტიკის თეორია. ნაწილი პირველი გვ 21.
8. Тарасова Е (2021) Семья как агент политической социализации КиберЛенинка.
<https://cyberleninka.ru> ›
- 9.თომას მ. მაგმეტადტი (2010) გავიგოთ პოლიტიკა. გვ 301.

Family as the Main Actor in Political Socialization in Georgia

Avtandil Tukvadze¹, Valerian Dolidze²,

¹Doctor of Political Science, Associate Professor, Tbilisi State University; ²Doctor of Historical Sciences, Associate Professor, Tbilisi State University

Abstract

The family is the leading agent of political socialization throughout life, where established values, habits, and political ideas form the foundation of personal development. Through the family, individuals develop a sense of religious and ethnic identity, which rarely changes throughout life and plays an active role in the socialization process. Families, as primary and "permanent agents" of socialization, play different roles in different regimes and processes of social development. In Georgian reality, the family is the foundation of state power, and the Orthodox Church, together with the ruling elite, strives in every way to protect (including through legislation) family traditions and values shaped over centuries. This paper, drawing on R. Putnam's theory of "social capital," analyzes for the first time the role of "Georgian table culture" in the process of political socialization.

Key words: political socialization, subject, "table culture", values, family.

Автандил Туквадзе, доктор политических наук,

Валерян Долидзе, доктор исторических наук,

Аннотация

Семья на протяжении всей жизни является ведущим агентом политической социализации, в которой сформировавшиеся ценности, привычки и политические идеи составляют основу личностного развития. Через семью человек осознают свою религиозную и этническую идентичность, которая редко меняется на протяжении жизни и играет активную роль в процессе социализации. Семьи, как первичные и «постоянные агенты» социализации, играют разные роли в разных режимах и процессах социального развития.

В грузинской реальности семья является фундаментом государственной власти, а Православная Церковь вместе с правящей элитой всячески пытается защитить (в том числе на законодательном уровне) семейные традиции и ценности, сформированные веками. В данной работе, опираясь на теорию «социального капитала» Р. Патнэма, впервые анализируется роль «грузинской застольной культуры» в процессе политической социализации.

Ключевые слова: политическая социализация, субъект, «застольная культура», ценности, семья.

Creative Process Transformation through Generative AI Models

Irina Khomeiki¹, Lily Petriashvili²

¹Georgian Technical University, Professor; ² Georgian Technical University, Professor

Abstract

Generative artificial intelligence (AI) is reshaping creative industries, transforming how art, design, and storytelling are conceived and produced. In recent years, tools such text-to-image systems and large language models have moved from research laboratories into everyday creative workflows, making advanced capabilities accessible to professionals and matures alike. These technologies enable rapid idea generation, personalized outputs, and exploration of new aesthetic possibilities, but they also raise important questions about authenticity, authorship, and the role of human creativity. This review highlights key technological advances, such as diffusion models and personalization techniques alongside their impact on visual arts, design and writing. While AI expands creative potential and accelerates processes, challenges remain in balancing novelty with perceived authenticity and designing interfaces that support meaningful human–AI collaboration. Understanding these dynamics is essential as generative AI becomes a mainstream partner in creative practice.

Keywords: generative AI, creative process, diffusion models, human-AI collaboration, computational creativity, digital art, design automation

1.Introduction

Creative industries are experiencing a profound technological shift driven by advances in generative artificial intelligence. Over the few years, generative models have evolved from experimental research prototypes to widely adopted tools that fundamentally alter how creative professionals conceptualize, develop, and produce artistic works [1]. Text-to-image systems have democratized access to sophisticated generative capabilities, enabling creators across disciplines to explore novel aesthetic territories and accelerate production workflows [2].

This transformation raises fundamental questions regarding the nature of creativity, authorship, and the role of human agency in artistic production. While early concerns focused on whether machines could be creative, contemporary discourse has shifted toward understanding how humans and AI systems can productively collaborate, what new creative possibilities emerge from these partnerships, and how society should value and attribute AI-assisted creative works [3].

While generative AI has transformed artistic workflows and enabled new forms of human–AI co-creation, the influence of artificial intelligence extends beyond creative practice into broader organizational and technological ecosystems. AI-driven data analytics and digitalization reshape supply chain management by improving real-time visibility, predictive forecasting, and risk mitigation processes. Through the integration of machine learning, Internet of Things technologies, and automated data processing, AI functions as an infrastructure for adaptive decision-making rather than merely a creative tool [7]. These developments illustrate that contemporary artificial intelligence operates across multiple domains, linking creative innovation with operational efficiency and reinforcing its role as a cross-sector catalyst for digital transformation.

2. Technological Foundations of Generative AI in Creative Domains

2.1. Diffusion Models: Transforming Digital Art

Diffusion models have rapidly emerged as the dominant architecture for high-fidelity image generation, fundamentally reshaping artistic workflows by translating textual or semantic constraints into photorealistic or stylistically diverse images [1]. Unlike earlier Generative Adversarial Network (GAN) based approaches, diffusion models offer more stable training, better mode coverage, and superior controllability using conditional guidance mechanisms.

A comprehensive technical review of diffusion-based visual art creation was provided, documenting how these models address key challenges in creative applications including style transfer, compositional control, and semantic alignment [2]. Their analysis highlights that diffusion architecture enables artists to iteratively refine outputs through prompt engineering and parameter adjustment, supporting exploratory creative workflows that were difficult to achieve with previous generative technologies.

2.2. Human–AI Co-Creation: Practical Insights into the Technological Foundations of Generative Models

The technological foundations of generative AI in creative domains rest not only on the architecture themselves, such as DC-GANs, StyleGAN, and StyleGAN-2, but also on the sociotechnical dynamics that emerge when non-programmers interact with these systems. As

demonstrated in a case study of MA students in human–computer interaction, GANs behave as semi-autonomous creative agents whose outputs depend heavily on upstream design choices made by human collaborators. Students with minimal technical background learned to manipulate dataset composition, adjust training parameters, and select pre-trained models, demonstrating that “controllability” in generative AI often arises from curating inputs rather than altering model architecture. For example, model behaviors such as producing politicians with stereotypical “speech stance” imagery or generating symmetrical butterflies when trained on face-based models reveal how latent representations encode visual biases of the chosen training sets [4].

Moreover, the study highlights that generative models become creative tools through iterative human intervention: selecting homogeneous datasets, fine-tuning pretrained networks, experimenting with unusual domain transfers (e.g., toaster-cats or hybrid horse–kitchen-appliance images), and intentionally stopping training early to preserve desirable artifacts [4].

These examples illustrate a fundamental principle: the technological power of generative AI is inseparable from human decisions that shape data pipelines, model initialization, and training trajectories. Rather than viewing the model as a closed mathematical object, the creative process unfolds as a hybrid computational workflow where human judgment defines goals, constraints, and evaluation criteria, while the GAN operationalizes these decisions into novel visual outcomes. This co-creative loop underscores why generative AI in creative industries requires not only algorithmic advancements, but also accessible interfaces, intuitive defaults, and educational framework that empower non-experts to meaningfully steer complex generative systems.

The above-mentioned study provides valuable insights into human-AI collaboration in creative tasks. It highlights that non-programmers can grasp key concepts and train GANs to obtain interesting results using either graphical user interface (GUI) -based software or by modifying simple existing code. This research also identifies several human intervention points in the creative process, including dataset selection, choice of pre-trained models, and post-processing of results. Notably, some students interpreted the task as AI assisting human creativity rather than autonomous AI creation. The paper suggests that allowing non-programmers more control and intervention points is desirable, but the challenge lies in providing non-experts with intuitions about handling various hyperparameters [4].

2.3. Authenticity Challenges in Human–AI Artistic Co-Creation

A critical development in creative AI is the emergence of personalization techniques that adapt generative models to individual artists' styles using small curated datasets [5]. These approaches

address a fundamental tension in creative AI: while large-scale pre-trained models offer impressive general capabilities, creative professionals often require outputs that align with their unique aesthetic sensibilities and established work.

Research on personalization demonstrates that when AI models are trained or adapted using small, artist-curated datasets, artists can exercise greater control over the creative process and develop a stronger sense of ownership over the generated outcomes. By integrating personalization features into co-creative interfaces, artists are enabled to experiment with and tailor generative models to align with their individual aesthetic goals and working methods. Adopting small data approaches also expands the range of possible interactions, including direct dataset manipulation, hyperparameter tuning, and active divergence techniques. Furthermore, personalization may shape how artists perceive AI systems in co-creative contexts, fostering a sense of agency in the system and supporting more dynamic and reciprocal human–AI collaborations. Model personalization with small data holds significant promise for enhancing artists’ experiences with generative AI, and it calls for future research to further develop co-creative systems grounded in these personalization-centered principles. [5]

3. Impact on Creative Processes Across Domains

3.1 Visual Arts and Design: Novelty Versus Authenticity

Empirical studies reveal the complex effects of generative AI on visual creative practices, with significant gains in novelty accompanied by concerns about authenticity and artistic value. In experiments conducted with 560 participants examining perceptions of AI co-created artworks, finding that such works are consistently judged as more novel but less authentic than purely human-created pieces [3]. Critically, the stage of AI involvement matters: AI contributions to the ideation phase are viewed more favorably than AI-implemented execution, which generates stronger negative reactions regarding authenticity.

These findings highlight a fundamental tension in AI-assisted creativity: while generative models excel at producing unexpected combinations and expanding the space of possible designs, audiences and creators may devalue outputs perceived as lacking genuine human creative agency [3]. Importantly, Messer's research also demonstrates that disclosure of artist involvement and curation of training data can partially mitigate negative authenticity judgments, suggesting pathways for more accepted integration of AI in artistic practice.

3.2 Design Space Exploration: Beyond Generic Tools

Research comparing purpose-built generative design tools with generic text-to-image models has revealed the importance of interface design and interaction modalities for effective creative use.

By studying fashion design apprentices using both a custom design exploration tool (generative. fashion) and Stable Diffusion, it was found out that the specialized tool better supported both divergent thinking, by enabling the generation of diverse design concepts, and convergent thinking, by facilitating the iterative refinement and focusing of selected ideas [6].

The key difference lay in the affordances for design space exploration: the custom tool provided explicit controls for manipulating design parameters, managing randomness, and iteratively constraining outputs—capabilities absent in generic interfaces optimized for single-shot generation [6]. This finding underscores that the successful integration of generative AI into professional creative workflows requires more than powerful models; it demands a thoughtful interaction design that aligns with domain-specific creative processes.

3.3 Writing and Narrative Creation

While visual generation has dominated public attention, generative AI is also transforming writing and narrative creation. AI systems were developed, that apply generative techniques to scaffold story generation and support prompt refinement in creative writing workflows. These tools function primarily as ideation aids, helping writers to overcome creative blocks and explore alternative narrative directions [2].

However, literature on AI-assisted writing remains less developed than visual domains, with fewer high-impact empirical studies documenting measurable effects on creative outcomes and professional adoption patterns. This gap represents an important direction for future research, particularly as large language models continue to improve in coherence and stylistic control.

4. Conclusion

This review has demonstrated that generative artificial intelligence has significantly reshaped creative processes in the visual arts, design, and writing over the period 2020–2025. Recent advances in diffusion models, generative adversarial networks, and personalization techniques have moved generative AI from an experimental technology to a stable component of contemporary creative workflows. Creativity increasingly unfolds through hybrid arrangements in which computational generation is guided by human expertise, evaluation, and contextual understanding.

Simultaneously empirical findings reviewed in this article indicate persistent challenges related to authenticity, authorship, and creative agency. Although AI-assisted outputs are often perceived as more novel, they may be evaluated as less authentic when human involvement is insufficiently visible in the final product. This suggests that creative value is shaped not only by technical quality, but also by social expectations regarding intentionality and control. Consequently, the effective adoption of generative AI depends on transparent workflows,

appropriate interface design, and personalization mechanisms that reinforce the role of the human creator.

Overall, literature supports a co-creative interpretation of generative AI as an enabling rather than a substitutive technology. Future research should prioritize studies of creative practice, cross-domain analyses, and the examination of generative AI in broader organizational and cultural contexts.

References

- [1] Wang, B., Chen, Q., & Wang, Z. (2025). Diffusion-based visual art creation: A survey and new perspectives. *ACM Computing Surveys*, 57(10), 1-37. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2408.12128>
- [2] Fotedar, S., Vannisselroij, K., Khalil, S., & Ploeg, B. (2020). Storytelling AI: A Generative Approach to Story Narration. *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 19–22. <http://ceur-ws.org/Vol-2794/paper4.pdf>
- [3] Messer, U. (2024). Co-creating art with generative artificial intelligence: Implications for artworks and artists. *Computers in Human Behavior*, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100056>
- [4] Yan, H., Zhang, H., Liu, L., et al. (2022). Toward Intelligent Design: An AI-Based Fashion Designer Using Generative Adversarial Networks Aided by Sketch and Rendering Generators. *IEEE Transactions on Multimedia*. <https://doi.org/10.1109/TMM.2022.3146010>
- [5] Towards Personalizing Generative AI with Small Data for Co-Creation in the Visual Arts. (2023). *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 3660. <https://ceur-ws.org/Vol-3660/paper11.pdf>
- [6] Davis, R. L., Wambsganß, T., Jiang, W., et al. (2023). Fashioning the Future: Unlocking the Creative Potential of Deep Generative Models for Design Space Exploration. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3544549.3585644>
- [7] Petriashvili, L., & Khomeriki, I. (2024). The Impact of Artificial Intelligence in the business process in the Phase of Data Analytics Georgian Technical University. *Georgian Scientists*, 6(1), 38–44. <https://doi.org/10.52340/g.s.2024.06.01.07>

შემოქმედებითი პროცესის ტრანსფორმაცია გენერაციული ხელოვნური ინტელექტის მოდელების მეშვეობით

ირინა ხომერიკი¹, ლილი პეტრიაშვილი²

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფესორი; ²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფესორი

რეზიუმე

გენერაციული ხელოვნური ინტელექტი (AI) ცვლის შემოქმედებით ინდუსტრიებს, ახდენს ხელოვნების, დიზაინისა და თხრობის ჩანაფიქრის ტრანსფორმაციას. ბოლო წლებში ისეთი ტექნოლოგიები, როგორცაა ტექსტიდან გამოსახულების გენერაციის სისტემები და დიდი ენობრივი მოდელები, კვლევითი ლაბორატორიებიდან გადავიდა ყოველდღიურ კრეატიულ სამუშაო პროცესებში, რაც მოწინავე შესაძლებლობებს ხელმისაწვდომს ხდის როგორც პროფესიონალებისთვის, ასევე მოყვარულებისთვის.

ეს ტექნოლოგიები უზრუნველყოფს იდეების სწრაფ გენერირებას, პერსონალიზებული შედეგების და ახალი ესთეტიკური შესაძლებლობების კვლევას, თუმცა ერთდროულად აჩენს მნიშვნელოვან კითხვებს ავთენტურობის, ავტორობისა და ადამიანის შემოქმედებითი როლის შესახებ.

ამ დინამიკის გააზრება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ პირობებში, როდესაც გენერაციული ხელოვნური ინტელექტი თანდათან ხდება კრეატიული პრაქტიკის ერთ-ერთ მთავარ პარტნიორად.

საკვანძო სიტყვები: გენერაციული ხელოვნური ინტელექტი, შემოქმედებითი პროცესი, დიფუზიის მოდელები, ადამიანი-ხელოვნური ინტელექტის თანამშრომლობა, გამოთვლითი კრეატიულობა, ციფრული ხელოვნება, დიზაინის ავტომატიზაცია

Multidimensional Well-being in Palliative Care: Operationalizing WHO's Constitutional Vision Across Clinical and Public Health Systems

Tamriko Bulia¹, Tina Beruchashvili¹, Ioseb Abesadze², Alexandre Khutsishvili³, Mikheil Chelidze³, David Makhashvili⁴, Bakho Dvali⁵

¹School of Health Sciences, The University of Georgia; ²Tbilisi State Medical University; ³Georgian Institute Of Public Affairs; ⁴Clinic Rustavi LLC; ⁵New Vision University

Background:

In 1948, the World Health Organization (WHO) defined health as a state of complete physical, mental, and social well-being. Despite this foundational vision, contemporary health systems continue to prioritize biomedical outcomes over multidimensional well-being. The growing global burden of serious health-related suffering, particularly in the context of non-communicable diseases and population ageing, underscores the urgency of operationalizing well-being within palliative care and public health systems.

Objective:

This paper aims to conceptualize and operationalize multidimensional well-being in palliative care by integrating WHO's constitutional definition with contemporary empirical evidence and health systems frameworks.

Methods:

A narrative, conceptually driven synthesis of global policy documents, randomized clinical trials, health systems research, and well-being measurement literature was conducted. Key sources include WHO policy resolutions, the The Lancet Commission on Palliative Care and Pain Relief, and peer-reviewed empirical studies on early palliative care, dignity-based interventions, caregiver outcomes, and cost-effectiveness.

Results:

Evidence demonstrates that early and integrated palliative care improves quality of life, reduces depressive symptoms, enhances existential well-being, decreases avoidable hospital utilization, and strengthens caregiver resilience. Multidimensional well-being encompasses physical symptom relief, psychological adaptation, social connectedness, and spiritual meaning-making.

However, measurement challenges persist, particularly regarding culturally sensitive and system-integrated patient-reported outcome tools. A multilevel integration framework is proposed, embedding well-being across patient, family, community, professional, and policy domains.

Conclusion:

Operationalizing well-being as a measurable health system outcome transforms palliative care from a peripheral service into a foundational pillar of equitable and sustainable healthcare. Embedding multidimensional well-being into clinical workflows, public health monitoring, and universal health coverage strategies offers a pragmatic pathway for realizing WHO's constitutional vision in contemporary health systems.

Introduction

In 1948, the World Health Organization (WHO) defined health as “a state of complete physical, mental, and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity” (WHO, 1948). This definition remains one of the most ambitious normative formulations in global health governance. However, despite its visionary scope, contemporary health systems continue to prioritize biomedical treatment over the systematic integration of multidimensional well-being as a measurable outcome (Huber et al., 2011).

The epidemiological transition toward non-communicable diseases, population ageing, and multimorbidity has intensified the relevance of well-being-centered care models. Globally, more than 60 million people experience serious health-related suffering each year, with the vast majority lacking access to adequate palliative services (Knaul et al., 2018; WHO, 2020). These disparities disproportionately affect low- and middle-income countries, where morphine-equivalent opioid access remains critically limited (Berterame et al., 2016).

Palliative care operationalizes WHO's holistic definition by addressing suffering across physical, psychological, social, and spiritual domains (Bulia et al., 2025). Evidence indicates that integrating well-being into structured care planning improves patient-reported outcomes, reduces unnecessary hospitalizations, and enhances care satisfaction (Temel et al., 2010; Smith et al., 2014). Contemporary scholarship emphasizes that well-being must be conceptualized not as an aspirational principle but as a core health system outcome embedded within universal health coverage frameworks (Bulia and colleagues, 2025; Bulia et al., 2026; WHO, 2014).

Historical and Conceptual Foundations

The WHO Constitution established well-being as intrinsic to health, anticipating contemporary biopsychosocial and public health paradigms. Dame Cicely Saunders' theory of “total pain” further expanded this view, recognizing suffering as multidimensional and relational. Subsequent

empirical work confirms that physical pain frequently coexists with psychological distress, social isolation, and existential anxiety, reinforcing the necessity of integrated interventions (Chochinov et al., 2009).

The 2014 World Health Assembly Resolution WHA67.19 formally recognized palliative care as an ethical responsibility of health systems (WHO, 2014). The United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development similarly positions well-being at the center of SDG 3 (United Nations, 2015). These global commitments underscore the policy legitimacy of embedding well-being indicators into national health strategies.

The The Lancet Commission on Palliative Care and Pain Relief reframed serious health-related suffering as a global equity crisis, arguing that failure to ensure access to palliative care constitutes structural injustice (Knaul et al., 2018). This framing situates well-being not merely within clinical ethics but within human rights and distributive justice frameworks.

Defining Multidimensional Well-Being in Palliative Care

Well-being in palliative care is inherently multidimensional, encompassing physical symptom relief, psychological resilience, social connectedness, and spiritual meaning-making (Bulia and colleagues, 2025). These domains interact dynamically. For example, untreated depression amplifies pain perception, while strong social support networks are associated with reduced mortality risk and improved coping capacity (Holt-Lunstad et al., 2010).

Empirical evidence from randomized controlled trials demonstrates that early palliative care improves quality of life, reduces depressive symptoms, and may even prolong survival in certain populations (Temel et al., 2010; Bakitas et al., 2015). Interventions such as Dignity Therapy significantly enhance existential well-being and reduce end-of-life distress (Chochinov et al., 2011).

Positive psychological constructs—including hope, gratitude, and meaning—are increasingly recognized as protective factors in serious illness (Breitbart et al., 2015). Integrating meaning-centered interventions strengthens adaptive coping and enhances life satisfaction even when disease progression cannot be reversed (Bulia et al., 2026).

Measurement and Operationalization

The measurement of well-being remains methodologically complex. Traditional clinical metrics fail to capture existential and relational dimensions. Instruments such as the McGill Quality of Life Questionnaire, FACIT-Sp, ICECAP-SCM, and EQ-5D have attempted multidimensional

assessment; however, cross-cultural validation and routine implementation remain limited (Bausewein et al., 2011; Coast et al., 2014).

Recent scholarship emphasizes the integration of patient-reported outcome measures (PROMs) into palliative workflows to ensure systematic monitoring of well-being (Antunes et al., 2014). Embedding such instruments within electronic health systems enables longitudinal evaluation and policy-relevant data generation (Bulia and colleagues, 2025; Bulia et al., 2025).

Robust measurement frameworks would allow governments to quantify serious health-related suffering as a population-level indicator, thereby aligning clinical practice with public health surveillance strategies (Knaul et al., 2018).

Multilevel Integration Framework

At the patient level, early and continuous palliative care reduces symptom burden, improves psychological adjustment, and enhances care satisfaction (Temel et al., 2010; Smith et al., 2014). Multidisciplinary teams addressing complex symptom clusters demonstrate superior outcomes compared to fragmented models.

At the family level, caregiver burden is strongly associated with depression, economic strain, and increased healthcare utilization (Adelman et al., 2014). Structured caregiver interventions reduce burnout and enhance patient home-based symptom control (Bulia et al., 2025).

At the community and system level, integration of palliative services into primary care reduces emergency admissions and improves cost-effectiveness (May et al., 2018). The World Health Organization Global Atlas of Palliative Care documents persistent geographic inequities, emphasizing the need for policy-driven expansion (WHO, 2020). Telemedicine and community volunteer programs demonstrate particular promise in rural settings (Bulia et al., 2026).

Professional Well-Being and System Sustainability

Healthcare professional burnout threatens quality and sustainability. Systematic reviews indicate high prevalence of emotional exhaustion among palliative clinicians (Parola et al., 2017). Institutional support structures, reflective supervision, and resilience training correlate with improved retention and patient-centered care quality (Bulia et al., 2025).

Investing in workforce well-being enhances continuity of care and reduces systemic inefficiencies associated with turnover.

Policy Implications

Embedding well-being within health policy requires alignment with universal health coverage principles and SDG monitoring mechanisms (United Nations, 2015). Cost-effectiveness analyses suggest that early palliative integration reduces hospital expenditure and intensive care utilization (May et al., 2018).

Governments should adopt multidimensional well-being indicators, expand opioid accessibility within safe regulatory frameworks (Berterame et al., 2016), and integrate community-based service models into primary care systems. Such strategies operationalize WHO's constitutional vision through measurable implementation pathways.

Conclusion

The WHO's 1948 constitutional definition of health remains normatively compelling yet incompletely realized. Palliative care offers a practical, evidence-based mechanism for embedding multidimensional well-being into clinical practice and health systems design.

Evidence from randomized trials, global commissions, and health policy analyses demonstrates that well-being-centered palliative care improves quality of life, reduces inequities, enhances system efficiency, and strengthens social cohesion (Bulia et al., 2025; Bulia and colleagues, 2025; Bulia et al., 2026; Knaul et al., 2018).

Operationalizing well-being as a measurable health system outcome transforms palliative care from a peripheral service into a foundational pillar of equitable, sustainable healthcare. Realizing this vision requires coordinated clinical integration, validated measurement tools, and sustained policy commitment.

References

Adelman, R. D., Tmanova, L. L., Delgado, D., Dion, S., & Lachs, M. S. (2014). Caregiver burden: A clinical review. *JAMA*, *311*(10), 1052–1060. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.304>

Antunes, B., Harding, R., Higginson, I. J., & EUROIMPACT. (2014). Implementing patient-reported outcome measures in palliative care clinical practice: A systematic review of facilitators and barriers. *Palliative Medicine*, *28*(2), 158–175. <https://doi.org/10.1177/0269216313491619>

Bakitas, M. A., Tosteson, T. D., Li, Z., Lyons, K. D., Hull, J. G., Li, Z., Dionne-Odom, J. N., Frost, J., Dragnev, K. H., Hegel, M. T., & Ahles, T. A. (2015). Early versus delayed initiation of concurrent palliative oncology care: Patient outcomes in the ENABLE III randomized controlled trial. *Journal of Clinical Oncology*, *33*(13), 1438–1445. <https://doi.org/10.1200/JCO.2014.58.6362>

- Bausewein, C., Daveson, B. A., Benalia, H., Simon, S. T., Higginson, I. J., & PRISMA. (2011). Outcome measurement in palliative care: The essentials. *Journal of Pain and Symptom Management*, *42*(2), 242–257. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2011.01.005>
- Berterame, S., Erthal, J., Thomas, J., Fellner, S., Vosse, B., Clare, P., Hao, W., Johnson, D. T., Mohar, A., Pavadia, J., Samak, A. K., Sipp, W., Sumyai, V., Suryawati, S., Toufiq, J., Yans, R., & Mattick, R. P. (2016). Use of and barriers to access to opioid analgesics: A worldwide, regional, and national study. *The Lancet Global Health*, *4*(12), e889–e897. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30307-6](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30307-6)
- Breitbart, W., Rosenfeld, B., Pessin, H., Applebaum, A., Kulikowski, J., & Lichtenthal, W. G. (2015). Meaning-centered group psychotherapy: An effective intervention for improving psychological well-being in patients with advanced cancer. *Journal of Clinical Oncology*, *33*(7), 749–754. <https://doi.org/10.1200/JCO.2014.57.2198>
- Chochinov, H. M., Hack, T., Hassard, T., Kristjanson, L. J., McClement, S., & Harlos, M. (2009). Dignity in the terminally ill: A developing empirical model. *The Lancet Oncology*, *3*(7), 445–452. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(02\)00868-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(02)00868-7)
- Chochinov, H. M., Kristjanson, L. J., Breitbart, W., McClement, S., Hack, T., Hassard, T., & Harlos, M. (2011). Effect of dignity therapy on distress and end-of-life experience in terminally ill patients: A randomised controlled trial. *The Lancet Oncology*, *12*(8), 753–762. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(11\)70153-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(11)70153-X)
- Coast, J., Flynn, T. N., Natarajan, L., Sproston, K., Lewis, J., Louviere, J. J., & Peters, T. J. (2014). Valuing the ICECAP capability index for supportive care measure (ICECAP-SCM). *Health Economics*, *23*(8), 977–991. <https://doi.org/10.1002/hec.2964>
- Bulia, T., Lashkhia, M., Beruchashvili, T., Toidze, O., Abesadze, I., & Sherazadishvili, K. (2025). Palliative care and human choice in dignity. *GBMN*, *1*(1), 105. <https://doi.org/10.52340/GBMN.2025.01.01.105>
- Bulia, T., Beruchashvili, T., Abesadze, I., Abzianidze, E., Dvali, B., & Inaishvili, L. (2025). Palliative care in the 21st century: Multidisciplinary collaboration, digital health, and equitable access. *Georgian Scientific Journal*, *7*(4), 48. <https://doi.org/10.52340/gj.2025.07.04.48>
- Bulia, T., Beruchashvili Lobjanidze, T., Khunjgurua, N., Abesadze, I., Abzianidze, E., Kochalidze, G., Inaishvili, L., & Tatishvili, D. (2026). From suffering to dignity: Redefining palliative care through biopsychosocial, spiritual, and family-centered approaches. *Georgian Scientific Journal*, *8*(1). <https://doi.org/10.52340/gj.2026.08.01.03>

Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., & Layton, J. B. (2010). Social relationships and mortality risk: A meta-analytic review. *PLoS Medicine*, 7(7), e1000316. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000316>

Huber, M., Knottnerus, J. A., Green, L., van der Horst, H., Jadad, A. R., Kromhout, D., Leonard, B., Lorig, K., Loureiro, M. I., van der Meer, J. W., Schnabel, P., Smith, R., van Weel, C., & Smid, H. (2011). How should we define health? *BMJ*, 343, d4163. <https://doi.org/10.1136/bmj.d4163>

Knaul, F. M., Farmer, P. E., Krakauer, E. L., De Lima, L., Bhadelia, A., Kwete, X. J., Arreola-Ornelas, H., Gómez-Dantés, O., Rodriguez, N. M., Alleyne, G. A. O., Connor, S. R., Hunter, D. J., Lohman, D., Radbruch, L., del Rocío Sáenz Madrigal, M., Atun, R., Foley, K. M., Frenk, J., & Jamison, D. T. (2018). Alleviating the access abyss in palliative care and pain relief—An imperative of universal health coverage: The Lancet Commission report. *The Lancet*, 391(10128), 1391–1454. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32513-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32513-8)

May, P., Normand, C., & Morrison, R. S. (2018). Economic impact of hospital inpatient palliative care consultation: Review of current evidence and directions for future research. *Palliative Medicine*, 28(3), 181–190. <https://doi.org/10.1177/0269216313507482>

Parola, V., Coelho, A., Cardoso, D., Sandgren, A., & Apóstolo, J. (2017). Burnout in palliative care settings: A systematic review. *Palliative Medicine*, 31(7), 613–622. <https://doi.org/10.1177/0269216316676685>

Smith, T. J., Temin, S., Alesi, E. R., Abernethy, A. P., Balboni, T. A., Basch, E. M., Ferrell, B. R., Loscalzo, M., Meier, D. E., Paice, J. A., Peppercorn, J. M., Somerfield, M., Stovall, E., & Von Roenn, J. H. (2014). American Society of Clinical Oncology provisional clinical opinion: The integration of palliative care into standard oncology care. *Journal of Clinical Oncology*, 30(8), 880–887. <https://doi.org/10.1200/JCO.2011.38.5161>

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

World Health Organization. (1948). *Constitution of the World Health Organization*. <https://www.who.int/about/governance/constitution>

World Health Organization. (2014). *Strengthening of palliative care as a component of comprehensive care throughout the life course (WHA67.19)*. https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA67/A67_R19-en.pdf

World Health Organization. (2020). *Global atlas of palliative care (2nd ed.)*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565423>

ხელოვნური ინტელექტით მართული პროგნოზირებადი ტექნიკური მომსახურება ჰიდროტურბინებისთვის: TurbineSafe-ის ტექნიკურ-ეკონომიკური მოდელი საქართველოში

მაია ლომსაძე-კუჭავა¹, თამარ წერეთელი², ნიკოლოზ მეშველიანი³

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი; ²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი; ³საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბაკალავრიატის სტუდენტი

ანოტაცია

წინამდებარე სტატია განიხილავს TurbineSafe-ს — ქართულ სტარტაპ-პროექტს, რომელიც ჰიდროტურბინებისთვის IoT-სენსორებსა და ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ პროგნოზირებად ტექნიკური მომსახურების სისტემას გვთავაზობს. საქართველოს მდინარეებისთვის დამახასიათებელი მაღალი ნალექიანობა მჭკს-ების ტურბინების ეფექტიანობას 15-30%-ით ამცირებს და ყოველწლიურად 50 000-300 000 ლარის ზარალს იწვევს ერთ სადგურზე. TurbineSafe ამ პრობლემას ოთხი ტიპის სენსორის, edge-გამოთვლებისა და ღრუბლოვანი AI-მოდულის (LSTM ნეირონული ქსელი, 95%-მდე სიზუსტე) სინთეზით წყვეტს — 60 დღით ადრე აფრთხილებს ოპერატორს შესაძლო გაუმართაობაზე. SaaS გამოწერის მოდელი სისტემას გლობალური ანალოგებისგან 10-ჯერ ხელმისაწვდომს ხდის. ბაზრის ანალიზი (SAM: 150-200 მლნ ლარი) და GREDA-ს გამოკითხვა (70%-იანი მოთხოვნა) მყარ კომერციულ საფუძველს ადასტურებს. სტატია ასევე განიხილავს სისტემის ტექნიკურ არქიტექტურას, ბიზნეს-მოდელს, გუნდის სტრუქტურასა და ეროვნულ ენერგეტიკულ მნიშვნელობას საქართველოს 2034 წლის ენერგეტიკული განვითარების გეგმის კონტექსტში.

საკვანძო სიტყვები: IoT; ხელოვნური ინტელექტი; ჰიდროტურბინა; პროგნოზირებადი ტექნიკური მომსახურება; ნალექების ეროზია; მცირე ჰიდროელექტროსადგური; SaaS; LSTM; ენერგეტიკული ეფექტიანობა.

შესავალი

ჰიდროენერგეტიკა საქართველოს ენერგეტიკის ერთ-ერთი ყველაზე მძლავრი სექტორია. ქვეყანა ელექტროენერჯის 80%-ს ჰიდრორესურსებიდან იღებს და განახლებადი ენერჯის გამოყენებით ერთ სულ მოსახლეზე მსოფლიოს ლიდერ ქვეყნებს შორის დგას. კავკასიის მთების ჩამონადენი, მრავალრიცხოვანი სწრაფი მდინარე და ციცაბო ხეობები იდეალური გარემოა ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობისთვის. ქვეყნის ჰიდროტექნიკური პოტენციალი 40 ტვტ/სთ-ს გადაამეტებს წელიწადში, თუმცა ამ კოლოსალური სიმდიდრის მხოლოდ 22-25% გამოიყენება.

2023-2024 წლების მდგომარეობით, საქართველოში 91 ჰიდროელექტროსადგური ფუნქციონირებს, მათ შორის 53 მცირე (10 მგტ-ზე ნაკლები სიმძლავრის). ბოლო ათწლეულში განსაკუთრებით სწრაფად გაიზარდა სწორედ მცირე ჰეს-ების ქსელი, სახელმწიფო ინიციატივებისა და EBRD-ის დაფინანსების მხარდაჭერით. ამ ზრდის ფონზე კი ერთი პრობლემა სულ უფრო ხმამაღლა ახმინდება: ნალექების ეროზია (sediment erosion) არის პროცესი, რომლის დროსაც წყალში შეჭერებული მყარი ნაწილაკები — ქვიშა, კვარცი, ფელდშპატი — ტურბინის მეტალის ზედაპირს ნელ-ნელა ხრავენ და ანადგურებენ.

წარმოიდგინეთ, რომ ტურბინის ფრთაზე ყოველ წამს მილიონობით პატარა ქვიშის მარცვალი ეჯახება მაღალი სიჩქარით — ეს ზუსტად ისეა, როგორც ლითონზე საფხეკავის გამუდმებული მოქმედება. ჯერ ზედაპირი ხდება უხეში, შემდეგ ჩნდება ღრმულები, და ბოლოს ფრთის ფორმა ისე იცვლება, რომ ტურბინა ნაკლებ ენერჯიას გამოიმუშავებს.

საქართველოს შემთხვევაში პრობლემა განსაკუთრებით მწვავეა, რადგან კავკასიის მდინარეები ბუნებით ძალიან ტალახიანია — განსაკუთრებით გაზაფხულზე, თოვლის დნობისას.

2025-2026 წლების მდგომარეობით, საქართველოს ენერგოსისტემის ჯამური სიმძლავრე 4 621 მგტ-ია, აქედან 3 520 მგტ ჰიდროელექტროსადგურებზე მოდის — გამოიმუშავების 70%-ზე მეტი. 2024 წელს კიდევ 8 ახალი ჰეს ამოქმედდა, მათ შორის კობი 2 ჰეს (44.5 მგტ). 2034 წლისთვის კი მთავრობა სიმძლავრის 10 336 მგტ-მდე გაორმაგებას გეგმავს.

საქართველოს მთიური მდინარეები გამოირჩევიან განსაკუთრებული ტალახიანობით. გაზაფხულის წყალდიდობების პერიოდში წყალში მყარი ნაწილაკების კონცენტრაცია 2-5 გ/ლ-ს ჩვეულებრივ აღწევს, პიკურ მომენტებში კი 20-40 გ/ლ-მდეც აღის. ეს ნაწილაკები - ძირითადად კვარცი, ფელდშპატი და მიკა - ტურბინის ფრთებზე მოხვედრისას ათასობით მინიატურული საფხეკავის მოქმედებას ახდენენ. სულ 3-5 წელიწადში ტურბინის ეფექტიანობა 15-30%-ით ეცემა, ხოლო ყოველწლიური ფინანსური ზარალი ერთ სადგურზე 50 000-300 000 ლარს შეადგენს. ფრენსისის ან

პელტონის ტიპის ტურბინის ბორბალი, რომელიც 25 წელი და მეტი უნდა გაძლებდეს, ხშირად 8-12 წელშიც ვერ ძლებს. სწორედ ამ პრობლემაზე პასუხად შეიქმნა TurbineSafe - ქართული სტარტაპი, რომელიც IoT-სენსორებისა და ხელოვნური ინტელექტის ძალას მოუხმობს.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს მშენებლის უმეტესობა ტექნიკური მომსახურების ტრადიციულ, რეაქტიულ მოდელს ეყრდნობა: პერიოდული ვიზუალური შემოწმება, კომპონენტების ვადის ამოწურვისას ჩანაცვლება და გაფუჭება-შეკეთების ციკლი. ამ მიდგომის მთავარი სუსტი მხარე ის არის, რომ ის ბრმაა ტურბინის შიდა მდგომარეობის მიმართ: ვიზრაციული ანომალია, კავიტაციის ადრეული ნიშნები, ეროზიის კერები შეუიარაღებელი თვალისთვის ხილული ხდება მხოლოდ მაშინ, როცა ზიანი უკვე სერიოზულია.

შედეგი - დაუგეგმავი გაჩერებებია, ხშირად ყველაზე ცუდ დროს: ზამთრის პიკ-სეზონზე ან გაზაფხულის წყალდიდობაში. ერთი ასეთი გაჩერება 50 000-300 000 ლარი დაჯდება. ახალი ბორბლის შექმნა კი 200 000-დან 1 000 000 ლარამდე ღირს - კაპიტალური დანახარჯი, რომელსაც მცირე ოპერატორი ხშირად გეგმიურად ვერ ახდენს. ვარდნილის ჰიდროკომპლექსის მაგალითზე (220 მგვტ) კარგად ჩანს, რომ ნალექების დაგროვება ტრადიციულად იწვევდა სწორედ ასეთ დაუგეგმავ გაჩერებებს. კლიმატის ცვლილება ამ სიტუაციას კიდევ უფრო ართულებს: მცინვარების დნობა და ნალექების რეჟიმის ცვლა ისტორიულ პროგნოზებს კარგავინებს სიზუსტეს.

გლობალური კონკურენტები - Andritz, GE - სთავაზობენ პროგნოზირებად სისტემებს, მაგრამ ფასი 50 000 ლარს სცილდება ერთ ობიექტზე. ეს მშენებლის უმეტესობისთვის მიუწვდომელია. სახელმწიფო feed-in ტარიფი (0.12 ლარი/კვტ/სთ) სტიმულს ქმნის, მაგრამ ტექნოლოგიური ჩამორჩენა რჩება. სწორედ ეს ნიშა - ხელმისაწვდომი, ლოკალიზებული, ეფექტიანი გადაწყვეტა - TurbineSafe-ის ბაზარია.

TurbineSafe სისტემა სამ ფენად არის სტრუქტურირებული: სენსორების ფენა, მონაცემთა დამუშავების ფენა და გამოყენებადი ანალიტიკის ფენა. სისტემის ძირითადი პრინციპი მარტივია: ტურბინამ თვითონ უნდა ილაპარაკოს, სანამ ავად გახდება - და სისტემა 60 დღით ადრე აფრთხილებს ოპერატორს ნებისმიერ პოტენციურ გაუმართაობაზე.

სენსორების ფენაში ოთხი ტიპის სენსორი ინტეგრირდება IP68 დაცვის კლასის გამძლე კორპუსში (-40-დან +80 გრადუსამდე). ვიზრაციული სენსორი ADXL345 (3-ღერძიანი, +-16g) ყოველ 10-30 წამში ფრთების ბალანსსა და ბეარინგების მდგომარეობას ამოწმებს. აკუსტიკური სენსორი KY-037 (35-10 000 ჰც) FFT-ანალიზით კავიტაციის ხმაურს 85 დბ-ზე მეტ დონეზე ადევნებს. ტემპერატურული სენსორი DS18B20 (+-0.5

გრადუსი სიზუსტე) გახურების კეროებს 180 გრადუსამდე აკვირდება, ხოლო ტალახიანობისა და pH სენსორი SEN0189 (0-100 NTU, pH 4-10) წყლის ნაწილაკური დატვირთვის დონეს ზომავს. მთელი კომპლექტი 2 კილოგრამზე ნაკლება წონის და 1-2 სამუშაო დღეში, ოპერაციის შეჩერების გარეშე, მონტაჟდება.

