

## ხელოვნური ინტელექტი წარმოებაში

ჯიმშიტაშვილი ია

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი  
<https://doi.org/10.52340/idw.2025.65>

**აბსტრაქტი:** გამომდინარე იქიდან, რომ ჩვენ ვცხოვრობთ მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის (ასევე ცნობილი როგორც ინდუსტრია 4.0) ეპოქაში, რომელიც სწრაფად გარდაქმნის წარმოების ყველა პროცესს. ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების დანერგვამ გარდაუვლად შეცვალა საქონლისა და მომსახურების დაგეგმვისა და წარმოების წესი.

შესაძლოა, ინდუსტრია 4.0-ის აღსაწერად საუკეთესო სიტყვა იყოს დიჯიტალიზაცია, რადგან ის თანამედროვე ციფრული სისტემების გამოყენებით აერთიანებს რესურსებს, ინფორმაციას და ადამიანებს. როგორც ვიცით, ისტორიულად, წარმოება იყო სფერო, სადაც ადამიანებს ასწავლიდნენ ეაზროვნათ მანქანებივით. თუმცა, დიჯიტალიზაციის მოსვლასთან ერთად, ეს მიდგომა შეიცვალა და ახლა მანქანები საკმაოდ წარმატებით სწავლობენ ადამიანების მსგავსად აზროვნებას.

აღნიშნულ სტატიაში მოყვანილის ის მიმართულებები (რესურსების შეძენა, თავად წარმოება, ლოჯისტიკა, გაყიდვები, მარკეტინგი, ხარისხის მართვა, დაგეგმარება და დანადგარების მწყობრიდან გამოსვლის პროცესების პროგნოზირება და ა.შ.) სადაც მსოფლიოს წამყვანი კომპანიები გამოიყენებენ ხელოვნური ინტელექტის მიღწევებს ამა თუ იმ ფორმით, მოყვანილია მისი გამოყენების დადებითი მხარეები (ა) პროდუქციის ხარისხი, ბ) საწარმოო პროცესების ხარისხი; გ) საწარმოო უსაფრთხოების ხარისხი; დ) საწარმოო სისტემის მართვის ხარისხი და საფრთხეები (ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის მაღალი ღირებულება; გამოცდილი სპეციალისტების ნაკლებობა; მონაცემთა ხარისხი) რასაც აუცილებლად უნდა მიაქციონ ბიზნესოპერატორებმა ყურდღება, ასევე განხილულია რამოდენიმე უცხოური კომპანიის მაგალითი.

**საკვანძო სიტყვა:** ხელოვნური ინტელექტი, ბიზნეს კომპანია, წარმოება, ბიზნეს ოპერაციები

დღეს ხელოვნურმა ინტელექტმა გაარღვია ყველანაირი არსებული საზღვარი და ადამიანის არსებობის თითქმის ყველა სფეროში შეიჭრა. რა თქმა უნდა გამოწვევის არც ბიზნესის სფეროა და წარმოების თითქმის ყველა მიმართულებაში შესაძლებელი მისი გამოყენება.

მთავარი დადებითი მახასიათებელი წარმოებაში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების არის რუტინული ოპერაციების ავტომატიზირება, რაც საშუალებას იძლევა დაჩქარდეს წარმოების ტემპები და შემცირდეს ადამიანის მიერ დაშვებული შეცდომების რაოდენობა.

გარდა ამისა ისიც აღსანიშნავია, რომ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამაღლებს მისაღები გადაწყვეტილებების სიზუსტეს,

უზრუნველყოფს ცვალებად გარემოში ბიზნეს-პროცესების მოქნილობას, საწარმოო ხარჯების და პროდუქციის თვითღირებულების შემცირებას.

რალა თქმა უნდა ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების დადებითი მაჩვენებლებს ასევე შესაძლოა მივაკუთვნოთ [Использование ИИ на производстве]:

- ა) პროდუქციის ხარისხის ამაღლება
- ბ) საწარმოო პროცესების ხარისხის ამაღლება
- გ) საწარმოო უსაფრთხოების ხარისხის ამაღლება
- დ) საწარმოო სისტემის მართვის ხარისხის ამაღლება.

ორიოდე სიტყვით უფრო კონკრეტულად, თუ წარმოების რა მიმართულებებშია შესაძლებელი ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება: რესურსების შეძენა, თავად წარმოება, ლოჯისტიკა, გაყიდვები, მარკეტინგი, ხარისხის მართვა, დაგეგმარებან დანადგარების მწყობრიდან გამოსვლის პროცესების პროგნოზირება და ა.შ [Как искусственный интеллект используется на производстве? (2024)].