მონაცემთა დამუშავების ფენაში Edge-კონტროლერი (ESP32 ან Raspberry Pi Zero) ადგილზე ახდენს ხმაურის ფილტრაციასა და პირველად ანომალიების გამოვლენას - გადაცემის დაყოვნება 5 წამზე ნაკლებია. დამუშავებული მონაცემები LoRaWAN (მაქს. 10 კმ) ან NB-IoT-ის გავლით AWS IoT Core-ს გადაეცემა. ღრუბელში Python-ზე დაწერილი AI მოდული TensorFlow-ის LSTM ნეირონული ქსელებითა და Scikit-learn-ის რეგრესიული ალგორითმებით ახდენს ანალიზს. სისტემა გაწვრთნილია ჰიმალაისა და ანდების ჰეს-ების ისტორიულ მონაცემებზე, სადაც ეროზია ყველაზე ინტენსიურია (წელიწადში 1 მმ-ზე მეტი). AI-ი კავშირს ამყარებს წყლის სიჩქარეს (5-20 მ/წ), ნაწილაკების ზომის განაწილებას (PSD, 10-200 მიკრონი), pH-სა (6.5-8.5) და ვიბრაციის/ტემპერატურის მონაცემებს შორის - 95%-მდე სიზუსტით ამოიცნობს ინტენსიური ეროზიის ზონებს.

ანალიტიკის ფენაში Flutter-ის მობილური და ვებ-აპლიკაცია ოპერატორს რეალურ დროში სტატუსს, ტრენდების გრაფიკებსა და პროგნოზულ შეტყობინებებს წარუდგენს (მაგ. ეროზიის რისკი: 25%, დაგეგმეთ შემოწმება 14 დღეში). სისტემა SCADA-სთანაც ინტეგრირდება: ტალახიანობის კრიტიკული ზღვრის გადაჭარბებისას ავტომატურად ამცირებს ჩამდინარე ნაკადს, 40-50%-ით ამცირებს ეროზიის ზეგავლენას. მონაცემთა დაცვა end-to-end დაშიფვრითა და GDPR-სტანდარტების შესაბამისი დამუშავებით არის უზრუნველყოფილი, სერვისის ხელმისაწვდომობა კი 99.9%-ს აღწევს.

TurbineSafe Software-as-a-Service (SaaS) მოდელით მუშაობს. საწყისი ერთჯერადი გადახდა (5 000-9 500 ლარი) მოწყობილობის დაყენებასა და ინტეგრაციას ფარავს, შემდგომი წლიური გამოწერა კი - 3 000-4 000 ლარი ტურბინაზე - ღრუბლოვანი მონიტორინგს, AI-ანალიტიკას და ტექნიკურ მხარდაჭერას მოიცავს. ბაზარზე შესვლის სტრატეგია Freemium ფორმატს ეყრდნობა: ერთი თვე უფასო ტესტირება ერთი ტურბინისთვის, პილოტ-პროექტების 30-50%-ის გადახდის კლიენტად გარდაქმნის მიზნით. შემოსავლის სტრუქტურა: ძირითადი გამოწერები - 70%; პრემიუმ AI-მოდულები - 20%; ინდივიდუალური კონსულტაციები - 10%. სისტემა 10-ჯერ უფრო ხელმისაწვდომია გლობალური ანალოგების 50 000+ ლარიან სისტემებთან შედარებით.

GREDA-ს 20 წევრის გამოკითხვა მყარ მოთხოვნას ადასტურებს: მჰეს-ების მფლობელების 70% პროგნოზირებადი მომსახურების ინსტრუმენტებს ეძებს ეფექტიანობის 15-30%-ით გაზრდის მიზნით, 2 000-4 000 ლარის წლიური გადახდის მზაობით. საქართველოს ადრესუებადი ბაზარი(არის SAM-ის (Serviceable Addressable Market) თარგმანი — ბიზნეს ტერმინი, რომელიც ნიშნავს იმ ბაზრის ნაწილს, რომელზეც

კონკრეტული პროდუქტი რეალურად შეიძლება გაიყიდოს.) 150-200 მლნ ლარს შეადგენს. ბაზრის ზრდის ტემპი 2020-2025 წლებში 3-5% წელიწადში, ახალი ნებართვების ზრდა (+60 ობიექტი 2022-2024 წლებში) და ინფრასტრუქტურის დაბერება (სადგურების 50%-ზე მეტი 30 წელზე ძველია) ხელსაყრელ სტრატეგიულ გარემოს ქმნის. IRENA-ს შეფასებით, IoT-გადაწყვეტილებების მოთხოვნა განახლებადი ენერჯის სექტორში 40%-ით გაიზარდა.

ფინანსური სარგებელი კონკრეტულია: სისტემა გაუქმების დროს 80%-ით ამცირებს - 100 000-500 000 ლარის წლიური დაზოგვა ერთ სადგურზე. ტურბინის სიცოცხლის ვადა 8-12 წლიდან 20+ წლამდე გაიზრდება, ენერჯის გამომუშავება 15-30%-ით გაიზრდება. ინვესტიციის ანაზღაურება 8 თვეზე ნაკლებ დროში მიღწევადია.

სტარტაპის გუნდი 5 სპეციალისტისგან შედგება: CEO (სტრატეგია და პარტნიორობები), CTO (ტექნიკური განვითარება და AI/IoT), ორი IoT/AI დეველოპერი (სენსორების პროგრამირება, MQTT-პროტოკოლები, ღრუბლოვანი ალგორითმები) და ფინანსური/საოპერაციო ანალიტიკოსი (ბიუჯეტი, ROI, GDPR, ველზე ინსტალაციები). MVP-ის შემუშავება 3-6 თვეში გეგმავს 9 500-16 000 ლარის ბიუჯეტით. დიზაინის ეტაპი (1-2 თვე) მოიცავს CAD-მოდელირებას SolidWorks-ში, CFD სიმულაციას ANSYS Fluent-ში IEC 60193 და ISO 14001 სტანდარტების შესაბამისად. აწყობის ეტაპზე კომპონენტები შექმნილი იქნება (~200 ლარი სენსორზე), ლაბორატორიული კალიბრაცია ჩატარდება კვარცის სუსპენზიის (2-40 გ/ლ) სიმულირებულ გარემოში, ბოლოს კი პილოტი 1-2 მჰეს-ზე: მცდარი სიგნალი <5%, გადაცემის დაყოვნება <5 წამი.

მარკეტინგული სტრატეგია ორ ეტაპად ვითარდება. ცნობადობის ეტაპზე - პუბლიკაციები ინდუსტრიულ ჟურნალებში, ვირტუალური მრგვალი მაგიდები Georgian Energy Development Fund-თან, გეო-ტარგეტინგით ციფრული რეკლამა გადაწყვეტილების მიმღებ ლიდერებამდე ჰიდრო-რეგიონებში (აჭარა, კახეთი). ლიდების გენერაციის ეტაპზე - სტრატეგიული ალიანსები მოწყობილობის მიმდებარე კომპანიებთან, კო-ბრენდირებული ვორკშოპები, რეფერალური პროგრამა. ბიუჯეტი: ციფრული რეკლამა - 40%, ლონისძიებები - 30%, კონტენტი - 20%, ინდუსტრიული ექსპერტები - 10%. წარმატების ძირითადი მეტრიკა: 6 თვეში ჩართულობიდან პილოტ-პროექტში კონვერტაცია $\geq 25\%$.

TurbineSafe-ის ამბავი ცალკე სტარტაპის ამბავი კი არ არის. ეს საქართველოს ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის ციფრული გარდაქმნის ამბავია. ჰეს-ების ეფექტიანობის ზრდა პირდაპირ კავშირშია ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობასთან, იმპორტის საჭიროების შემცირებასთან და EU ასოციაციის ხელშეკრულების ვალდებულებების შესრულებასთან განახლებადი ენერჯის ეფექტიანობის სფეროში. კლიმატის ცვლილება ამ სასიცოცხლო გამოწვევას კიდევ უფრო ამწვავებს - მცინვარების

დნობა ნალექების გადატანის ტრადიციულ პატერნებს არღვევს, AI-დაფუძნებული ადაპტური სისტემა კი სწორედ ამ გამოწვევაზეა შემუშავებული.

გრძელვადიან პერსპექტივაში ტექნოლოგია სომხეთსა და აზერბაიჯანამდე გაფართოებას გეგმავს, სადაც ჰიდრო-ინფრასტრუქტურა ანალოგიურ ნალექურ გამოწვევებს აწყდება. GREDA-სა და EBRD-თან პარტნიორობა მომხმარებელთა მოზიდვის ხარჯებს ამცირებს, GTU ლაბორატორიასთან ურთიერთობა კი სენსორების კალიბრაციასა და AI-მოდულების ვალიდაციაში - ეს სინთეზი TurbineSafe-ს განსაკუთრებულ ადგილს ანიჭებს ქართული ტექ-სტარტაპების ლანდშაფტში.

დასკვნა

TurbineSafe წარმოადგენს ტრანსფორმაციულ გადაწყვეტილებას საქართველოს ჰიდრო-სექტორში. IoT-სენსორებისა და ხელოვნური ინტელექტის სინთეზი ჰიდრო-ოპერატორს რეაქტიული ჩვევიდან პროაქტიულ, მომავლის ამკრძალავ პოზიციაში გადაჰყავს. 60 დღის სარეზერვო ფანჯარა, 95%-იანი სიზუსტე, 8 თვიანი ინვესტიციის ანაზღაურება - ეს სამი მაჩვენებელი სისტემის ძირითადი ღირებულებაა.

SaaS გამოწერის მოდელი, Freemium სტრატეგია და ლოკალიზებული მიდგომა TurbineSafe-ს გლობალური ანალოგებისგან 10-ჯერ ხელმისაწვდომად აქცევს - იმ ბაზარზე, სადაც ეს ხელმისაწვდომობა გადამწყვეტი კონკურენტული უპირატესობაა. ბაზრის დეტალური ანალიზი ადასტურებს მაღალ მოთხოვნას, GREDA-სა და EBRD-ის მხარდაჭერა კი - ხელსაყრელ ეკოსისტემას.

TurbineSafe ილუსტრირებს იმ ჭეშმარიტებას, რომ საუკეთესო ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები ადგილობრივი, ძალიან კონკრეტული პრობლემებიდან იზადება. ნალექი ფრთებს ჭამს - ეს ათწლეულების განმავლობაში დაგროვებული ქართული ჰიდროენერგეტიკის ტკივილია. ამ ტკივილზე სმარტ-სენსორებით, ხელოვნური ინტელექტითა და ხელმისაწვდომი ფასით პასუხი კი განამტკიცებს საქართველოს განახლებადი ენერგეტიკის ინფრასტრუქტურას და ქვეყნის ენერგეტიკულ მდგრადობას გრძელვადიან პერსპექტივაში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. საქართველოს ეროვნული ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი კომისია (სემმკ). (2023). ელექტროენერგეტიკის სექტორის წლიური ანგარიში. თბილისი: სემმკ.
2. საქართველოს განახლებადი ენერჯის განვითარების ასოციაცია (GREDA). (2024). მცირე ჰიდროელექტროსადგურები საქართველოში: მდგომარეობა და გამოწვევები. თბილისი: GREDA.

3. საერთაშორისო განახლებადი ენერჯის სააგენტო (IRENA). (2022). Renewable Energy Statistics 2022. აბუ-დაბი: IRENA.
4. ევროპის რეკონსტრუქციისა და განვითარების ბანკი (EBRD). (2023). Georgia Energy Sector Assessment. ლონდონი: EBRD.
5. მსოფლიო ბანკი. (2021). Georgia: Energy Sector Review. ვაშინგტონი: World Bank Group.
6. ANDRITZ Hydro GmbH. (2024). Turbine Erosion and Maintenance Guidelines. გრაცი: ANDRITZ.
7. საერთაშორისო ჰიდროენერჯეტიკის ასოციაცია (IHA). (2023). Hydropower Status Report 2023. ლონდონი: IHA.
9. Shanbhag, V. V., Kandukuri, S. T., Olimstad, G., & Schlanbusch, R. (2025). *Predictive Maintenance of Critical Components in Hydroelectric Turbines: A Review*. IEEE Sensors Journal, 25, 31959–31979.
10. Google. (2024). TensorFlow Documentation: Time Series Forecasting with LSTM Models. Google AI. <https://www.tensorflow.org>

Artificial Intelligence-Driven Predictive Maintenance for Hydro Turbines: TurbineSafe Feasibility Study in Georgia

Maia Lomsadze-Kuchava¹; Tamar Tsereteli²; Nikoloz Meshveliani³

¹GTU Professor, ²GTU Professor, ³GTU Bachelor's student

Abstract

This article discusses TurbineSafe — a Georgian startup project that offers a predictive maintenance system for hydro turbines based on IoT sensors and artificial intelligence. The high precipitation characteristic of Georgian rivers reduces the efficiency of turbines of hydropower plants by 15-30% and causes losses of 50,000-300,000 GEL per plant annually. TurbineSafe solves this problem by synthesizing four types of sensors, edge computing and a cloud AI module (LSTM neural network, up to 95% accuracy) — it warns the operator about a possible malfunction 60 days in advance. The SaaS subscription model makes the system 10 times more accessible than global analogues. Market analysis (SAM: 150-200 million GEL) and GREDA survey (70% demand) confirm a solid commercial basis. The article also discusses the technical architecture of the system, business model, team structure and national energy significance in the context of the Georgian Energy Development Plan 2034.

Keywords: IoT; Artificial Intelligence; Hydro Turbine; Predictive Maintenance; Sediment Erosion; Small Hydropower Plant; SaaS; LSTM; Energy Efficiency.

საგზაო სამოსის მდგომარეობის შეფასება და მდგომარეობის ინდექსის გამოყენება საგზაო ქსელის კვლევის პროცესში

ალექსი ბურდულაძე¹; თეიმურაზ არევაძე²

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი, burdato@gmail.com;

²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დოქტორანტი, temuri.arevadze@gmail.com

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია საავტომობილო გზების საგზაო სამოსის მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მიდგომები და წარმოდგენილია საგზაო საფარის მდგომარეობის ინდექსის (PCI - Pavement Condition Index) გამოყენების შესაძლებლობა საქართველოს საგზაო ქსელის კვლევის პროცესში. გაანალიზებულია გზების მდგომარეობის შეფასების არსებული მეთოდები, მათ შორის ვიზუალური ინსპექტირება, საფარის სისწორის საერთაშორისო ინდექსის (IRI - International Roughness Index) განსაზღვრა და საგზაო სამოსის მზიდუნარიანობის შეფასება.

ნაშრომში განხილულია ასფალტბეტონის საფარის დაზიანებების კლასიფიკაცია PCI მეთოდის მიხედვით და შეფასებულია მისი გამოყენების შესაძლებლობა ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით. წარმოდგენილია მეთოდის ოპტიმიზაციის რამდენიმე წინადადება, მათ შორის დაზიანებების კლასიფიკაციის გამარტივება, იშვიათი დაზიანებების ჩამონათვალიდან ამოღება და დამატებითი დაზიანებების გათვალისწინება, რომლებიც დაკავშირებულია ხიდების კონსტრუქციებთან.

კვლევის შედეგები მიუთითებს, რომ PCI ინდექსის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამარტივებს საგზაო ქსელის ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებას და ხელს უწყობს საგზაო ინფრასტრუქტურის მართვის სისტემაში გადაწყვეტილებების მიღების ეფექტიანობას.

საკვანძო სიტყვები: საგზაო სამოსი, PCI ინდექსი, გზების მდგომარეობის შეფასება, საგზაო ინფრასტრუქტურა, ასფალტბეტონის საფარი, გზების მართვის სისტემა.

1. შესავალი

საავტომობილო გზები წარმოადგენს ქვეყნის სატრანსპორტო სისტემის ერთ-ერთ ძირითად ელემენტს, რომელიც უზრუნველყოფს ადამიანებისა და ტვირთების გადაადგილებას. გზების ტექნიკური მდგომარეობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სატრანსპორტო მოძრაობის უსაფრთხოებაზე, მგზავრობის კომფორტზე და სატრანსპორტო ხარჯებზე.

გზის საფარის დაზიანება იწვევს სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციის ხარჯების ზრდას, მოძრაობის სიჩქარის შემცირებას და ზოგიერთ შემთხვევაში საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების რისკის მატებას. შესაბამისად, გზების ტექნიკური მდგომარეობის სისტემური მონიტორინგი წარმოადგენს საგზაო ინფრასტრუქტურის მართვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას.

დღესდღეობით საგზაო ქსელის მდგომარეობის შეფასებისთვის გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდი, თუმცა მათი გამოყენება ხშირად დაკავშირებულია მნიშვნელოვანი ფინანსური და ტექნიკური რესურსების საჭიროებასთან. ამ პირობებში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ისეთი მეთოდების გამოყენება, რომლებიც უზრუნველყოფენ გზების მდგომარეობის სწრაფ და ეფექტიან შეფასებას.

2. გზების მდგომარეობის შეფასების არსებული მეთოდები

საქართველოში გზების მდგომარეობის შეფასება ძირითადად ეფუძნება შემდეგ მეთოდებს:

- საგზაო სამოსის ვიზუალური ინსპექტირება
- საფარის სისწორის საერთაშორისო ინდექსის (IRI) განსაზღვრა
- საგზაო სამოსის მზიდუნარიანობის შეფასება

ვიზუალური ინსპექტირება წარმოადგენს გზის საფარის დაზიანებების განსაზღვრის ყველაზე გავრცელებულ მეთოდს. აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა შეფასდეს გზის ზედაპირზე არსებული ბზარები, დეფორმაციები და სხვა სახის დაზიანებები.

IRI ინდექსი გამოიყენება გზის სისწორის შეფასებისთვის და ასახავს მოძრაობის კომფორტის დონეს. ამასთან ერთად, გზის კონსტრუქციის მდგომარეობის შეფასება შესაძლებელია მისი მზიდუნარიანობის განსაზღვრის გზით.

თუმცა აღნიშნული მეთოდები ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს გზის მდგომარეობის კომპლექსურ შეფასებას ერთიანი მაჩვენებლით.

3. PCI მეთოდის გამოყენება გზების მდგომარეობის შეფასებაში

Pavement Condition Index (PCI) წარმოადგენს გზის საფარის მდგომარეობის შეფასების ერთ-ერთ ფართოდ გავრცელებულ მეთოდს. აღნიშნული მეთოდი ეფუძნება გზის საფარზე არსებული დაზიანებების ტიპის, სიმძიმის და გავრცელების შეფასებას.

PCI ინდექსი განისაზღვრება 0-დან 100-მდე შკალაზე, სადაც მაღალი მნიშვნელობა მიუთითებს გზის უკეთეს მდგომარეობაზე.

PCI მნიშვნელობის მიხედვით გზის მდგომარეობა კლასიფიცირდება შემდეგნაირად:

PCI	მდგომარეობა
85–100	კარგი
70–85	დამაკმაყოფილებელი
55–70	მისაღები
40–55	ცუდი
25–40	ძალიან ცუდი
10–25	საშიში
0–10	უვარგისი

PCI მეთოდის ერთ-ერთი მთავარი უპირატესობა არის ის, რომ იგი საშუალებას იძლევა გზის მდგომარეობა შეფასდეს ერთიანი რიცხვითი ინდექსით.

4. ასფალტბეტონის საფარის დაზიანებები

PCI მეთოდი ითვალისწინებს ასფალტბეტონის საფარის სხვადასხვა სახის დაზიანებებს, მათ შორის:

1. **ბადისებრი ბზარები** – ერთმანეთთან დაკავშირებული მცირე ბზარების სისტემა, რომელიც ქმნის ბადის მსგავს ნახაზს და ძირითადად გამოწვეულია საფარის გადატვირთვითა და მასალის დაღლით.
2. **დაღვენთა** – ასფალტის ზედაპირზე ბიტუმის ამოსვლა, რის შედეგადაც საფარი იღებს მზხინავ და მოლიპულ იერს და მცირდება ზედაპირის ხახუნი.
3. **რეგიონული ბზარები** – ბზარები, რომლებიც ვითარდება გზის კონკრეტულ უბნებში და ხშირად დაკავშირებულია არათანაბარ დატვირთვასთან ან საფუძვლის დეფორმაციასთან.
4. **ამოზნექები და ჩაზნექები** – გზის ზედაპირზე წარმოქმნილი ადგილობრივი ამაღლებები ან ჩაწევები, რომლებიც იწვევს საფარის სისწორის დარღვევას.

5. **დატალღვა** – გზის ზედაპირზე ტალღის ფორმის დეფორმაცია, რომელიც წარმოიქმნება სატრანსპორტო ნაკადის განმეორებითი დატვირთვის შედეგად.
6. **ჩალუნვა** – საფარის ზედაპირის ჩაწევა ბორბლების მოძრაობის ზონაში, რაც ხშირად მიუთითებს ქვედა ფენების არასაკმარის სიმტკიცეზე.
7. **ნაპირების დაბზარვა** – ბზარები, რომლებიც ჩნდება გზის კიდეებთან და ძირითადად გამოწვეულია გვერდულის არასაკმარისი გამაგრებით ან ეროზიით.
8. **ნაკერებიდან გადატანილი ბზარები** – ბზარები, რომლებიც ასფალტის ზედაპირზე ვითარდება ქვედა ფენებში არსებული ნაკერების ან ძველი ბზარების ზედაპირზე გადატანის შედეგად.
9. **გვერდულის დაწევა** – გზის გვერდით მდებარე გვერდულის ჩაწევა ან ჩამოშლა, რაც იწვევს გზის კიდეების დასუსტებას.
10. **გრძივი და განივი ბზარები** – ბზარები, რომლებიც ვითარდება გზის მიმართულებით (გრძივი) ან მის განივ მიმართულებაში (განივი) და ხშირად დაკავშირებულია ტემპერატურულ ცვლილებებთან ან კონსტრუქციულ ნაკერებთან.
11. **ჩანაკერები** – გზის საფარის ადგილობრივი სარემონტო მონაკვეთები, რომლებიც განსხვავდება ძირითადი საფარისგან ტექსტურით ან მასალით.
12. **დაგლუვება** – გზის ზედაპირის ზედმეტი გაპრიალება სატრანსპორტო მოძრაობის შედეგად, რაც ამცირებს საფარის ხახუნის კოეფიციენტს.
13. **ორმოები** – საფარის ლოკალური დაზიანება, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება ღრმული, გამოწვეული მასალის დაშლითა და გამოფხვნით.
14. **რკინიგზის კვეთა** – გზის მონაკვეთი, სადაც საავტომობილო გზა კვეთს რკინიგზის ლიანდაგებს და ხშირად შეინიშნება საფარის დეფორმაცია ან დაზიანება.
15. **დაღარვა** – ბორბლების მოძრაობის ხაზებზე წარმოქმნილი ღარები, რომლებიც ვითარდება განმეორებითი დატვირთვისა და მასალის დეფორმაციის შედეგად.
16. **წაცურების დეფორმაცია** – ასფალტის ფენის გადაადგილება მოძრაობის მიმართულებით, განსაკუთრებით დამუხრუჭებისა და აჩქარების ზონებში.
17. **წაცურების ბზარები** – ნახევარმთვარის ფორმის ბზარები, რომლებიც ჩნდება საფარის ზედა ფენის გადაადგილებისა და წაცურების შედეგად.
18. **ბურცვა** – გზის ზედაპირის ამობურცვა, რომელიც გამოწვეულია ქვედა ფენების დეფორმაციით ან მასალის გაფართოებით.
19. **ამოფხვნა** – საფარის ზედაპირიდან მინერალური ნაწილაკების თანდათანობითი გამოფხვნა, რის შედეგადაც ზედაპირი ხდება ფხვიერი.

20. დაშლა – ასფალტის საფარის სტრუქტურის მნიშვნელოვანი დაზიანება, როდესაც მასალა კარგავს მთლიანობას და იშლება მცირე ფრაგმენტებად.



ნახ. 1. ასფალტბეტონის საფარის ძირითადი დაზიანებები

5. მეთოდის ოპტიმიზაციის წინადადებები

კვლევის პროცესში გამოიკვეთა PCI მეთოდის გარკვეული ოპტიმიზაციის შესაძლებლობა. კერძოდ, მიზანშეწონილია დაზიანებების ჩამონათვალის ადაპტაცია ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

მაგალითად, ისეთი დაზიანებები, რომლებიც პრაქტიკაში იშვიათად გვხვდება, შესაძლებელია ამოღებულ იქნას შეფასების პროცესიდან. ამასთან ერთად, მნიშვნელოვანია დამატებით გათვალისწინდეს ხიდებზე არსებული დაზიანებები,

რადგან მათ შეიძლება მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინონ ხიდის კონსტრუქციულ ელემენტებზე.

რკინიგზის კვეთა - საქართველოში მცირე რაოდენობით გვხვდება, ამიტომ მისი ამოღება დაზიანებების ჩამონათვალიდან მიზანშეწონილია.

ასევე განხილულია დაზიანება **დაგლუვება**. აღნიშნული დაზიანება დაკავშირებულია საფარის მოცურების წინააღმდეგობის შეფასებასთან, რომლის დადგენა ვიზუალური ინსპექტირების საშუალებით პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამისათვის გამოიყენება სპეციალური ტესტირების დანადგარები. შესაბამისად, მიზანშეწონილია აღნიშნული პუნქტის ამოღებაც.

აუცილებელია დამატებით დაზიანებად განისაზღვროს - **ორმოები და დაზიანებული გაფართოების ნაკერები ხიდებზე**. მიუხედავად იმისა, რომ „ორმოები“ უკვე არსებობს ზოგად დაზიანებათა სიაში, ხიდის საფარზე მათი არსებობა განსაკუთრებულ საფრთხეს წარმოადგენს, რადგან იწვევს განმეორებით დარტყმებს სატრანსპორტო საშუალებებისგან.

ეს დარტყმები უარყოფითად მოქმედებს ხიდის კონსტრუქციულ ელემენტებზე: ბეტონის ფილაზე; ჰიდროიზოლაციაზე; საყრდენ ბალიშებზე.

კვლევები აჩვენებს, რომ მალის შუაში მდებარე მცირე ზომის ორმომაც კი (0.6×0.6 მ) შეიძლება გაზარდოს მდუნავი მომენტი დაახლოებით 25%-ით.

დაზიანების ეფექტი პირდაპირპროპორციულია ორმოს სიღრმესთან. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დაბალი სიჩქარით მოძრავი მძიმე სატვიტო მანქანებისაგან გამოწვეული დარტყმები.

აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ხიდი გამოყოფილი იყოს ცალკე, დამოუკიდებელ ერთეულად, მიუხედავად სავალი ნაწილის ფართობისა.



ნახ. 2. ორმოები და დაზიანებული გაფართოების ნაკერები ხიდზე:

6. მდგომარეობის ინდექსის განსაზღვრის პროცედურა

კვლევის პროცესში გზის მონაკვეთები იყოფა სანიმუშე ერთეულებად, რომელთა ფარგლებში ხდება დაზიანებების შეფასება.

დაზიანებები ფასდება სამი სიმძიმის დონით:

- დაბალი
- საშუალო
- მაღალი

დაზიანებების გავრცელების შეფასების საფუძველზე განისაზღვრება შესაბამისი დასაკლები სიდიდეები, რის შემდეგაც გამოითვლება საგზაო სამოსის მდგომარეობის ინდექსი.

7. შედეგები და განხილვა

PCI ინდექსის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამარტივებს გზების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებას. აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა საგზაო ქსელის სხვადასხვა მონაკვეთის მდგომარეობა შეფასდეს ერთიანი მაჩვენებლით.

ასეთი მიდგომა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საგზაო ინფრასტრუქტურის მართვის სისტემაში, რადგან იგი ხელს უწყობს სარეაბილიტაციო სამუშაოების პრიორიტეტების სწორ განსაზღვრას.

დასკვნა

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. გზების მდგომარეობის შეფასების არსებული მეთოდები სრულად ვერ უზრუნველყოფს გზების მდგომარეობის ერთიანი მაჩვენებლით შეფასებას.
2. PCI ინდექსის გამოყენება საშუალებას იძლევა გზის საფარის მდგომარეობა შეფასდეს ერთიანი რიცხვითი ინდექსით.
3. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია საქართველოში მოქმედი ვიზუალური ინსპექტირების სისტემის ფარგლებში.
4. PCI მეთოდის ადაპტაცია ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით ხელს შეუწყობს გზების მდგომარეობის შეფასების სისტემის გაუმჯობესებას.

5. PCI ინდექსის გამოყენება საგზაო ინფრასტრუქტურის მართვის პროცესში ხელს შეუწყობს სარეაბილიტაციო სამუშაოების უფრო ეფექტიან დაგეგმვას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ASTM International. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (ASTM D6433). West Conshohocken, PA: ASTM International, 2020.
2. Shahin, M. Y. Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots. Boston: Springer, 2005.
3. Austroads. Guide to Pavement Technology Part 5: Pavement Evaluation. Sydney: Austroads, 2020.
4. Hall, Kathleen T., Corinne S. Sharpe, Steve M. Hudson, and W. Ronald Hudson. Pavement Management Systems. Washington, DC: Transportation Research Board, 2017.
5. Flintsch, Gerardo W., and M. I. Diefenderfer. Pavement Condition Assessment Technologies. Washington, DC: Transportation Research Board, 2018.
6. Papagiannakis, A. T., and Eyad Masad. Pavement Design and Materials. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008.
7. Federal Highway Administration. Pavement Performance Measures and Management. Washington, DC: FHWA, 2019.
8. Huang, Yang H. Pavement Analysis and Design. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004.

Assessment of Pavement Condition and Application of the Pavement Condition Index in Road Network Evaluation

Alexi Burduladze¹; Teimuraz Arevadze²

¹Georgian Technical University Professor burdato@gmail.com

²Georgian Technical University PhD Student (Doctoral Student)
temuri.arevadze@gmail.com

Abstract

This paper discusses modern approaches to road pavement condition assessment and examines the possibility of applying the Pavement Condition Index (PCI) in the evaluation of the road network in Georgia. Currently, pavement condition assessment mainly relies on visual inspection, measurement of the International Roughness Index (IRI), and evaluation of pavement structural capacity.

The study analyzes the classification of asphalt pavement distresses according to the PCI methodology and considers the potential adaptation of this method to local conditions. Several improvements are proposed, including the simplification of distress classification, exclusion of rarely occurring damages, and the inclusion of additional defects related to bridge structures.

The results indicate that the use of the PCI methodology significantly improves the efficiency of pavement condition assessment and facilitates decision-making processes in road infrastructure management systems.

Keywords: Pavement Condition Index, pavement distress, road infrastructure, pavement evaluation, road maintenance, pavement management.

Aspects of using biometric face recognition systems in state border control processes

Giorgi Tamarashvili¹, Roman Samkharadze², Lia Gachechiladze³

¹Georgian Technical University, PhD Student; ²Georgian Technical University, Professor; ³Georgian Technical University, Associate Professor

Abstract

State border monitoring represents a critical component of national security and migration management. The growth of globalization, international mobility, tourism, and cross-border trade has significantly increased the operational complexity of border control systems. Traditional monitoring methods based on manual document verification and visual inspection by officers are increasingly insufficient under conditions of high passenger traffic and growing security risks. As a result, modern border control infrastructures are progressively integrating advanced technological solutions aimed at improving identification accuracy, operational efficiency, and decision-making speed.

Among these technologies, biometric identification systems play an increasingly important role. Biometric technologies allow individuals to be identified based on unique physiological or behavioral characteristics, reducing reliance on manual inspection and minimizing human error. In particular, facial recognition systems have become one of the most promising biometric approaches due to their non-contact nature, scalability, and ability to integrate seamlessly with existing video surveillance infrastructures.

This paper analyzes the role of biometric identification technologies in modern border monitoring systems with particular emphasis on facial recognition methods. The study examines the technological evolution of border monitoring systems, discusses existing approaches to facial recognition, and evaluates the challenges associated with their implementation in real operational environments. Special attention is given to embedding-based recognition models and the impact of environmental factors such as illumination, pose variation, motion blur, and partial occlusion. The results highlight the importance of developing robust and adaptive recognition systems capable of maintaining reliable performance under dynamic border monitoring conditions.

Keywords: biometric identification, facial recognition, border control, computer vision, artificial intelligence.

Introduction

State borders represent one of the most important legal and political attributes of sovereign states, defining the spatial limits of national jurisdiction and serving as a fundamental mechanism for maintaining territorial integrity, national security, and regulatory control. Beyond their geographical function, modern borders represent complex operational environments where issues related to migration management, international trade, and cross-border security intersect. Consequently, the effectiveness of border monitoring systems plays a critical role in maintaining national stability and security (Andreas 2009; Nevins 2010).

In recent decades, globalization processes have significantly increased the movement of people, goods, and information across international borders. The growth of global tourism, international labor migration, and transnational trade networks has led to a substantial increase in the number of border crossings worldwide. While this increased mobility creates economic opportunities and strengthens international cooperation, it also introduces new challenges for border control authorities. Border checkpoints must process large numbers of travelers efficiently while simultaneously identifying potential security threats such as illegal migration, document fraud, and cross-border criminal activities (Cornelius 2001; Jones 2016).

Traditionally, border monitoring processes relied heavily on manual inspection procedures performed by trained officers. These procedures typically involve visual verification of identity documents, interviews with travelers, and manual comparison of passport photographs with individuals. Although such methods were effective when passenger flows were relatively limited, they have become increasingly insufficient in modern high-traffic border environments. Human operators are naturally subject to cognitive limitations, fatigue, and the risk of subjective errors, which may reduce the reliability and efficiency of manual monitoring processes (UNODC 2022).

In response to these challenges, modern border monitoring infrastructures increasingly incorporate advanced digital technologies and automated identification systems. Among these technologies, biometric identification systems have emerged as one of the most promising approaches for improving the accuracy and efficiency of border control operations. Biometric systems identify individuals based on unique physiological or behavioral characteristics such as fingerprints, iris patterns, or facial features (Jain, Ross & Prabhakar, 2004).

In particular, facial recognition technologies have gained significant attention due to their ability to perform non-contact identification and integrate seamlessly with existing video surveillance infrastructures. Recent advances in machine learning and computer vision have significantly improved the performance of facial recognition systems, enabling their use in large-scale security applications. However, despite these technological developments, facial recognition systems still face several challenges when deployed in real operational environments, including variations in illumination, camera angles, motion blur, and partial occlusion (Grother, Ngan, and Hanaoka 2018).

This study aims to analyze the role of facial recognition technologies in modern border monitoring systems and to evaluate the challenges associated with their practical implementation. The research focuses on the evolution of recognition methods, embedding-based approaches, and environmental factors that influence recognition performance in border monitoring environments.

In response to the growing complexity of border management and the increasing volume of cross-border movement, technological solutions have gradually been integrated into border monitoring infrastructures. Early border control systems primarily relied on human observation supported by basic surveillance equipment. One of the first technological tools introduced for this purpose was video surveillance, which enabled continuous visual monitoring of border areas and border crossing points. Closed-circuit television (CCTV) systems allowed security personnel to observe large territories remotely and provided the ability to record events for later analysis (Jones 2016).

As border monitoring requirements became more demanding, additional technologies were introduced to improve the detection of unauthorized border crossings. Radar systems and motion sensors were deployed in many border regions to detect movement across protected zones. These technologies proved particularly useful in areas with limited visibility, such as mountainous regions or remote border segments where direct visual monitoring was difficult. Thermal imaging cameras further enhanced monitoring capabilities by allowing the detection of human activity in low-light or nighttime conditions (UNODC 2022).

The development of digital technologies and networked surveillance systems significantly expanded the capabilities of border monitoring infrastructures. Modern border control systems increasingly rely on integrated surveillance platforms that combine multiple types of sensors, including optical cameras, thermal sensors, radar systems, and motion detectors. These systems are capable of collecting large volumes of visual and environmental data in real time, enabling continuous monitoring of extensive border territories (EUROSUR 2021).

However, the rapid growth of data generated by modern monitoring technologies has created new challenges related to data processing and analysis. Human operators alone are often unable to effectively monitor and interpret the vast streams of data produced by large-scale surveillance systems. As a result, automated data analysis methods based on artificial intelligence and machine learning have become an essential component of modern border monitoring infrastructures. These technologies enable automated detection of suspicious activities, identification of individuals, and real-time decision support for border security personnel (IOM 2021).

Biometric identification refers to the process of recognizing individuals based on unique physiological or behavioral characteristics. Unlike traditional identification methods that rely on documents or passwords, biometric systems utilize inherent personal attributes such as fingerprints, iris patterns, facial structure, or voice patterns to verify an individual's identity. Because these characteristics are difficult to forge or replicate, biometric technologies provide a

reliable mechanism for identity verification in security-sensitive environments (Jain, Ross & Prabhakar, 2004).

In the context of border control, biometric identification systems are increasingly used to improve both the accuracy and efficiency of traveler verification procedures. Traditional identity verification methods based on manual document inspection and visual comparison of photographs may be vulnerable to human error, fatigue, or document forgery. Biometric systems reduce these risks by automating the identification process and enabling objective comparison between captured biometric data and stored biometric templates (Grother, Ngan, and Hanaoka 2018).

Several biometric modalities are currently used in modern border control infrastructures. Fingerprint recognition systems are among the most widely deployed biometric technologies due to their high reliability and long history of use in law enforcement and security applications. Iris recognition systems offer extremely high accuracy because the iris pattern of each individual is highly distinctive and stable over time. However, iris scanning often requires specialized hardware and controlled acquisition conditions, which may limit its scalability in large border checkpoints (UNODC 2022).

Facial recognition has emerged as one of the most promising biometric technologies for border monitoring systems due to its non-contact nature and compatibility with existing video surveillance infrastructures. Unlike fingerprint or iris recognition systems, facial recognition can operate at a distance and does not require active cooperation from individuals. This characteristic makes facial recognition particularly suitable for high-throughput border environments where large numbers of travelers must be processed efficiently (Cao et al. 2018; NIST 2021).

The increasing integration of biometric identification technologies into border management systems reflects a broader shift toward automated and data-driven security infrastructures. International organizations and border agencies worldwide are investing in biometric solutions to enhance the reliability, speed, and scalability of identity verification processes while reducing reliance on manual inspection procedures (IOM 2021).

Facial recognition systems represent one of the most widely studied problems in the field of computer vision and biometric identification. These systems aim to identify or verify individuals by analyzing facial features extracted from digital images or video streams. In practical applications, a facial recognition system captures an image of a person's face and compares it with stored biometric templates contained in a database in order to determine identity or confirm a claimed identity (Jain, Ross & Prabhakar, 2004).

The face recognition problem is commonly divided into two fundamental tasks: identification and verification. Identification refers to determining whether a given facial image corresponds to any individual stored in a database. In this scenario, the system performs a one-to-many comparison, matching the input image against multiple stored biometric templates in order to find a potential match. Verification, on the other hand, involves determining whether

two facial images belong to the same individual. In this case, the system performs a one-to-one comparison to confirm or reject a claimed identity (Grother, Ngan, and Hanaoka 2018).

From a computational perspective, facial recognition can be formulated as a pattern recognition problem in which facial images are transformed into numerical feature representations. These representations capture distinctive characteristics of facial geometry, texture, and spatial relationships between facial landmarks. Modern facial recognition systems rely heavily on machine learning and deep neural networks that automatically learn discriminative facial features from large datasets of labeled facial images (Cao et al. 2018).

However, facial recognition in real-world environments remains a challenging task due to the presence of various sources of variability. Factors such as illumination changes, pose variations, facial expressions, aging, and partial occlusions may significantly affect the quality of facial features extracted from images. These variations complicate the recognition process and may reduce system accuracy when operating under uncontrolled conditions (Grother et al. 2018).

In border monitoring systems, these challenges are particularly significant because facial recognition technologies must operate in dynamic environments where individuals move continuously and image acquisition conditions cannot always be controlled. Therefore, developing robust algorithms capable of accurately recognizing faces under such conditions remains an important research problem in modern biometric systems.

Research on facial recognition has evolved significantly over the past several decades, progressing from classical computer vision methods to modern deep learning-based approaches. Early facial recognition systems relied primarily on manually engineered features describing facial geometry and the spatial relationships between key facial landmarks such as the eyes, nose, and mouth. One of the most influential early approaches was the Eigenfaces method, which used Principal Component Analysis (PCA) to project facial images into a lower-dimensional feature space while preserving the most informative variations in facial appearance (Turk and Pentland 1991). These statistical representations enabled the system to compare faces efficiently but were highly sensitive to variations in illumination, pose, and facial expression.

Subsequent research introduced additional feature-based methods designed to improve robustness under changing environmental conditions. Techniques such as Local Binary Patterns (LBP) and other texture-based descriptors captured local intensity variations in facial images and demonstrated improved performance in certain unconstrained environments (Ahonen, Hadid, and Pietikäinen 2006). Although these classical approaches represented an important step in the development of face recognition systems, their effectiveness remained limited when applied to large-scale datasets and highly variable real-world conditions.

The emergence of machine learning methods further improved the ability of recognition systems to learn discriminative facial features from training data. Instead of relying solely on manually designed descriptors, machine learning algorithms could automatically identify patterns that distinguish individuals. However, early machine learning models still depended on

predefined feature extraction techniques, which restricted their ability to generalize across diverse datasets.

A major breakthrough in facial recognition research occurred with the development of deep learning methods, particularly convolutional neural networks (CNNs). Deep neural networks are capable of learning hierarchical representations of visual data directly from raw images, allowing them to capture complex patterns and subtle variations in facial structure. Modern deep learning models have demonstrated remarkable performance improvements in face recognition tasks, particularly when trained on large-scale datasets (Cao et al. 2018).

Many contemporary facial recognition systems rely on embedding-based learning architectures, where neural networks map facial images into high-dimensional feature vectors that represent distinctive facial characteristics. These embeddings allow efficient similarity comparison using distance metrics such as cosine similarity or Euclidean distance. Benchmark evaluations conducted by organizations such as the National Institute of Standards and Technology (NIST) demonstrate that modern deep learning-based recognition systems significantly outperform earlier approaches under a wide range of conditions (Grother, Ngan, and Hanaoka 2018; NIST 2021).

Despite these significant advances, face recognition systems still encounter challenges when operating in uncontrolled environments. Variations in illumination, pose, facial expression, and partial occlusion can still affect recognition performance. As a result, ongoing research continues to focus on developing more robust algorithms capable of maintaining high accuracy in real-world applications such as border monitoring and surveillance systems.

Modern facial recognition systems increasingly rely on embedding-based learning approaches, where deep neural networks transform facial images into compact numerical vector representations known as embeddings. These embeddings encode distinctive facial characteristics in a multidimensional feature space, allowing facial images belonging to the same individual to be positioned closer together, while images of different individuals are placed farther apart. This representation enables efficient comparison of facial identities using mathematical distance metrics and significantly improves recognition accuracy in large-scale identification systems (Schroff, Kalenichenko, & Philbin, 2015).

Embedding-based methods typically utilize deep convolutional neural networks (CNNs) trained on large datasets of labeled facial images. During training, the network learns to extract highly discriminative features that capture subtle variations in facial structure, texture, and spatial relationships between facial landmarks. These learned representations are then used to generate fixed-length feature vectors that uniquely describe each face. Once embeddings are generated, similarity between faces can be computed using metrics such as cosine similarity or Euclidean distance, allowing the system to determine whether two facial images belong to the same individual (Cao et al., 2018).

One of the most influential embedding-based approaches is FaceNet, which introduced the concept of training neural networks using a triplet loss function that directly optimizes the

distance between embeddings of matching and non-matching faces (Schroff et al., 2015). Subsequent methods, such as ArcFace, further improved recognition accuracy by introducing angular margin loss functions that increase the separability of facial embeddings in the feature space (Deng, Guo, & Zafeiriou, 2019). These techniques have significantly improved the robustness of face recognition systems and enabled their deployment in large-scale applications such as surveillance systems, border monitoring infrastructures, and identity verification platforms.

Despite these advances, embedding-based facial recognition systems still face challenges when operating in uncontrolled environments. Variations in illumination, facial pose, aging effects, and occlusion can influence the quality of extracted embeddings and reduce system accuracy. Consequently, ongoing research focuses on improving the robustness of embedding models and developing adaptive recognition algorithms capable of maintaining reliable performance under real-world conditions (Grother, Ngan, & Hanaoka, 2018).

Despite significant progress in biometric recognition technologies, real-world border monitoring environments present numerous challenges that can negatively affect the performance of facial recognition systems. Unlike controlled laboratory conditions, border surveillance systems operate in dynamic and often unpredictable environments where image acquisition conditions vary significantly. Factors such as illumination changes, head pose variations, facial expressions, and environmental noise may influence the quality of captured facial images and reduce the reliability of extracted biometric features (Jain, Ross, & Prabhakar, 2004).

Lighting conditions represent one of the most significant challenges in practical facial recognition applications. Variations in illumination may produce shadows or highlights that alter the visual appearance of facial features, making accurate comparison with stored biometric templates more difficult. Similarly, changes in camera angle or head orientation may obscure important facial landmarks, decreasing the reliability of feature extraction algorithms (Grother, Ngan, & Hanaoka, 2018).

Another important issue in border monitoring systems is motion blur, which frequently occurs when individuals are moving while images are being captured by surveillance cameras. Motion blur reduces image sharpness and may degrade the quality of facial features extracted by recognition models. In addition, partial occlusion caused by accessories such as glasses, hats, or face coverings may conceal critical facial regions and further complicate the recognition process. These factors are particularly relevant in border control scenarios where individuals may be captured at different distances or while passing through checkpoints (Cao et al., 2018).

Furthermore, modern border monitoring systems must operate with large-scale biometric databases that may contain millions of facial records. Efficient identification in such systems requires algorithms capable of performing rapid similarity comparisons while maintaining high recognition accuracy and minimizing false matches. Large-scale deployments therefore require not only robust recognition algorithms but also scalable indexing techniques and high-

performance computational infrastructures capable of processing biometric queries in real time (NIST, 2021).

Addressing these challenges remains an important research direction in the development of facial recognition systems for security and border monitoring applications. Current studies emphasize improving algorithm robustness through advanced deep learning models, better training datasets, and adaptive recognition techniques capable of maintaining reliable performance under diverse environmental conditions (Grother, Ngan, & Hanaoka, 2018).

Conclusion

The rapid development of biometric technologies has significantly transformed modern border monitoring systems. Traditional border control procedures based primarily on manual document inspection and visual verification are increasingly insufficient in the context of growing global mobility and expanding cross-border travel. As a result, modern border management infrastructures are progressively integrating automated identification technologies capable of improving both operational efficiency and security.

This study examined the role of biometric identification technologies, particularly facial recognition systems, in border monitoring environments. The analysis discussed the technological evolution of border monitoring systems, the principles of biometric identification, and the main approaches used in modern face recognition algorithms. Special attention was given to embedding-based recognition methods that rely on deep neural networks to generate numerical feature representations of facial images, enabling efficient and accurate comparison of biometric data.

At the same time, the research highlighted several challenges associated with the deployment of facial recognition systems in real-world border monitoring conditions. Environmental factors such as illumination changes, pose variations, motion blur, and partial occlusion may significantly influence recognition accuracy. In addition, large-scale biometric databases require highly efficient algorithms capable of performing rapid similarity comparisons while maintaining low error rates.

Future research should focus on improving the robustness and scalability of facial recognition systems through the development of advanced machine learning models, improved training datasets, and adaptive recognition algorithms capable of operating reliably under diverse environmental conditions.

References

- Andreas, P. (2009). *Border games: Policing the U.S.–Mexico divide*. Cornell University Press.
- Cornelius, W. A. (2001). Death at the border: Efficacy and unintended consequences of U.S. immigration control policy. *Population and Development Review*, 27(4), 661–685.
- Jain, A. K., Ross, A., & Prabhakar, S. (2004). An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 14(1), 4–20.
- Jones, R. (2016). *Violent borders: Refugees and the right to move*. Verso Books
- Grother, P., Ngan, M., & Hanaoka, K. (2018). Face recognition vendor test (FRVT). National Institute of Standards and Technology (NIST).
- Cao, Q., Shen, L., Xie, W., Parkhi, O., & Zisserman, A. (2018). VGGFace2: A dataset for recognising faces across pose and age. *IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition*, 67–74.
- Turk, M., & Pentland, A. (1991). Eigenfaces for recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(1), 71–86.
- Ahonen, T., Hadid, A., & Pietikäinen, M. (2006). Face recognition with local binary patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28(12), 2037–2041.
- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 815–823.
- Deng, J., Guo, J., & Zafeiriou, S. (2019). ArcFace: Additive angular margin loss for deep face recognition. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 4690–4699.
- NIST. (2021). Face recognition vendor test (FRVT) ongoing evaluation report. National Institute of Standards and Technology.
- UNODC. (2022). Biometric identification and border security. United Nations Office on Drugs and Crime.
- IOM. (2021). Biometric data and border management. International Organization for Migration.
- Nevins, J. (2010). *Operation gatekeeper and beyond: The war on “illegals” and the remaking of the U.S.–Mexico boundary*. Routledge.

მელატონინის რეცეპტორების ექსპრესიის თავისებურებები ენდომეტრიუმის სიმსივნისწინარე და სიმსივნურ პროცესებში

ლიტერატურის კრიტიკული მიმოხილვა

ნათია ყიფიანი¹ მარიამ ხარაიშვილი² ზაზა ბოხუა³ გიორგი ბურკაძე⁴ შოთა კეპულაძე⁵

¹ნიუ ვიჟენის უნივერსიტეტის დოქტორანტი, მეან-გინეკოლოგი (კლინიკა ლიდერმედი);
²ასოცირებული პროფესორი მეან-გინეკოლოგიის მიმართულებით ნიუ ვიჟენის უნივერსიტეტი;
³თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის დიპლომისშემდგომი სამედიცინო
განათლების და უწყვეტი პროფესიული განვითარების ინსტიტუტის დირექტორი; ⁴თბილისის
სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის
ხელმძღვანელი; პროფესორი; ექიმი პათოლოგანატომი; - ⁵თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო
უნივერსიტეტის მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი;
ექიმი პათოლოგანატომი

აბსტრაქტი

მელატონინი არის მრავალფუნქციური ნეიროენდოკრინული ჰორმონი, რომელიც ძირითადად გამომუშავდება ეპიფიზის მიერ და ფართოდ არის აღიარებული მისი როლით ცირკადული რიტმების რეგულირებაში. ქრონობიოლოგიური ფუნქციის გარდა, მელატონინი ახდენს მრავალფეროვან ბიოლოგიურ ეფექტებს, მათ შორის ანტიოქსიდანტურ აქტივობას, იმუნურ მოდულაციას, უჯრედების პროლიფერაციის რეგულირებასა და აპოპტოზის ინდუქციას. ამ თვისებებმა მიიპყრო მზარდი ყურადღება ონკოლოგიურ კვლევებში, განსაკუთრებით ჰორმონდამოკიდებული ავთვისებიანი სიმსივნეების შემთხვევებში. **ენდომეტრიუმის კარცინომა** მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული გინეკოლოგიური კიბოა და ხშირად ვითარდება მრავალსაფეხურიანი პროცესით, რომელიც მოიცავს ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზიასა და ენდომეტრიუმის ქსოვილში პროგრესულ მოლეკულურ ცვლილებებს. ენდომეტრიუმის სიმსივნეების პათოგენეზზე ძლიერ გავლენას ახდენს ჰორმონური რეგულირება, განსაკუთრებით ესტროგენის და პროგესტერონის სასიგნალო გზების მეშვეობით. თუმცა, ახალი მტკიცებულებები მიუთითებს, რომ დამატებითმა ჰორმონურმა რეგულატორებმა, მათ შორის მელატონინმა, შეიძლება წვლილი შეიტანონ ენდომეტრიუმის კანცეროგენეზის კომპლექსურ მექანიზმებში.

მელატონინი ახდენს თავისი ბიოლოგიური ეფექტების უმეტესობას სპეციფიკური მემბრანული რეცეპტორების, ძირითადად MT1 და MT2-ის მეშვეობით, რომლებიც გამოხატულია მრავალ ქსოვილში, მათ შორის ქალის რეპროდუქციულ ტრანქტში. მიუხედავად ამისა, მელატონინის რეცეპტორების ექსპრესიის ნიმუშები და ბიოლოგიური მნიშვნელობა კიბოსწინარე და ავთვისებიანი ენდომეტრიუმის დაზიანებებში ჯერ კიდევ არასაკმარისად არის შესწავლილი. ამ ურთიერთობების გაგებამ შეიძლება მნიშვნელოვანი ინფორმაცია მოგვცეს ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზიიდან კარცინომამდე პროგრესირების მოლეკულური მექანიზმების შესახებ. გარდა ამისა, მელატონინის რეცეპტორების ექსპრესიის შეფასება, ენდომეტრიუმის პათოლოგიის სხვადასხვა ეტაპზე შეიძლება ხელი შეუწყოს დიაგნოსტიკური ან პროგნოზული ღირებულების მქონე ახალი ბიომარკერების იდენტიფიცირებას. არსებული ლიტერატურის ანალიზი ხაზს უსვამს მელატონინის რეცეპტორების სიგნალიზაციის პოტენციურ მნიშვნელობას ენდომეტრიუმის სიმსივნეების განვითარებასა და პროგრესირებაში.

საკვანძო სიტყვები: მელატონინი; მელატონინის რეცეპტორები; MT1; MT2; ენდომეტრიუმი; ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზია; ენდომეტრიუმის კარცინომა; ჰორმონული რეცეპტორები; დეროვანი უჯრედები;

მელატონინი არის ენდოგენური ინდოლამინის ჰორმონი, რომელიც ძირითადად სინთეზირდება და გამოიყოფა ეპიფიზის მიერ ჰიპოთალამუსის ცირკადული დროის სისტემის მიერ გენერირებული სიგნალების საპასუხოდ.(1) მისი სეკრეცია მიჰყვება მაღალრეგულირებულ ცირკადულ რიტმს, რომელიც ხასიათდება დღის მანძილზე დაბალი დონით და ღამის პიკით, რომელიც ემთხვევა სიზნელეს. (2)მიუხედავად იმისა, რომ მელატონინი თავდაპირველად აღწერილი იყო, როგორც ჰორმონი, რომელიც პასუხისმგებელია მილ-ღვიძლის ციკლებისა და ცირკადული რიტმების რეგულირებაზე, ათწლეულების განმავლობაში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მისი ბიოლოგიური მნიშვნელობა გაცილებით სცილდება ქრონობიოლოგიურ რეგულირებას.(3) მელატონინი მონაწილეობს ფიზიოლოგიური პროცესების ფართო სპექტრში, მათ შორის იმუნური ფუნქციის მოდულაციაში, მეტაბოლური აქტივობის რეგულირებაში, ანტიოქსიდანტური თავდაცვის მექანიზმებში, ნეიროპროტექციასა და რეპროდუქციულ პროცესებში.(4) ბოლო დროს ყურადღება სულ უფრო მეტად ექცევა მელატონინის პოტენციურ როლს სიმსივნის ბიოლოგიაში, განსაკუთრებით მისი უნარის გამო, გავლენა მოახდინოს უჯრედულ პროლიფერაციაზე, აპოპტოზზე, ანგიოგენეზსა და დიფერენციაციაზე. ეს პროცესები წარმოადგენს კანცეროგენეზის საფუძვლად მყოფ ფუნდამენტურ მექანიზმებს და შესაბამისად, მელატონინის სიგნალიზაციის შესწავლა კიბოს კვლევაში კვლევის მნიშვნელოვან სფეროდ იქცა.(5)

მელატონინის ბიოლოგიური მოქმედებები ხორციელდება როგორც რეცეპტორ-დამოკიდებული, ასევე რეცეპტორ-დამოუკიდებელი მექანიზმებით. რეცეპტორებით

განპირობებული მოქმედებები მოიცავს მაღალი აფინურობის მქონე G ცილასთან დაკავშირებულ რეცეპტორებს, რომლებიც ცნობილია როგორც მელატონინის რეცეპტორი ტიპი 1 (MT1) და მელატონინის რეცეპტორი ტიპი 2 (MT2).(6) ეს რეცეპტორები კოდირებულია MTNR1A და MTNR1B გენებით და ექსპრესირდება ადამიანის ქსოვილებისა და ორგანოების ფართო სპექტრში. (7) როგორც MT1, ასევე MT2 რეცეპტორები განლაგებულია უჯრედის მემბრანაში და ფუნქციონირებენ უჯრედშიდა სასიგნალო გზებით, რომლებიც მოიცავს ციკლურ ადენოზინ მონოფოსფატის ინჰიბირებას, ცილოვანი კინაზას აქტივობის მოდულაციას და ტრანსკრიფციის ფაქტორების რეგულირებას.(8) ამ რეცეპტორების გააქტიურება იწვევს სასიგნალო კასკადებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ უჯრედულ მეტაბოლიზმზე, გენის ექსპრესიასა და უჯრედული ციკლის რეგულირებაზე. მემბრანასთან დაკავშირებული რეცეპტორების გარდა, მელატონინს შეუძლია ურთიერთქმედება უჯრედშიდა ცილებთან და ბირთვულ რეცეპტორებთან, რაც საშუალებას აძლევს მას პირდაპირ გავლენა მოახდინოს ტრანსკრიფციულ პროცესებზე. ეს რეცეპტორებისგან დამოუკიდებელი მექანიზმები მოიცავს მელატონინის როლს, როგორც ძლიერი თავისუფალი რადიკალების შემგროვებელს და მის უნარს, დაარეგულიროს ჟანგვითი სტრესი მიტოქონდრიულ ფუნქციასთან და ანტიოქსიდანტურ ფერმენტებთან ურთიერთქმედების გზით.(9)

მელატონინის რეცეპტორების განაწილება მრავალ ორგანოთა სისტემაში მიუთითებს, რომ მელატონინი მოქმედებს როგორც ფიზიოლოგიური პროცესების სისტემური რეგულატორი. რეპროდუქციულ ქსოვილებში მელატონინის რეცეპტორები აღმოჩენილია საკვერცხეში, პლაცენტაში, მიომეტრიუმსა და ენდომეტრიუმში.(10) ენდომეტრიუმში მელატონინის რეცეპტორების არსებობამ მნიშვნელოვანი სამეცნიერო ინტერესი გამოიწვია, რადგან ენდომეტრიუმის ქსოვილი რეპროდუქციული წლების განმავლობაში განიცდის უწყვეტ ციკლურ რემოდელირებას.(11,12) ენდომეტრიუმი ხასიათდება პროლიფერაციის, დიფერენციაციისა და დესქვამციის განმეორებითი ფაზებით ჰიპოთალამუს-ჰიპოფიზ-საკვერცხეების ღერძიდან მომდინარე ჰორმონალური სიგნალების საპასუხოდ. ეს ციკლური ცვლილებები მოითხოვს უჯრედების პროლიფერაციის, აპოპტოზის, ანგიოგენეზისა და იმუნური ურთიერთქმედების ზუსტ რეგულირებას ენდომეტრიუმის მიკროგარემოს ფარგლებში. იმის გამო, რომ მელატონინს შეუძლია გავლენა მოახდინოს ამ პროცესების უმეტესობაზე, მისი როლი ენდომეტრიუმის ფიზიოლოგიასა და პათოლოგიაში კვლევის სულ უფრო მნიშვნელოვანი კვლევის საგანი გახდა.(13)

ენდომეტრიუმის კარცინომა წარმოადგენს ქალის რეპროდუქციული სისტემის ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ ავთვისებიან სიმსივნეს და მსოფლიოში წამყვან გინეკოლოგიურ კიბოს შორისაა.(14,15) ეპიდემიოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა ენდომეტრიუმის კიბოს შემთხვევების უწყვეტი ზრდა ბოლო ათწლეულების განმავლობაში, განსაკუთრებით ინდუსტრიულ ქვეყნებში. ამ მზარდ შემთხვევების ზრდას რამდენიმე ფაქტორი უწყობს ხელს, მათ შორის სიმსუქნის, მეტაბოლური სინდრომის, შაქრიანი დიაბეტის, მენოპაუზის დაგვიანებისა და სიცოცხლის ხანგრძლივობის მაჩვენებლების ზრდა.(14)

სიმსუქნე ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან რისკ-ფაქტორად ითვლება, რადგან ცხიმოვანი ქსოვილი მოქმედებს როგორც ენდოკრინული ორგანო, რომელსაც შეუძლია ანდროგენების ესტროგენებად გარდაქმნა არომატაზას აქტივობის მეშვეობით. ეს პროცესი იწვევს მოცირკულირე ესტროგენის დონის მატებას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ენდომეტრიუმის ჭარბი პროლიფერაცია. როდესაც ესტროგენის სტიმულაცია ხდება პროგესტერონის საკმარისი ბალანსის არარსებობის შემთხვევაში, ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზიის და ავთვისებიანი ტრანსფორმაციის რისკი მნიშვნელოვნად იზრდება.(16)

ენდომეტრიუმის კარცინომა წარმოიქმნება საშვილოსნოს ღრუს ეპითელიური გარსიდან და ვითარდება მრავალსაფეხურიანი პროცესით, რომელიც მოიცავს ენდომეტრიუმის ქსოვილში პროგრესულ მოლეკულურ და მორფოლოგიურ ცვლილებებს. ენდომეტრიუმის კარცინოგენეზის კლასიკური მოდელი განასხვავებს ენდომეტრიუმის კიბოს ორ ძირითად პათოგენეტიკურ ტიპს. I ტიპის ენდომეტრიუმის კარცინომა, რომელსაც ასევე ენდომეტრიოიდულ კარცინომას უწოდებენ, როგორც წესი, ესტროგენზე დამოკიდებულია და ხშირად წარმოიქმნება ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზიის კონტექსტში. ეს სიმსივნეები ხშირად ასოცირდება შედარებით ხელსაყრელ პროგნოზთან და ჩვეულებრივ პერიმენოპაუზურ ქალებში შეინიშნება.(17) II ტიპის ენდომეტრიუმის კარცინომა მოიცავს სეროზულ და ნათელ უჯრედულ კარცინომებს და ზოგადად ესტროგენ-დამოუკიდებლად ითვლება. ეს სიმსივნეები უფრო აგრესიულია, უპირატესად პოსტმენოპაუზურ ქალებში გვხვდება და უფრო ცუდ კლინიკურ შედეგებთან ასოცირდება. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ორი კატეგორია წარმოადგენს განსხვავებულ პათოგენეტიკურ გზებს, ენდომეტრიუმის კარცინომის ორივე ფორმა მოიცავს კომპლექსურ მოლეკულურ ცვლილებებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ მრავალ უჯრედულ სასიგნალო გზაზე.

ნორმალური ენდომეტრიუმი მაღალი მგრძნობელობით გამოირჩევა ჰორმონალურ რეგულაციის მიმართ, განსაკუთრებით ესტროგენისა და პროგესტერონის მოქმედებაზე. მენსტრუალური ციკლის პროლიფერაციული ფაზის დროს, ესტროგენი ასტიმულირებს ეპითელიური და სტრომული უჯრედების სწრაფ პროლიფერაციას ენდომეტრიუმის ქსოვილში. ეს პროცესი აუცილებელია ენდომეტრიუმის ლორწოვანი გარსის რეგენერაციისთვის მენსტრუაციის შემდეგ. შემდგომი სეკრეტორული ფაზის დროს, პროგესტერონი ხელს უწყობს ენდომეტრიუმის ჯირკვლებისა და სტრომული უჯრედების დიფერენციაციას, ამზადებს ქსოვილს ემბრიონის პოტენციური იმპლანტაციისთვის. ეს ჰორმონალური ეფექტები განპირობებულია ესტროგენის რეცეპტორებით და პროგესტერონის რეცეპტორებით, რომლებიც ფუნქციონირებენ როგორც ლიგანდ-აქტივირებული ტრანსკრიფციის ფაქტორები, რომლებიც არეგულირებენ გენის ექსპრესიას სამიზნე უჯრედებში. ესტროგენსა და პროგესტერონის სიგნალიზაციას შორის დელიკატური ბალანსის დარღვევა წარმოადგენს ენდომეტრიუმის პათოლოგიის საფუძვლად მყოფ ფუნდამენტურ მექანიზმს.(18,19)

პროგნოსტიკის ადეკვატური წინააღმდეგობის გარეშე ესტროგენის მუდმივმა სტიმულაციამ შეიძლება გამოიწვიოს ენდომეტრიუმის უჯრედების უკონტროლო პროლიფერაცია. დროთა განმავლობაში, ამ ქარბმა პროლიფერაციამ შეიძლება გამოიწვიოს ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზიის განვითარება, რომელიც ენდომეტრიუმის კარცინომის წინამორბედ დაზიანებად ითვლება. ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზია ხასიათდება ჯირკვლებისა და სტრომის თანაფარდობის ზრდით და ენდომეტრიუმის ჯირკვლების არქიტექტურული ანომალიებით. ჰისტოლოგიურად, ჰიპერპლაზიურმა დაზიანებებმა შეიძლება აჩვენოს ჯირკვლების შეჯგუფება, ჯირკვლების არარეგულარული ფორმები და უჯრედული ატიპიის სხვადასხვა ხარისხი. ავთვისებიანი პროგრესირების რისკი დიდწილად დამოკიდებულია ციტოლოგიური ატიპიის არსებობაზე ან არარსებობაზე. ატიპიის გარეშე ჰიპერპლაზია, როგორც წესი, კარცინომაში პროგრესირების შედარებით დაბალ რისკს შეიცავს, ხოლო ატიპიური ჰიპერპლაზია, რომელსაც ასევე ენდომეტრიუმის ინტრაეპითელური ნეოპლაზია ეწოდება, წარმოადგენს ნამდვილ კიბოსწინარე დაზიანებას ინვაზიურ კარცინომაში განვითარების მნიშვნელოვნად მაღალი ალბათობით.(16,20)

ნორმალური ენდომეტრიუმის ქსოვილიდან ჰიპერპლაზიასა და საბოლოოდ კარცინომაში გადასვლა მოიცავს მრავალ მოლეკულურ ცვლილებას. ენდომეტრიუმის კარცინომაში ხშირად შეინიშნება სიმსივნის სუპრესორული გენებისა და ონკოგენების ზეგავლენის მქონე გენეტიკური მუტაციები. მაგალითად, PTEN სიმსივნის სუპრესორული გენის მუტაციები ენდომეტრიოიდულ ენდომეტრიუმის კარცინომაში გამოვლენილ ყველაზე ხშირ მოლეკულურ ცვლილებებს შორისაა. დამატებითი მოლეკულური მოვლენები შეიძლება მოიცავდეს PI3K/AKT სასიგნალო გზის აქტივაციას, შეუსაბამობის აღდგენის გენების ცვლილებებს და TP53-ის მუტაციებს, განსაკუთრებით სეროზულ კარცინომაში.(21–23) ეს გენეტიკური ცვლილებები ხელს უწყობს უჯრედების პროლიფერაციის დისრეგულაციას, აპოპტოზის დარღვევას, გენომურ არასტაბილურობას და სიმსივნური უჯრედების ინვაზიური პოტენციალის ზრდას.

გენეტიკური ფაქტორების გარდა, სიმსივნის მიკროგარემო გადაამწყვეტ როლს ასრულებს ენდომეტრიუმის კანცეროგენეზში. მიკროგარემო შედგება სტრომული ფიბრობლასტებისგან, იმუნური უჯრედებისგან, ენდოთელური უჯრედებისგან და უჯრედგარე მატრიქსის კომპონენტებისგან, რომლებიც დინამიურად ურთიერთქმედებენ ეპითელურ უჯრედებთან. ეს ურთიერთქმედებები გავლენას ახდენს უჯრედების პროლიფერაციაზე, იმუნურ მეთვალყურეობაზე, ანგიოგენეზსა და ქსოვილების რემოდელირებაზე. სიმსივნის მიკროგარემოში ცვლილებებმა შეიძლება ხელი შეუწყოს ავთვისებიან ტრანსფორმაციას და სიმსივნის პროგრესირებას. ბოლოდროინდელმა კვლევებმა ხაზი გაუსვა იმუნური უჯრედების პოპულაციების მნიშვნელობას ენდომეტრიუმის მიკროგარემოში, მათ შორის ლიმფოციტების, მაკროფაგების და ბუნებრივი კილერი უჯრედების, რომლებიც მონაწილეობენ სიმსივნის საწინააღმდეგო იმუნურ პასუხებში.(24–27)

მელატონინი გავლენას ახდენს სიმსივნის მიკროგარემოში არსებულ მრავალ კომპონენტზე. ექსპერიმენტული კვლევები მიუთითებს, რომ მელატონინს შეუძლია იმუნური პასუხების მოდულირება ციტოტოქსიკური T ლიმფოციტების და ბუნებრივი კილერი უჯრედების აქტივობის გაძლიერებით, ამავდროულად პროანთებითი ციტოკინების წარმოების დათრგუნვით. ამ იმუნომოდულატორული მოქმედებების მეშვეობით, მელატონინი შეიძლება ხელს უწყობდეს სიმსივნის განვითარებისა და პროგრესირების დათრგუნვას. გარდა ამისა, დადასტურებულია, რომ მელატონინი აფერხებს ანგიოგენეზს, პროცესს, რომლის დროსაც ახალი სისხლძარღვები წარმოიქმნება არსებული სისხლძარღვოვანი სისტემიდან. ანგიოგენეზი აუცილებელია სიმსივნის ზრდისთვის, რადგან ავთვისებიანი უჯრედები საჭიროებენ ჟანგბადის და საკვები ნივთიერებების უწყვეტ მიწოდებას მათი პროლიფერაციის შესანარჩუნებლად. დადასტურებულია, რომ მელატონინი ამცირებს პროანგიოგენურ ფაქტორებს, როგორცაა სისხლძარღვთა ენდოთელური ზრდის ფაქტორი, რითაც ზღუდავს სიმსივნის ვასკულარიზაციას.(28)

მელატონინის ბიოლოგიური აქტივობის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ასპექტი დაკავშირებულია მის ძლიერ ანტიოქსიდანტურ შესაძლებლობებთან. ოქსიდაციური სტრესი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კანცეროგენეზში დნმ-ის დაზიანების გამოწვევით, მუტაგენეზის ხელშეწყობით და ონკოგენური სასიგნალო გზების გააქტიურებით. მელატონინი ფუნქციონირებს, როგორც ძლიერი თავისუფალი რადიკალების გამწმენდი.(29,30) მას შეუძლია რეაქტიული ჟანგბადის სახეობების და რეაქტიული აზოტის სახეობების ნეიტრალიზება. თავისუფალი რადიკალების პირდაპირი ნეიტრალიზების გარდა, მელატონინი ასტიმულირებს ანტიოქსიდანტური ფერმენტების, როგორცაა სუპეროქსიდდისმუტაზა, კატალაზა და გლუტათიონ პეროქსიდაზა, აქტივობას.(31,32) ჟანგვითი სტრესის შემცირებით, მელატონინს შეუძლია დაეხმაროს უჯრედული დნმ-ის დაცვას მუტაციური მოვლენებისგან, რომლებიც ხელს უწყობენ ავთვისებიან ტრანსფორმაციას.

ჰორმონდამოკიდებული კიბოს დროს, მელატონინი ურთიერთქმედებს ესტროგენის სასიგნალო გზებთან. ექსპერიმენტულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მელატონინს შეუძლია დათრგუნოს ესტროგენის რეცეპტორების ექსპრესია და დათრგუნოს ესტროგენით გამოწვეული პროლიფერაცია სიმსივნურ უჯრედებში. ეს ანტიესტროგენული თვისებები განსაკუთრებით აქტუალურია ენდომეტრიუმის კიბოსთვის, რადგან ესტროგენი ცენტრალურ როლს ასრულებს ენდომეტრიუმის უჯრედების პროლიფერაციის ხელშეწყობაში. ესტროგენის სასიგნალო გზების მოდულირებით, მელატონინს შეუძლია გავლენა მოახდინოს ესტროგენდამოკიდებული სიმსივნეების განვითარებასა და პროგრესირებაზე.

ბოლოდროინდელმა კვლევებმა ასევე ხაზი გაუსვა მელატონინის სიგნალიზაციასა და კიბოს ღეროვან უჯრედებს შორის პოტენციურ კავშირს. კიბოს ღეროვანი უჯრედები წარმოადგენენ სიმსივნური უჯრედების მცირე პოპულაციას, რომლებიც ხასიათდება თვითგანახლებისა და ჰეტეროგენული სიმსივნური უჯრედების პოპულაციების

გენერირების უნარით.(33) ითვლება, რომ ეს უჯრედები ხელს უწყობენ სიმსივნის წარმოქმნას, მეტასტაზირებას და ტრადიციული თერაპიის მიმართ რეზისტენტობას.(34–36) სიმსივნეებში კიბოს ღეროვანი უჯრედების არსებობა დაკავშირებულია ცუდ კლინიკურ შედეგებთან და რეციდივის გაზრდილ რისკთან. ექსპერიმენტული კვლევები ვარაუდობენ, რომ მელატონინმა შეიძლება შეაფერხოს კიბოს ღეროს მსგავსი უჯრედების პროლიფერაცია და ხელი შეუწყოს მათ დიფერენციაციას ნაკლებად აგრესიულ ფენოტიპებად. მიუხედავად იმისა, რომ ზუსტი მექანიზმები გაურკვეველი რჩება, მელატონინის რეცეპტორების სიგნალიზაცია, როგორც ჩანს, გავლენას ახდენს ღეროვანი უჯრედების შენარჩუნებასა და დიფერენციაციაში ჩართულ გზებზე.

ენდომეტრიუმის ქსოვილებში მელატონინის რეცეპტორების ექსპრესიის ნიმუშები მიმდინარე კვლევის საგანია. ზოგიერთმა კვლევამ აჩვენა მელატონინის რეცეპტორების შემცირებული ექსპრესია ავთვისებიან ენდომეტრიუმში ნორმალურ ენდომეტრიუმთან შედარებით, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ მელატონინის სიგნალიზაციის დარღვევამ შეიძლება ხელი შეუწყოს სიმსივნის განვითარებას. სხვა კვლევებმა აჩვენა ექსპრესიის ცვალებადი ნიმუშები, რაც დამოკიდებულია სიმსივნის ქვეტიპსა და სტადიაზე. ეს შეუსაბამობები შეიძლება ასახავდეს კვლევის დიზაინში, ქსოვილების შერჩევასა და მეთოდოლოგიურ მიდგომებში არსებულ განსხვავებებს. მიუხედავად ამისა, არსებული მტკიცებულებები მიუთითებს, რომ მელატონინის რეცეპტორების ექსპრესიის ცვლილებებმა შეიძლება როლი ითამაშოს ენდომეტრიუმის სიმსივნის ბიოლოგიაში.

იმუნოჰისტოქიმია წარმოადგენს აუცილებელ მეთოდოლოგიურ ინსტრუმენტს ქსოვილის ნიმუშებში რეცეპტორების ექსპრესიის შესაფასებლად. ეს ტექნიკა საშუალებას იძლევა ვიზუალიზაცია მოხდეს ცილის ლოკალიზაციის კონკრეტულ უჯრედულ კომპარტმენტებში და საშუალებას იძლევა შევადაროთ ექსპრესიის ნიმუშები სხვადასხვა პათოლოგიურ პირობებში. ენდომეტრიუმის პათოლოგიის კონტექსტში, იმუნოჰისტოქიმიური ანალიზის გამოყენება შესაძლებელია მელატონინის რეცეპტორების ექსპრესიის შესაფასებლად, უჯრედების პროლიფერაციასთან, აპოპტოზთან და ჰორმონალურ სიგნალიზაციასთან დაკავშირებული სხვა მარკერებთან ერთად. ასეთი ანალიზები მნიშვნელოვან ინფორმაციას გვაწვდის დაავადების პროგრესირების საფუძვლად მყოფი მოლეკულური მექანიზმების შესახებ.

მელატონინის რეცეპტორების ექსპრესიის კვლევამ კიბოსწინარე და ავთვისებიანი ენდომეტრიუმის დაზიანებების დროს შესაძლოა ხელი შეუწყოს ენდომეტრიუმის კანცეროგენეზში ჩართული მოლეკულური გზების უკეთ გაგებას. დაავადების პროგრესირების სხვადასხვა ეტაპზე რეცეპტორების ექსპრესიის ნიმუშების შედარებით, შესაძლებელია ავთვისებიანი ტრანსფორმაციის გაზრდილ რისკთან დაკავშირებული ბიომარკერების იდენტიფიცირება. გარდა ამისა, ენდომეტრიუმის სიმსივნის ბიოლოგიაში მელატონინის სიგნალიზაციის როლის გარკვევამ შესაძლოა ახალი გზები გახსნას თერაპიული ჩარევებისთვის, რომლებიც მიზნად ისახავს ჰორმონალურ და ცირკადულ მარეგულირებელ გზებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Pandi-Perumal SR, Trakht I, Srinivasan V, Spence DW, Maestroni GJM, Zisapel N, et al. Physiological effects of melatonin: Role of melatonin receptors and signal transduction pathways. *Prog Neurobiol.* 2008 Jul;85(3):335–53. doi:10.1016/j.pneurobio.2008.04.001 PubMed PMID: 18571301.
2. Karasek M, Winczyk K. Melatonin in humans. *Journal of Physiology and Pharmacology.* 2006 Nov;57(SUPPL. 5):19–39. doi:10.1056/nejm199701163360306 PubMed PMID: 17218758.
3. Blask DE, Brainard GC, Dauchy RT, Hanifin JP, Davidson LK, Krause JA, et al. Melatonin-depleted blood from premenopausal women exposed to light at night stimulates growth of human breast cancer xenografts in nude rats. *Cancer Res.* 2005 Dec 1;65(23):11174–84. doi:10.1158/0008-5472.CAN-05-1945 PubMed PMID: 16322268.
4. Srinivasan V, Spence DW, Pandi-Perumal SR, Trakht I, Esquifino AI, Cardinali DP, et al. Melatonin, environmental light, and breast cancer. *Breast Cancer Res Treat.* 2008 Apr;108(3):339–50. doi:10.1007/s10549-007-9617-5 PubMed PMID: 17541739.
5. Cao Y, Zhang H, Chen X, Li C, Chen J. Melatonin: a natural guardian in cancer treatment. *Front Pharmacol.* 2025;16:1617508. doi:10.3389/fphar.2025.1617508 PubMed PMID: 40756978.
6. Yuan L, Collins AR, Dai J, Dubocovich ML, Hill SM. MT1 melatonin receptor overexpression enhances the growth suppressive effect of melatonin in human breast cancer cells. *Mol Cell Endocrinol.* 2002 Jun 28;192(1–2):147–56. doi:10.1016/S0303-7207(02)00029-1 PubMed PMID: 12088876.
7. Vijayalaxmi, Thomas CR, Reiter RJ, Herman TS. Melatonin: From basic research to cancer treatment clinics. *Journal of Clinical Oncology.* 2002 May 15;20(10):2575–601. doi:10.1200/JCO.2002.11.004 PubMed PMID: 12011138.
8. Del Río B, García Pedrero JM, Martínez-Campa C, Zuazua P, Lazo PS, Ramos S. Melatonin, an endogenous-specific inhibitor of estrogen receptor α via calmodulin. *Journal of Biological Chemistry.* 2004 Sep 10;279(37):38294–302. doi:10.1074/jbc.M403140200 PubMed PMID: 15229223.
9. Reiter RJ, Sharma R, Rosales-Corral S. Anti-warburg effect of melatonin: A proposed mechanism to explain its inhibition of multiple diseases. *Int J Mol Sci.* 2021 Jan 2;22(2):1–24. doi:10.3390/ijms22020764 PubMed PMID: 33466614.

10. Barrenetxe J, Delagrangre P, Martínez JA. Physiological and metabolic functions of melatonin. *J Physiol Biochem.* 2004;60(1):61–72. doi:10.1007/BF03168221 PubMed PMID: 15352385.
11. Travis RC, Allen DS, Fentiman IS, Key TJ. Melatonin and breast cancer: A prospective study. *J Natl Cancer Inst.* 2004 Mar 17;96(6):475–82. doi:10.1093/jnci/djh077 PubMed PMID: 15026473.
12. Dana PM, Sadoughi F, Mobini M, Shafabakhsh R, Chaichian S, Moazzami B, et al. Molecular and Biological Functions of Melatonin in Endometrial Cancer. *Curr Drug Targets.* 2019 Sep 27;21(5):519–26. doi:10.2174/1389450120666190927123746 PubMed PMID: 31560286.
13. Wurtman RJ, Axelrod J. The Formation, Metabolism, and Physiologic Effects of Melatonin. *Adv Pharmacol.* 1968;6(C):141–51. doi:10.1016/S1054-3589(08)61167-9 PubMed PMID: 4874443.
14. Kumari A, Quraishi R, Kumar A, Singh S, Singhal S, Singh N. Association of sleep quality and urinary melatonin levels with endometrial cancer: A case control pilot study. *Ind Psychiatry J.* 2026 Jan;35(1):173–5. doi:10.4103/ipj.ipj_222_25
15. Molecular and Biological Functions of Melatonin in Endometrial Cancer | Bentham Science Publishers [Internet]. [cited 2026 Mar 16]. Available from: <https://www.benthamdirect.com/content/journals/cdt/10.2174/1389450120666190927123746>
16. Melatonin alleviates progression of uterine endometrial cancer by suppressing estrogen/ubiquitin C/SDHB-mediated succinate accumulation - ScienceDirect [Internet]. [cited 2026 Mar 16]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304383520300719>
17. Grin W, Grünberger W. A significant correlation between melatonin deficiency and endometrial cancer. *Gynecol Obstet Invest.* 1998;45(1):62–5. doi:10.1159/000009926 PubMed PMID: 9473168.
18. Gu C, Yang H, Chang K, Zhang B, Xie F, Ye J, et al. Melatonin alleviates progression of uterine endometrial cancer by suppressing estrogen/ubiquitin C/SDHB-mediated succinate accumulation. *Cancer Lett.* 2020 Apr 28;476:34–47. doi:10.1016/j.canlet.2020.02.009 PubMed PMID: 32061949.
19. Nagata C, Nagao Y, Yamamoto S, Shibuya C, Kashiki Y, Shimizu H. Light exposure at night, urinary 6-sulfatoxymelatonin, and serum estrogens and androgens in

- postmenopausal Japanese women. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. 2008 Jun;17(6):1418–23. doi:10.1158/1055-9965.EPI-07-0656 PubMed PMID: 18559557.
20. Cos S, González A, Güezmes A, Mediavilla MD, Martínez-Campa C, Alonso-González C, et al. Melatonin inhibits the growth of DMBA-induced mammary tumors by decreasing the local biosynthesis of estrogens through the modulation of aromatase activity. *Int J Cancer*. 2006 Jan 15;118(2):274–8. doi:10.1002/ijc.21401 PubMed PMID: 16080194.
21. Kepuladze S, Burkadze G, Kokhreidze I, Kepuladze S, Burkadze G, Kokhreidze I. Epithelial-Mesenchymal Transition Indexes in Triple-Negative Breast Cancer Progression and Metastases. *Cureus*. 2024 Sep 6;16(9). doi:10.7759/CUREUS.68761
22. Shengelaia K, Kokhreidze I, Burkadze G, Kepuladze S, Tevzadze N. Challenges of Androgen Receptor Expression in Epithelial Tumors of the Breast and Ovary. *ქართველი მეცნიერები*. 2023 Aug 4;5(3):75–84. doi:10.52340/2023.05.03.09
23. Turashvili T, Tevdorashvili G, Burkadze G, Kepuladze S. Evaluation of proliferative activity of endometrial metaplasias by AgNor technology. *ქართველი მეცნიერები*. 2023 Jul 9;5(3):10–20. doi:10.52340/2023.05.03.02
24. Dunn GP, Koebel CM, Schreiber RD. Interferons, immunity and cancer immunoediting. *Nat Rev Immunol*. 2006 Nov 13;6(11):836–48. doi:10.1038/nri1961 PubMed PMID: 17063185.
25. Rousset-Rouviere S, Rochigneux P, Chrétien AS, Fattori S, Gorvel L, Provansal M, et al. Endometrial Carcinoma: Immune Microenvironment and Emerging Treatments in Immuno-Oncology. *Biomedicines*. 2021 Jun 1;9(6). doi:10.3390/BIOMEDICINES9060632 PubMed PMID: 34199461.
26. Rousset-Rouviere S, Rochigneux P, Chrétien AS, Fattori S, Gorvel L, Provansal M, et al. Endometrial Carcinoma: Immune Microenvironment and Emerging Treatments in Immuno-Oncology. *Biomedicines*. 2021 Jun 1;9(6):632. doi:10.3390/BIOMEDICINES9060632 PubMed PMID: 34199461.
27. Rousset-Rouviere S, Rochigneux P, Chrétien AS, Fattori S, Gorvel L, Provansal M, et al. Endometrial Carcinoma: Immune Microenvironment and Emerging Treatments in Immuno-Oncology. *Biomedicines*. 2021 Jun 1;9(6):632. doi:10.3390/BIOMEDICINES9060632 PubMed PMID: 34199461.
28. A Gonzalez-Gonzalez AGCAGJMMCMCSC. Complementary actions of melatonin on angiogenic factors, the angiopoietin/Tie2 axis and VEGF, in cocultures of human endothelial and breast cancer cells. *Oncol Rep*. 2018;39:433–41.