ხარისხის მართვის კონტროლი წარმოებაში - ეს არის პროცესები, რომლებიც გამოიყენება ხარისხის მუდმივი დონის უზრუნველსაყოფად. წარმოებაში ხარისხის უზრუნველყოფა დება ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული „კომპიუტერული ხედვის“ სისტემების გამოყენებით, რისი მეშვეობითაც შემოწმება ხდება წარმოების ავტომატიზირებული პროცესის განმავლობაში. ამ პროცესს ადრე მუშაკები ახორციელებდნენ და აშკარა მას ნაკლოვანებები ჰქონდა: დადლილობა, მიკერძოება და ა.შ., ამიტომ „კომპიუტერული ხედვით“ შემოწმება ხარისხის უზრუნველყოფას უფრო საიმედოს და ზუსტს ხდის.

კომპანია Foxconn-მა, რომელიც ელექტრონულ პროდუქტებს აწარმოებს ისეთი გიგანტებისთვის, როგორიცაა Apple, Nintendo, Nokia, Sony და სხვები, ხარისხის კონტროლისთვის წარმატებით დანერგა Google Cloud Visual Inspection AI. ეს არის მანქანური სწავლების პროგრამა, რომელიც Google-მა 2021 წელს დაიწყო, იგი ეხმარება მწარმოებლებს პროდუქტის დეფექტების იდენტიფიცირებაში და, შესაბამისად, ხარისხის უზრუნველყოფის ხარჯების შემცირებაში.

სმარტფონის წარმოების მაგალითით, მოწყობილობის ხარისხზე პირდაპირ გავლენას ახდენს მიკროსქემის დაფის დეფექტების აღმოჩენა წარმოების პროცესის საწყის მომზადების ეტაპზე. მიკროსქემებს შეიძლება ჰქონდეთ აწყობის მრავალი დეფექტი, დაკარგული ხრახნებიდან დაწყებული შედუღების დროს მხტუნავების წარმოქმნით დამთავრებული. Google Cloud Visual Inspection AI-მ გამოტოვებული დეფექტების რაოდენობა 10%-მდე შეამცირა. გარდა ამისა, მან თითოეული კომპონენტის შემოწმების დრო 0.3 წამამდე შეამცირა.

ასევე, ბელგიური მინაბოჭკოვანი მასალების მწარმოებელი და თერმოპლასტიკებისა და თერმომყარი პოლიმერული გამაგრების ტექნოლოგიების შემქმნელი 3B-Fiberglass, რომელიც წარმოების ერთ-ერთ ეტაპზე მინაბოჭკოვანი მასალის გატეხვის პრობლემის წინაშე აღმოჩნდა, გადაწყვიტა ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ვიდეომონიტორინგი გამოეყენებინა. სისტემა წინასწარ აცნობებს ოპერატორს შესაძლო გატეხვის შესახებ, რათა პრობლემა სწრაფად გამოსწორდეს, სანამ ის წარმოების შემდგომ ეტაპზე გადავა.

ასევე, მისი საშუალებით შესაძლოა მანქანა დანადგარების ფუნქციონირების მონიტორინგი, (Predictive Maintenance) სტანდარტული ექსპლუატაციის პირობებში შესაბამისი სისტემა აწარმოებს რეგულარულ მონიტორინგს, სისტემებს შეუძლიათ მონაცემთა გაანალიზება რეალური დროის რეჟიმში, შეუძლია მომავალი შეფერხებების პროგნოზირება [AI in manufacturing: A comprehensive guide, 2023; 6 ways

to unleash the power of AI in manufacturing, (2024)]. გარდა ამის არსებობს კომპიუტერული ხედვის ტექნოლოგიები, რომლებსაც შეუძლიათ წუნისა და დეფექტის ამოცნობა. აანალიზებენ რა პროდუქტის სხვადასხვა ნაწილების გამოსახულებას, ამოწმებენ გეომეტრიას, შეწებების ხარისხს, აწყობას და სხვა მონაცემებს, საკმაოდ მაღალი სიზუსტით არკვევენ დაწესებული სტანდარტებიდან გადახრას, აღსანიშნავია რომ შემოწმების ტრადიციული მეთოდით ამ ყველაფრის სწრაფად და ხარისხიანად გაკეთება საკმაოდ რთული ამოცანა იყო.