29. RJ Reiter SRCDTMJAGBX. Melatonin as a mitochondria-targeted antioxidant: one of evolution's best ideas. *Cell Mol Life Sci.* 2017;74:3863–81.
30. Korkmaz A, Reiter RJ, Topal T, Manchester LC, Oter S, Tan DX. Melatonin: An established antioxidant worthy of use in clinical trials. *Molecular Medicine.* 2009 Jan;15(1–2):43–50. doi:10.2119/MOLMED.2008.00117 PubMed PMID: 19011689.
31. M Ortiz-Franco EPBQDACIRGE. Effect of melatonin supplementation on antioxidant status and DNA damage in high intensity trained athletes. *Int J Sports Med.* 2017;38:1117–25.
32. RS Barberino VMARRPXJJS. Melatonin protects against cisplatin-induced ovarian damage in mice via the MT1 receptor and antioxidant activity. *Biol Reprod.* 2017;96:1244–55.
33. Wellner U, Schubert J, Burk UC, Schmalhofer O, Zhu F, Sonntag A, et al. The EMT-activator ZEB1 promotes tumorigenicity by repressing stemness-inhibiting microRNAs. *Nat Cell Biol.* 2009 Dec;11(12):1487–95. doi:10.1038/NCB1998 PubMed PMID: 19935649.
34. Kepuladze S, Nikolaishvili N, Chichua G, Burkadze G. Molecular markers of the progression of conjunctival neoplastic epithelial lesions and its correlation with P16 and HPV expression. *Indian Journal of Pathology and Oncology.* 2023 Mar 28;10(1):40–3. doi:10.18231/J.IJPO.2023.007
35. Kepuladze S, Devadze R, Gvenetadze A, Burkadze G. Distribution of tumor-associated macrophages and M1/M2 polarization in different types and grades of ovarian tumors. *Indian Journal of Pathology and Oncology.* 2022 Dec 28;9(4):318–21. doi:10.18231/J.IJPO.2022.076
36. Kepuladze S, Dzotsenidze T, Gvenetadze A, Gachechiladze M, Burkadze G. Immunohistochemical phenotype of fallopian tubes in patients with different grades of serous ovarian carcinoma. *Indian Journal of Pathology and Oncology.* 2022 Dec 28;9(4):301–5. doi:10.18231/J.IJPO.2022.073

Features of Melatonin Receptor Expression in Endometrial Precancerous and Neoplastic Processes

Critical Literature Review

Natia Kipiani¹; Mariam Kharashvili²; Zaza Bokhua³; Giorgi Burkadze⁴; Shota Kepuladze⁵;

¹PhD Student at New Vision University, Obstetrician-Gynecologist (Clinic LeaderMed);

²Associate Professor in Obstetrics and Gynecology at New Vision University; ³Director of the Institute of Postgraduate Medical Education and Continuous Professional Development at Tbilisi State Medical University; ⁴Head of the Department of Molecular Pathology at Tbilisi State Medical University; Professor; Medical Pathologist; ⁵Associate Professor of the Department of Molecular Pathology at Tbilisi State Medical University; Medical Pathologist;

Abstract

Melatonin is a multifunctional neuroendocrine hormone produced primarily by the pineal gland and widely recognized for its role in the regulation of circadian rhythms. In addition to its chronobiological function, melatonin exerts a variety of biological effects, including antioxidant activity, immune modulation, regulation of cell proliferation, and induction of apoptosis. These properties have attracted increasing attention in oncology research, particularly in hormone-dependent malignancies. Endometrial carcinoma is one of the most common gynecological cancers worldwide and often develops through a multistep process involving endometrial hyperplasia and progressive molecular changes in endometrial tissue. The pathogenesis of endometrial tumors is strongly influenced by hormonal regulation, particularly through estrogen and progesterone signaling pathways. However, emerging evidence suggests that additional hormonal regulators, including melatonin, may contribute to the complex mechanisms of endometrial carcinogenesis.

Melatonin exerts most of its biological effects through specific membrane receptors, mainly MT1 and MT2, which are expressed in many tissues, including the female reproductive tract. However, the expression patterns and biological significance of melatonin receptors in precancerous and malignant endometrial lesions are still poorly understood. Understanding these relationships may provide important insights into the molecular mechanisms of progression from endometrial hyperplasia to carcinoma. Furthermore, assessment of melatonin receptor expression at different stages of endometrial pathology may help identify novel biomarkers with diagnostic or prognostic value.

A review of the existing literature highlights the potential importance of melatonin receptor signaling in the development and progression of endometrial tumors.

Keywords: melatonin; melatonin receptors; MT1; MT2; endometrium; endometrial hyperplasia; endometrial carcinoma; hormone receptors; stem cells;

ავტორების შესახებ ინფორმაცია

ნათია ყიფიანი - ნიუ ვიჟენის უნივერსიტეტის დოქტორანტი, მეან- გინეკოლოგი (კლინიკა ლიდერმედი);

Natia Kipiani – PhD Student at New Vision University, OBG (Clinic LiederMed);

Email: Kipiani.natia@gmail.com

ORCID: -

მარიამ ხარაიშვილი - ასოცირებული პროფესორი მეან-გინეკოლოგიის მიმართულებით ნიუ ვიჟენის უნივერსიტეტი;

Mariam Kharashvili - Associate Professor of Obstetrics and Gynecology, New Vision University

Email: Mkharashvili@newvision.ge

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7995-3853>

ზაზა ბოხუა - თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის დიპლომისშემდგომი სამედიცინო განათლების და უწყვეტი პროფესიული განვითარების ინსტიტუტის დირექტორი

Zaza Bokhua - Director of the Institute of Postgraduate Medical Education and Continuous Professional Development of Tbilisi State Medical University

Email: Zbokhua@yahoo.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4974-4513>

გიორგი ბურკაძე - თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი; პათოლოგანატომი;

George Burkadze - Professor at Tbilisi State Medical University, Head of the Department of Molecular Pathology;

E-mail: burkadze@yahoo.com g.burkadze@tsmu.edu

Phone Number: 599578833

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5028-4537>

შოთა კეპულაძე - თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, პათოლოგანატომი;

Shota Kepuladze – Associate Professor at Tbilisi State Medical University, Pathologist;

Email: Shota.kepuladze@gmail.com

Phone Number: +995598297600

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5919-5581>

ვერცხლისწყლის მგრძობიარე სენსორის კონსტრუქციაში მყარი დიელექტრიკული ფუძემშრის პოლიმერული ფუძემშრით ჩანაცვლება

თენგიზ ხაჩიძე^{1,2}, ნიკოლოზ ხაჩიძე¹

¹სსიპ ინსტიტუტი „ოპტიკა“; ²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომი დაფინანსდა შოთა რუსთველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ. გრანტის ნომერი FR-24-4324

ანოტაცია

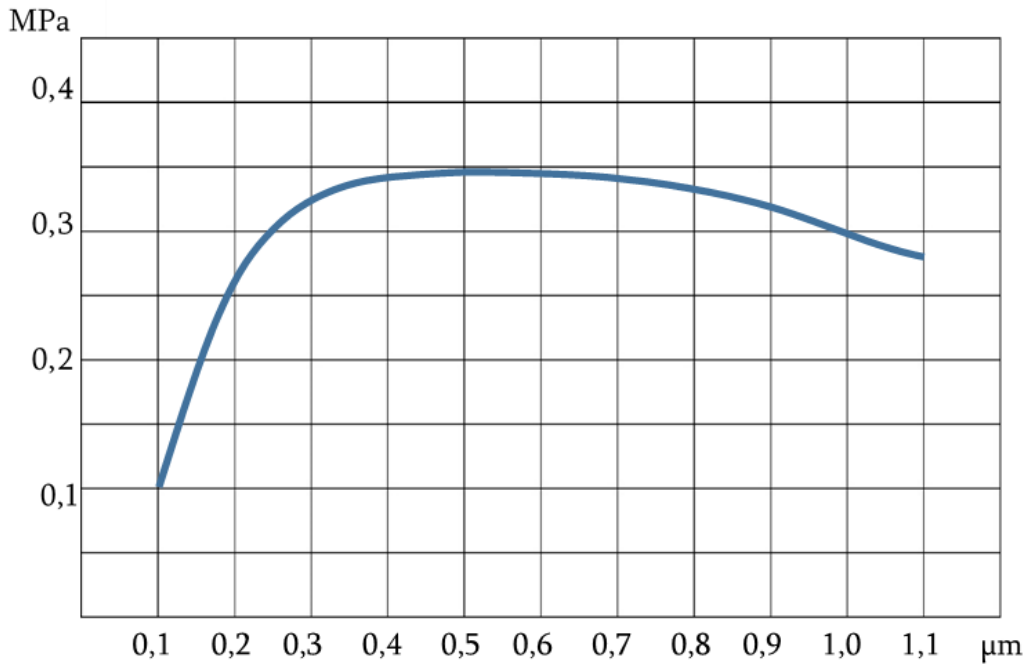
ნაშრომში მოყვანილია კვლევები, რომლებიც დაკავშირებულია ვერცხლისწყლის მგრძობიარე სენსორის შექმნასთან. მოცემულია ავტორების მიერ შემუშავებული სენსორის დროითი და ტემპერატურული მდგრადობის გაზრდის შესაძლებლობა ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული დახვეწით. კერძოდ, მგრძობიარე ფენასა და ფუძემშრეს შორის ადჰეზიის გაზრდას მყარი ფუძემშრის პოლიმერულით ჩანაცვლებით. ტექნოლოგიურად ფუძემშრეზე კი არ დაეფინოს სენსორული ფენა არამედ პირიქით სენსორულ ფენაზე მოხდეს პოლიიმიდის ფუძემშრის ფორმირება. ჩატარდა ტექნოლოგიური პროცესები და გამოკვლეული იქნა მიღებული სტრუქტურები. პირველადი შედეგებით ვერცხლისწყლის მგრძობიარე ოქროს თხელი ფენის ადჰეზიური სიმტკიცე პოლიმერულ ფუძემშრესთან დაახლოებით ერთი თანრიგით გაიზარდა იმვე ფენის ადჰეზიურ სიმტკიცეზე მყარ დიელექტრიკულ საფენთან შედარებით. ეს იმის ვარაუდის საფუძველს გვაძლევს, რომ აღნიშნული კონსტრუქციით და ტექნოლოგიით დამზადებული სენსორი სტაბილური და გამძლე იქნება დროში და სითბური დატვირთვების მიმართ.

საკვანძო სიტყვები: ვერცხლისწყალი, სენსორი, პოლიმერი, ფუძემშრე.

ელექტრონული კომპონენტები ისეთები როგორცაა დიოდები, ტრანზისტორები, ინტეგრალური სქემები, სენსორები და ა.შ. ძირითადად ფორმირდება მყარ ფუძემშრეზე (სუბსტრატზე). ფუძემშრეებად გამოიყენება ისეთი მასალები როგორცაა სილიციუმი, საფირონი, სიტალი და ა.შ. ჩვენს მიერ შემუშავებული ვერცხლისწყლის მგრძობიარე სენსორის კონსტრუქციაც წარმოადგენდა მყარ დიელექტრიკულ ფუძემშრეზე

ფორმირებულ ვერცხლისწყლის მგრძობიარე თხელ ფენას [1]. მგრძობიარე ფენად შერჩეული იქნა ოქროს თხელი ფირი. რაც განპირობებული იყო იმით, რომ ოქრო ქიმიურად მედეგია ყველა ელემენტის მიმართ, სამაგიეროდ ოქრო ურთიერთქმედებს (არა ქიმიურად) ვერცხლისწყალთან (ფაქტიურად იხსნება ვერცხლისწყალში ამაღამის წარმოქმნით) და შესაბამისად იცვლის ელექტროფიზიკურ პარამეტრებს. ფაქტიურად ის მგრძობიარეა მხოლოდ ვერცხლისწყლის მიმართ. აღნიშნული დებულება კი მაღალი გარჩევის და მაღალი მგრძობიარობის ვერცხლისწყლის სენსორის შექმნის საშუალებას იძლევა [2]. ამ მხრივ ოქროს თხელი ფენა საუკეთესოა ვერცხლისწყლისადმი მგრძობიარე სენსორის შესაქმნელად. თუმცა სენსორის შემუშავების პროცესში გარკვეულ წინააღმდეგობას წააწყდით. რაც პირველ რიგში იმაში გამოიხატებოდა, რომ სენსორი არ იყო სტაბილური დროში და თბური დატვირთვების პირობებში ის ნელნელა მწყობრიდან გამოდიოდა. ჩატარდა კვლევები სენსორის არასტაბილურობის მიზეზების დასადგენად. ერთერთ ძირითად მიზეზად დადგინდა ოქროს თხელი ფენის ცუდი ადჰეზია მყარ დიელექტრიკულ საფენთან. ამის გამოსასწორებლად ჩატარდა კვლევები სხვადასხვა მყარ დიელექტრიკულ საფენზე ოქროს თხელი ფირების სხვადასხვა მეთოდებით ფორმირებისას. აღნიშნული მგრძობიარე ფენის ფორმირებისათვის გამოცვადეთ სხვადასხვა მასალის მყარი დიელექტრიკული ფუძემრე და დაფენის სხვადასხვა მეთოდები და რეჟიმები ადგეზიური სიმტკიცე იყო ძალიან დაბალი (ზუსტი გაზომვა ვერ ხერხდებოდა) და ვერ უზრუნველყოფდა სენსორული ფენის სტაბილურ მუშაობას.

გაკეთდა ანალიზი რომელმაც საუკეთესო ვარიანტად დაგვისახა საფირონზე ვაკუუმური მაგნეტრონული გაფრქვევით მიღებული ოქროს თხელი ფირი. ჩატარდა კვლევები ადჰეზიური სიმტკიცის ოქროს თხელი ფენის სისქეზე დამოკიდებულების შესასწავლად. ნახ.1-ზე მოცემულია ვაკუუმური მეთოდებით დაფენილი ოქროს თხელი ფირის ფუძემრესთან ადჰეზიის დამოკიდებულება ფირის სისქეზე. თუმცა მიღებული ადჰეზიური სიმტკიცე მაინც არ იყო სათანადო (არ აღემატებოდა $0,35 \cdot 10^6 \text{ ნ/მ}^2$). მცირე მექანიკური ზემოქმედებითაც სენსორი გამოდიოდა მწყობრიდან.



ნახ.1

ლიტერატურული მონაცემებითაც ოქროს თხელი ფირების ფორმირებისას მყარ დიელექტრიკულ საფენზე მაღალი ადჰეზიის მიღება შეუძლებელია. ერთადერთი გამოსავალი ამ დროს შუალედური (გარდამავალი) ისეთი მეტალური ფენის ფორმირებაა რომელსაც მაღალი ადჰეზია ექნება, როგორც მყარ დიელექტრიკულ საფენთან, ასევე ოქროს თხელ ფენასთან. ამ მიმართულებით კვლევის გაგრძელებას აზრი არ ქონდა, რადგან ნებისმიერი შუალედური მეტალური ფენა ელექტრულად დაშუნტავდა ოქროს თხელ ფენას და ვერცლისწყლისადმი სენსორული თვისებები დაიკარგებოდა.

კვლევების გაგრძელებამ მიგვიყვანა იმ აზრამდე, რომ მყარ ფუძეშრეზე კი არ დაგვეფინა სენსორული ფირი არამედ პირიქით სენსორულ ფენაზე ფორმირებულიყო დიელექტრიკული ფუძეშრე (სუბსტრატი). ამ ტექნოლოგიის განხორციელების შედარებით იოლ შესაძლებლობას იძლევიან პოლიმერული მასალები. ამ მასალების თხევადი ლაქების შემდგომი პოლიმერიზაციით შესაძლებელია მყარი სუბსტრატების მიღება. მოცემული კვლევის ძირითადი ამოცანა იყო შეგვეჩია პოლიმერული მასალა რომელიც დააყმაყოფილებდა იმ მოთხოვნებს, რომლებიც აუცილებელი იქნებოდა სენსორის შემდგომი გამართული მუშაობისათვის. კერძოდ: პოლიმერიზაციის შემდეგ იქნებოდა მდგრადი სხვადასხვა აგრესიული გარემოს მიმართ (მჟავები, ტუტეები და სხვა), ექნებოდა მაღალი ტემპერატურული მედეგობა (არა ნაკლებ +400°C) და კარგი ადჰეზია სენსორის მგრძობიარე ფენასთან. თეორიული კვლევებით და ჩვენი გამოცდილებით მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ პოლიმერულ მასალად შეგვეჩია პოლიიმიდი. კერძოდ პოლიიმიდის ლაქი AD-9103 და მისი იმიდიზაციით შეგვექმნა პოლიმერული ფუძეშრე.

წარმოდგენილი კვლევის ძირითადი მიზანი იყო პოლიიმიდის ლაქის იმიდიზაციისა და შრომის სხვადასხვა რეჟიმებით და სხვადასხვა სისქეებით მიგველო თხელფიროვან

სენსორულ ფენასთან მაქსიმალურად მაღალი ადჰეზიური სიმტკიცე. ჩატარებული კვლევებით ეს მიღწეული იქნა იმიდიზაციისა და შრობის - რამდენიმე ეტაპით. პოლიიმიდის დაფენა ხდებოდა ცენტრიფუგის საშუალებით. სასურველი სისქე მიიღებოდა ცენტრიფუგის ბრუნვის სიჩქარის რეგულირებით. პოლიიმიდის დაფენამდე ხორციელდებოდა სტრუქტურის შეთბობა 100°C ტემპერატურამდე. რაც უზრუნველყოფდა დასაფენი ზედაპირიდან ტენისა და შემთხვევით მოხვედრილი აქროლადი ნივთიერებების მოცილებას.

პროცესი ჩატარებული იქნა როგორც სუფთა ნიკელის და ალუმინის ფოლგაზე ასევე, ნიკელის ფოლგაზე ვაკუუმური მეთოდით ფორმირებულ ოქროს თხელ ფენაზე. ტექნოლოგია დეტალურად შემდეგი ეტაპებისაგან შედგება:

1. ფოლგის დამაგრება ტიტანის ჩარჩოზე.

ჩვენს მიერ გამოყენებული (ნიკელის და ალუმინის) ფოლგის სისქე შეადგენს 10 მკმ-ს, ამიტომ იგი არ წარმოადგენს მყარ სტრუქტურას და განიცდის დეფორმაციას, რაც ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარებას შეუძლებელს ხდის. ამის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ფოლგის წინასწარი გამაგრება. გამაგრება ხორციელდება მისი გაჭიმვით ტიტანის ჩარჩოში, რომლის ზომებიცაა 50 x 65 მმ. ტიტანის არჩევა ჩარჩოს მასალად განაპირობა მისმა ქიმიურმა ინერტულობამ ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენებული ქიმიკატებისადმი და სიხისტემ.

ფოლგის დამაგრება ტიტანის ჩარჩოზე თერმოკომპრესიული მეთოდის გამოყენებით ხორციელდება. ამ დროს ხდება წერტილოვანი შედუღება ჩარჩოს მთელი პერიმეტრის გასწვრივ. შედუღების წერტილებს შორის დაშორებაა 5 მმ.

2. ფოლგის ზედაპირის მომზადება.

ფოლგის ზედაპირის მომზადება მის გაწმენდას გულისხმობს ცხიმოვანი და სხვა ტიპის გაჭუჭყიანებისგან. ამ პროცესის დროს უნდა გამოირიცხოს თვითონ მასალის დაზიანება ან მოწამვლა. ორგანულ გამხსნელებში გამოხარშვა კარგ შედეგს იძლევა. კერძოდ ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო ტოლუოლის ხსნარი. ტოლუოლში 5 წთ დუდილის შემდეგ ფოლგის ზედაპირის ორივე მხარე გამდინარე დეიონიზირებული წყლით ირეცხება. გარეცხვის შემდეგ ცენტრიფუგის საშუალებით ხდება გაშრობა. ფოლგის ორივე ზედაპირის გაშრობის შემდეგ იგი მზადაა შემდგომი ტექნოლოგიური პროცესების ჩასატარებლად.

3. პოლიიმიდის საფენი ფენის ფორმირება.

ეს ტექნოლოგიური პროცესი ნიკელის, ალუმინის ფოლგის და ნიკელის ფოლგაზე წინასწარ ფორმირებული ოქროს თხელი ფენის ზედაპირზე 1-12 მკმ სისქის პოლიიმიდის ფენის ფორმირებას ითვალისწინებს. საწყის მასალად გამოყენებული იყო პოლიიმიდის ლაქი AD-9103.

გამომდინარე დასაფენი ფენის სისქიდან და მასალის თავისებურებებით დაფენისთვის ყველაზე მოსახერხებელ და ზუსტ მეთოდად მიღებული იქნა ცენტრიფუგის მეთოდი. დაფენისთვის გამოყენებული იყო ფოტოლითოგრაფიის დანადგარის ცენტრიფუგა.

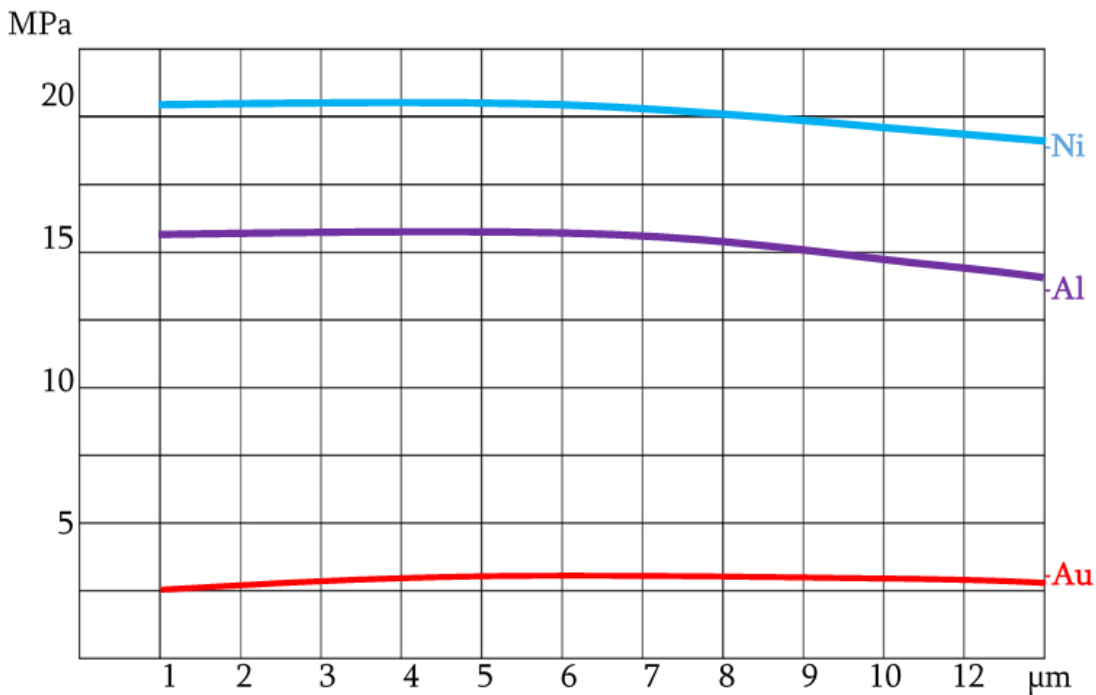
გამომდინარე დასაფენი ფენის სისქიდან და მასალის დინამიკური სიბლანტიდან ცენტრიფუგის ბრუნვის სიჩქარე შეადგენდა 1500-2000 ბრ/წთ.

პოლიიმიდის ლაქის თხელი ფენის მიღების შემდეგ მისი გამრობა წარმოებს – პოლიმერიზაცია 80°C ტემპერატურაზე 30 წთ-ის განმავლობაში. პოლიმერიზაციის მერე ხდება მიღებული სტრუქტურის გამოწვა 350°C ტემპერატურაზე 5 წთ-ის განმავლობაში.

4. ნიკელის ფოლგის მოხსნა მოწამვლით

იმ სტრუქტურაში სადაც ოქროს თხელი ფენა დაფენილი იყო ნიკელზე საჭირო იყო ნიკელის ფოლგის მოხსნა. რაც განხორციელდა მისი ქიმიური მოწამვლით. ნიკელის ფოლგის მოწამვლა წარმოებს სამქლორიანი რკინის ($FeCl_3$) ხსნარით სიმკვრივით 1,5 კგ/ლ, ტემპერატურაზე 50-70°C მოწამვლის დრო შეადგენს 10-20 წთ-ს. საბოლოოდ დარჩა მხოლოდ სტრუქტურა პოლიიმიდი ოქროს თხელი ფირი.

ზემოთ აღწერილი ტექნოლოგიით მიღებული იქნა სამი თხელფიროვანი სტრუქტურა ნიკელი-პოლიიმიდი, ალუმინი-პოლიიმიდი და ოქრო-პოლიიმიდი. პოლიიმიდის ფენის სხვადასხვა სისქეებისათვის. გაიზომა თითოეული მათგანისათვის ადჰეზიური სიმტკიცე და მისი დამოკიდებულება პოლიიმიდის ფენის სისქეზე მიღებული შედეგებით აგებული იქნა გრაფიკები (ნახ.2).



ნახ.2

გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ აღნიშნული ტექნოლოგიით მიღებული სტრუქტურის ადგეზიურმა სიმტკიცემ სენსორულ თხელ ფენასა (ოქროს თხელი ფირი) და ფორმირებულ პოლიმერულ ფუძეშრეს შორის შეადგენდა დაახლოებით 3.106ნ/მ2, რაც გაცილებით აღემატება (დაახლოებით ერთი თანრიგით მაღალია) მყარ ფუძეშრეზე ვაკუუმურად დაფენილი იგივე მასალის ადგეზიურ სიმტკიცეს და სრულად აყმაყოფილებს სენსორის სტაბილური მუშაობისათვის საჭირო მოთხოვნებს. როგორც

გრაფიკებიდან ჩანს ამ მაჩვენებლებით ის მიუახლოვდა იგივე ტექნოლოგიის პირობებში დაფენილი ისეთი ლითონებს ადჰეზიურ მაჩვენებლებს როგორცაა ალუმინი და ნიკელი.

საბოლოოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ თუ ოქროს თხელ ფენაზე შევქმნით პოლიიმიდის ფუძემდრეს მივიღებთ ადჰეზიის მკვეთრ ზრდას (დაახლოებით ერთი თანრიგით). შესაბამისად მიიღება სტრუქტურა რომელიც უფრო მდგრადი იქნება როგორც მექანიკურად ასევე თერმულად და შესაძლებლობას მოგვცემს შევქნათ ვერცლისწყლის ორთლისადმი მგრძობიარე სტაბილური სენსორი.

ლიტერატურა

1. Бутурлин А.И, Хачидзе Н.И, Хачидзе Т.И. СЕНСОР ДЛЯ ЭКСПРЕСС ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РТУТИ. GEN, #1, 2000. Стр.40-41.
2. N.I. Khachidze, T.I. Khachidze. Development and investigation of microelectronic sensor devices for measurement mercury vapor concentration in air. PROCEEDINGS of the international scientific conference INFORMATION TECHNOLOGIES IN CONTROL, TBILISI-2007, vol. 2, p.p.370-372.

Replacing a solid dielectric substrate with a polymer substrate in the construction of a mercury-sensitive sensor

Tengiz Khachidze^{1,2}, Nikoloz Khachidze¹,

LEPL Institute "Optica"¹

Georgian Technical University²

Acknowledgment: This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia. Grant number FR-24-4324.

The paper presents studies related to the creation of a mercury-sensitive sensor. The possibility of increasing the time and temperature stability of the sensor developed by the authors through technological and constructive refinement is given. In particular, increasing the adhesion between the sensitive layer and the substrate by replacing the solid substrate with a polymer one. Technologically, the sensor layer is not deposited on the substrate, but on the contrary, a polyimide substrate is formed on the sensor layer. Technological processes were carried out and the resulting structures were investigated. According to the initial results, the adhesion strength of the mercury-sensitive gold thin layer to the polymer substrate increased by approximately one order of magnitude compared to the adhesion strength of the same layer to a solid dielectric layer. This gives us reason to assume that a sensor made with this design and technology will be stable and durable over time and against thermal loads.

Keywords: mercury, sensor, polymer, substrate.

ოპერაციული ხარჯების მართვის გავლენა მომგებიანობაზე სწრაფად მოძრავი სამომხმარებლო პროდუქციის ინდუსტრიაში (FMCG სექტორი)

გიორგი ნოზაძე

საქართველოს უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ოპერაციული ხარჯები (OPEX) წარმოადგენს კომპანიის ფინანსური შედეგების ერთ-ერთ ყველაზე გავლენიან განმსაზღვრელ ფაქტორს, განსაკუთრებით სწრაფად მოძრავი სამომხმარებლო საქონლის (FMCG) ინდუსტრიაში. აღნიშნული სექტორი ხასიათდება ინტენსიური კონკურენციით, პროდუქციის სწრაფი ბრუნვითა და შედარებით დაბალი მოგების მარჟებით, რის გამოც კომპანიებს ოპერაციული ხარჯების განსაკუთრებული სიფრთხილით მართვა სჭირდებათ, რათა შეინარჩუნონ მომგებიანობა და სტაბილურობა. OPEX მოიცავს განმეორებად ხარჯებს, რომლებიც დაკავშირებულია წარმოების პროცესებთან, ლოგისტიკასა და დისტრიბუციასთან, მარკეტინგულ აქტივობებთან და ადმინისტრაციულ ფუნქციებთან. ამ ხარჯების არაეფექტიანმა მართვამ შეიძლება მნიშვნელოვნად შეამციროს მოგების მარჟა, მაშინ როცა ოპტიმიზირებული OPEX-ის მართვის სტრატეგიები ზრდის ოპერაციულ ეფექტიანობას და აუმჯობესებს საერთო ფინანსურ შედეგებს.

ეს კვლევა განიხილავს OPEX-ის მართვასა და მომგებიანობას შორის ურთიერთკავშირს FMCG კომპანიებში. ნაშრომი იკვლევს წამყვანი კომპანიების მიერ დანერგილ ხარჯების მართვის ძირითად სტრატეგიებს და ანალიზებს, თუ როგორ უწყობს ხელს ოპერაციული ხარჯების ეფექტიანი კონტროლი ფინანსური შედეგების გაუმჯობესებას. კვლევა ეფუძნება ლიტერატურის ანალიზსა და გლობალური FMCG კომპანიების ქეის-სტადებს, რის საფუძველზეც გამოიკვეთება საუკეთესო პრაქტიკები, არსებული გამოწვევები და ახალი ტენდენციები OPEX-ის მართვაში. შედეგები მიუთითებს, რომ სტრატეგიული ხარჯების კონტროლი, ციფრული ტრანსფორმაცია, მიწოდების ჯაჭვის ოპტიმიზაცია და მონაცემებზე დაფუძნებული შესრულების მონიტორინგი (KPI) მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მომგებიანობის გაუმჯობესებაში. კვლევა ასკვნის, რომ OPEX-ის მართვა არ უნდა განიხილებოდეს მხოლოდ ხარჯების შემცირების მექანიზმად;

იგი წარმოადგენს სტრატეგიულ ინსტრუმენტს, რომელიც ზრდის ეფექტიანობას, კონკურენტუნარიანობას და კომპანიის გრძელვადიან მდგრადობას.

საკვანძო სიტყვები: საოპერაციო ხარჯები (OPEX), სწრაფად მოძრავი სამომხმარებლო პროდუქციის ინდუსტრია (FMCG), კომპანიის მომგებიანობა, ხარჯების მართვა, ოპერაციული ეფექტურობა.

1. შესავალი

თანამედროვე სწრაფად მოძრავი სამომხმარებლო საქონლის (FMCG) სექტორი წარმოადგენს გლობალური ეკონომიკის ერთ-ერთ ყველაზე დინამიკურ და კონკურენტულ ინდუსტრიას. FMCG პროდუქტებში შედის ყოველდღიური მოხმარების ნივთები, როგორცაა შეფუთული საკვები, სასმელები, პირადი ჰიგიენის საშუალებები, საყოფაცხოვრებო, სარეცხი და დასუფთავების საშუალებები. ამ პროდუქტებს ახასიათებთ შედარებით დაბალი ფასები, გაყიდვების დიდი მოცულობა და მარაგების სწრაფი ბრუნვა.

ამ მახასიათებლების გამო, FMCG სექტორში მომგებიანობა ხშირად დამოკიდებულია ოპერაციულ ეფექტიანობაზე და არა პროდუქტების მაღალ მარჟებზე. ოპერაციული ხარჯების მცირე ცვლილებებმაც კი შეიძლება მნიშვნელოვნად იმოქმედოს კომპანიის ფინანსურ შედეგებზე. შესაბამისად, ოპერაციული ხარჯების (OPEX) ეფექტიანი მართვა იქცა FMCG კომპანიებისთვის მნიშვნელოვან საკითხად, რომლებიც ცდილობენ შეინარჩუნონ მომგებიანობა და კონკურენტული უპირატესობა.

ოპერაციული ხარჯები მოიცავს ყველა მიმდინარე ხარჯს, რომელიც საჭიროა ყოველდღიური ბიზნეს-ოპერაციების წარმართვისთვის. ეს ხარჯები, როგორც წესი, მოიცავს წარმოების პროცესებს, მიწოდების ჯაჭვის ლოგისტიკას, გაყიდვებისა და მარკეტინგის კამპანიებს, თანამშრომელთა ხელფასებს და ადმინისტრაციულ ხარჯებს. განსხვავებით კაპიტალური ხარჯებისგან (CAPEX), რომლებიც წარმოადგენს გრძელვადიან ინვესტიციებს ქარხნებში, ტექნოლოგიურ ინფრასტრუქტურასა და დანადგარებში, OPEX ასახავს უწყვეტ ხარჯებს, რომლებიც საჭიროა ოპერაციული საქმიანობის შესანარჩუნებლად.

წამყვანი FMCG კომპანიები გლობალურ მასშტაბებზე ოპერირებენ, მართავენ რთულ მიწოდების ჯაჭვებს და მრავალფეროვან სამომხმარებლო ბაზრებს. ისეთი კომპანიები, როგორცაა Procter & Gamble, Unilever, Nestlé და PepsiCo სხორციელებენ დახვეწილ ოპერაციულ სტრატეგიებს ხარჯების კონტროლის მიზნით, პროდუქტის ხარისხისა და ბაზარზე პოზიციის შენარჩუნებისათვის. ეს სტრატეგიები ხშირად მოიცავს ტექნოლოგიურ ინოვაციებს, მიწოდების ჯაჭვის ოპტიმიზაციას და პროცესების ეფექტიანობის გაუმჯობესებას.

ასეთ გარემოში, ოპერაციული ხარჯების კონტროლი, პროდუქტის ხარისხისა და მომხმარებლის კმაყოფილების დაუზიანებლად, ხდება ბიზნესის წარმატების ერთ-ერთი მთავარი განმსაზღვრელი ფაქტორი. ხარჯების არაეფექტიანმა მართვამ შეიძლება გამოიწვიოს მოგების მარჟების შემცირება და ფინანსური სტაბილურობის შესუსტება, მაშინ როცა OPEX-ის ეფექტიანმა მართვამ შეიძლება გაზარდოს ეფექტიანობა, მომგებიანობა და ხელი შეუწყოს კომპანიის გრძელვადიან სტრატეგიულ ზრდას.

ამ სტატიის მთავარი მიზანია OPEX-ის მართვის გავლენის შესწავლა FMCG კომპანიების მომგებიანობაზე. კონკრეტულად, კვლევა ისახავს მიზნად:

- ოპერაციულ ხარჯებსა და ფინანსურ შედეგებს შორის ურთიერთკავშირის ანალიზს;
- FMCG კომპანიების მიერ გამოყენებული ხარჯების მართვის ეფექტიანი სტრატეგიების იდენტიფიცირებას;
- ტექნოლოგიის, პროცესების ოპტიმიზაციისა და სტრატეგიული დაგეგმვის როლის შეფასებას OPEX-ის შემცირებაში;
- FMCG ინდუსტრიაში ოპერაციული ხარჯების მართვასთან დაკავშირებული გამოწვევების შესწავლას.

ამ ფაქტორების გამოკვლევით, კვლევა მიზნად ისახავს წვლილი შეიტანოს ხარჯების მართვის პრაქტიკისა და მათი გავლენის უკეთ გააზრებაში კორპორაციულ ფინანსურ შედეგებზე.

2. ლიტერატურის მიმოხილვა

2.1 OPEX-ის განსაზღვრება და კომპონენტები.

ოპერაციული ხარჯები (OPEX) წარმოადგენს იმ მიმდინარე ხარჯებს, რომლებიც ორგანიზაციებს უჩნდებათ მათი რეგულარული ბიზნესსაქმიანობის განხორციელებისას. ეს ხარჯები ასახავს იმ ფინანსურ რესურსებს, რომლებიც აუცილებელია ყოველდღიური ოპერაციების შესანარჩუნებლად და მომხმარებლებისთვის პროდუქტებისა თუ მომსახურებების მიწოდებისთვის. (Horngren, Datar, & Rajan, 2018). კაპიტალური ხარჯებისგან (CAPEX) განსხვავებით, რომლებიც დაკავშირებულია გრძელვადიან ინვესტიციებთან ფიზიკურ აქტივებში, როგორცაა ინფრასტრუქტურა და დანადგარები, OPEX მოიცავს განმეორებად ხარჯებს, რომლებიც საჭიროა ოპერაციული პროცესების ფუნქციონირების შესანარჩუნებლად (Cooper & Kaplan, 1998).

FMCG კომპანიებში ოპერაციული ხარჯები, როგორც წესი, რამდენიმე ძირითად კატეგორიად იყოფა.

წარმოებისა და წარმოების პროცესებთან დაკავშირებული ხარჯები ოპერაციული დანახარჯების მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს. ამ ხარჯებში შედის ნედლეული, ქარხნის მუშახელი, კომუნალური ხარჯები, შეფუთვის მასალები და დანადგარების ტექნიკური მომსახურება. წარმოებასთან დაკავშირებული ხარჯების ეფექტიანი მართვა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან FMCG ინდუსტრიაში საწარმოო პროცესები, როგორც წესი, დიდი მასშტაბით მიმდინარეობს. (Slack, Brandon-Jones, & Burgess, 2019).

განაწილებისა და ლოგისტიკის ხარჯებიც OPEX-ის მნიშვნელოვან კომპონენტს წარმოადგენს. FMCG კომპანიები ფართო სადისტრიბუციო ქსელებზე არიან დამოკიდებული, რათა პროდუქცია სწრაფად და უწყვეტად მიაწოდონ რეგიონულ და გლობალურ ბაზრებს. ტრანსპორტირების ხარჯები, საწყობების მართვა, მარაგების დამუშავება და მიწოდების ჯაჭვის კოორდინაცია მთლიან ლოგისტიკურ დანახარჯებს ქმნის. (Christopher, 2016).

გაყიდვებისა და მარკეტინგის ხარჯები FMCG სექტორში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ძლიერი კონკურენციისა და ბრენდის ცნობადობის შენარჩუნების აუცილებლობის გამო. სარეკლამო კამპანიები და აქტივობები, რეკლამირება, გაყიდვების პერსონალის ანაზღაურება, ციფრული მარკეტინგის ინიციატივები ამ კატეგორიაში გავრცელებული ხარჯებია. (Baker & Hart, 2016).

ადმინისტრაციული და კორპორაციული ზედნადები ხარჯები მოიცავს მენეჯმენტის პერსონალის ხელფასებს, საოფისე ხარჯებს, იურიდიულ და საბუღალტრო მომსახურებებს, საინფორმაციო ტექნოლოგიების ინფრასტრუქტურას, რომლებიც აუცილებელია ბიზნესის ოპერირებისთვის. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ხარჯები პირდაპირ არ უკავშირდება წარმოების ან გაყიდვების პროცესებს, ისინი აუცილებელია ორგანიზაციული კოორდინაციისა და სტრატეგიული მართვისთვის (Drucker, 2007).

საერთო ჯამში, ეს ხარჯები ქმნის ოპერაციული დანახარჯების სტრუქტურას, რომლის ეფექტიანი მართვაც FMCG კომპანიებისთვის აუცილებელია მოგებიანობის შესანარჩუნებლად.

2.2 OPEX და მომგებიანობა

კომპანიის მომგებიანობა ფართოდ არის აღიარებული, როგორც კომპანიის ფინანსური მდგომარეობისა და გრძელვადიანი მდგრადობის ერთ-ერთი მთავარი მაჩვენებელი. იგი ასახავს კომპანიის შესაძლებლობას, დააგენერიროს მოგება მისი შემოსავლების, აქტივებისა და ოპერაციული ხარჯების მეშვეობით. ისეთ ინდუსტრიაში, როგორცაა

FMCG სექტორი, რომელიც ხასიათდება ძლიერი კონკურენციითა და მცირე მოგების მარჟებით, მომგებიანობა ხშირად უფრო მეტად დამოკიდებულია ხარჯების ეფექტიან მართვაზე, ვიდრე ფასების ზრდაზე (Porter, 1985).

როგორც ჩატარებული კვლევები მიუთითებს, ოპერაციულ ხარჯებსა და ფინანსურ შედეგებს შორის არსებობს ძლიერი კავშირი. აღნიშნული კვლევების მიხედვით, კომპანიებს, რომლებსაც აქვთ მაღალი ან არასათანადოდ კონტროლირებული OPEX, შეიძლება დაუქვეითდეთ მოგების მარჟა მაშინაც კი, როდესაც გაყიდვების მოცულობა სტაბილური რჩება ან იზრდება (Smith & Johnson, 2019). ზედმეტმა ოპერაციულმა ხარჯებმა შეიძლება შეამციროს საოპერაციო შემოსავალი და შეზღუდოს კომპანიის შესაძლებლობა, ხელახლა დააბანდოს არსებული რესურსები კომპანიის ზრდის ინიციატივებში.

საპირისპიროდ, კომპანიები, რომლებიც დანერგავენ სტრუქტურირებულ ხარჯების მართვის სისტემებს, ხშირად აღწევენ უფრო მაღალ მომგებიანობას. OPEX-ის ეფექტიანი მართვა ორგანიზაციებს საშუალებას აძლევს შეამცირონ არასაჭირო დანახარჯები, ოპტიმალურად გადაანაწილონ რესურსები და გააუმჯობესონ საერთო ოპერაციული ეფექტიანობა (Gupta, 2021).

ხარჯების ეფექტიანობა ასევე ხელს უწყობს ისეთი ფინანსური მაჩვენებლების გაუმჯობესებას, როგორცაა საოპერაციო მარჟა, აქტივების მოგებიანობა (ROA) და EBITDA და ა.შ.. საოპერაციო ხარჯების შემცირებით პროდუქტის ხარისხისა და მომსახურების დონის დაზიანების გარეშე, კომპანიებს შეუძლიათ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესონ თავიანთი ფინანსური შედეგები (Kaplan & Norton, 2004).

გარდა ამისა, საოპერაციო ხარჯების ეფექტური მართვა აუმჯობესებს ფულადი ნაკადების სტაბილურობას, რაც კომპანიებს საშუალებას აძლევს რესურსები მიმართონ ინოვაციებში, მარკეტინგულ აქტივობებსა და ტექნოლოგიურ ინვესტიციებში, რომლებიც ხელს უწყობს გრძელვადიან კონკურენტუნარიანობას და კომპანიის პოზიციონირებას ბაზარზე.

2.3 OPEX-ის მართვის სტრატეგიები

OPEX-ის ეფექტიანი მართვა მოითხოვს სისტემურ მიდგომას, რომელიც აერთიანებს ხარჯების კონტროლს, ოპერაციულ ეფექტიანობასა და სტრატეგიულ გადაწყვეტილებების მიღებას. სამეცნიერო ლიტერატურაში ხარჯების მართვის რამდენიმე სტრატეგია გამოიკვეთა, რომლებიც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ოპერაციული შედეგების გაუმჯობესებისთვის.

ხარჯების კონტროლი და ბიუჯეტირება წარმოადგენს ოპერაციული ხარჯების მართვის ერთ-ერთ ძირითად ინსტრუმენტს. მკაფიო საბიუჯეტო ჩარჩოს ჩამოყალიბება ორგანიზაციებს საშუალებას აძლევს აკონტროლონ დანახარჯების ტენდენციები, გამოავლინონ ბიუჯეტის გადაჭარბების შემთხვევები და უზრუნველყონ რესურსების ეფექტიანი განაწილება ოპერაციულ დეპარტამენტებს შორის (Horngren et al., 2018).

Lean ოპერაციები კიდევ ერთი ფართოდ გამოყენებული სტრატეგიაა ოპერაციული ეფექტიანობის გასაუმჯობესებლად. Lean მენეჯმენტი კონცენტრირებულია დანაკარგების აღმოფხვრაზე, პროცესების ნაკადის გაუმჯობესებასა და ღირებულების მაქსიმიზაციაზე წარმოებისა და მიწოდების ჯაჭვის პროცესებში (Slack et al., 2019). არაეფექტიანობის შემცირებით და რესურსების გამოყენების ოპტიმიზაციით, კომპანიებს შეუძლიათ მნიშვნელოვნად შეამცირონ ოპერაციული დახარჯები.

პროცესების ავტომატიზაცია სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რადგან ციფრული ტექნოლოგიები ბიზნესოპერაციებს გარდაქმნის. ავტომატიზაციის ტექნოლოგიები კომპანიებს საშუალებას აძლევს გაამარტივონ განმეორებადი სამუშაოები, შეამცირონ შრომითი დანახარჯები, მინიმუმამდე დაიყვანონ შეცდომები და გაზარდონ ოპერაციების სისწრაფე. ასევე, მოწინავე მონაცემთა ანალიტიკური სისტემები ორგანიზაციებს ეხმარება გამოავლინონ ხარჯებთან დაკავშირებული არაეფექტიანობა და ოპტიმიზაცია გაუკეთონ საოპერაციო პროცესებს (Christopher, 2016).

არასაბაზო (non-core) საქმიანობების აუტსორსინგი კიდევ ერთი სტრატეგიაა, რომელსაც კომპანიები ხშირად იყენებენ ოპერაციული ხარჯების შესამცირებლად. ლოგისტიკის, IT სერვისების, მომხმარებელთა მხარდაჭერის ან ადმინისტრაციული ფუნქციების სპეციალიზებულ მომწოდებლებზე გადაცემით, კომპანიებს შეუძლიათ შეამცირონ ფიქსირებული ზედნადები ხარჯები და კონცენტრირდნენ თავიანთ ძირითად კომპეტენციებზე (Anderson & Dekker, 2009).

საბოლოოდ, ოპერაციული ხარჯების მართვაში ძალიან მნიშვნელოვანია მუშაობის შეფასება შესრულების ძირითადი მაჩვენებლების (KPI) მეშვეობით. კომპანიები აკვირდებიან სხვადასხვა მაჩვენებელს, მაგალითად: ერთეულზე დანახარჯი (Cost per Unit / Unit Cost), ლოგისტიკის / მიწოდების ჯაჭვის ხარჯი (% გაყიდვებიდან), საწყობის / მარაგების ბრუნვის კოეფიციენტი (Warehouse/Inventory Turnover Rate), მარკეტინგში განხორციელებული ინვესტიციის შედეგს და ადმინისტრაციული ხარჯების თანაფარდობას. ამ მონაცემების მუდმივი მონიტორინგი ორგანიზაციებს საშუალებას აძლევს უკეთ შეაფასონ თავიანთი ოპერაციული საქმიანობა, დროულად აღმოაჩინონ პრობლემები და იპოვონ გზები ხარჯების შემცირებისა და პროცესების გაუმჯობესებისთვის (Kaplan & Norton, 2004).

2.4 OPEX-ის მართვა FMCG ინდუსტრიაში

FMCG სექტორში ოპერაციული ხარჯების მართვა განსაკუთრებულ გამოწვევებს უკავშირდება, რაც ინდუსტრიის სტრუქტურულ მახასიათებლებს განაპირობებს. FMCG ბაზრები, როგორც წესი, ხასიათდება ძლიერი კონკურენციით, პროდუქციის სწრაფი ბრუნვით და შედარებით დაბალი მოგების მარჟებით. შედეგად, კომპანიებს უწევთ მუდმივად შეინარჩუნონ ბალანსი ხარჯების კონტროლსა და ინვესტიციებს შორის ისეთ სფეროებში, როგორცაა მარკეტინგი, პროდუქტის განვითარება და სადისტრიბუციო ქსელებთან პარტნიორობა (Porter, 2008).

მარკეტინგის ხარჯები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია FMCG სექტორში, რადგან ბრენდის ცნობადობა და მომხმარებელთა ერთგულება გაყიდვების მთავარი მამოძრავებელი ფაქტორებია. კომპანიებს ხშირად უწევთ ინვესტირება სარეკლამო კამპანიებში, პრომო აქციებსა და საცალო ვაჭრობის ქსელებთან პარტნიორობებში, რათა შეინარჩუნონ ბაზრის წილი (Baker & Hart, 2016).

გარდა ამისა, სამომხმარებლო საქონლის სწრაფი ბრუნვა მოითხოვს ძალიან ეფექტიან მიწოდების ჯაჭვებსა და სადისტრიბუციო სისტემებს. მარაგების სათანადო დონის შენარჩუნება ისე, რომ მინიმუმამდე შემცირდეს საწყობის ხარჯები და პროდუქციის დანაკარგი, წარმოადგენს მნიშვნელოვან ოპერაციულ გამოწვევას (Christopher, 2016).

გლობალიზაცია კიდევ უფრო ართულებს ოპერაციული ხარჯების მართვას დიდი FMCG კომპანიებისთვის. კომპანიებს, რომლებიც რამდენიმე რეგიონში ოპერირებენ, უწევთ მართონ განსხვავებული რეგულაციური გარემო, ცვალებადი ვალუტის კურსები და შრომისა და ლოგისტიკის განსხვავებული ხარჯები (World Economic Forum, 2022).

ემპირიული კვლევები მიუთითებს, რომ FMCG კომპანიები, რომლებიც დანერგავენ OPEX-ის მართვის სტრუქტურირებულ სისტემებს, როგორც წესი, აღწევენ უფრო მაღალ მომგებიანობას. Kumar-ისა და Singh-ის (2020) კვლევის მიხედვით, კომპანიებმა, რომლებმაც დანერგეს ხარჯების მონიტორინგის მოწინავე ჩარჩოები და ოპერაციული ეფექტიანობის პროგრამები, მიაღწიეს წმინდა მოგების მარჟას, რომელიც დაახლოებით 3-5 პროცენტით მაღალი იყო იმ კონკურენტ კომპანიებთან შედარებით, რომლებიც ნაკლებად სტრუქტურირებულ ხარჯების მართვის პრაქტიკებს იყენებდნენ.

3. კვლევის მეთოდოლოგია

ეს კვლევა ეფუძნება ხარისხობრივი (qualitative) კვლევის მიდგომას FMCG კომპანიებში ოპერაციული ხარჯების მართვასა და მომგებიანობას შორის კავშირის ანალიზისთვის. ხარისხობრივი კვლევა განსაკუთრებით შესაფერისია რთული ორგანიზაციული

პრაქტიკების შესასწავლად და კორპორაციულ სტრატეგიებში არსებული მაგალითების გამოსავლენად.

კვლევის მეთოდოლოგია მოიცავს უპირველესად, ლიტერატურის მიმოხილვას, რათა გაანალიზდეს არსებული აკადემიური კვლევები ოპერაციული ხარჯების მართვის, ფინანსური შედეგებისა და FMCG ინდუსტრიის პრაქტიკების შესახებ. გამოყენებული წყაროები მოიცავს რეცენზირებულ სამეცნიერო ჟურნალებს, ინდუსტრიულ ანგარიშებსა და ფინანსურ კვლევებს. ასევე კვლევა ეყრდნობა წამყვანი FMCG კომპანიების საჯაროდ ხელმისაწვდომ ფინანსურ ანგარიშგებებსა და წლიურ ანგარიშებს. ეს დოკუმენტები იძლევა ინფორმაციას ხარჯების სტრუქტურაზე, ოპერაციულ სტრატეგიებსა და იმ ფინანსურ შედეგებზე, რომლებიც უკავშირდება ხარჯების მართვის ინიციატივებს. ამავდროულად კვლევის ფარგლებში გაანალიზდა FMCG სექტორის წამყვანი კომპანიების სხვადასხვა შემთხვევები (case studies), რათა გამოვლენილიყო OPEX-ის მართვის წარმატებული პრაქტიკული მაგალითები. მსგავსი ქეისები საშუალებას იძლევა საფუძვლიანად გავიგოთ, როგორ ახორციელებენ კომპანიები ხარჯების ოპტიმიზაციის სტრატეგიებს რეალურ პირობებში.

4. ანალიზი და დისკუსია

4.1 სხვადასხვა კომპანიების ქეის-სტადის (Case Study) შედეგები

რამდენიმე წამყვანმა FMCG კომპანიამ დანერგა ყოვლისმომცველი და სტრატეგიულად შეთანხმებული ინიციატივები, რომლებიც მიზნად ისახავს ოპერაციული ხარჯების (OPEX) ოპტიმიზაციას და საერთო მომგებიანობის გაუმჯობესებას. ეს კომპანიები აჩვენებენ, რომ სტრუქტურირებული ხარჯების მართვა, როდესაც ის ინტეგრირებულია ოპერაციულ სტრატეგიასთან, იძლევა გაზომვად ფინანსურ შედეგებს.

Procter & Gamble (P&G) წარმოადგენს OPEX-ის ოპტიმიზაციის ძლიერ მაგალითს თავისივე გლობალური პროდუქტიულობის მეშვეობით. კომპანიამ გამოიყენა მრავალმხრივი მიდგომა, რომელიც მოიცავდა Lean წარმოების პრინციპებს, მიწოდების ჯაჭვის გამარტივებას და შესყიდვების ცენტრალიზაციას. წარმოების პროცესების სტანდარტიზაციით და არაეფექტიანობის შემცირებით P&G-მ შეძლო დანაკარგების შემცირება და წარმოების სტაბილურობის გაუმჯობესება. ამასთანავე, ცენტრალიზებულმა შესყიდვებმა კომპანიას მისცა შესაძლებლობა გამოეყენებინა მასშტაბის ეკონომია ნედლეულისა და შეფუთვის მასალების შეძენისას. ამ ინიციატივების შედეგად, კომპანიამ შეძლო წარმოებასთან დაკავშირებული ოპერაციული ხარჯების შემცირება დაახლოებით 4%-ით წლიურად, ხოლო EBITDA მარჟა გაიზარდა დაახლოებით 2%-ით.

Unilever-მა განსხვავებული სტრატეგია აირჩია და ოპერაციული ხარჯების ოპტიმიზაციისთვის ყურადღება გამახვილა ციფრულ ტრანსფორმაციაზე მიწოდების ჯაჭვში. კომპანიამ მნიშვნელოვანი ინვესტიციები განახორციელა მოწინავე ანალიტიკაში, ხელოვნურ ინტელექტსა და ავტომატიზაციაში, რაც დაეხმარა გადაწყვეტილებების მიღების გაუმჯობესებასა და ოპერაციული ეფექტიანობის ზრდაში. ავტომატიზებულმა საწყობის სისტემებმა გააუმჯობესა მარაგების დამუშავების სისწრაფე და სიზუსტე, ხოლო რეალურ დროში მონიტორინგის სისტემებმა გაზარდა გამჭვირვალობა მიწოდების ჯაჭვში. შედეგად, Unilever-მა ლოგისტიკური ხარჯები დაახლოებით 6%-ით შეამცირა და ამავედროულად გააუმჯობესა მომსახურების დონე.

Nestlé-მ აირჩია განსხვავებული მიდგომა, რომელიც ეფუძნება შესრულების მონიტორინგს (KPI) და შიდა ხარჯების პასუხისმგებლობას. კომპანიამ დანერგა შესრულებაზე დაფუძნებული OPEX მართვის სისტემა, რომელიც აერთიანებს ფინანსურ მაჩვენებლებსა და ოპერაციულ ინდიკატორებს. ეს სისტემა მენეჯმენტს აძლევს საშუალებას გამოავლინოს არაეფექტიანობა, შეადაროს სხვადასხვა ბიზნეს ერთეულების შედეგები და უკეთ გადაანაწილოს რესურსები. გამჭვირვალობისა და პასუხისმგებლობის გაზრდის შედეგად, Nestlé-მ ადმინისტრაციული ხარჯები დაახლოებით 5%-ით შეამცირა და გააუმჯობესა საერთო ეფექტიანობა.

PepsiCo წარმოადგენს დამატებით მაგალითს, თუ როგორ შეიძლება ხარჯების მართვისა და სტრატეგიული ინვესტიციების კომბინაციამ ერთდროულად გააუმჯობესოს ეფექტიანობა და ხელი შეუწყოს ზრდას. კომპანიამ დანერგა გრძელვადიანი პროდუქტიულობის პროგრამები, რომლებიც მიზნად ისახავს ოპერაციების გამარტივებას წარმოებაში, მიწოდების ჯაჭვსა და კორპორაციულ ფუნქციებში. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილდა მიწოდების ჯაჭვის სრულ ოპტიმიზაციაზე, მათ შორის ლოგისტიკური ქსელის გადახედვასა და კლიენტთა მოთხოვნის პროგნოზირების გაუმჯობესებაზე.

საერთო ჯამში, ეს ქეის-სტადები აჩვენებს, რომ OPEX ოპტიმიზაციისთვის არ არსებობს ერთი უნივერსალური მიდგომა. წარმატებული FMCG კომპანიები იყენებენ ინდივიდუალურად მორგებულ სტრატეგიებს, რომლებიც დამოკიდებულია მათ ოპერაციულ სტრუქტურაზე, სტრატეგიულ პრიორიტეტებსა და ტექნოლოგიურ შესაძლებლობებზე. თუმცა, ყველა შემთხვევაში საერთო მახასიათებელია ის, რომ ხარჯების მართვა ინტეგრირებულია ფართო სტრატეგიულ ინიციატივებში და არ განიხილება როგორც მხოლოდ ფინანსური კონტროლის ცალკეული პროცესი.

4.2 ძირითადი დაკვირვებები

აღნიშნული ქეის-სტადების ანალიზი ავლენს რამდენიმე მნიშვნელოვან დასკვნას FMCG კომპანიებში OPEX-ის მართვასა და მომგებიანობას შორის ურთიერთკავშირის შესახებ.

პირველ რიგში, OPEX-ის ეფექტიან მართვას აქვს პირდაპირი და გაზომვადი გავლენა ფულად ნაკადებსა და ფინანსურ სტაბილურობაზე. არასაჭირო ოპერაციული ხარჯების შემცირებით, კომპანიები ახერხებენ შემოსავლების უფრო დიდი ნაწილის შენარჩუნებას საოპერაციო მოგების სახით. გაუმჯობესებული ფულადი ნაკადები ზრდის ფინანსურ მოქნილობას, რაც კომპანიებს საშუალებას აძლევს დააბანდონ ინოვაციებში, შევიდნენ ახალ ბაზრებზე და გააძლიერონ კონკურენტული პოზიცია. ეს დასკვნა შეესაბამება წინა კვლევებს, რომლებიც მიუთითებს, რომ ხარჯების ეფექტიანობა არის ფინანსური შედეგების ერთ-ერთი მთავარი განმსაზღვრელი დაბალმარჟიანი ინდუსტრიებში (Gupta, 2021).

მეორე, აუცილებელია ბალანსის დაცვა ხარჯების შემცირებასა და სტრატეგიულ ინვესტიციებს შორის. მიუხედავად იმისა, რომ ოპერაციული ხარჯების შემცირება აუმჯობესებს მოკლევადიან მომგებიანობას, გადაჭარბებულმა ხარჯების შემცირებამ შეიძლება უარყოფითი გავლენა იქონიოს გრძელვადიან შედეგებზე. მაგალითად, მარკეტინგის ხარჯების შემცირებამ შეიძლება შეასუსტოს ბრენდის ღირებულება, ხოლო წარმოებაში ხარჯების შემცირებამ - დააზიანოს პროდუქტის ხარისხი. შესაბამისად, OPEX-ის ეფექტიანი მართვა მოითხოვს სტრატეგიულ ხედვას, რომელიც აერთიანებს ხარჯების ოპტიმიზაციასა და ღირებულების შექმნას. ეს შეესაბამება Porter-ის (1985) მოსაზრებას, რომ კონკურენტული უპირატესობა დამოკიდებულია არა მხოლოდ დაბალ ხარჯებზე, არამედ პროდუქტების მრავალფეროვნებასა და ხარისხის შენარჩუნებაზეც.

მესამე, ტექნოლოგიური ინოვაცია გადაწყვეტ როლს ასრულებს თანამედროვე OPEX-ის მართვაში. ციფრული ინსტრუმენტების დანერგვა, როგორცაა მოწინავე ანალიტიკა, ERP სისტემები და ავტომატიზაციის ტექნოლოგიები, კომპანიებს აძლევს შესაძლებლობას რეალურ დროში აკონტროლონ ოპერაციები, გამოავლინონ არაეფექტიანობა და ოპტიმალურად გადაანაწილონ რესურსები. ტექნოლოგია ასევე უწყობს ხელს პროგნოზირებადი გადაწყვეტილებების მიღებას, რაც კომპანიებს საშუალებას აძლევს წინასწარ გათვალონ ხარჯების მოსალოდნელი ცვლილებები და დროულად მოახდინონ რეაგირება. როგორც Unilever-ის მაგალითი აჩვენებს, ციფრული ტრანსფორმაცია სულ უფრო მეტად ხდება ოპერაციული ეფექტიანობისა და ხარჯების კონტროლის მთავარი მამოძრავებელი ფაქტორი.

საბოლოოდ, ორგანიზაციული კულტურა და მართვის სისტემები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს OPEX-ის ეფექტიან მართვაში. ის ორგანიზაციები, რომლებიც ავითარებენ ხარჯების მართვაზე ორიენტირებულ კულტურას და ხელს უწყობენ უწყვეტ გაუმჯობესებას, უფრო მეტად აღწევენ ხარჯების მდგრად ოპტიმიზაციას. შესრულების

მონიტორინგის სისტემები (KPI) კი ეხმარება ორგანიზაციებს, რომ შეინარჩუნონ მიღწეული ეფექტიანობა და გრძელვადიან პერიოდში არ დაკარგონ კონტროლი ხარჯებზე.

4.3 გამოწვევები OPEX-ის მართვაში

მიუხედავად მისი მნიშვნელობისა, FMCG სექტორში ოპერაციული ხარჯების მართვა დაკავშირებულია რიგ სტრუქტურულ და სტრატეგიულ გამოწვევებთან.

ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი გამოწვევა არის ნედლეულის ფასების არასტაბილურობა. FMCG კომპანიები ხშირად დამოკიდებულნი არიან სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებზე, რომელთა ფასებიც მნიშვნელოვნად მერყეობს გლობალური ბაზრის პირობების, კლიმატური ფაქტორებისა და გეოპოლიტიკური რისკების გავლენით. ასეთი მერყეობა არაპროგნოზირებადად ზრდის წარმოების ხარჯებს და ართულებს სტაბილური მოგების მარჯის შენარჩუნებას.

მეორე მნიშვნელოვანი გამოწვევაა მარკეტინგულ ხარჯებზე მუდმივი დამოკიდებულება. მაღალი კონკურენციის პირობებში ბრენდის ცნობადობა და მომხმარებელთა ერთგულება კრიტიკული ფაქტორებია. შესაბამისად, კომპანიები იძულებულნი არიან მუდმივად დააბანდონ რეკლამაში, პრომო აქტივობებსა და პროდუქტის პოზიციონირებაში/ცნობადობაში, რათა შეინარჩუნონ ბაზრის წილი. სხვა ხარჯებისგან განსხვავებით, მარკეტინგული ხარჯების შემცირება ხშირად უარყოფითად აისახება შემოსავლებზე (Baker & Hart, 2016).

გლობალური ოპერაციული სირთულე ასევე წარმოადგენს მნიშვნელოვან ბარიერს OPEX-ის ეფექტიანი მართვისთვის. მსხვილი FMCG კომპანიები ოპერირებენ მრავალ რეგიონში, სადაც განსხვავებულია რეგულაციები, შრომითი ხარჯები, საგადასახადო სისტემები და ვალუტის კურსები. ასეთ მრავალფეროვან გარემოში ოპერაციული ხარჯების მართვა მოითხოვს კომპლექსურ ფინანსურ დაგეგმვასა და კოორდინაციას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ვალუტის კურსის მერყეობა, რომელსაც შეუძლია მნიშვნელოვნად იმოქმედოს ხარჯების სტრუქტურასა და მომგებიანობაზე (World Economic Forum, 2022).

გარდა ამისა, ორგანიზაციული ცვლილებებისადმი წინააღმდეგობა შეიძლება სერიოზულად შეაფერხოს ხარჯების ოპტიმიზაციის ინიციატივების განხორციელება. თანამშრომლები და მენეჯერები ხშირად არ არიან მზად ახალი ტექნოლოგიების, პროცესების ან KPI სისტემების დანერგვისთვის, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ეს ცვლილებები არღვევს ან ცვლის არსებულ სამუშაო პრაქტიკებს.

ამ გამოწვევების გათვალისწინებით, OPEX-ის ეფექტიანი მართვა მოითხოვს ინტეგრირებულ და ადაპტირებად მიდგომას, რომელიც აერთიანებს ხარჯების მონიტორინგს, სტრატეგიულ დაგეგმვას, რისკების მართვასა და პროცესების უწყვეტ გაუმჯობესებას. კომპანიებმა არა მხოლოდ უნდა მოახდინონ რეაგირება ხარჯების ზრდაზე, არამედ პროაქტიულად შექმნან ისეთი სისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფს ოპერაციულ მდგრადობასა და მოქნილობას.

დასკვნა/რეკომენდაციები

ოპერაციული ხარჯების მართვა წარმოადგენს მომგებიანობის ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს სწრაფად მოძრავი სამომხმარებლო პროდუქტების (FMCG) ინდუსტრიაში. სექტორის ისეთი მახასიათებლების გამო, როგორცაა მაღალი კონკურენცია, დაბალი მარჟები და პროდუქციის სწრაფი ბრუნვა, კომპანიებისთვის აუცილებელია ოპერაციების ყველა ასპექტში ეფექტიანობის პრიორიტეტულად განსაზღვრა.

ეს კვლევა აჩვენებს, რომ სტრუქტურირებული და სტრატეგიული OPEX-ის მართვა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ფინანსურ შედეგებს. ისეთი მიდგომები, როგორცაა Lean ოპერაციები, ციფრული ტრანსფორმაცია, შესრულების მონიტორინგი (KPI) და შერჩევითი აუთსორსინგი, კომპანიებს საშუალებას აძლევს შეამცირონ ხარჯები ოპერაციული ეფექტიანობის შენარჩუნებით ან გაუმჯობესებითაც კი. წამყვანი FMCG კომპანიების ქეის-სტადები ცხადყოფს, რომ წარმატებული ხარჯების მართვა მიიღწევა არა იზოლირებული ინიციატივებით, არამედ კომპლექსური, ორგანიზაციის მასშტაბით განხორციელებული სტრატეგიებით.

მნიშვნელოვანია, რომ კვლევის შედეგები მიუთითებს: OPEX-ის მართვა არ უნდა განიხილებოდეს მხოლოდ ხარჯების შემცირების ინსტრუმენტად. იგი უნდა იყოს ინტეგრირებული ფართო სტრატეგიული გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში, რომელიც მხარს უჭერს ინოვაციას, პროდუქტის ხარისხს და გრძელვადიან ზრდას. კომპანიები, რომლებიც პოულობენ სწორ ბალანსს ეფექტიანობასა და ინვესტიციებს შორის, უკეთესად ინარჩუნებენ კონკურენტულ უპირატესობას.

მომავლის პერსპექტივაში, ტექნოლოგიის როლი OPEX-ის მართვაში კიდევ უფრო გაიზრდება. მოწინავე ანალიტიკა, ხელოვნური ინტელექტი და ავტომატიზაცია გააგრძელებს ოპერაციული პროცესების ტრანსფორმაციას და კომპანიებს მისცემს უფრო ზუსტი და პროაქტიული ხარჯების მართვის შესაძლებლობას.

მომავალი კვლევები შეიძლება დაეყრდნოს ამ ნაშრომს და ჩაატაროს რაოდენობრივი კვლევები, რათა შეფასდეს კონკრეტული OPEX სტრატეგიების ფინანსური გავლენა კომპანიის მომგებიანობაზე. გარდა ამისა, ციფრული ტრანსფორმაციის როლის

დამატებითი შესწავლა ხარჯების ოპტიმიზაციაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც აკადემიურ სფეროს, ასევე პრაქტიკოსებს ინდუსტრიაში.

ბიბლიოგრაფია

- Anderson, S. W., & Dekker, H. C. (2009). Strategic cost management in supply chains, part 1: Structural cost management. *Accounting Horizons*, 23(2), 201–220.
- Baker, M. J., & Hart, S. (2016). *The Marketing Book* (7th ed.). Routledge.
- Banker, R. D., & Johnston, H. H. (1993). An empirical study of cost drivers in the U.S. airline industry. *The Accounting Review*, 68(3), 576–601.
- Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson Education.
- Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1998). *Cost and Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*. Harvard Business School Press.
- Deloitte. (2021). *Global Consumer Products Industry Outlook*. Deloitte Insights.
- Drucker, P. F. (2007). *Management Challenges for the 21st Century*. HarperBusiness.
- Gupta, S. (2021). Cost management and operational efficiency in consumer goods companies. *Journal of Business and Financial Studies*, 15(2), 45–60.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. (2018). *Cost Accounting: A Managerial Emphasis* (16th ed.). Pearson.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2004). *Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes*. Harvard Business School Press.
- Kumar, V., & Singh, R. (2020). Operational efficiency and cost management in the FMCG sector. *International Journal of Business Performance Management*, 21(4), 356–372.
- McKinsey & Company. (2020). *Operational Excellence in Consumer Goods: Improving Margins through Efficiency*. McKinsey Global Institute.
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (2009). *Strategy Safari: A Guided Tour Through the Wilds of Strategic Management*. Pearson.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, 86(1), 78–93.
- PwC. (2022). *Consumer Markets Industry Trends Report*. PricewaterhouseCoopers.

- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2019). *Operations Management* (9th ed.). Pearson.
- Smith, J., & Johnson, R. (2019). Operational expense management and firm profitability. *Journal of Corporate Finance and Accounting*, 12(1), 89–104.
- Varley, R. (2018). *Retail Product Management: Buying and Merchandising* (4th ed.). Routledge.
- World Economic Forum. (2022). *Global Supply Chain Outlook Report*. World Economic Forum.

The Impact of OPEX management on profitability in Fast-Moving Consumer Goods industry (FMCG)

Giorgi Nozadze

University of Georgia

Abstract

Operational Expenses (OPEX) represent one of the most influential determinants of a firm's financial performance, particularly within the fast-moving consumer goods (FMCG) industry. Characterized by intense competition, rapid product turnover, and relatively low profit margins, FMCG firms must carefully manage their operational costs to remain profitable and sustainable. OPEX includes recurring expenses related to production processes, logistics and distribution, marketing activities, and administrative functions. Inefficient management of these expenses can significantly reduce profit margins, while optimized OPEX strategies can enhance operational efficiency and improve overall financial outcomes.

This study examines the relationship between OPEX management and profitability in FMCG companies. The research explores key cost-management strategies adopted by leading firms and analyzes how effective operational expense control contributes to improved financial performance. Through a qualitative research approach involving literature analysis and case studies of global FMCG companies, the paper identifies best practices, challenges, and emerging trends in OPEX management. The findings suggest that strategic cost control, digital transformation, supply chain optimization, and data-driven performance monitoring play crucial roles in improving profitability. The study concludes that OPEX management should be treated not merely as a cost-reduction mechanism but as a strategic tool that enhances efficiency, competitiveness, and long-term corporate sustainability.

Keywords: Operational Expenses (OPEX), Fast-Moving Consumer Goods (FMCG), Profitability, Cost Management, Operational Efficiency

ელექტრომაგნიტური ველები: თანამედროვე სამეცნიერო ხედვები

თამარ ნოზაძე

ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის დეპარტამენტი, გამოყენებითი ელექტროდინამიკისა და რადიოინჟინერიის ლაბორატორია (LAE), ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო
tamar.nozadze@tsu.ge

აბსტრაქტი

ბოლო ათწლეულებში უკაბელო საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ მნიშვნელოვნად გაზარდა სამეცნიერო ინტერესი რადიოსიხშირული (RF) ელექტრომაგნიტური (EM) ველების შესაძლო ზემოქმედების მიმართ ადამიანის ჯანმრთელობაზე, განსაკუთრებით ბავშვებსა და მოზარდებში. მოცემული ნაშრომი წარმოადგენს სამეცნიერო კვლევების, საერთაშორისო ორგანიზაციების მიმდინარე დასკვნებისა და რეკომენდაციების მოკლე მიმოხილვას. ანალიზი ეფუძნება მრავალფეროვან კვლევით შედეგებს.

ეპიდემიოლოგიური და ექსპერიმენტული კვლევების თანახმად, არსებული მონაცემების ანალიზი აჩვენებს, რომ ამ ეტაპზე არ არსებობს თანმიმდევრული მტკიცებულება, რომელიც საბაზო სადგურებიდან ან უკაბელო ქსელებიდან მომდინარე RF გამოსხივებას ჯანმრთელობისთვის საზიანო შედეგებთან, მათ შორის კიბოს განვითარებასთან, პირდაპირ აკავშირებს. WHO-ის მიხედვით, არსებული მტკიცებულებებისა და შედარებით დაბალი ექსპოზიციის დონეების გათვალისწინებით, არ არსებობს დამაჯერებელი სამეცნიერო დასაბუთება იმისა, რომ უკაბელო საკომუნიკაციო სისტემების RF გამოსხივება საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას.

თუმცა, რეკომენდებულია დამატებითი კვლევების ჩატარება, განსაკუთრებით გრძელვადიანი ექსპოზიციისა და მოწყვლადი მოსახლეობის ჯგუფების კონტექსტში.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრომაგნიტური ველი (EMF), უკაბელო კომუნიკაცია, შთანთქმის კუთრი კოეფიციენტი (SAR), ადამიანი

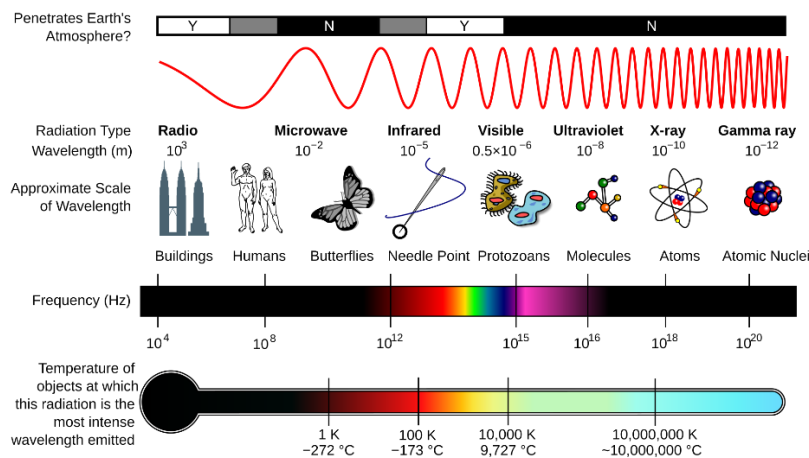
დაფინანსებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (SRNSFG) მიერ, გრანტის ფარგლებში [FR-24-469].

ელექტრომაგნიტური გამოსხივებით განპირობებული დაბინძურება წარმოადგენს თანამედროვე გარემოსდაცვითი და ტექნოლოგიური განვითარების თანმდევ მნიშვნელოვან პრობლემას, რომელიც ვლინდება როგორც გარე, ასევე შიდა საცხოვრებელ გარემოში. მისი იდენტიფიცირება და რაოდენობრივი შეფასება ხორციელდება სხვადასხვა მეთოდით, მათ შორის კომპიუტერული მოდელირების გამოყენებით, ველის ტესტირების მეთოდითა და სხვ. აღნიშნული მეთოდები ფართოდ არის დანერგილი სამეცნიერო და საინჟინრო პრაქტიკაში, თუმცა მაღალი სიზუსტისა და სანდოობის უზრუნველსაყოფად კვლავ საჭიროებს დამატებით ექსპერიმენტულ კვლევებსა და ვალიდაციას [1]-[3].

გარემოში ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ძირითადი წყაროებია სატელეკომუნიკაციო სისტემები, ელექტროენერჯის გადამცემი ინფრასტრუქტურა და სხვა ტექნიკური მოწყობილობები. საბაზო სადგურების რაოდენობის ზრდა იწვევს ელექტრომაგნიტური ველების ინტენსივობის მატებას. საბაზო სადგურების ანტენები და საკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურა წარმოადგენს გამოსხივების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან წყაროს. ამასთანავე, მაღალი ძაბვის გადამცემი ხაზებისა და ენერგეტიკული მოწყობილობების ფუნქციონირებაც მნიშვნელოვნად ზრდის ფონურ ელექტრომაგნიტურ დონეს. აღსანიშნავია, რომ არასათანადოდ დაგეგმილი ან დამონტაჟებული სისტემები შეიძლება დამატებით ზრდიდეს გამოსხივების ინტენსივობას [2]-[8].

შიდა სივრცეებშიც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროების რაოდენობა მუდმივად იზრდება, რაც ხელს უწყობს ინტენსიური ელექტრომაგნიტური ველების ფორმირებას [1]-[3].

არაიონიზებული ელექტრომაგნიტური გამოსხივება კლასიფიცირდება სიხშირის მიხედვით რამდენიმე კატეგორიად: რადიოსიხშირის, შუალედური სიხშირის, უკიდურესად დაბალი სიხშირის და სტატიკური ველები (სურ.1).



სურ.1. ელექტრომაგნიტური სპექტრის დიაგრამა

ელექტრომაგნიტური ზემოქმედება შეიძლება გამოვლინდეს როგორც ველების, ასევე გამოსხივების სახით. მიკროტალღური დიაპაზონის მაღალი ენერჯის გამოსხივებამ, რომელიც შედის აღნიშნულ სპექტრში, შესაძლოა გამოიწვიოს თერმული ეფექტები, მათ შორის ქსოვილების გათბობა. ზოგიერთ შემთხვევაში იგი განიხილება პოტენციურად კარცინოგენულ ფაქტორად. 300 გიგაჰერცზე დაბალი სიხშირის გამოსხივება, როგორც წესი, მიეკუთვნება არაიონიზებელ გამოსხივებას [4]-[15].

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს როგორც ტექნოლოგიურ სისტემებზე, ასევე ბიოლოგიურ ორგანიზმებზე. ელექტრული მოწყობილობების ფუნქციონირება შეიძლება შეფერხდეს ელექტრომაგნიტური ჩარევის პირობებში, რაც ამცირებს მათ ეფექტიანობასა და საიმედოობას. ამასთანავე, ელექტრომაგნიტური ველები მოქმედებენ ცოცხალ ორგანიზმებზე, თუმცა მათი ზემოქმედების მექანიზმები და გრძელვადიანი ეფექტები ჯერ კიდევ სრულად არ არის შესწავლილი [5]-[10].

ამ ფონზე განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მონიტორინგი, შეფასება და შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებების განხორციელება. ეკრანირების ტექნოლოგიების გამოყენება, რეგულარული გაზომვები და კონტროლის თანამედროვე მეთოდების დანერგვა საშუალებას იძლევა შემცირდეს მისი პოტენციურად უარყოფითი გავლენა. სამედიცინო სფეროში ელექტრომაგნიტური ენერჯია გამოიყენება მკაცრად რეგულირებულ პირობებში, განსაზღვრული სიხშირისა და ინტენსივობის ფარგლებში.