მაგალითიად შეგვიძლია მოვიყვანოთ ნიდერლანდების სარკინიგზო კომპანია Strukton Rail [Пять примеров успешного использования ИИ на производстве, 2023], აღნიშნული კომპანია ემსახურებანიდერლანდების სარკინიგზო სისტემის 40%. მათ მიზნად დაისახეს პროგრნოზირების ისეთი მოდელის შემუშავება, რომელიც საშუალებას მისცემდა გადაზიდვების შეფერხების გარეშე გაუმართაობის პროგნოზირების გაკეთების. კონკრეტულად კი რკინიგზაზე ისრების მუშაობის ნაწილში, რადგანაც გადამყვანი ისრები იყო ყველაზე სუსტი რგოლი და ხშირი იყო სხვადასხვა ტიპის გაუმართაობები. კომპანიის განცხადების პრედიქტიული მომსახურება შესამჩნევად გაუმჯობესდა და იკლო პრობლემებმა და დანახარჯებმა.

როგორ მუშაობს აღნიშნული სისტემა: პრედიქტიული მომსახურება მოიცავს ისეთ მოწყობილობებს რომლებიც შედგება მონაცემთა ლოგერებისაგან და უკონტაქტო სენსორებისაგან. ნიდერლანდებში Strukton Rail-ის მიერ ოპერირებული 3000 ისრული გადასასვლელიდან დაახლოებით ნახევარი აღჭურვილია სენსორებით, რომლებიც იწერენ მონაცემებს წერტილების გადართვისას ძრავების ენერგიის მოხმარების შესახებ. ეს მონაცემები სხვადასხვა წყაროდან გროვდება (მაგ. გადასასვლელის გათბობის სისტემა, ლიანდაგის ტემპერატურის სენსორი, გადასასვლელი და ა.შ.) და შემდეგ ინტერნეტით გადაეცემა კომპანიის POSS მონიტორინგის სისტემას (ჰოლანდიური აბრევიატურა „პროფილაქტიკური ტექნიკური მომსახურებისა და სტრუქტურის გაუმართაობის დიაგნოსტიკური სისტემა“). მას ემატება GPS მონაცემები და შეუსაბამობის შესახებ შეტყობინებები შემდგომი ანალიზისთვის. ეს კი თავის მხრივ საშუალებას აძლევს ლიანდაგის ოპერატორებს, საჭიროების შემთხვევაში დროულად ჩაერიონ.

Strukton Rail-ის განცხადებით, პროგნოზირებადმა ტექნიკურმა მომსახურებამ ტექნიკური ავარიების რაოდენობა გაანახევრა. კომპანია გეგმავს POSS-ის გაფართოებას პროგნოზირების ინსტრუმენტით, რათა იწინასწარმეტყველოს მომავალი ავარიები; კომპანია აცხადებს, რომ ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული პროგნოზირებადი ტექნიკური მომსახურების ეს აპლიკაცია შეიძლება გამოყენებულ იქნას არა მხოლოდ ნიდერლანდებში, არამედ მთელი მსოფლიოს რკინიგზის სისტემებშიც.

იგივე კომპიუტერული ხედვის ტექნოლოგიები შესაძლოა გამოყენებული იქნეს წარმოებაში უსაფრთხოების სისტემის შექმნისათვის, მათ შეუძლიათ თვალყური ადევნონ მომუშავე პერსონალის სათანადოდ აღჭურვას, პირადი თავდაცვის ნივთების გამოყენებას, უფრო მეტიც, შეუძლიათ განსაზღვრონ თუ მუშაკები რამდენად კარგად ან ცუდად გრძნობენ თავს, ამოიცნობს დაღლილობის დონეს, ავადობის სიმპტომებს, ასევე შეუძლია დაკვამლიანების დონის კონტროლი და წყაროს გამოვლენა.

ლოჯისტიკის მიმართულებით არსებობს მონიტორინგის და მართვის სისტემები, რისი მეშვეობითაც ხდება პროცესების კოორდინირება, მარაგების შენახვის ოპტიმიზაცია.

მწარმოებლებისთვის საწყობის ავტომატიზაცია ფიზიკური შრომის

მინიმიზაციისა და საოპერაციო ხარჯების შემცირების რეალურ გადაწყვეტად იქცევა. მონაცემთა ავტომატიზირებული შენახვა კომპანიებს საშუალებას აძლევს, შეკვეთები უფრო სწრაფად დაამუშაონ და გრაფიკი უფრო ზუსტად დაგეგმონ.

2018 წელს, ავტომობილების მწარმოებელმა Toyota-მ CeMAT-ის გამოყენებაზე წარმოდგინა ხელოვნური ინტელექტის გუნდის ლოჯისტიკური კონცეფცია [Пять примеров успешного использования ИИ на производстве, 2023]. კონცეფცია გვთავაზობს ჰორიზონტალური გადამზიდავების რეალურ დროში ხელოვნური ინტელექტით კონტროლირებად მაღალი დონის მანქანებთან ურთიერთქმედების მოდერნიზაციას. მთავარი იდეაა საწყობში ყველა სატვირთო მანქანის გადაადგილების ოპტიმიზაცია და მათი ურთიერთდაკავშირების უზრუნველყოფა.