აქტუალურია ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტების განვითარება, რომლებიც შეამცირებს უკაბელო ქსელების, მათ შორის Wi-Fi სისტემების, შესაძლო ზემოქმედებას ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე, მიუხედავად იმისა, რომ ელექტრომაგნიტურ ტექნოლოგიებს მრავალი პოზიტიური გამოყენებაც გააჩნია [6], [10]-[21].

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება თანამედროვე ტექნოლოგიური პროგრესის შედეგად პრაქტიკულად ყველგან არის. ხელოვნური წყაროები ხშირად ხასიათდება უფრო მაღალი ინტენსივობით, ვიდრე ბუნებრივი ფონური გამოსხივება. მიუხედავად ამისა, დღემდე არ არსებობს ერთმნიშვნელოვანი სამეცნიერო მტკიცებულება, რომელიც დაადასტურებდა მობილური ტელეფონებისა და სხვა პორტატული მოწყობილობების პირდაპირ მავნე ზემოქმედებას ადამიანის ჯანმრთელობაზე. თუმცა, არ გამოირიცხება დაბალი ინტენსივობის გამოსხივებასთან ხანგრძლივი ზემოქმედების პოტენციური რისკები, მათ შორის კარცინოგენული პროცესების განვითარების შესაძლებლობა [1]-[9].

ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, უკიდურესად დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების ხანგრძლივი ზემოქმედების შესახებ არსებული მონაცემები კვლავ შეზღუდულია. სხვადასხვა ქვეყანა ადგენს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დასაშვებ ზღვრულ დონეებს, რომლებიც, მოქმედი ნორმების მიხედვით,

არ უნდა იწვევდეს ადამიანის ქსოვილების ტემპერატურის მატებას ერთ გრადუს ცელსიუსზე მეტად [7]-[9].

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შეფასება ხდება ელექტრული და მაგნიტური ველების ინტენსივობისა და სიმძლავრის გაზომვით. ყოველდღიური გამოყენების მოწყობილობების უმეტესობა მუშაობს 300 მეგაჰერციდან 300 გიგაჰერცამდე სიხშირის დიაპაზონში, რაც შეესაბამება მიკროტალღურ სპექტრს. ამასთანავე, ელექტროენერჯის გადამცემი სისტემები წარმოქმნიან შედარებით დაბალი სიხშირის, თუმცა ხშირად მაღალი ინტენსივობის ელექტრომაგნიტურ ველებს [8]-[21].

ეპიდემიოლოგიური კვლევების მნიშვნელოვანი ნაწილი ეძღვნება ელექტროგადამცემი ხაზების მიერ გენერირებული ველების გავლენას ადამიანის ჯანმრთელობაზე. კვლევათა უმეტესობა არ ადასტურებს მკვეთრად გამოხატულ ნეგატიურ ეფექტებს, თუმცა არსებობს მონაცემები, რომლებიც მიუთითებს სუსტი, მაგრამ შესაძლო უარყოფითი ზემოქმედების არსებობაზე. არსებულ კვლევებზე დაყრდნობით, რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ველები შესაძლოა დაკავშირებული იყოს გლიომის განვითარების გაზრდილ რისკთან, განსაკუთრებით მობილური ტელეფონების ხანგრძლივი გამოყენების შემთხვევაში [16]-[21], [26].

ბოლო პერიოდში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა Wi-Fi ტექნოლოგიებით გენერირებული ელექტრომაგნიტური ველების გავლენას. ზოგიერთი კვლევა მიუთითებს ისეთ შესაძლო ბიოლოგიურ ეფექტებზე, როგორცაა ოქსიდაციური სტრესი, დნმ-ის დაზიანება, ნეიროფსიქიატრიული ცვლილებები და ჰორმონალური დისბალანსი. თუმცა, აღნიშნული მიმართულებით არსებული მტკიცებულებები ჯერ კიდევ არასაკმარისია და საჭიროებს შემდგომ სიღრმისეულ და გრძელვადიან კვლევებს [1]-[21].

მოცემულ კვლევებში [22]-[25] განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია RF ელექტრომაგნიტური ველების გავლენაზე ბიოლოგიურ სისტემებზე, დაწყებული მწერებიდან დამთავრებული ადამიანებით. შესწავლილია კონკრეტული შთანთქმის სიჩქარე (SAR) თავლის ფუტკრებში, რომლებიც 2.5-100 GHz რადიოსიხშირის ემ ველის ზემოქმედებას განიცდიან, რაც მნიშვნელოვანია მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების მცირე ორგანიზმებთან ურთიერთობის გაგებისთვის. განახორციელეს ციფრული დოზიმეტრია, რათა შეაფასონ SAR მწერებში, რომლებზეც მოქმედებს შორი-ველის RF გამოსხივება, რაც ხაზს უსვამს კომპიუტერული მოდელირების მნიშვნელობას ბიოლოგიური ორგანიზმების მიერ ემ ველის ენერჯის შთანთქმის შეფასებაში. კვლევაში [24] შესწავლილია რა გავლენას ახდენს ხელის მდებარეობა/პოზიცია მობილური ტელეფონის დიპოლის ანტენის შეთანხმების პირობებზე თავისუფალ სივრცესთან (3700 MHz სიხშირეზე), რაც ხაზს უსვამს ტელეფონის რეალისტური გამოყენების სცენარების გათვალისწინების აუცილებლობას ანტენის მუშაობის შეფასებაში. ადრე ჩატარებული კვლევა [24] შეეხებოდა ბაზური სადგურის ანტენის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივების

ზემოქმედებას ჰომოგენურ ადამიანის მოდელზე, რომელიც იმყოფება მანქანაში, რაც ხაზს უსვამს გარემოს ფაქტორების როლს RF ზემოქმედების შეფასებაში.

რაც შეეხება არათერმულ ეფექტებს, როგორც აღნიშნავენ, სამეცნიერო მტკიცებულებები არასაკმარისი და არათანმიმდევრულია. არსებული მონაცემები არ იძლევა ადამიანებზე უარყოფითი ეფექტების მკაფიო მტკიცებულებას (<https://www.who.int/>). საჭიროა შემდგომი კვლევა, რომელიც დაფუძნებული იქნება გაცილებით ზუსტ დოზიმეტრულ პროცედურებსა და პროტოკოლებზე, რომლებიც მხარდაჭერილი იქნება ბიოლოგიურ ქსოვილში რადიოსიხშირული ველის განაწილების სიმულაციებით.

დასკვნის სახით, Wi-Fi რადიოსიხშირული ველების ზემოქმედება ადამიანებზე, მათ შორის სკოლებში ბავშვებზე ზემოქმედება, შედარებით დაბალია და უმეტეს შემთხვევაში უფრო დაბალია, ვიდრე გარემოში არსებული სხვა ელექტრომაგნიტური ველის წყაროების. ამის გათვალისწინებით, ჩვენ, ბავშვებმაც და უფროსებმაც, უნდა მივყვეთ პრაქტიკულ რჩევებს Wi-Fi-სა და მობილური ტექნოლოგიების გამოყენების მონიტორინგისა და შეზღუდვის შესახებ, რადგან რადიოსიხშირული ველები გარდაუვალ გარემოდ იქცა და რომელშიც გვიწევს ცხოვრება. დედამიწაზე თითქმის არ არსებობს ადგილები, რომლებიც არ არის დაფარული რადიოსიხშირული ველებით.

სასურველია გაგრძელდეს დაკვირვება ხელოვნურად შექმნილი ველების და შევისწავლოთ მათი შესაძლო გავლენა ადამიანისა და ადამიანისგან განსხვავებულ გენეტიკურ და ფიზიოლოგიურ სტრუქტურაზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] X. Dong, "On Measurement of Electromagnetic Radiation by Computer System in Indoor Electromagnetic Environment," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1992, p. 032145, 2021.
- [2] S. N. Darovskikh, P. M. Shonazarov, F. Sodik, F. T. Kholov, R. Umaralizoda, et al., "On the possible causal relationship of the COVID-19 viral disease with electromagnetic pollution of the environment and the main directions of its weakening," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1889, p. 052028, 2021.
- [3] M. V. Grafkina, E. Y. Sviridova, and E. R. Veliyeva, "Environmental Monitoring of Electromagnetic Fields in Residential Areas," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 688, p. 012015, 2021.
- [4] M. Scalia, F. Pulcini, and M. Sperini, "Electromagnetic characterization of the environment. An Italian experience and the 'mapping' method," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 853, p. 012004, 2021.

- [5] S. Y. Rybalko, Y. V. Bobrik, and A. L. Korepanov, “The influence of Wi-Fi range electromagnetic radiation on the parameters of the human’s heart variability,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 853, p. 012010, 2021.
- [6] L. Moulton Howe, “Growing concern about electromagnetic pollution and cell phones,” 2008. [Online]. Available: [accessed May 2012].
- [7] V. H. Céspedes, L. F. Cadavid, and Y. A. Gómez, “Electromagnetic pollution maps as a resource for assessing the risk of emissions from mobile communications antennas,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 10, pp. 4244–4251, 2020.
- [8] G. Redlarski, B. Lewczuk, A. Żak, A. Koncicki, M. Krawczuk, et al., “The influence of electromagnetic pollution on living organisms: historical trends and forecasting changes,” *Biomed. Res. Int.*, vol. 2015, p. 25, 2015.
- [9] World Health Organization (WHO), “Electromagnetic fields,” [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields#tab=tab_1.
- [10] J. Wiart, A. Hadjem, N. Gadi, I. Bloch, M. F. Wong, A. Pradier, et al., “Modeling of RF head exposure in children,” *Bioelectromagnetics*, Suppl. 7, pp. S19–S30, 2005.
- [11] S. Mortazavi, M. Motamedifar, G. Namdari, M. Taheri, A. Mortazavi, and N. Shokrpour, “Nonlinear adaptive phenomena which decrease the risk of infection after pre-exposure to radiofrequency radiation,” *Dose-Response*, vol. 12, no. 2, 2014, doi:10.2203/dose-response.
- [12] P. A. Valberg, T. E. van Deventer, and M. H. Repacholi, “Workgroup report: base stations and wireless networks—radiofrequency (RF) exposures and health consequences,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 115, no. 3, pp. 416–424, 2007.
- [13] M. Taheri, S. Mortazavi, M. Moradi, S. Mansouri, G. Hatam, and F. Nouri, “Evaluation of the effect of radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi router and mobile phone simulator on the antibacterial susceptibility of pathogenic bacteria *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli*,” *Dose-Response*, vol. 15, no. 1, 2017, doi:10.1177/1559325816688527.
- [14] D. Belpomme, L. Hardell, I. Belyaev, E. Burgio, and D. O. Carpenter, “Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective,” *Environ. Pollut.*, vol. 242, pp. 643–658, 2018.
- [15] M. Blettner, B. Schlehofer, J. Breckenkamp, B. Kowall, S. Schmiedel, U. Reis, et al., “Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany,” *Occup. Environ. Med.*, vol. 66, no. 2, pp. 118–123, 2009.
- [16] H. Hutter, H. Moshhammer, P. Wallner, and M. Kundi, “Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations,” *Occup. Environ. Med.*, vol. 63, no. 5, pp. 307–313, 2006.

- [17] B. B. Levitt and H. Lai, “Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays,” *Environ. Rev.*, vol. 18, no. NA, pp. 369–395, 2010.
- [18] C. Baliatsas, I. van Kamp, G. Kelfkens, M. Schipper, J. Bolte, J. Yzermans, et al., “Nonspecific physical symptoms in relation to actual and perceived proximity to mobile phone base stations and powerlines,” *BMC Public Health*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2011.
- [19] S. Yassin, M. Musleh, and S. Abuzerr, “Electromagnetic radiation exposure from nearby cellular base stations in the Gaza Strip, Palestine: a concern for public health,” *J. Biosci. Med.*, vol. 7, no. 4, pp. 46–59, 2019.
- [20] O. F. Sonmez, E. Odaci, O. Bas, and S. Kaplan, “Purkinje cell number decreases in the adult female rat cerebellum following exposure to 900 MHz electromagnetic field,” *Brain Res.*, vol. 1356, pp. 95–101, 2010.
- [21] E. Odacı, H. Hancı, A. İkinci, O. F. Sönmez, A. Aslan, A. Şahin, et al., “Maternal exposure to a continuous 900-MHz electromagnetic field provokes neuronal loss and pathological changes in cerebellum of 32-day-old female rat offspring,” *J. Chem. Neuroanat.*, vol. 75, pp. 105–110, 2016.
- [22] V. Jeladze, A. Thielens, T. Nozadze, G. Korkotadze, B. Partsvania, and R. Zaridze, “Estimation of the specific absorption rate for a honey bee exposed to radiofrequency electromagnetic fields from 2.5 to 100 GHz,” in *2023 IEEE XXVIII International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED)*, vol. 1, pp. 180–185, Sep. 2023, IEEE.
- [23] V. Jeladze, T. Nozadze, B. Partsvania, A. Thielens, L. Shoshiashvili, and T. Gogoladze, “Numerical dosimetry of specific absorption rate of insects exposed to far-field radiofrequency electromagnetic fields,” *Int. J. Radiat. Biol.*, vol. 101, no. 3, pp. 327–340, Mar. 2025, Taylor & Francis.
- [24] T. Nozadze, K. Henke, M. Kurtsikidze, V. Jeladze, G. Ghvedashvili, and R. Zaridze, “Study how the hand affects on the mobile phone dipole antenna matching conditions to the free space at 3700 MHz frequency,” in *2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW)*, pp. 439–443, Nov. 2022, IEEE.
- [25] T. Nozadze, V. Jeladze, V. Tabatadze, I. Petoev, M. Prishvin, and R. Zaridze, “Base station antenna's EM exposure study on a homogeneous human model located inside the car,” in *2017 XXIIInd International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED)*, pp. 209–213, Sep. 2017, IEEE.
- [26] Mate R, Benke G, Loughran SP, Abramson MJ, Vjadic C, Turner M, Turuban M, Cardis E, Karipidis K. Is occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields associated with glioma risk? An Australian population-based family case-control study. *BMJ Open*. 2026 Mar

Electromagnetic Fields: Current Scientific Insights

Tamar Nozadze

*Department of Electrical and Electronics Engineering, Laboratory of Applied Electrodynamics and Radio Engineering
LAE,*

*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University,
Tbilisi, Georgia*

tamar.nozadze@tsu.ge

Abstract:

Over recent decades, the rapid expansion of wireless communication technologies has increased scientific interest in the potential health effects of electromagnetic (EM) radiofrequency (RF) fields, particularly among children and adolescents. This study provides a brief review of the current conclusions and recommendations of international organizations. The analysis incorporates findings from a wide range of studies.

As reported in several epidemiological and experimental studies, no consistent evidence has been found linking RF exposure from base stations or wireless networks to adverse health outcomes, including cancer. Based on the existing body of evidence and relatively low exposure levels, there is no convincing scientific proof that weak RF signals from wireless communication systems pose a risk to human health. Nevertheless, further research is recommended, particularly with regard to long-term exposure and vulnerable populations.

Keywords: Electromagnetic Field (EMF), Wireless Communication, Specific Absorption Rate (SAR), Human

This study was financially supported by the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) under grant [FR-24-469].

ხელოვნური ინტელექტის სარგებელი უმაღლეს განათლებაში

ელენე ფანცხავა¹, მაკა ჯიშკარიანი², ტატინა გვილავა³

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ასოც. პროფესორი elenepantskava@mail.ru;

²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სრული პროფესორი, Jishkarianimaka02@gtu.ge;

³საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სოციალურ მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი
tgvilavagtu@gmail.com

რეზიუმე

ხელოვნური ინტელექტი (AI) სულ უფრო მეტ როლს თამაშობს საზოგადოებაში, რამაც საბოლოოდ განაპირობა მისი უმაღლეს განათლებაში ინტეგრირება. (AI) წარმოადგენს ტრანსფორმაციულ ძალას, რომელიც გვთავაზობს ძლიერ ინსტრუმენტებს სწავლის, სწავლებისა და კვლევის გასაუმჯობესებლად. ხშირად არსებობს შემფოთება უმაღლეს განათლებაში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებასთან დაკავშირებით, განსაკუთრებით იმასთან დაკავშირებით, თუ როგორ იყენებენ სტუდენტები ხელოვნურ ინტელექტს დავალებების შესასრულებლად, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს აკადემიური მთლიანობის პირდაპირი დარღვევა. თუმცა, ხელოვნური ინტელექტი და უმაღლესი განათლება შეიძლება იყოს ძლიერი კომბინაცია, ოპტიმალურად გამოყენების შემთხვევაში, რაც ზრდის სტუდენტების მიერ მიღებულ განათლებას.

ხელოვნური ინტელექტის ტრანსფორმაციული გავლენა უმაღლეს განათლებაში ვრცელდება აუდიტორიის მიღმა. ის აუმჯობესებს ადმინისტრაციულ ეფექტურობას, ათავისუფლებს დროს პროფესორისთვის სტუდენტების უკეთ მხარდაჭერისთვის. (AI) ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას განათლებაში რეპეტიტორობის სერვისების მეშვეობით, რომლებიც სტუდენტებს მყისიერ უკუკავშირს და ხელმძღვანელობას აწვდიან, რაც კიდევ უფრო პერსონალიზებს მათ სასწავლო გამოცდილებას.

ნაშრომი წარმოაჩენს ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების გავლენას სტუდენტების სასწავლო პროცესებსა და აკადემიურ მოსწრებაზე, მის დანერგვასთან დაკავშირებულ გამოწვევებს და ხაზს უსვამს უნივერსიტეტების აკადემიური პერსონალის მიერ უმაღლეს განათლებაში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების შესახებ დაუყოვნებელ და სიღრმისეული კვლევის საჭიროებას.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, ინტეგრირება, პედაგოგიური ინოვაცია, ტრანსფორმაცია.

შესავალი

ეფექტური გამოყენების შემთხვევაში, ხელოვნური ინტელექტისა და განათლების კომბინაციას აქვს პოტენციალი, მნიშვნელოვნად გააუმჯობესოს უმაღლესი განათლება, მოამზადოს სამუშაო ძალა, რომელიც მზად იქნება სტუდენტიდან პროფესიონალზე შეუფერხებლად გადასასვლელად [1].

უმაღლეს განათლებაში ხელოვნური ინტელექტი ასევე ჰიბრიდულ სწავლების გარემოს უფრო შესაძლებელს ხდის. ინსტრუქტორის მიერ წარმართული გაკვეთილები შეიძლება გაერთიანდეს ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით რეპეტიტორობასთან და დავალებებთან, რაც სტუდენტებს მეტ პრაქტიკას სთავაზობს [2].

საბოლოო ჯამში, უმაღლეს განათლებაში ხელოვნური ინტელექტის დანერგვით, შეგვიძლია ველოდოთ ცვლილებას, რომელიც უფრო მეტ ყურადღებას გაამახვილებს მაღალი დონის აზროვნებასა და რთული პრობლემების გადაჭრაზე [3].

ძირითადი ტექსტი

ხელოვნურ ინტელექტს, ოპტიმალურად ინტეგრირების შემთხვევაში, შეუძლია უმაღლესი განათლების ტრანსფორმაცია, იქნება ეს განმეორებითი ადმინისტრაციული ამოცანების შესრულება თუ სწავლის პერსონალიზაცია. სტუდენტებისთვის სწავლის შესაძლებლობების შეზღუდვები, როდესაც ხელოვნური ინტელექტი ინტეგრირებულია მათ სასწავლო გეგმაში, შეუზღუდავი ჩანს, რაც ზრდის მათ თავდაჯერებულობას რეალური ცხოვრებისეული გამოწვევების მიმართ და ამზადებს მათ სამუშაო ძალაში შეუფერხებლად გადასვლისთვის [4].

უმაღლეს განათლებაში ხელოვნური ინტელექტის გასაღები მისი სათანადო გამოყენებაა. არსებობს შეშფოთება მისი ეთიკური გამოყენების შესახებ, განსაკუთრებით სტუდენტების მონაცემების გაზიარების კუთხით, და მისი სამართლიანი გამოყენების შესახებ იმ შემთხვევებში, როდესაც ზოგიერთ სტუდენტს შეუძლია წვდომა ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტებზე, ზოგს კი არა [5].

უმაღლეს განათლებაში ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია ინკლუზიური განათლების მხარდაჭერა უნიკალური სწავლის სტილის გათვალისწინებით. (AI) შეუძლია სტუდენტის სასურველი სწავლის სტილის იდენტიფიცირება და შემდეგ კურსის შინაარსის შესაბამისად ადაპტირება. ხელოვნური ინტელექტი ასევე ხელს უწყობს შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირთათვის რესურსებზე ხელმისაწვდომობის გაზრდას. ასევე მისი ადაპტირება ხელს უწყობს სასწავლო სირთულეების გამოვლენას, რაც პროფესორებს საშუალებას აძლევს, გამოავლინონ საჭიროებები და შესთავაზონ განათლება სწავლის ისეთი სტილით, რომელიც საუკეთესოდ შეესაბამება თითოეულ სტუდენტს. გარდა ამისა, უმაღლეს განათლებაში ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია ხელი შეუწყოს ენობრივი ბარიერების შემცირებას, რაც მეტ სტუდენტს საშუალებას მისცემს, განაგრძოს განათლება [6].

მონაცემთა კონფიდენციალურობა და უსაფრთხოება

უმაღლეს განათლებაში ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთი უპირატესობა ის არის, რომ მას შეუძლია ხელი შეუწყოს შეფასების პროცესს და ამავდროულად გამოიყენოს პერსონალიზებული სწავლების შეთავაზებისთვის. თუმცა, ეს იწვევს შემფოთებას სტუდენტების მონაცემების დაცვასთან დაკავშირებით, განსაკუთრებით თუ ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტები გამოიყენება სტუდენტის თანხმობის გარეშე [7].

თანასწორობა და წვდომა

უმაღლეს განათლებაში უკვე არსებობს ციფრული უთანასწორობა და უმაღლეს განათლებაში ხელოვნურმა ინტელექტმა შეიძლება გააფართოვოს იგი. კერძოდ, ეს ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტები შეიძლება უაღრესად სასარგებლო იყოს სტუდენტების გამოცდილების დასახმარებლად და სამუშაოს შესრულებისას დახმარების შეთავაზებისთვის, მაგრამ დაუცველ მოსახლეობას შეიძლება არ ჰქონდეს წვდომა ტექნოლოგიაზე, რომელიც საშუალებას იძლევა ამ სერვისებზე წვდომის [8]. შედეგად, ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტებზე სხვადასხვა წვდომამ შეიძლება გამოიწვიოს არათანაბარი სასწავლო შესაძლებლობები, რის გამოც ზოგიერთ სტუდენტს არ შეუძლია ისარგებლოს ერთი და იგივე რესურსებით [9].

ხელოვნური ინტელექტის ბოროტად გამოყენების თავიდან ასაცილებლად სახელმძღვანელო პრინციპების შემუშავების გარდა, უნივერსიტეტებმა პრიორიტეტი უნდა მიანიჭონ მაღალი დონის სწავლისა და პრობლემების გადაჭრის ხელშეწყობას გენერაციული ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით [10]. ეს მოითხოვს დავალებების ადაპტირებას.

გენერაციული ხელოვნური ინტელექტი უმაღლეს განათლებაში ახალი საგანმანათლებლო შინაარსის შექმნის საშუალებას იძლევა. შედეგად, შესაძლებელია მაღალი ხარისხის განათლება, რომელიც სტუდენტებს ჩართავს და მათ მოტივაციას გაზრდის [11].

გენერაციული ხელოვნური ინტელექტის მეშვეობით, საგანმანათლებლო დაწესებულებებს შეუძლიათ რეალური სცენარების სიმულირება, ინჟინერიის, ჯანდაცვისა და სხვა სფეროებისთვის, რაც სტუდენტებს პრაქტიკულ გამოცდილებას მისცემს. მას შეუძლია კლინიკური შემთხვევის იმიტაცია ან საინჟინრო გამოწვევის შესწავლა [12]. გენერაციული ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით, სტუდენტების სწავლის რეჟიმები შეუზღუდავია. როდესაც სტუდენტები სავსე სამუშაოზე გადადიან, ისინი საკუთარ შესაძლებლობებში დარწმუნებულები არიან [13].

გენერაციული ხელოვნური ინტელექტი ასევე საშუალებას იძლევა განათლების რესტრუქტურირებისა. ის, სტუდენტის ინფორმაციის დამახსოვრების უნარზე დაყრდნობის ნაცვლად, ეხმარება მათ უფრო მეტად ფოკუსირება მოახდინონ მაღალი დონის სწავლასა და პრობლემების გადაჭრაზე. ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია

იმოქმედოს როგორც ინსტრუმენტი, რომელიც აძლიერებს სტუდენტის შესაძლებლობებს და არა ცვლის მათ კრიტიკულ აზროვნებასა და შემოქმედებითობას [14].

(AI) მიერ შემოთავაზებული ერთ-ერთი მთავარი სარგებელი არის ვირტუალური და გაძლიერებული რეალობის შექმნის შესაძლებლობა სასწავლო გარემოში, რაც სტუდენტებს საშუალებას აძლევს, დახვეწონ თავიანთი უნარები უსაფრთხო სივრცეში ზიანის რისკის გარეშე [15].

უმაღლეს განათლებაში ხელოვნური ინტელექტი ასევე ჰიბრიდულ სწავლების გარემოს უფრო შესაძლებელს ხდის [16]. ინსტრუქტორის მიერ წარმართული გაკვეთილები შეიძლება გაერთიანდეს ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით რეპეტიტორობასთან და დავალებებთან, რაც სტუდენტებს მეტ პრაქტიკას სთავაზობს [17].

სტუდენტებსა და ფაკულტეტის წევრებს შორის ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტების ფართოდ გავრცელებამ შექმნა ხელოვნური ინტელექტის წიგნიერების კრიტიკული საჭიროება, რომელიც მოიცავს არა მხოლოდ ტექნიკურ უნარებს, არამედ კრიტიკულ შეფასებას, ეთიკურ ცნობიერებას და მეტაკოგნიტურ ჩართულობას ხელოვნური ინტელექტის მიერ გენერირებულ კონტენტთან [18].

ხელოვნურ ინტელექტს აქვს პოტენციალი, ხელი შეუწყოს უმაღლესი განათლების უფრო ინკლუზიურ, ეფექტურ და დემოკრატიულ მომავალს. თუმცა, მისი წარმატება დამოკიდებულია მიზანმიმართულ ინტეგრაციაზე, ინოვაციების დაბალანსებაზე აკადემიურ ღირებულებებთან, როგორცაა მთლიანობა, კრეატიულობა და ინკლუზიურობა [19].

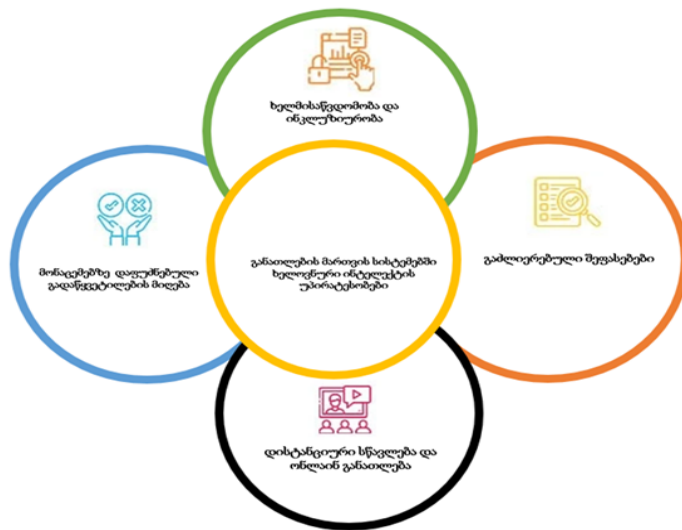
(AI) დანერგვას თან ახლავს მნიშვნელოვანი ეთიკური, ინსტიტუციური და პედაგოგიური გამოწვევები. მარეგულირებელი კონსენსუსის არარსებობა, მრავალ ქვეყანაში პოლიტიკური ჩარჩოების არარსებობა და სტუდენტებსა და დაწესებულებებს შორის ტექნოლოგიური ასიმეტრია ხაზს უსვამს სტრატეგიული ინსტიტუციური ინტეგრაციის აუცილებლობას [20].

ამჟამინდელი მდგომარეობის მიმოხილვის საფუძველზე, ეს ინტეგრაცია უნდა ეფუძნებოდეს ოთხ ფუნდამენტურ საყრდენს:

- + აკადემიური მთლიანობა;
- + ხელოვნური ინტელექტის წიგნიერების განვითარება;
- + პედაგოგიური ინტეგრაცია;
- + ინსტიტუციური და პოლიტიკური ადაპტაცია [21];

ხელოვნური ინტელექტი „შერჩევს ტექნოლოგიაა“. უმაღლეს განათლებაში წარმატებული, ეთიკური და სტრატეგიული ინტეგრაცია დამოკიდებულია ინსტიტუტების, პედაგოგებისა და სტუდენტების მიერ გაკეთებულ არჩევანზე [22]. შესაძლებლობა შეუდარებელია, თუ მას ინსტიტუციური ერთგულებითა და საგანმანათლებლო ანგარიშვალდებულებით მივიღებთ, ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია ხელი შეუწყოს განათლებაში უფრო ინკლუზიურ, ეფექტურ და დემოკრატიულ მომავალს [23].

მიუხედავად ამისა, რომ სტუდენტების უმეტესობა დადებითად აფასებს ხელოვნურ ინტელექტს - მიუთითებენ მის უნარზე, გააუმჯობესოს სწავლის ეფექტურობა და აკადემიური მოსწრება - კვლავ რჩება მნიშვნელოვანი გამოწვევები, განსაკუთრებით ხელოვნური ინტელექტის შედეგების სიზუსტესთან, ზედმეტი დამოკიდებულების რისკთან და კრიტიკული აზროვნების უნარების პოტენციურ ეროზიასთან დაკავშირებით [24].



სურათი N1. ხელოვნური ინტელექტის გავლენა განათლების მართვის სისტემებზე;

ხელოვნური ინტელექტის განათლებაში ეფექტური ინტეგრაციის უზრუნველსაყოფად, წარმოგიდგენთ რეკომენდაციებს:

- ✚ **ყოვლისმომცველი ტრენინგი:** დაწესებულებებმა უნდა განახორციელონ ტრენინგ პროგრამები როგორც პედაგოგებისთვის, ასევე სტუდენტებისთვის, რათა ხელი შეუწყონ ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტების საფუძვლიან გაგებას და მათ სათანადო გამოყენებას [25];
- ✚ **მკაფიო მითითებები და ვალიდაციის პროტოკოლები:** დაადგინეთ ხელოვნური ინტელექტის განლაგების მკაცრი სტანდარტები, რომლებიც მოიცავს ხელოვნური ინტელექტის მიერ გენერირებული ინფორმაციის რეგულარულ ვალიდაციას და მკაფიო მითითებებს ტექნოლოგიაზე ზედმეტი დამოკიდებულების თავიდან ასაცილებლად [26].
- ✚ **ეთიკური და კონფიდენციალურობის საკითხები:** შეიმუშავეთ და განახორციელეთ პოლიტიკა სტუდენტების მონაცემების დასაცავად და ხელოვნური ინტელექტის სისტემებში პოტენციური მიკერძოებების შესამცირებლად [27].
- ✚ **გრძივი კვლევა:** მომავალმა კვლევებმა უნდა მიიღონ გრძივი დიზაინი უფრო დიდი და მრავალფეროვანი ნიმუშებით, რათა უკეთ გაიგონ ხელოვნური ინტელექტის გრძელვადიანი გავლენა აკადემიურ შედეგებსა და კარიერულ განვითარებაზე [28].

ამ რეკომენდაციების გათვალისწინებით, საგანმანათლებლო დაწესებულებებს შეუძლიათ უზრუნველყონ, რომ ხელოვნური ინტელექტი ავსებს და არა ცვლის

ტრადიციულ სწავლების მეთოდებს [29], საბოლოო ჯამში კი ხელს შეუწყობს უფრო ადაპტირებად, ეფექტურ და პერსონალიზებულ სასწავლო გარემოს, რომელიც მხარს უჭერს მომავალი წარმატებისთვის აუცილებელი უნარების განვითარებას [30].

დასკვნა

ხელოვნურ ინტელექტს აქვს პოტენციალი, რევოლუცია მოახდინოს განათლებაში და დააკმაყოფილოს სტუდენტთა მრავალფეროვანი საჭიროებები. თუმცა, დადებითი საგანმანათლებლო შედეგები არ არის გარანტირებული მხოლოდ მოწინავე ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების მიღებით. ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაცია აკადემიურ გარემოში ბადებს კრიტიკულ კითხვებს, რომლებიც დაკავშირებულია თანასწორობასთან, ხელმისაწვდომობასთან და ტრადიციული სწავლების მეთოდების მზარდ როლთან. ხელოვნური ინტელექტის გავლენა განათლებაზე ტრანსფორმაციული და მრავალმხრივია. ხელოვნური ინტელექტი ხელს უწყობს პერსონალიზებულ სწავლებას საგანმანათლებლო შინაარსის ადაპტირებით ინდივიდუალური სტუდენტების უნიკალური საჭიროებების დასაკმაყოფილებლად. კვლევებმა აჩვენა, რომ პერსონალიზებულ სასწავლო გარემოში სტუდენტები ავლენენ გაუმჯობესებულ თვითეფექტურობას და უფრო პოზიტიურ დამოკიდებულებას განათლების მიმართ. ეს გამოცდილება სულ უფრო მეტად მიღწევადია ხელოვნური ინტელექტით მართული ინსტრუმენტების საშუალებით, რომლებიც აანალიზებენ მონაცემების უზარმაზარ რაოდენობას, რათა გამოავლინონ სასწავლო ხარვეზები.

ხელოვნური ინტელექტით მართული პლატფორმები, როგორცაა ადაპტური სწავლების სისტემები, აუმჯობესებენ სტუდენტების ჩართულობას და მოსწრებას რეალურ დროში უკუკავშირისა და მორგებული სწავლების გზების უზრუნველყოფით. თუმცა, მისი ინტეგრაცია სიფრთხილეს მოითხოვს. აუცილებელია ხელოვნური ინტელექტის საგანმანათლებლო თეორიებთან ურთიერთქმედების უფრო ღრმა გაგება, ეთიკური და პედაგოგიური გამოწვევების მოგვარებასთან ერთად. დაბალანსებული, ადამიანზე ორიენტირებული მიდგომა, რომელიც პრიორიტეტს ანიჭებს თანასწორ წვდომას და უზრუნველყოფს ხელოვნური ინტელექტის გაძლიერებას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Pantskhava E, & Jishkariani M. (2026). THE IMPACT OF ARAB INVESTMENTS ON GEORGIA'S ENERGY SECTOR: ENERGY AND SOCIO-ECONOMIC ASPECTS. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 176, 77–79. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19050764>
2. Jishkariani M. (2021). Prerequisites for Hydro Power Plant Design. *Energy* #2(98) the thematic issue “Modern Problems of Energy and Ways of Their Solution” 1 part. Pp.167-171. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/352855182_Prerequisites_for_Hydro_Power_Plant_Design
3. Pantskhava, E., & Jishkariani, M. (2024). Green hydrogen - the key to a sustainable energy future: (socio-economic benefits). *GEORGIAN SCIENTISTS*, 6(2).; 345-354. <https://doi.org/10.52340/g.s.2024.06.02.36>
4. Jishkariani, M., & Pantskhava, E. (2024). The Importance of Sustainable Development in the Country's Economy. *Proceedings of VI International Scientific and Practical Conference "Science and Society: Modern Trends in a Changing World*, 143–150.
5. Fankhava, E. Jishkariani, M. & Chogovadze, B. (2024). Current Biofuel Production Strategies, Thermal Applications Advances and Opportunities. *Georgian Scientists*, 6(3), 27–35. <https://doi.org/10.52340/g.s.2024.06.03.04>;
6. Pantskhava, E., Jishkariani, M. (2025). Decarbonization and Its Aspects in the Energy Sector. Conference „European Congress of Scientific Discovery”, 3-5 March, Madrid, Spain. P.117-123.
7. Pantskhava, E., & Jishkariani, M. (2025). International relations and sustainable energy development. *GEORGIAN SCIENTISTS*, 7(1), 408–416. <https://doi.org/10.52340/g.s.2025.07.01.37>
8. Pantskhava, E., & Jishkariani, M. (2025). Anaklia Port as an Energy Hub: Strategic and Technological Analysis. *Georgian Scientists*, (7)2, 255-263. <https://doi.org/10.52340/g.s.2025.07.02.24>;
9. Pantskhava, E., & Jishkariani, M. (2025). Energy Crisis (Positive Effects of the Introduction of Information and Communication Technologies). *Business Engineering* #1-2, 67-70.
10. Jishkariani, M. (2019). Electricity Tariffs in Georgia. Warsaw, Poland: *World Science* 9(49), Vol.1. 20 - 22. https://doi:10.31435/rsglobal_ws/30092019/6697;
11. Jishkariani, M., Dvalishvili, N., & Kurakhchishvili, L. (2020). Evaluation of Calorific of Municipal Solid Waste (MSW). *Sustainable Waste Management: Policies and Case Studies*. Springer, Singapore. 263-265. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7071-7_23;

12. Jishkariani, M. (2021). Criteria for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Transport. *Work of GTU* 3(521). 59-68. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-59-68;>
13. Jishkariani, M., Ghosh, S.K., & Didbaridze, K. (2021). Energy and Economic Indicators Influencing Circular Economy in Georgia. *Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective*. Springer, Singapore. 331-358. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0913-8_11;
14. Hasan Ziaul, Mohammad Hassan r., & Jishkariani Maka. (2022). Machine Learning and Data Mining Methods for Cyber Security: A Survey. *Mesopotamian journal of Cybersecurity*, Vol.2022, 47-56. <https://doi.org/10.58496/MJCS/2022/006;>
15. Pitskhelauri M., & Jishkariani, M. (2023). Energy Management Systems (Enms) Reforms of Georgia. *Journal of Energy Engineering and Thermodynamics (JEET)*, 3(01), 38-45. <https://doi.org/10.55529/jeet.31.38.45;>
16. Pitskhelauri, M., & Jishkariani, M. (2023). Application of Graphic Neuro-Fuzzy Designer in Energy Management. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 12(1), 1–6. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2023.1201001>
17. Jishkariani M., Pitskhelauri M. (2022). Renewable Resources Role in the Transition to a Circular Economy Model. 10th International Scientific-Practical Conference, 23-25 March, 2022, Chicago, USA .
18. Jishkariani M., Pitskhelauri M. (2022). Different Types of Energy Company’s Role in Georgian Power Engineering. *Latin American International Conference*, Villahermosa, Tabasco, Mexico, 4-6 October. Pp. 269-275.
19. Jishkariani M., Pitskhelauri M. (2022). Multi-Factor Assessment of the Motivation, Complexity and Benefits of Implementing an Energy Management System. *Collection of Academic Works of Georgian Technical University #3(525)*. Pp. 105-116. [https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-3-105-116.](https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-3-105-116)
20. Jishkariani, M. & Jishkariani, T. (2023). Energy Efficiency - The New Reality of Energy. *Georgian Engineering News*, 2(98), 21-24.
21. Jishkariani, M. (2025). Features of Energy Load Graphs in Georgia. Retrieved from ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/390629803_Features_of_Energy_Load_Graphs_in_Georgia;](https://www.researchgate.net/publication/390629803_Features_of_Energy_Load_Graphs_in_Georgia)
22. Jishkariani M. (2020). Safety Rules for Power Engineering Companies. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/342233298_Safety_Rules_for_Power_Engineering_Companies;](https://www.researchgate.net/publication/342233298_Safety_Rules_for_Power_Engineering_Companies)
23. Jishkariani M. (2020). Failure Mode and Effect Analysis in Energy Companies. Retrieved from

- <https://www.researchgate.net/publication/341914208> Failure Mode and Effect Analysis in Energy Companies;
24. Jishkariani M. (2020). Fault Tree Analysis (FTA) For Energy Enterprises. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/341494947> Fault Tree Analysis FTA For Energy Enterprises;
25. Jishkariani M. (2020). Risk Management and Losses Calculation in Energy Enterprises. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/341130738> Risk Management and Losses Calculation in Energy Enterprises;
26. Jishkariani M. (2020). Load Measurement Forms and Reliability of Power Supply Systems. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/340234067> Load Measurement Forms and Reliability Of Power Supply Systems;
27. Jishkariani, M. (2024). Assessment of Cyber Security Risks in Electrical Engineering System of Georgia. *Mesopotamian Journal of Civil Engineering*. 54-59. <https://doi.org/10.58496/MJCE/2024/008>.
28. Jishkariani, M. (2024). Herfindahl-Hirschman Index (HHI) of Georgia's Wholesale Electricity Market. Proceedings of IV International Scientific and Practical Conference. Barcelona, Spain 22-24 April 2024. P.146-154. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/380005874> Herfindahl-Hirschman Index HHI of Georgia's Wholesale Electricity Market.
29. Pantskhava, E., & Jishkariani, M. (2026). Innovative Technologies and Their Impact on Energy Transformation. Proceedings of the 12th International Scientific Conference "Reviews of Modern Science," 20–24. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18654401>
30. Maka Jishkariani. (2026b, March 18). Comparative Analysis of High Voltage Direct Current Transmission Systems According to Economic Criteria. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/402699677> Comparative Analysis of High Voltage Direct Current Transmission Systems According to Economic Criteria/citations
31. Pantskhava, E. (2025). Artificial Intelligence in the Energy Industry. *GEORGIAN SCIENTISTS*, 7(2), 18–26. <https://doi.org/10.52340/g.s.2025.07.02.02>

The Benefits of Artificial Intelligence in Higher Education

Elene Pantskhava¹, Maka Jishkariani², Tatiana Gvilava³

¹Associate Professor, Georgian Technical University, elenepantskava@mail.ru ²Full Professor, Georgian Technical University, jishkarianimaka02@gtu.ge; ³Georgian Technical University, Academic Doctor of Social Sciences, tgvilavagtu@gmail.com

Resume

Artificial Intelligence (AI) is playing an increasingly important role in society, which has finally led to its integration into higher education. (AI) is a transformative force that offers powerful tools to improve learning, teaching, and research. There are often concerns about the use of artificial intelligence in higher education, particularly regarding how students use artificial intelligence to complete assignments, which could lead to direct violations of academic integrity. However, artificial intelligence and higher education can be a powerful combination, when used optimally, enhancing the education received by students.

The transformative impact of artificial intelligence in higher education extends beyond the auditorium. It improves administrative efficiency, freeing up time for professors to better support students. (AI) can also be used in education through tutoring services that provide students with instant feedback and guidance, further personalizing their learning experience.

The paper presents the impact of artificial intelligence technologies on student learning processes and academic performance, the challenges associated with the implementation of (AI), and highlights the need for immediate and in-depth research on the use of artificial intelligence in higher education by university academic staff.

Keywords: artificial intelligence, integration, pedagogical innovation, transformation.



ხელოვნება და ჰუმანიტარული მეცნიერებები

ქართული კაბის კონსტრუქციის პარამეტრების მონაცემთა ბანკის ფორმირება

ნინო დოლიძე¹, ხათუნა დარსაველიძე²

¹პროფესორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. 577131824, nino.dolidze@atsu.edu.ge

ORCID: 0000-0003-0142-7463; ²აკადემიური დოქტორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო

უნივერსიტეტი. 577198766, khatuna.darsavelidze@atsu.edu.ge ORCID: 0009-0000-2754-9448

აბსტრაქტი

ქართული ტრადიციული სამოსი ქართველი ხალხის მატერიალური კულტურის ხელთუქმნელი ძეგლია, მისი იდენტობის, ღირებულებების და მსოფლმხედველობის გამოხატულება. ქართულმა ეროვნულმა სამოსმა დღეისათვის დამკვიდრებული, ტრადიციული იერსახე ხანგრძლივი ევოლუციური პროცესის შედეგად, XVIII ს-ის შუა ხანებში მიიღო და ჩვენი ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში – მთაში, ბარსა და ზღვისპირეთში, ადგილობრივი პირობების შესაბამისი, თვითმყოფადი, ინდივიდუალური ფორმით დამკვიდრდა. მისი ფორმებისა და სახეების მრავალფეროვნება, კონსტრუქციულ-კომპოზიციური გადაწყვეტილებების უჩვეულობა, უდაოდ შთამბეჭდავი მასალა და შემოქმედებითი იდეების შთაგონების უმრეტი წყაროა თანამედროვე ტანსაცმლის სპეციალისტებისათვის. XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან ქართული ტრადიციული სამოსის ნიმუშები მუზეუმების საკუთრება გახდა და მუზეუმების ექსპონატებში დაიმკვიდრა საპატიო ადგილი. დიდია სპეციალისტების და ქართული მატერიალური კულტურით დაინტერესებული ფართო საზოგადოების ინტერესი ეროვნული სამოსის ნიმუშებისადმი, მაშინ როცა სამუზეუმო ექსპონატებთან წვდომა საკმაოდ შეზღუდულია, რადგან მათი დიდი ნაწილი დაზიანებულია და რესტავრაციას საჭიროებს. დროთა განმავლობაში ეროვნული სამოსის სამუზეუმო ნიმუშები გახდება უფრო უნიკალური და ფასეული, მათთან წვდომა კი კიდევ მეტად შეიზღუდება, ქედან გამომდინარე, აუცილებელია ამომწურავი და სანდო ინფორმაციის მიღება ნიმუშებთან უშუალო კონტაქტის გარეშე. აღნიშნულის განხორციელება შესაძლებელია სამოსის კონსტრუქციული ელემენტების სისტემატიზაციით, ციფრულ ფორმატში მონაცემთა ბანკის ფორმირებით და საძიებო-საინფორმაციო პროგრამის შექმნით.

ქართული კაბის კონსტრუქციულ მახასიათებლებს შორის მნიშვნელოვანია ისეთი

მახასიათებლები, როგორცაა ქართული კაბის წელის ხაზზე დანაწევრებისა და კაბის ყელის ღიობი-შესაკრავის სახეები. აქედან გამომდინარე, სამეცნიერო სტატიაში განხილულია ქართული კაბის ზემოაღნიშნული კონსტრუქტორული მახასიათებლების ანალიზი და მონაცემთა ბაზის ფორმირება.

ქართული კაბის კონსტრუქტორული მახასიათებლების – კაბის წელის ხაზზე დანაწევრების და კაბის ყელის ღიობი-შესაკრავის ანალიზის საფუძველზე განხორციელდა ყველა მაჩვენებლის კოდირება, რაც საფუძველს წარმოადგენს მონაცემთა ელექტრონული ბაზის შედგენისათვის. კვლევის შედეგები გათვალისწინებული იქნება ქართული ტრადიციული სამოსის კონსტრუქციულ-კომპოზიციური მახასიათებლების ელექტრონული ბანკის ფორმირების პროცესში, ჩატარებული კვლევებით მიღებული შედეგები გამოყენებული იქნება ტრადიციული სამოსის მახასიათებლების ელექტრონული ბანკის ფორმირების დროს, რის საფუძველზე დამუშავებული იქნება პროგრამა, რომლის საშუალებით შესაძლებელი იქნება სამუზეუმო ნიმუშების შესახებ ამომწურავი ინფორმაციის მიღება მათთან უშუალო კონტაქტის გარეშე.

საკვანძო სიტყვები: ტრადიციული სამოსი, კონსტრუქტორული მახასიათებლები, კაბის შესაკრავი, კოდირება, ელექტრონული ბანკი.

ქართული ტრადიციული სამოსი ქართველი ხალხის მატერიალური კულტურის ხელთუქმნელი ძეგლია, მისი იდენტობის, ღირებულებების და მსოფლმხედველობის გამოხატულება (Dolidze and others, 2016; **Dolidze**, Darsavelidze, 2024a). ქართულმა ეროვნულმა სამოსმა დღეისათვის დამკვიდრებული, ტრადიციული იერსახე ხანგრძლივი ევოლუციური პროცესის შედეგად, XVIII ს-ის შუა ხანებში მიიღო და ჩვენი ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში – მთაში, ბარსა და ზღვისპირეთში, ადგილობრივი პირობების შესაბამისი, თვითმყოფადი, ინდივიდუალური ფორმით დამკვიდრდა. (Dolidze and others, 2017). XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან ქართული ტრადიციული სამოსის ნიმუშები მუზეუმების საკუთრება გახდა და მდიდარ სამუზეუმო კოლექციებში დაიმკვიდრა საპატიო ადგილი (Dolidze and others, 2016).

თანამედროვე ეტაპზე, როდესაც მოდის ინდუსტრიასა და სამოსის დიზაინში მნიშვნელოვანად გამოიკვეთა ტრადიციული სამოსის მდიდარი მემკვიდრეობისადმი ინტერესი, დიზაინერთა შემოქმედებაში ერთგვარ პიკს მიაღწია კოლექციებმა ტრადიციული სამოსის ელემენტებით. მკვლევარები აქტიურად სწავლობენ სხვადასხვა ხალხის ეროვნული სამოსის გავლენას თანამედროვე მოდაზე და შესაბამისად პუბლიკაციებში აშუქებენ მიმდინარე ტენდენციებს ტრადიციულ სამოსის ინსპირაციით (Jansen, Craik, 2016; Chuprina and others, 2021; Yilmaz, Harmankaya, 2014). ამ მიმართულებით კვლევა ქართულ ტრადიციულ სამოსსაც არ დაკლებია (Exer, 2011; Ugrekhelidze, Kiknavelidze 2022).

მიუხედავად აღნიშნულისა, ქართული ტრადიციული სამოსი თავისი სიცოცხლისუნარიანობის წყალობით ფაქტიურად ამოუწურავი საგანძურია. მისი ფორმებისა და სახეების მრავალფეროვნება, კონსტრუქციულ-კომპოზიციური გადაწყვეტების უჩვეულობა, უდავოდ შთამბეჭდავი მასალა და შემოქმედებითი იდეების უშრეტი წყაროა თანამედროვე ტანსაცმლის სპეციალისტებისათვის. ამ საგანძურს ახალი ინსპირაციების ძიებაში მუდმივად მიმართავდა და მომავალშიც კვლავ ბევრჯერ დაუბრუნდება შემოქმედებითი საზოგადოება. ამდენად, მისი კვლავ შესწავლა და სიღრმისეული გაანალიზება არასოდეს კარგავს აქტუალობას და მნიშვნელოვანია როგორც ისტორიული მემკვიდრეობის გააზრებისთვის, ისე სტილისტური მრავალფეროვნებისა და სიახლეების ძიებისათვის. სწორედ ამითაა განპირობებული სპეციალისტებისა და ფართო საზოგადოების ინტერესი ეროვნული სამოსისადმი.

აღსანიშნავია, რომ დღეისათვის ქართული ტრადიციული სამოსის სამუზეუმო ორიგინალებთან წვდომა საკმაოდ შეზღუდულია, რადგან მათი დიდი ნაწილი დაზიანებულია და რესტავრაციას საჭიროებს. დროთა განმავლობაში ისინი უფრო უნიკალური და ფასეული გახდება, მათთან წვდომა კი კიდევ მეტად შეიზღუდება, მაშინ, როდესაც სპეციალისტების ინტერესი მათ მიმართ არამარტო შენარჩუნდება, არამედ გაიზრდება კიდევ. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ამომწურავი და სანდო ინფორმაციის მიღება ნიმუშებთან უშუალო კონტაქტის გარეშე. აღნიშნულის განხორციელება შესაძლებელია სამოსის კონსტრუქციული ელემენტების სისტემატიზაციით, ციფრულ ფორმატში მონაცემთა ბაზის ფორმირებით და სამიუზეო-საინფორმაციო პროგრამის შექმნით (Ugrekheldze and others, 2019).

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, სამეცნიერო სტატიის მიზანია ქართული ტრადიციული სამოსის კონსტრუქტორული მახასიათებლების კოდირება მონაცემთა ბაზის ფორმირებისათვის – ქართული კაბის წელის ხაზზე დანაწევრებისა და კაბის ყელის ღიობი-შესაკრავის ფორმის ანალიზის მაგალითზე.

კაბის კონსტრუქციული თავისებურებების ანალიზისა და კოდირებისათვის საჭიროა დაწვრილებით იქნას განხილული მისი დანაწევრება, დეტალების ფორმები, ზომები, ნაპირების კონფიგურაცია და თითოეული მახასიათებელი დაშიფრულ იქნას პოზიციების შესაბამისად.

ტრადიციული სამოსის კონსტრუქციულ თავისებურებას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მისი დანაწევრება წელის ხაზზე. ქართული კაბის და ზოგადად, ქართული სამოსის შემთხვევაში, წელის ხაზზე გადაჭრა განსაზღვრავს მისი გამოწყობილობის ხარისხს.

წელის ხაზზე დანაწევრების შეხვედრათა სიხშირე რეგიონების შესაბამისად ნაჩვენებია ცხრ. 1.

კაბის წელის ხაზზე დანაწევრების შეხვედრათა სიხშირე რეგიონების მიხედვით

N	რეგიონები	დანაწევრება წელის ხაზზე			
		წელში გადაუჭრელ ი	ზურგის არეში შეერთებული	წელის ხაზზე შეერთებული	ცალკე ლიფით
1	ქართლ-კახეთი, იმერეთი		4	3	2
2	თუშეთი	4			
3	ფშავი	1		2	2
4	ხევსურეთი	28			
5	მთიულეთი			3	2
6	ხევი	2		3	
7	ლეჩხუმი			2	1
8	რაჭა	2		9	
9	სვანეთი			1	3
10	სამეგრელო		1	2	2
11	აფხაზეთი			3	
12	გურია			2	
13	აჭარა	3		6	
14	მესხეთ-ჯავახეთი			3	1
	სულ	40	5	39	13

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებში გავრცელებულ ქართული კაბა ზედატანისა და ნაოჭასხმული ქვედა კაბისაგან შედგება, რომლებიც ძირითადად შეერთებულია წელის ხაზზე, ამასთან, როგორც მასალის კვლევა აჩვენებს, საკმაოდ ხშირად გვხვდება კაბები, რომლის ზედატანი და ქვედა კაბა მხოლოდ ზურგის არეშია ერთმანეთთან დაკავშირებული. აღმოსავლეთ საქართველოს მთიან რეგიონში კაბას ტუნკისებური ფორმა აქვს. ასეთი კაბების სილუეტი თავისუფალი ან გაფართოებულია და წელის არეში დანაწევრებული არ არის, თუმცა აჭარასა და სამცხე-ჯავახეთში წელში გადაჭრილი თავისუფალი სილუეტის კაბებიც გვხვდება (Дарсавелиძე и другие, 2017).

ქართული კაბის წელის ხაზზე დანაწევრების კოდირება წარმოდგენილია ცხრ. 2.

კაბის წელის ხაზზე დანაწევრების კოდირება

კოდის ციფრი	დანაწევრება წელის ხაზზე
1	წელში გადაუჭრელი
2	წელის ხაზზე შეერთებული
3	ცალკე ლიფით
4	ზურგის არეში შეერთებული

სამოსის გარეგნულ იერსახეზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გულისპირის, კერძოდ – ყელის ღიობის კონფიგურაცია და შესაკრავის სახე. ქართულ ტრადიციულ სამოსში გვხვდება სხვადასხვა სახის ყელის ღიობი: სამკუთხა; ღრმად დეკოლტირებული – ოვალური, მართკუთხა ან ფიგურული ჭრილით; მართკუთხა ფორმის ძალზე ღრმად (წელის ხაზამდე) ამოჭრილი; ყელთან მომდგარი. ღრმად დეკოლტირებული ყელის ღიობები, ჩვეულებრივ, უხვად დეკორირებული ჩასადგმელი გულისპირითაა შევსებული.

ქართული ტრადიციული სამოსი გამორჩეულია შესაკრავთა ნაირფეროვნებით: სახლართავები, გუჯასტები, დედალ-მამალი ხრიკები, კავები, ამოსხმული ღილკილოები, ღილები, დუგმები, ჩაფრასტები და სხვ.

ყელის ღიობის კონფიგურაციისა და შესაკრავების სახეების შეხვედრათა სიხშირე რეგიონების შესაბამისად ნაჩვენებია ცხრ. 3.

ცხრილი 3

კაბის ყელის ღიობი-შესაკრავის შეხვედრათა სიხშირე რეგიონების მიხედვით

N	რეგიონები	ყელის ღიობის კონფიგურაცია			
		სამკუთხა (სახლართავი, კავები, გუჯასტები)	ღრმადამოჭრ. ოვალური (გუჯასტ. კავები)	ღრმადამოჭრ. მართკუთხა	ყელთანმომდგარი (ღილკილოები, ხრიკები, ჩაფრასტები)
1	ქართლ- კახეთი, იმერეთი	4	3		2
2	თუშეთი			4	
3	ფშავი	4		1	
4	ხევსურეთი				28
5	მთიულეთი	2			3
6	ხევი	5			
7	ლეჩხუმი	2			1
8	რაჭა	11			
9	სვანეთი				4

10	სამეგრელო	3	2		
11	აფხაზეთი	3			
12	გურია		2		
13	აჭარა	6			3
14	მესხეთ- ჯავახეთი	3			1
	სულ	43	7	5	42



ნახ. 1. ქართული ტრადიციული სამოსის ყელის ღიობის კონფიგურაცია: ა — ხევსურული – ყელთანმომდგარი; ბ — სვანური – ყელთანმომდგარი; გ — ქართული – სამკუთხა; დ — თუშური – ღრმადამოჭრილი, მართკუთხა

როგორც ცხრილი 3-დან ჩანს, ყელის ღიობის კონფიგურაციისა და შესაკრავის სახის ანალიზი ჩატარებულია ოთხი სხვადასხვა ფორმის – სამკუთხა (შესაკრავი სახლართავი, კავები, გუჯასტები), ღრმად ამოჭრილი ოვალური (შესაკრავი გუჯასტები, კავები), ღრმად ამოჭრილი მართკუთხა და ყელთან მომდგარი (შესაკრავი ღილკილოები, ხრიკები, ჩაფრასტები) ღიობებისათვის (ნახ. 1).

კაბის ყელის ღიობი-შესაკრავის კოდირება მოცემულია ცხრ.4

კაბის ყელის ღიობი-შესაკრავის კოდირება

კოდის ციფრი	ყელის ღიობის კონფიგურაცია
1	სამკუთხა (სახლართავი, გუჯასტები)
2	ღრმადამოჭრილი, ოვალური (გუჯასტ. კავები)
3	ღრმადამოჭრილი, მართკუთხა
4	ყელთანმომდგარი (ღილკილოები, ხრიკები, ჩაფრასტები)

ამრიგად, როგორც წარმოდგენილი ცხრილებიდან ჩანს, განხორციელებულ იქნა ქართული კაბის კონსტრუქტორული მახასიათებლების ანალიზი ქართული კაბის წელის ხაზზე დანაწევრების და კაბის ყელის ღიობი-შესაკრავის მაგალითზე. შესაბამისად განხორციელდა მახასიათებლების ყველა მაჩვენებლის კოდირება, რაც საფუძველს წარმოადგენს მონაცემთა ელექტრონული ბაზის შედგენისათვის. ზემოაღნიშნული კვლევის შედეგები გათვალისწინებული იქნება ქართული კაბის კონსტრუქციულ-კომპოზიციური მახასიათებლების ელექტრონული ბანკის ფორმირების პროცესში,

პოზიციური მახასიათებლების ელექტრონული ბანკის მიხედვით შედგენილი იქნება პროგრამა, რომლის საშუალებით დაინტერესებულ პირს შესაძლებლობა ექნება მოიძიოს საჭირო ინფორმაცია – საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის ტრადიციული სამოსის შესახებ. აღნიშნული პროგრამის გამოყენება კოსტიუმის დიზაინერს საშუალებას მისცემს სწრაფად იქნას ორიენტირებული შემოქმედებით საქმიანობაში.

გამოყენებული ლიტერატურა

- Chuprina, N. V., Remenieva, T. V., Frolov, I. V., Tereshchenko, O. H. (2021) Design of the Contemporary Garments on the Basis of the Transformation of Stylistic and Artistic-Compositional Characteristics of Traditional Decorative Art. *Art and design*. 3(15). 30–44.
- Dolidze, N., & Darsavelidze, K. (2024a). Analysis of structural features of Georgian traditional clothing and formation of an electronic bank. *Georgian Scientists*, 6(1), 143–149. <https://doi.org/10.52340/gS.2024.06.01.19>
- Dolidze, N., & Darsavelidze, Kh. (2024b). Research on awareness of traditional Georgian clothing. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 02 (130), 243-247. SoI: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-02-130-22> Doi: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.02.130.22>
- Dolidze, N., Datuashvili, M., Ugrexelidze, I., Charkviani, I., Chirgadze, K., Lursamanashvili, L., & Kvantidze, G. (2017). *Illustrated reference book of georgian national clothing*. Kutaisi: ATSU.

- Dolidze, N., Datuashvili, M., Ugrexelidze, I., Charkviani, I., Chirgadze, K., Lursamanashvili, L., & Kvantidze, G. (2016). Research of Georgian national clothes according to written sources, museum exponents and iconographic materials. Kutaisi: ATSU.
- Exer, M. (2011). On request: Georgian national costume. Retrieved March 24, 2024, from Livejournal: <https://ekser.livejournal.com/263903.html#cutid1>.
- Jansen, M. A., & Craik J., (2016). Modern Fashion Traditions Negotiating Tradition and Modernity through Fashion“ Bloomsbury Academic. 244.
- Ugrehelidze, I., & Kiknavelidze, L. (2022). Modern design of a costume using the elements of Tushetian women's clothing. *Індустрія моди. Fashion Industry*.
- Ugrehelidze, I., Dolidze, N., & Darsavelidze, K. (2019). Formation of the information base of Georgian national clothes. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 09 (77), 368-371.
- Yilmaz A. FL. & Harmankaya H., (2014). Creating New Desings On the Basis of Traditional Clothes (Example Of Kocael?), *Proceedings of International Academic Conferences 0702414*, International Institute of Social and Economic Sciences.
- Дарсавелидзе, Х., Дolidze, Н. А., & Датуашвили, М. В. (2017). Проектирование современной одежды на основе грузинского национального костюма. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Серія Технічні науки.

Development of a Database of Structural Parameters of the Georgian National Dress

Nino Dolidze¹, Khatuna Darsavelidze²

¹ Professor, Akaki Tsereteli State University. 577131824, nino.dolidze@atsu.edu.ge

ORCID: 0000-0003-0142-7463

² Academic Doctor, Akaki Tsereteli State University. 577198766,

khatuna.darsavelidze@atsu.edu.ge

ORCID: 0009-0000-2754-9448

Abstract

Georgian traditional clothing is an invaluable monument of the material culture of the Georgian people and represents the expression of their identity, values, and worldview. The traditional appearance of Georgian national costume, as it is known today, was formed through a long evolutionary process. In different regions of the country—mountainous areas, lowlands, and coastal regions—it developed in distinctive and individual forms adapted to local conditions. The diversity of its forms and types, the originality of its constructive and compositional solutions, and the impressive materials used make it an inexhaustible source of creative inspiration for contemporary clothing designers and specialists.

Since the second half of the nineteenth century, examples of Georgian traditional clothing have become the property of museums and have occupied an honorable place among museum exhibits. Although there is considerable interest in national costume samples among both specialists and the wider public, access to these artifacts is quite limited, as many museum items are damaged and require restoration. Over time, these museum samples will become even more unique and valuable, while access to them will become increasingly restricted.

Therefore, obtaining comprehensive and reliable information about these samples without direct physical contact with them is essential. This can be achieved through the systematization of clothing's structural elements, the creation of a digital database, and the development of a search and information program.

Among the structural characteristics of the Georgian dress, particular importance is given to the types of waistline segmentation and the forms of the neckline opening and fastening. Accordingly, the article examines the analysis of these structural features and the formation of a corresponding database.

Based on the analysis of the structural characteristics of the Georgian dress—specifically the waistline segmentation and the neckline opening and fastening types—all indicators were coded, which provides the basis for compiling an electronic database. The results of the study will be used in the process of forming an electronic repository of the constructive and compositional characteristics of Georgian traditional clothing.

On the basis of this electronic resource, it will be possible to develop a program through which researchers and interested users will be able to obtain comprehensive information about museum samples without direct contact with them.

Key words: traditional clothing, structural characteristics, dress fastening, coding, electronic database.



ტექნოგენურად დაბინძურებული კარიერული(მუავე) წყლების გაწმენდის სისტემები

კონსტანტინე ხაჭაპურიძე

ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი, გარემოს დაცვითი ინჟინერისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ.69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-Mail:

konstantinekhachapuridze@gmail.com.

ანოტაცია

განხილულია საქართველოში კერძოდ, ბოლნისის რაიონში მოქმედი სამთომპოვებითი მრეწველობის „RMG ჯგუფი“-ს სასარგებლო წიაღისეულის სალიცენზიო ფართობში სპილენძისა და პოლიმეტალების საბადოების ღია დამუშავებისას წარმოქმნილი მუავე კარიერული დაბინძურებული წყლების გაწმენდისათვის შერჩეული თანამედროვე წყლის გაწმენდის სისტემების მუშაობის ტექნოლოგიური ციკლი. „RMG ჯგუფი“-ს მიერ დამონტაჟებული ქიმიური გამწმენდი ნაგებობის(თანამედროვე წყლის გაწმენდის სისტემები) მუშაობის ეფექტურობის დადგენის მიზნით, ჩატარდა წყლებში (გამწმენდ ნაგებობაში შემავალი კარიერული დაბინძურებული წყლები, გამწმენდი ნაგებობიდან გამომავალი გაწმენდილი წყლები, მდინარე მაშავერა და კვირაცხოვლის ღელეს წყლები) ფიზიკო-ქიმიური კვლევა. მათი შედეგები გაანალიზდა ზედაპირული წყლის ობიექტებში დადგენილი ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების ნორმებსა და ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების მიმართებაში.

საკვანძო სიტყვები: მდ. მაშავერა, წყლის გაწმენდის სისტემები.

შესავალი

საქართველოს კანონების - „წყლის შესახებ“, „გარემოს დაცვის შესახებ“, „წიაღის შესახებ“, „ცხოველთა სამყაროს შესახებ“ და სხვა ნორმატიული აქტების შესაბამისად, აგრეთვე „საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის წესების“ მიხედვით უზრუნველყოფილი და დარეგულირებული უნდა იყოს წყლის ობიექტების დაცვა

წერტილოვანი და დიფუზიური ანთროპოგენული წყაროების ისეთი უარყოფითი ზემოქმედებისაგან, რომელიც გამოიწვევს წყლის ხარისხობრივი მდგომარეობის ცვლილებას, სასმელ - სამეურნეო წყალმომარაგებისა და მოსახლეობის ჯამრთელობის პირობების გაუარესებას[1-5].

სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება სამთამადნო დარგში, როგორცაა კარიერის დამუშავება და ფუქიქანების სანაყაროების ფორმირება მნიშვნელოვან გარემოსდაცვით ასპექტს წარმოადგენს, ვინაიდან აღნიშნულ პროცესში მძიმე მეტალებით დაბინძურებული მჟავე კარიერული წყლები წარმოქმნება, რომელიც გარემოზე მნიშვნელოვან მავნე ზეგავლენის ახდენს. სპილენძისა და პოლიმეტალების საბადოების მადნების ღია დამუშავება დაკავშირებულია მჟავე კარიერული წყლების სპილენძის, თუთიის, ტყვიის, კადმიუმის, მანგანუმის და ა.შ. იონებით დაბინძურებასთან. საბადოს ტიპი და ხასიათი, ასევე კლიმატური პირობები განაპირობებს დამაბინძურებლებელი ნივთიერებების რაოდენობას და შემადგენლობას.

აღნიშნული პრობლემა მეტად მნიშვნელოვანია საქართველოში კერძოდ, ბოლნისის რაიონში მოქმედი სამთომოპოვებითი მრეწველობის სალიცენზიო უბნებზე.

„RMG ჯგუფი“-ს არსებული მჟავე კარიერული წყლების ქიმიური გაწმენდა (თანამედროვე წყლის გაწმენდის სისტემები) საშუალებას იძლევა იონ-მეტალების შემცველობა მიყვანილი იქნეს ზღბ-ს მიახლოებულ სიდიდემდე[10].

ძირითადი ნაწილი

საქართველოში ფერადი ლითონების წარმოების პირველ ობიექტად ბოლნისის რაიონში არსებული პოლიმეტალის საბადო და საწარმო ითვლება, რომელიც თბილისიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთით 80 კმ-ის დაშორებით მდებარეობს. 1959 წელს საქართველოში დაიწყო ფერადი ლითონების ერთ-ერთი უდიდესი, სამთოგამამდიდრებელი მადნეულის კომბინატის მშენებლობა. 1975 წლიდან კომბინატი ახორციელებდა სპილენძის, ბარიტის, ოქრო-ვერცხლის შემცველი კვარციტებისა და პოლიმეტალური მადნების მოპოვებას, მოპოვებული სპილენძის და ბარიტის მადნების პირველად გადამუშავებას, გამდიდრებას და რეალიზაციას.

ბოლნისის რაიონის ტერიტორია აგებულია უმთავრესად მეოთხეული ნალექებით, ცარცული და იურული ასაკის კირქვებით, მერგელებით, ქვიშაქვებით და ვულკანოგენური წარმონაქმნებით. ასევე ვხვდებით ძველ ვულკანურ ნაკადებს, რომლებიც ხრამისა და მაშავერას ხეობაში ჩამოდის.

რაიონის ტერიტორიაზე მდებარე მადნეულის საბადოს აგებულებაში მონაწილეობს ტურონული და სანტონური ასაკის ვულკანოგენური დანალექი წყებები. მადან შემცველმა ქანებმა განიცადა ჰიდროთერმული შეცვლა (ზემოქმედება). პირველ ეტაპზე მოხდა ვულკანური ქანების პროპილიტიზაცია, ძლიერი პირიტიზაცია. მეორე ეტაპზე გაკვარცება, გოგირდის, კაოლინის, სერიციტის, ალუნიტის და ბარიტის ფორმირება.

აღსანიშნავია გამაღწევის ვერტიკალური ზონალობა ზევიდან-ქვევით: ბარიტი, ბარიტი-ოქრო, ბარიტი-პოლიმეტალები (Pb, Zn, Cu, Au, Ag) და სპილენძ-თუთია. შუალედური ტიპის მადნებია: ბარიტი-ტყვია, ბარიტი-თუთია, ტყვია-თუთია და საკუთრივ თუთია.

„RMG ჯგუფი“-ს სანაყაროები(1-ლი, მე-2 მე-3 და მე-4) განთავსებულია სპილენძ-ბარიტ-პოლიმეტალური კარიერის დამუშავების შედეგად წარმოქმნილი ფუჭი ქანები, რომელზეც ფუჭი ქანების განთავსება დაიწყო 1975-76 წლებში. მე-2 მე-3 და მე-4 სანაყაროებიდან 30-40 წელია დრენირებს მჟავე კარიერული წყლები, რომელიც აბინძურებდა მდინარეებს: მაშავერა, კაზრეთულა და ფოლადაურს [8-9].

წყლის ქიმიური გამწმენდი ნაგებობის პროექტირებისა და მოწყობისათვის შპს არ ემ ჯი გოლდი-მა საერთაშორისო საკონსულტაციო კომპანია “Golder associates“-ის დახმარებით შეასრულა წინასწარი კვლევები ჩამდინარე წყლების გაწმენდის საუკეთესო გარემოსდაცვითი გადაწყვეტილებების, წყლის ქიმიური გამწმენდი სისტემების კონცეფციის და საუკეთესო ტექნოლოგიის შერჩევის მიზნით. ამ კვლევების საფუძველზე შემუშავდა საპროექტო ტექნიკური დავალება.

ამის შემდგომ, წყლის ქიმიური გამწმენდი ნაგებობის პროექტირებისა და მოწყობის მიზნით შპს არ ემ ჯი გოლდი-მა გამოაცხადა საერთაშორისო ტენდერი. ტენდერში მონაწილეობა მიიღო სხვადასხვა ქვეყნის 9 კომპანიამ, მათგან ტენდერის პირველ სტადიაზე მოხდა მონაწილეების გამოხშირვა და საბოლოო შერჩევა მოხდა დარჩენილი 3 პრეტენდენტისაგან. პრეტენდენტების საპროექტო წინადადებების განხილვის შედეგად საბოლოოდ ხეიმკრულება გაფორმდა პორტუგალიურ კომპანია Elevation Engenharia, SA-სთან, რომელიც ხელმძღვანელობს გერმანული კომპანიის Cerafiltec-ის ტექნოლოგიური რეგლამენტით.

Cerafiltec წარმოადგენს გერმანულ კომპანიას, ვინც წყლის გაწმენდის დარგში ერთ-ერთი მოწინავე და ინოვაციური კომპანიაა. 25 წლის წინ მათ განახორციელეს კერამიკული ბრტყელი ფირფიტის მემბრანისანი ფილტრაციის ტექნოლოგიის შექმნის იდეა. მას შემდეგ აღნიშნული ტიპის ფილტრებმა დიდი მოწონება მოიპოვეს ამ დარგში მომუშავე სპეციალისტებს შორის. 2016 წელს კერამიკული ფილტრაციის ტექნოლოგიის წამყვანმა სპეციალისტებმა, მეცნიერებმა და პროფესორებმა ჩამოაყალიბეს კომპანია Cerafiltec. კომპანიამ უფრო დახვეწა ტექნოლოგია და შეიმუშავა ყველაზე ინოვაციური კერამიკული ბრტყელი ფირფიტისანი მემბრანული ფილტრების მოდულები. დღეს კომპანია წარმატებით მოღვაწეობს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში.

Cerafiltec-ის მიერ ლაბორატორიული ცდების საშუალებით გადამოწმდა მიწოდებული პარამეტრები და ცდების შედეგად დადგინდა გასაწმენდი კომპონენტების სიდიდეები, რომლებიც მიიღწევა წყლის დამუშავების შემდეგ[6-7].

2020 წლის ბოლოს შპს „არ ემ ჯი გოლდი“-ს მიერ პირველად საქართველოში განხორციელდა თანამედროვე ქიმიური გამწმენდი ნაგებობების მონტაჟი. ქიმიური

გამწმენდების ექსპლუატაციაში შესვლის შემდგომ, მთლიანად აღმოიფხვრა ზედაპირული წყლის ობიექტების(მდინარე მაშავერა, მდინარე კვირაცხოვლის ღელე და მდინარე კაზრეთულა) დაბინძურება. ქიმიური გამწმენდი ნაგებობები უზრუნველყოფენ მჟავე კარიერული წყლების გაწმენდას კომპანისათვის დადგენილი ზღრ ნორმის ფარგლებში[10].

კვლევი პირველ ეტაპზე განხორციელდა მჟავე კარიერული წყლების ქიმიურად გაწმენდილი წყლების საფუძვლიანი შესწავლა/გამოკვლევა და მდინარე მაშავერასა და კვირაცხოვლის ღელის წყლის აღებულ სინჯებში მძიმე ლითონების შემცველობის განსაზღვრა კერძოდ:

ქიმიურად გაწმენდილი მჟავე კარიერული წყლების შესწავლა და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების შედარება ზღრ და ზდკ ნორმებთან ნარჩენი იონ-მეტალების დიაპაზონის დასადგენად. ქიმიური გამწმენდი ნაგებობიდან აღებული იქნა როგორც შემავალი გასაწმენდი წყალი ასევე, გაწმენდილი წყალი ლაბორატორიული კვლევისათვის.

ამასთან სინჯები აღებული იქნა მდინარე მაშავერასა და კვირაცხოვლის ღელედან. კვლევის განხორციელდა შპს „არ ემ ჯი გოლდი“-ს გარემოსდაცვითი ლაბორატორიაში. საკვლევად გამზადებული წყალი გაიფილტრა სპეციალური ფილტრის (ქალაღდის ფილტრები) საშუალებით, შემდგომ კოლბაში არსებულ საკვლევ წყალში გაზომილი იქნა PH (წყალბად იონთა კონცენტრაცია).

გაფილტრულ წყალი მომზადდა კვლევისთვის და სასურველ განზავებები განხორციელდა სპეციალური პიპეტების საშუალებით, განზავების პროცესში გამოყენებული იქნა დისტილირებული წყალი. განზავებული ხსნარი, გადატანილი იქნა მინის კიუვეტებში, რომლებიც გამოიყენება Hach DR-3900 მოდელის სპექტროფოტომეტრისათვის. მინის კიუვეტებში ემატება სპეციალურ რეაგენტი ყველა მეტალებისათვის ცალ-ცალკე, რომელსაც აღმომჩენი ფუნქცია აქვს, ეს რეაგენტებიც არის Hach ის ფირმის. Cu, So₄, Fe, (ფხვნილის ბალიშები) და Zn ის შემთხვევაში ასევე Hach ის ფირმის აღმომჩენი რეაგენტი „ციკლოჰექსანი“. რეაგენტების დამატების შემდეგ კიუვეტები ენერგიულად შენჯღრევის შემდგომ თავსდება სპექტროფოტომეტრში, მოწყობილობაში მოთავსებამდე აუცილებელია კიუვეტის გაწმენდა რადგან მოხდეს სხივის კარგი გატარება. პარალერულად მზადდება ნულოვან ხსნარი. ტალღის სიგრძის შერჩევა ავტომატურად ხდება პარამეტრის დაყენების დროს, მიღებულ შედეგს ვამრავლებთ განზავების რიცხვზე და ვიღებთ საბოლოო პარამეტრებს.

კვლევისთვის გამოყენებული იქნა სხვადასხვა ლაბორატორიული საშუალებები (ბრტყელძირა კოლბა,პიპეტები, PH მეტრი, სპექტროფოტომეტრი, მინის კიუვეტები, ბუფერული ხსნარები კალიბრაციისთვის, ფილტრის ქალაღდი, აღმომჩენი რეაგენტები, ძაბრები, საზომი კოლბები).

მიღებული შედეგები წარმოგიდგენილია ცხრილის სახით.

ცხრილი #1 ქიმიური გამწმენდი ნაგებობაში შემავალი გასაწმენდი და გამომავალი გაწმენდილი წყლის კვლევის შედეგები:

	დაბინძურებული	გაწმენდილი	ზღვ	ზღვ
PH	7	7,7	6,5-8,5	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.35	0.25	7.5	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.56	0.42	8	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.04	0.04	15	0.3
სულფატები So4 მგ/ლ	1200	640	5000	500
მანგანუმი Mn მგ/ლ	0.72	0.62	0.8	0.1
კადმიუმი Cd მგ/ლ	0.001	0.001	0.011	0.001

ცხრილი #2 მდინარე მაშავერას(მაშავერა ფონი) წყლის კვლევის შედეგები:

	ფონური	ზღვ
PH	8,1	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.04	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.04	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.08	0.3
სულფატები So4 მგ/ლ	9	500

ცხრილი #3 კვირაცხოვლის ლელე(კვირაცხოველი ფონი) წყლის კვლევის შედეგები:

	ფონური	ზღვ
PH	8,06	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.11	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.12	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.09	0.3
სულფატები So4 მგ/ლ	19	500
მანგანუმი Mn მგ/ლ	0,0	0,1

გაწმენდილი წყლის პარამეტრების დადგენის შემდგომ, გამოიკვეთა, რომ ქიმიური გამწმენდი ნაგებობიდან გამომავალი წყალი აკმაყოფილებს საქართველოს გარემოსდაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიერ შეთანხმებული ზღვრულად დაშვების ჩაშვების (ზდჩ) ნორმებს.

დასკვნა

თანამედროვე გაწმენდის სისტემების ქიმიურად გაწმენდილი მყავე კარიერული წყლების შესწავლა და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების შედარება ზდჩ და ზდკ ნორმებთან მოქცვა შემდეგი დასკვნის საშუალება:

ცხრილ #4 ში მოცემულია ქიმიური გამწმენდი ნაგებობაში შემავალი გასაწმენდი და გაწმენდილი წყლის პარამეტრები, ასევე ზდჩ და ზდკ ნორმები. პარამეტრების მაჩვენებლებში წითლად აღნიშნულია კვლევის შედეგად მიღებული ის პარამეტრები, რომლებიც აჭარბებს ზდკ(ზედაპირულს წყლის ობიექტში ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები) ნორმებს, ხოლო ყვითლად აღნიშნულია კვლევის შედეგად მიღებული ის პარამეტრები, რომლებიც ზდკ ნორმების ზღვარზეა.

შედეგების მიხედვით ზდკ ნორმებს აჭარბებს მანგანუმი (*Mn*) და სულფატები *So4*, ხოლო კადმიუმი (*Cd*) ზღვარზეა(იხ.ცხრილი 4). ზდკ ნორმების მიხედვით მანგანუმი(*Mn*) დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 0,1 მგ/ლ-ში, შედეგის მიხედვით კი მანგანუმი(*Mn*) კონცენტრაცია 0,62 მგ/ლ-ის ფარგლებშია, რაც 0,52მგ/ლ-ით მეტია დასაშვებ ზდკ ნორმებთან. რაც შეეხება სულფატებს(*So4*) მისი დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 500 მგ/ლ-ში, შედეგის მიხედვით კი სულფატებს(*So4*) კონცენტრაცია 640 მგ/ლ-ის ფარგლებშია, რაც 150 მგ/ლ-ით მეტია დასაშვებ ზდკ ნორმებთან.

მნიშვნელოვანია ასევე კადმიუმი(*Cd*) კონცენტრაცია, რომელიც ზღვარზეა. ზდკ-ს ნორმებით კადმიუმი(*Cd*) კონცენტრაცია შეადგენს 0,001 მგ/ლ-ში და კვლევის შედეგის მიხედვით კონცენტრაციამ ასევე შეადგინა 0,001 მგ/ლ-ში,

აღსანიშნავია, რომ კვლევის შედეგების მიხედვით ქიმიური გამწმენდი ნაგებობიდან გამომავალ წყალში არსებული მძიმე მეტალების კონცენტრაციები არ აჭარბებს შპს „არ ემ ჯი გოლდი“-ს მიერ, გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროში შეთანხმებული ზდჩ(ზედაპირულ წყლის ობიექტებში ჩამდინარე წყლებთან ერთად ჩაშვებულ დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების ნორმები) ნორმებს და თანამედროვე ტიპის გაწმენდის სისტემა ეფექტურად უმკლავდება დასახულ ამოცანებს.

ცხრილი #4 ქიმიური გამწმენდი ნაგებობაში შემაჯავლი გასაწმენდი და გამომავალი გაწმენდილი წყლის კვლევის შედეგები:

	დაბინძურებული	გაწმენდილი	ზღრ	ზღკ
PH	7	7,7	6,5-8,5	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.35	0.25	7.5	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.56	0.42	8	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.04	0.04	15	0.3
სულფატები So4 მგ/ლ	1200	640	5000	500
მანგანუმი Mn მგ/ლ	0.72	0.62	0.8	0.1
კადმიუმი Cd მგ/ლ	0.001	0.001	0.011	0.001

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Law of Georgia on Water, 1997; Consolidated version (Final) 30/06/2023.
2. Law of Georgia "On Environmental Protection". 1997; consolidated Version 02/03/2021.
3. Law of Georgia on mineral resources, 1996; consolidated Version 16/012/2021.
4. Law of Georgia on Animal World, 1996; Consolidated version 29/06/2023.
5. On the approval of the technical regulation of surface water pollution protection, Resolution N425 of the Government of Georgia, December 31, 2013, Tbilisi. Consolidated version 10/01/2014.
6. RMG – EIA – Report - <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/26787>
7. Water treatment systems new technology - <https://www.cerafiltec.com/about-cerafiltec/>
8. Mining-related metal pollution and ecological risk factors in South-Eastern Georgia g.avkopashvili 2018
https://old.tsu.ge/data/file_db/faculty_zust_sabunebismetk/avqofaSvili%20phd.pdf
9. Determination of Cu, Zn and Cd in soil, water and food products in the vicinity of RMG gold and copper mine, Kazreti, Georgia
10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1512188717300441>
11. <https://richmetalsgroup.com/mitigation-measures/>

Technologically polluted quarry (acidic) water treatment systems

Konstantine Khachapuridze

Environmental Engineering and Ecology Department, Student, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69. E-mail:

konstantinekhachapuridze@gmail.com.

Abstract

The technological cycle of operation of modern cleaning systems selected for the cleaning of acidic quarry turbid waters generated during the open processing of copper and polymetal deposits in the mineral license area of the mining industry "RMG Group" operating in Bolnisi region in Georgia, in particular, is discussed. In order to determine the efficiency of the operation of the chemical treatment facility (modern cleaning systems) installed by the "RMG Group", a physico-chemical study was conducted in the waters (quarry polluted waters entering the treatment facility, purified waters coming out of the facility, Mashavera River and the waters of the Tsiditskhovli Ghele). Their results were analyzed in relation to marginally permissible discharge norms and marginally permissible concentrations of surface waters.

Keywords: Mashavera River, Water treatment systems

1.5 ფარმაცოლოგია, ტოქსიკოლოგია და ფარმაცევტიკა

საქართველოს ფლორის *Consolida orientalis* (J.Gay) Schrödinger-ის
ალკალოიდები და ვეგეტატიური ორგანოების ანატომიური აგებულება
ლალი კინწურაშვილი¹, ქეთევან მჭედლიძე²
თსუ იოველ ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი

ფარმაციის აკადემიური დოქტორი; ფიტოქიმიის ს/კ დეპარტამენტი, ალკალოიდების
მიმართულება, უფროსი მეც. თანამშრომელი¹; 599407944, l.kintsurashvili@tsmu.edu

სოფლის მეურნეობის აკად დოქტორი; ფიტოქიმიის ს/კ დეპარტამენტი, ფარმაცობოტანიკის
მიმართულება, მთავარი მეც. თანამშრომელი²; 593-580-027, k.mchedlidze@tsmu.edu

აბსტრაქტი

განხილულია საქართველოს ფლორის *Consolida orientalis* (J.Gay) Schrödinger-ის ალკალოიდების შემცველობა და საკვლევი სახეობის მცენარის ვეგეტატიური ორგანოების მაკრო- და მიკროსტრუქტურული თავისებურებები ტაქსონის საიდენტიფიკაციო მახასიათებლების დადგენის მიზნით.

C. orientalis-ის მიწისზედა ვეგეტატიური ორგანოები დაფარულია მარტივი, კონუსური ფორმის, მოღუნული, ერთუჯრედოვანი ტრიქომებით. ყლორტის მუხლთშორისის სტრუქტურა მონოციკლურია, ტრანზიტორული სისტემა კონებგანცალკევებული; გამტარი კონა ღია-კოლატერალური ტიპის. ფოთლის სეგმენტი ორფრთიანია, ბიფაციალური ფორმის, ამფისტომატური, დორზოვენტრალური სტრუქტურის; ფოთლის ზედა და ქვედა ეპიდერმისი მწყობრად დაგვირისტებულია, მრუდხაზოვანი, ზიგზაგისებრ-კუთხოვანი სტრუქტურის; ფოთლის სავენტილაციო სისტემა ბაგეტა ანომოციტური ტიპს მიეკუთვნება. *C. orientalis*-ის ფესვი პოლიარქული აღნაგობისაა; ფესვის მერქანში გამტარი ჭურჭლები ჯგუფური და სიგრძრზე მჭკრივული განწყობით დიფერენცირდება, მათი შიდა გარსის გასქელება უპირატესად ფოროვანია მარტივი პერფორაციული ფირფიტით წარმოდგენილი. *C. orientalis*-ის ფესვის ტრანზიტორული სისტემისათვის დამახასიათებელია ჰომოგენური რადიალური სხივების არსებობა ქერქის მიმართულებით გაგანიერების ტენდენციით.

ჩატარებული ფიტოქიმიური კვლევებისა და GC/MS სპექტრალური ანალიზის შედეგად დადგენილია, რომ *C. orientalis*-ის ვეგეტატიური ორგანოებიდან სითხურ-

სითხოვანი ექსტრაქციის მეთოდით მიღებულ გასუფთავებულ ალკალოიდების ჯამში დომინირებს დიტერპენული ჯგუფის ფუძეები: დელკოზინი, გიგაქტონინი, ლიკოკტონინი.

საკვანძო სიტყვები: საქართველოს ფლორა; *Consolida orientalis* (J.Gay) Schrödinger; ანატომია; ვეგეტატიური ორგანოები; დიტერპენული ალკალოიდები

სოსანი, *Consolida* S. F. Gray — ხარისძირასებრთა (Helleboraceae) ოჯახის ერთწლოვანი, შხამიანი და დეკორატიული ბალახოვანი მცენარეების გვარია, რომელიც გავრცელებულია დედამიწის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, ევრაზიის ზომიერი სარტყლის ფარგლებში [1]. *Consolida*-ს გვარში აწერილია 119-მდე სახეობის მცენარე [5]. რომელთაგან 4 წარმოდგენილია საქართველოს ადგილობრივ ფლორაში [1,2,3]. სოსანის სახეობები ბუნებრივად იზრდებიან ველებზე, ნახევრადუდაბნოებში, ქვიშიან და ქვიან ფერდობებზე, მინდვრებში სარეველების სახით, ასევე რუდერალურ ადგილებზე [1]. საქართველოს ბოტანიკოსთა თვალსაზრისით, *Consolida* დამოუკიდებელ გვარად მიიჩნევა და ადგილობრივი ფლორის გათვალისწინებით არ განიხილება როგორც *Delphinium*-ის სექციის ან ქვეგვარის დაქვემდებარებული ჯგუფი [1].

Consolida-ს გვარის მცენარეთა სამკურნალო თვისებები უძველესი დროიდანაა ცნობილი; ტრადიციულ და ხალხურ მედიცინაში გამოიყენება მათი ნაყენი და ნახარში კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის, შარდ-სასქესო სისტემის, ღვიძლის, სასუნთქი გზების, თვალის და კანის სხვადასხვა დაავადებების დროს [4,7]. ლიტერატურული მონაცემების თანახმად, სოსანის გვარიდან იდენტიფიცირებულია 126 სხვადასხვა ტიპის დიტერპენული ალკალოიდი (C-18, C-19 და C-20), სადაც ლიკაკონიტინის C-19 ტიპის ფუძე შეიძლება ჩაითვალოს *Consolida*-ს გვარის დამახასიათებელ ნაერთად [6]. სოსანის სახეობების დიტერპენულ ალკალოიდებს ახასიათებთ ინსექტიციდური, ანტიმიკრობული, ანტიპარაზიტული, ანტივირუსული, ანთების საწინააღმდეგო, ტკივილ-გამაყუჩებელი, სპაზმოლიზური, ნაღვლმდენი, შარდ-მდენი, ამოსახველებელი, სიმსივნის საწინააღმდეგო და ანტიოქსიდანტური აქტივობა [6,8].

კვლევის მიზანი ადგილობრივი ფლორის *Consolida orientalis* (J.Gay) Schrödinger-ის სამკურნალო პოტენციალის განსაზღვრამ განაპირობა. კრიტიკული სახეობის ფარმაკოგნოსტური შესწავლის ფარგლებში, მისი ვეგეტატიური ორგანოების ანატომიური აგებულების და ალკალოიდური ნაერთების შემცველობის დადგენის საფუძველზე. ფარმაკოგნოსტურ კვლევებში მცენარეთა მიკროსტრუქტურული სადიაგნოსტიკო მახასიათებლების დადგენა განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ატარებს, რადგან სწორედ ამ ნიშნებით ხდება სამკურნალო და პერსპექტიულ სამკურნალო მცენარეთა იდენტიფიკაცია და შემდგომ მისი ფიტოქიმიური სკრინინგი.

C. orientalis-ი ერთწლოვანი ბალახოვანი მცენარეა სწორმდგომი, მარტივი ან დატოტვილი ღეროთი. ღეროს ზედა ნაწილი დაფარულია ბუსუსებით, ხოლო ქვედა

ნაწილი — შიშველია. ფოთლები გრძელი, ვიწროხაზური ნაკვეთებით გამოირჩევა. ყვავილედნი გრძელია, მრავალყვავილიანი და ხშირი, წარმოდგენილია მარტივი ან დატოტვილი მტევნის სახით. ყვავილის ყუნწები მოკლეა (8–10 მმ), ჯირკვლოვანი შებუსვით. ყვავილები დიდია (12–15 მმ), ღია იისფერი ან მოწითალო-იისფერი. ყვავილსაფრის ფოთლები ოდნავ შებუსვილია, ფორმით კვერცხისებრ-ლანცეტა ან თითქმის მომრგვალო. დეზო ყვავილსაფრის ფოთლებზე მოკლეა, სწორი ან ოდნავ მოხრილი. სანექტრე ალისფერ-წითელია, ხშირად ზოლებით და მომრგვალო-სამკუთხა გვერდითი ნაკვეთებით. ფოთლურა 12–27 მმ სიგრძისაა, სქლად შებუსვილია, მოკლე ნისკარტით და ნაკერის გასქელებული კედლებით. თესლები მოშავო-მურა შეფერილობისაა. მცენარის აქტიური ყვავილობა მაისიდან ივლისამდე (V–VII) გრძელდება[1].

C. orientalis-ი ბუნებრივად იზრდება ველებზე, ნახევრადუდაბნოებში, ღია ფერდობებზე, მთის წინებიდან მთის შუა სარტყლამდე. საქართველოში გავრცელებულია: ქართლის, მთიულეთის, კახეთისა და მესხეთის ფლორისტულ რაიონებში. საერთო გავრცელება კი შუა და სამხრეთ ევროპას, ხმელთაშუაზღვის რეგიონს, სომხეთს, ირანს, ცენტრალურ და სამხრეთ აზიას მოიცავს.

მასალა და კვლევის მეთოდიკა: *C. orientalis*-ის საექსპერიმენტო სახეობა მოპოვებულ იქნა 2025 წელს, ქართლის ფლორისტულ რაიონში - N 42.01151° E 044.33466°, H-708m, ნათესებში. კვლევის ობიექტის საჭერბარიუმო ნიმუში დაცულია თსსუ ი. ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტის ჰერბარიუმში ТВПН - 22732 (სურ.1).

საანალიზო მცენარის ფესვის, ყლორტის მუხლთმორისის, ფოთლის ნაკვეთების ფირფიტის ცენტრალური არეებიდან აღებული საპრეპარატო ნიმუშთა განივი, სიგრძივი და ზედაპირული ანათლები დამზადდა ცოცხალი დაუფიქსირებელი მასალიდან ბასრი სამართებლის საშუალებით, საკვლევი ანათლები შეიღება საფრანხის 1%-იან ხსნარში 24 სთ-ის განმავლობაში და მოთავსდა გლიცერინიან გარემოში სასაგნე მინაზე. კვლევის



სურ.1 *Consolida orientalis* (J.Gay) Schroding. ჰერბარიუმის ნიმუში

ობიექტთა მიკროტექნიკური კვლევა წარმოებდა სინათლის Carl Zeiss, Jeneval-ის მიკროსკოპზე; ფოტოდოკუმენტალური მასალა დაფიქსირდა ციფრული ფოტოაპარატის (Canon Digital IXUS75) საშუალებით და გრაფიკულად დამუშავდა Adobe Photoshop CS5-ის პროგრამაში.

C. orientalis-ის ჰ/მ დაწვრილმანებული ვეგეტატიური ორგანოებიდან ალკალოიდების საერთო ჯამი მიღებულია სითხურ-სითხოვანი ექსტრაგირების ორი მეთოდით: კლასიკური მეთოდი: ნედლეულის წინასწარი შეტუტიანება 5% Na₂CO₃ ხსნარით და ალკალოიდების გამოწვლილვა CHCl₃. ჯამის გასუფთავება 5% H₂SO₄, მჟავა გამონაწვლილის შეტუტიანება Na₂CO₃ pH-9-მდე და ალკალოიდების გადაყვანა ორგანულ გამხსნელში ფუძის სახით. II-ექსტრაგირება გამხსნელთა სისტემით: CH₃OH-CH₃COOH-H₂O (70:3:27). მჟავა-წყლიანი გამონაწვლილების შეტუტიანება Na₂CO₃ PH-9-მდე და ალკალოიდების გამოწვლილვა CHCl₃. მიღებული ალკალოიდმემცველი ჯამები დაყოფილია ფრაქციებად ფუძიანობის მიხედვით (PH 2,0-10,0, ბიჯი 1,0). ფრაქციები გასუფთავებულია აცეტონით და გადაკრისტალებულია მეთანოლით. გამოყოფილი ფუძეების იდენტიფიკაცია მოვახდინეთ GC/MS სპექტრალური და თვისობრივი ანალიზების საფუძველზე- თფქ მეთოდით (ფირფიტა Silicagel₂₅₄, Merck; სისტემა: CHCl₃-CH₃OH (4:1); დეტექტორი: დრაგენდორფის რეაქტივი), ჭემმარიტ ნიმუშების თანდასწრებით.

კვლევის შედეგები

C. orientalis-ის ვეგეტატიურ ორგანოთა ანატომიური აგებულება. *C. orientalis*-ის ყლორტის მუხლთშორისი მონოციკლური ანატომიური არქიტექტონიკით ხასიათდება (სურ. 2. A). ღერძითი ორგანო დაფარულია მარტივი, კონუსური ფორმის, მოღუნული, ერთუჯრედოვანი ტრიქომებით (სურ. 2. B). მუხლთშორისის ერთრიგიანი მფარავი ქსოვილი მნიშვნელოვნად კუტინიზირებულია, მას ფირფიტოვანი კოლენქიმის უჯრედები ემიჯნება, რომელსაც თავისთავად ქლორენქიმის პარენქიმული ქსოვილი მოსდევს. ღერძითი ორგანოს ცენტრალურ ცილინდრში რადიალური განლაგებით მორიგეობით დიფერენცირებულია კონებგანცალკევებული (*disjunctus*), არაერთგვაროვანი ზომის, ღია-კოლატერალური ტიპის გამტარი კონები (სურ. 2. C). ტრანზიტორული ქსოვილის ლაფანი შემოსაზღვრულია არაერთგვაროვანი კალიბრისა და კუთხოვანი კონფიგურაციის მქონე, უპირატესად თხელგარსიანი, დიდღრუიანი სკლერენქიმული უჯრედებით. მერქნის გამტარ ჭურჭელთა სანათურები, ძირითადად, დიდკალიბრიანია, ოვალური ან სუსტად კუთხოვანი ფორმის. მერქანში მათი განლაგება როგორც ჯგუფური, ისე სიგრძივი მწკრივებით არის წარმოდგენილი (სურ. 2. C). ტრაქეიდები ხასიათდება ოვალური ან სუსტად კუთხოვანი კონფიგურაციით და მცირე ზომის სანათურებით. ყლორტში გამტარ ჭურჭელთა შიდა გარსი სპირალური და კიბისებურად ფოროვანი გასქელებებით ხასიათდება (სურ. 2. D), ხოლო ტრაქეიდები - ფოროვანი გასქელებით. *C. orientalis*-ის ყლორტის მუხლთშორისის მედულარული

ქსოვილი დიდი მოცულობისაა და წარმოდგენილია ფაშარად განწყობილი, სქელგარსიანი, პოლიგონალური პარენქიმით (სურ. 2. C).

C. orientalis-ის ფოთლის ზედა და ქვედა ეპიდერმისის ფუძემდებარე უჯრედები მწყობრად დაგვირისტებულია და ხასიათდებიან მრუდხაზოვანი, ზიგზაგისებრ-კუთხოვანი ფორმით (სურ. 3. A, B). ფოთლის მფარავ ქსოვილში ბაგეთა განლაგება, ბაგეთშორისი ხვრელების ერთმანეთის მიმართ განწყობის გათვალისწინებით, მწყობრია. ბაგის აპარატი მარტივი, ანომოციტური ტიპისაა. ბაგის მკეტავი უჯრედები თანაბრად თხელგარსიანია და ოსპისებრი ფორმით ხასიათდება, ხოლო ბაგეთშორისი ხვრელი — თითისტარისებრი ფორმისაა (სურ. 3. A, B). ბაგის მკეტავ უჯრედებში ქლოროპლასტები დიფერენცირებულია წვრილმარცვლოვანი სახით. *C. orientalis*-ის ფოთლის სეგმენტი (ნაკვთი) მომცრო ზომისაა, ბიფაციალური ფორმის და ორფრთიანი აგებულების (სურ. 3. C). იგი შებუსულია მარტივი, ერთუჯრედოვანი, კონუსური, ხშირად მოღუნული ფორმის ბუსუსებით. ფოთლის სეგმენტის რბილობში მკვეთრად გამოხატულია მედიანური და ლატერალური გამტარი კონები. *C. orientalis*-ის ფოთლის მეზოფილი ამფისტომატურია და დორზოვენტრალური სტრუქტურით ხასიათდება (სურ. 3. C, D). სავენტილაციო სისტემის შედარებით მრავალრიცხოვანი დიფერენცირება ფოთლის აბაქსიალურ მხარეს ფიქსირდება და ეპიდერმისთან მიმართებაში წამოწყებული სახით არის წარმოდგენილი. ფოთლის მეზოფილში დიფერენცირებულია შემომფენი ქსოვილით შემოსაზღვრული უკუ-კოლატერალური ტიპის გამტარი კონები და სპირალურად შიდა გარსს გასქელებული ანასტომოზები (სურ. 3. E).

C. orientalis-ის მიწისქვეშა ღერძითი ორგანო პოლიარქული არქიტექტონიკით ხასიათდება (სურ. 4. A). ფესვის მფარავი ქსოვილი წარმოდგენილია პერიდერმის სტრუქტურული ერთეულებით, რომელსაც ქერქის პარენქიმული უჯრედები ესაზღვრება (სურ. 4. B). ქერქში სკლერენქიმული უჯრედების კონები ქაოტურადაა დიფერენცირებული. ფესვის ცენტრალური ცილინდრი მთლიანად შევსებულია ტრანზიტორული სისტემის სტრუქტურული ელემენტებით (სურ. 4. C). ლაფანის ქსოვილი, რომელიც განსაკუთრებით მცირე არეალს იკავებს, შემოსაზღვრულია არაერთგვაროვანი ფორმისა და ზომის, დიდღრუიანი და თხელგარსიანი სკლერენქიმული უჯრედებით (სურ. 4. B,C). მრავალსხვიან მერქანში აღინიშნება მერქნის პარენქიმასა და ტრაქეიდების ბადეში დიფერენცირებული გამტარი ჭურჭლების სანათურები (სურ. 4. D). მერქნის გამტარი ჭურჭლები უპირატესად ჯგუფური განლაგებით აისახებიან, თუმცა წარმოდგენილია მეორადი გამტარი ჭურჭლების სიგრძივად მწყობრად განწყობის ტენდენცია (სურ. 4. D). მერქნის გამტარი ჭურჭლების სანათურები ოვალური ფორმისაა და არაერთგვაროვანი კალიბრის, ხოლო ტრაქეიდები — მნიშვნელოვნად მომცრო ზომის, ოვალური ან კუთხოვანი კონფიგურაციის. მერქნის გამტარი ჭურჭლებისა და ტრაქეიდების შიდა გარსი ფოროვანი გასქელებით ხასიათდება (სურ. 4. E); გამტარი ჭურჭლების სახსრები წარმოდგენილია მარტივი პერფორაციული

ფირფიტებით. ფესვის ცენტრალურ ცილინდრში დიფერენცირებულია ჰომოგენური რადიალური სხივების 2–4 რიგიანი მწკრივები ქერქის მიმართულებით გაგანიერების ტენდენციით (სურ. 4. D).

C. orientalis-ის თვისობრივი ანალიზი ალკალოიდების შემცველობაზე. *C. orientalis*-ის ვეგეტატიური ორგანოების ალკალოიდების შემცველობაზე ანალიზის შედეგად დადგენილია ალკალოიდების საერთო ჯამების გამოსავალი ჰაერ-მშრალ ნედლეულზე გადაანგარიშებით: I მეთოდით მიღებული საერთო ჯამის გამოსავალია-0,38%, II- 0,42%.

ალკალოიდების ჯამების თვისობრივი ანალიზის შედეგად ჭეშმარიტ ნიმუშებთან თანდასწრებით თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით დადგინდა, რომ ორივე მეთოდით მიღებული ჯამები თვისობრივად იდენტურია, შეიცავენ დიტერპენული ჯგუფის ალკალოიდებს; I მეთოდით მიღებულ საერთო ჯამში დომინირებს ფარმაკოლოგიურად აქტიური ალკალოიდი დელკოზინი; II - ლიკოკტონინი; ალკალოიდშემცველ ფრაქციაში PH - 3,0 - 4,0 - დომინირებს დელკოზინი; PH - 5,0 - 7,0 - გიგაქტონინი, PH 9,0-10,0 - ლიკოკტონინი, რაც დადასტურებულია GC/MS სპექტრალური ანალიზით.

ალკალოიდების ჯამური სუბსტანციები დადებითად იქნა შეფასებული ციტოტოქსიკურ და ანტიოქსიდანტურ აქტივობებზე.

დასკვნა

შესწავლილია და დადგენილი საქართველოს ფლორის, პერსპექტიული სამკურნალო მცენარის *Consolida orientalis* (J.Gay) Schroding.-ის ვეგეტატიური ორგანოების ანატომიური აგებულების სადიაგნოსტიკო მახასიათებლები და ალკალოიდშემცველობა.

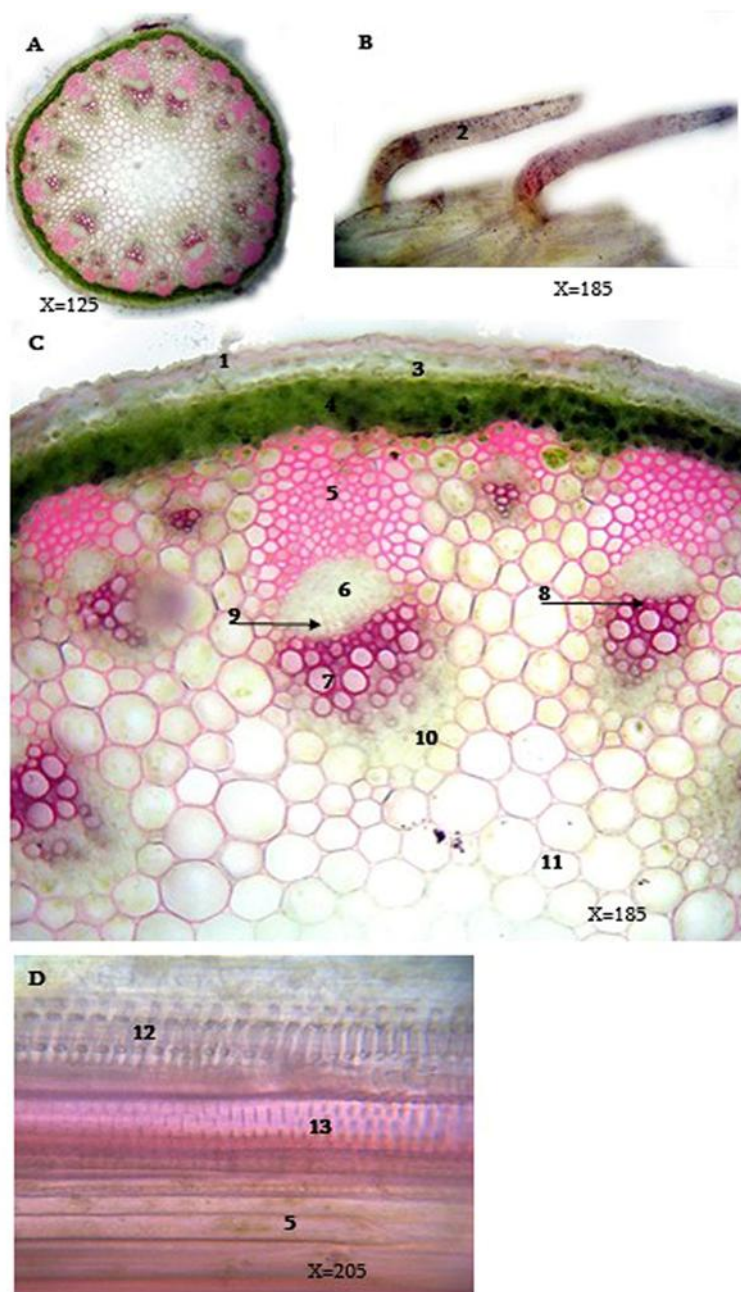
C. orientalis-ის მიწისზედა ვეგეტატიური ორგანოები დაფარულია მარტივი, კონუსური ფორმის, მოლუნული, ერთუჯრედოვანი ფუძის მქონე ტრიქომებით; ყლორტის მუხლთმორისის სტრუქტურა მონოციკლურია, ტრანზიტორული სისტემა კონებგანცალკევებული; გამტარი კონა ღია-კოლატერალური ტიპის; მერქნის ტრაქეალური ქსოვილი სპირალური და ფოროვანი შიდა გარსის გასქელებით. *C. orientalis*-ის ვეგეტატიურ ორგანოთა შინაგანი აგებულებისათვის დამახასიათებელია არაერთგვაროვანი კალიბრისა და კონფიგურაციის თხელგარსიანი და დიდდრუიანი, სკლერენქიმული უჯრედების კონობრივი დიფერენცირება.

C. orientalis-ის ფოთლის სეგმენტი ორფრთიანია, ბიფაციალური ფორმის, ამფისტომატური, დორზოვენტრალური სტრუქტურის. ფოთლის ზედა და ქვედა ეპიდერმისი მწყობრად დაგვირისტებულია, მრუდხაზოვანი, ზიგზაგისებრ-კუთხოვანი სტრუქტურის; ბაგის აპარატი ანომოციტურია, ოსპისებრი ფორმის ბაგის მკეტავი უჯრედებითა და თითისტარისებრი ბაგეთმორისი ხვრელით წარმოდგენილი.

C. orientalis-ის ფესვი მრავალსხივიანია, პოლიარქული; ფესვის ქერქში მექანიკური უჯრედების კონები ქაოტურად დიფერენცირებულია. ფესვის მერქანში გამტარი

ჭურჭლები ჯგუფური და სიგრძობზე მწკრივული განწყობით ხასიათდება, მათი შიდა გარსის გასქელება უპირატესად ფოროვანია მარტივი პერფორაციული ფირფიტით წარმოდგენილი, ტრაქეიდებიც ფოროვანი შიდა გარსის გასქელებით ხასიათდებიან. *C. orientalis*-ის ფესვის ტრანზიტორული სისტემისათვის დამახასიათებელია ჰომოგენური რადიალური სხივების დიფერენცირება ქერქის მიმართულებით გაგანიერების ტენდენციით.

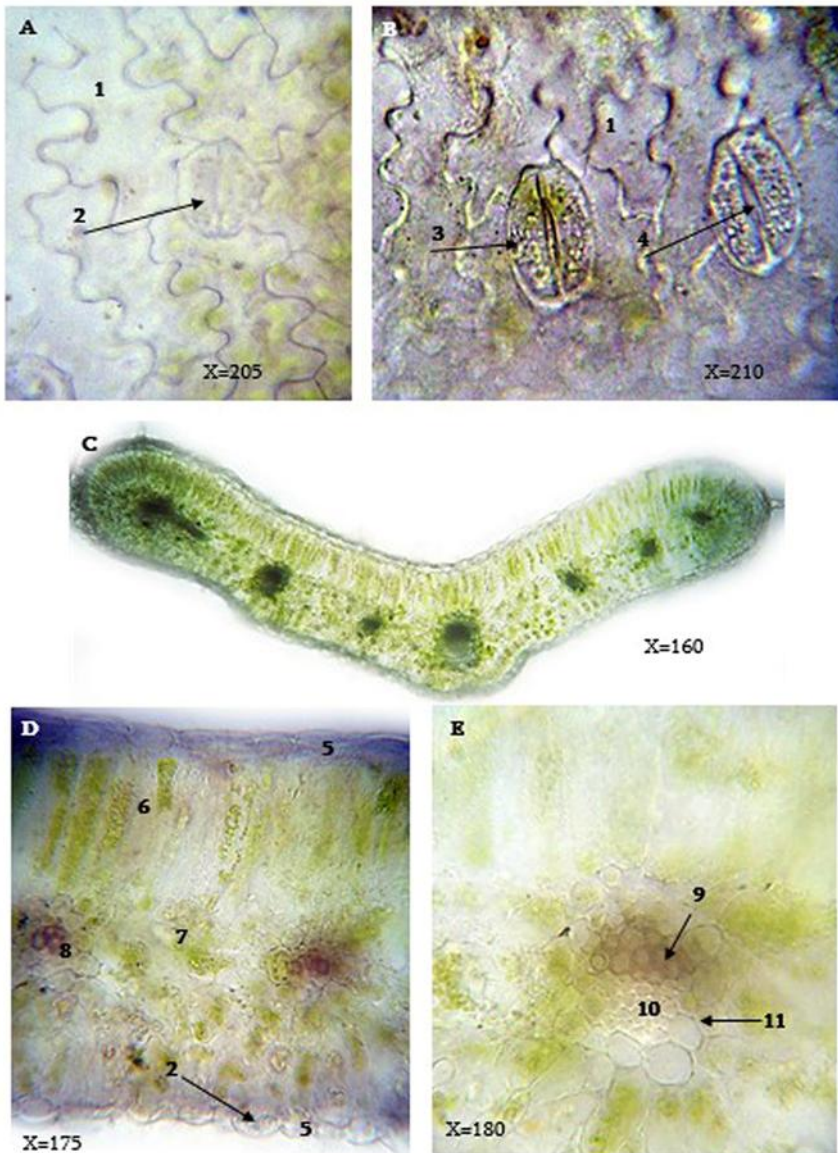
დადგენილია, რომ *C. Orientalis*-ი შეიცავს ფარმაკოლოგიურად აქტიურ დიტერპენულ ალკალოიდებს: დელკოზინს, გიგაქტონინს, ლიკოკტონინს.



სურათი 2. *C. orientalis*-ის ყლორტის მუხლთშორისის ანატომიური აგებულების თავისებურებანი

A. მუხლთშორისის სტრუქტურის პანორამა; B. მარტივი ბუსუსი; C. მუხლთშორისის ფრაგმენტი; D. მერქნის ტრაქეალური ქსოვილის ფრაგმენტი სიგრძივი ექსპოზიციის ხედზე

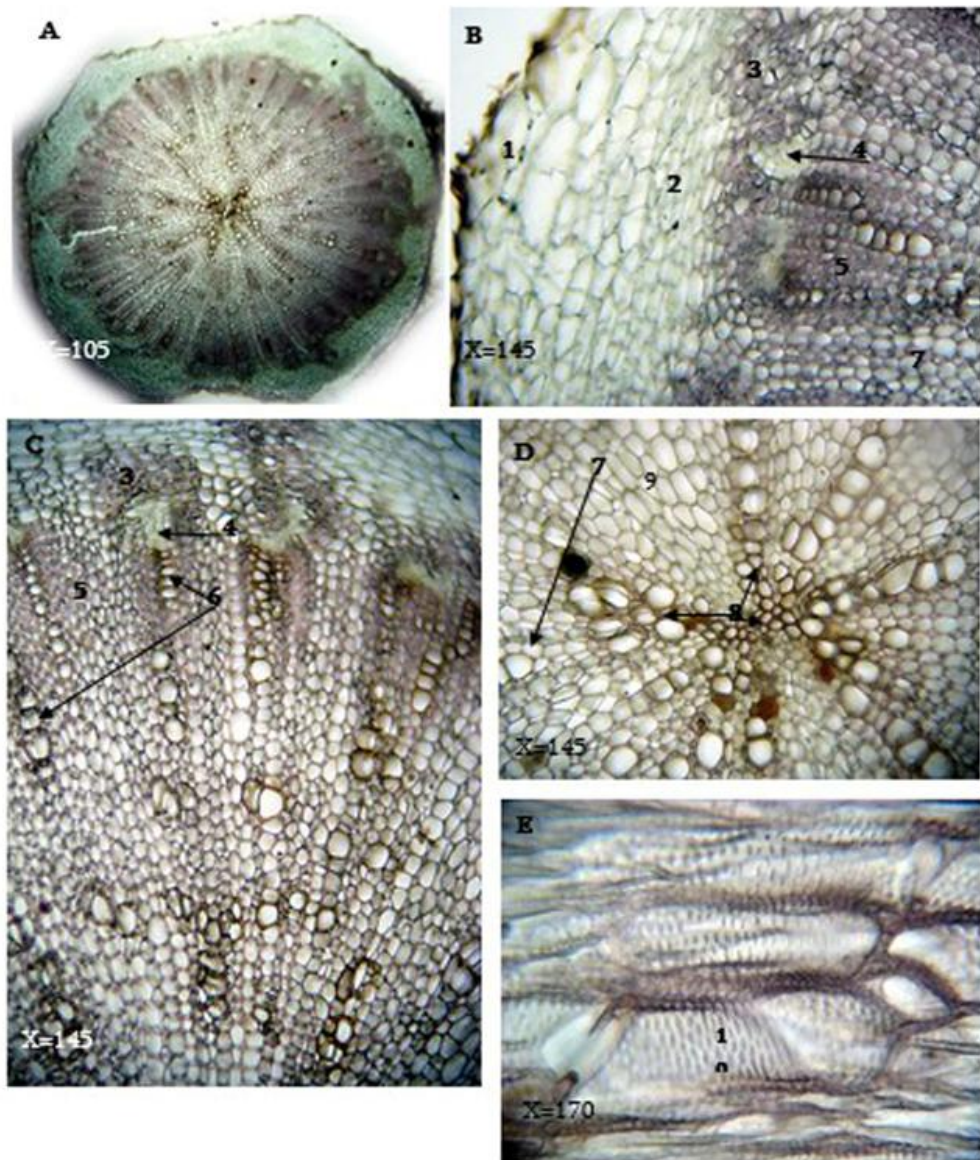
1. კუტინიზირებული ეპიდერმისი; 2. კონუსური ბუსუსი; 3. ფირფიტოვანი კოლენქიმა; 4. ქლორენქიმა; 5. სკლერენქიმული უჯრედები; 6. ლაფანი; 7. მერქნის გამტარი ჭურჭლების სანათურები; 8. ტრაქეიდების სანათურები; 9. კამბიუმი; 10. მერქნის პარენქიმული უჯრედები; 11. მედულის პოლიგონალური უჯრედები; 12. სპირალური და 13. ფოროვანი გამტარი ჭურჭლები



სურათი 3. *C. orientalis*-ის ფოთლის ნაკვთის ანატომიური აგებულების თავისებურებანი

A. ქვედა და B. ზედა ეპიდერმის სტრუქტურის პანორამა; C. ბიფაციალური ფორმის, დორზოვენტრალური სტრუქტურის ფოთლის სეგმენტი; D. ფოთლის რბილობის და E. ღია-კოლატერალური ტიპის გამტარი კონის სტრუქტურა

1. ეპიდერმისის მრუდხაზოვანი, ზიგზაგისებრ-კუთხოვანი ფუძემდებარე უჯრედები; 2. ანომოციტური ტიპის ბაგის აპარატი; 3. ოსპისებრი ფორმის ბაგის მკეტავი უჯრედები; 4. თითისტარისებრი ბაგეთშორისი ხვრელი; 5. ეპიდერმისი; 6. მესრისებური და 7. ღრუბლისებური პარენქიმა; 8. გამტარი კონა; 9. მერქანი; 10. ლაფანი; 11. შემომფენი ქსოვილი



სურათი 4. *C. orientalis*-ის ფესვის ანატომიური აგებულების თავისებურებანი

A. ფესვის სტრუქტურის პანორამა; B. ქერქის და ცენტრალური ცილინდრის ფრაგმენტი; C. გამტარი ქსოვილის ფრაგმენტი; D. მერქნის ტრაქეალური ქსოვილი; E. ტრაქეიდების ფრაგმენტი სიგრძივ ექსპოზიციამში

1. პერიდერმისი; 2. ქერქის პარენქიმა; 3. მექანიკური უჯრედები; 4. ლაფანი; 5. მერქნის ტრაქეიდები; 6. გამტარი ჭურჭლები; 7. რადიალური სხივები; 8. მერქნის გამტარი ჭურჭლები; 9. ტრაქეიდები; 10. ტრაქეიდების შიდა გარსის ფოროვანი გასქელება

ლიტერატურა:

1. საქართველოს ფლორა ტ. II, გამ. "მეცნიერება" თბილისი 1973, გვ. 65-69;
2. საქართველოს ფლორის ნომენკლატურული ნუსხა; თბილისი 2018, გვ. 155;
3. R. Gagnidze Vascular plants of Georgia a nomenclatural checklist. Tbilisi. 2005. 33-34;
4. G. Rocchetti; G. Zengin; Y. Cakmak; M. Mahmoodally; M. Kaya; S. Alsheikh; J. Glamocilja; M. Sokovic; D. Lobine; L. Lucini. A UHPLC-QTOF-MS screening provides new insights into the phytochemical composition and biological properties of six *Consolida* species from Turkey. *Industrial Crops and Products*, 2020, 158, 112966;
5. <https://www.gbif.org/ru/species/search?q=consolida>
6. L. Fang; C. Yang; L. Jing-yu; L. Jing-han - Advances in the studies on the pharmacological activities and toxicities of C19 diterpenoid alkaloids. *Strait Pharm. J.* 2012, v.24, n.4, Pp. 1-12.
7. T. Xu; S. Liu; L. Meng; Z. Pi; F. Song; Z. Liu - Bioactive Heterocyclic Alkaloids with Diterpene Structure isolated from Traditional Chinese Medicines; *Journal of Chromatography B*, 2015, 1026, 56-66;
8. T. Yin; L. Cai; Z. Ding - A systematic review on the chemical constituents of the genus *Consolida* (Ranunculaceae) and their biological activities. *RSC Adv.* 2020 Sep 22;10(58):35072-35089. doi: 10.1039/d0ra06811j

Alkaloids and Anatomical Structure of Vegetative Organs of *Consolida orientalis* (J.Gay) Schrödinger from the Flora of Georgia

Kintsurashvili Lali, Mchedlidze Ketevani

Tbilisi State Medical University, TSMU Iovel Kutateladze Institute of Pharmacochimistry
k.mchedlidze@tsmu.edu

Abstract

This study investigates the alkaloid composition of *Consolida orientalis* (J. Gay) Schrödinger from the flora of Georgia, alongside a comprehensive evaluation of the macroscopic and microscopic characteristics of its vegetative organs. The objective is to establish reliable diagnostic features for taxonomic identification.

The aerial vegetative organs of are covered with simple, conical, curved, unicellular, non-glandular trichomes. The stem internode exhibits a monocyclic stelar arrangement; the vascular cylinder is characterized by discrete, open collateral bundles. The leaf segments are bifid, amphistomatic, and dorsiventral in organization. Both adaxial and abaxial epidermal layers are distinctly cuticularized, displaying sinuous, zigzag-angular anticlinal cell walls. The stomatal apparatus is of the anomocytic type.

The root of *C. orientalis* has a polyarch structure. Xylem vessels are differentiated in grouped and longitudinally aligned rows, with predominantly pitted wall thickening and simple perforation plates. The transitional system of the root consists of homogeneous radial rays with a tendency to widen toward the cortical region.

Phytochemical investigation, supported by GC–MS analysis, demonstrated that the purified total alkaloid fraction obtained from the vegetative organs of *C. orientalis* via liquid–liquid extraction is predominantly composed of diterpenoid alkaloids, including delcosine, gigactonine, and lycoctonine.

Keywords: Flora of Georgia; *Consolida orientalis* (J. Gay) Schrödinger; vegetative organs; diterpenoid alkaloids.