ყოველ წამს, ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული პროგრამული სისტემა ითვლის გადამზიდავებისთვის რესურსებისა და მარშრუტების ოპტიმალურ გამოყენებას. მანქანებს შორის ეს პირდაპირი ურთიერთქმედება ტრადიციულ ცენტრალიზებული საწყობის კონცეფციას მანქანების გუნდურ მუშაობასთან ცვლის. სრულად ავტომატიზირებული, უწყვეტი ნაკადის შენარჩუნებით, კომპანია მიზნად ისახავს საწყობის პროცესების ოპტიმიზაციას.

პროექტირებაში შესაძლოა წინასწარ მიცემული კრიტერიუმების და პარამეტრების საფუძველზე შეიქმნას სხვადასხვა ტიპის პროექტები, განისაზღვროს მათი ღირებულება, წარმოების მეთოდები.

საკვანძო მიმართულებაა წარმოების დაგეგმარება, რაც, განვმეორდებით, ამაღლებს წარმოების მართვის ხარისხს, ამცირებს დანახარჯებს. სისტემას შეუძლია საწარმოო სიმძლავრეების მონაცემების საფუძველზე რეალური საწარმოო გეგმების შექმნა. უფრო მეტიც გათვლებში იგი ითვალისწინებს შეკვეთების პირიორიტეტულობას, მუშაკთა უნარ-ჩვევებს, მასალების ხელმისაწვდომობას და სხვა მრავალ კრიტერიუმსა თუ შეზღუდვებს. ამგვარი პროგრამა საშუალებას იძლევა საწარმოო სიტუაციების მოდელირების და სხვადასხვა სცენარების განხილვის, საიდანაც შემდგომ ამოარჩევს საუკეთესოს, გეგმებს გაუკეთებს კორექტირებას რათა სამუშაო პროცესი დაუქვემდებაროს არსებულ თუ მოსალოდნელ ცვლილებებს.

განსაკუთრებული წარმატებებით ხელოვნურ ინტელექტს გამოიყენებენ ისეთ დარგებში, როგორიცაა მანქანათმშენებლობა, მისი მეშვეობით ხდება სამღებრო სამუშაოების, შედუღების, აწყობის პროცესები, ხარისხის კონტროლი. მაგ. კომპანია ტესლა იყენებს რობოტებს წარმოების უმეტესი ნაწილის წარმართვისათვის, რაც არა მხოლოდ დროის ფაქტორის უკეთ გამოყენების არამედ პროცესების მეტისიზუსტით წარმართვის და ხარისხის ამაღლების საშუალებას იძლევა.

ხელოვნური ინტელექტის გამოწვევები და სირთულეები:

ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების დანერგვისას, მწარმოებელს შეიძლება შეექმნას შემდეგი გამოწვევები:

1) ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის მაღალი ღირებულება. ხელოვნური ინტელექტის საწყისი დანერგვა შეიძლება ძვირი იყოს, განსაკუთრებით მცირე კომპანიებისა და სტარტაპებისთვის, თუ ასევე გავითვალისწინებთ ხარჯებს მონაცემთა შეგროვებისა და განვითარებისათვის. თუმცა, ბევრი რამ არის დამოკიდებული იმ პრობლემაზე, რომლის გადაჭრასაც მწარმოებელი ცდილობს. თუ შიდა განვითარების გუნდს ხელოვნური ინტელექტის ნულიდან შექმნა სჭირდება, ღირებულება უფრო მაღალი იქნება, ვიდრე უკვე შექმნილის განვითარება.

2) გამოცდილი სპეციალისტების ნაკლებობა. მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნური ინტელექტი გულისხმობს რობოტული ავტომატიზაციის სისტემების

განვითარების ზრდას, მანქანური სწავლების ტექნოლოგიები მუდმივად ვითარდება. თუ თქვენს გუნდში საკმარისი გამოცდილი მეცნიერ-პრაქტიკოსები გყავთ, გაგიმართლათ. წინააღმდეგ შემთხვევაში, დაგჭირდებათ ხელოვნური ინტელექტის სფეროში შესაბამისი გამოცდილების მქონე პროფესიონალების ძებნა.

3) მონაცემთა ხარისხი. წარმოებაში მონაცემები ხშირად მოძველებულია, დამახინჯებული ან არასანდოა, მაგრამ ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის წარმატება პირდაპირ დამოკიდებულია მონაცემების ხარისხზე. მაგალითად, როდესაც საქმე ქარხნებს ეხება, მონაცემები ხშირად იქმნება სხვადასხვა განყოფილებების ანგარიშების საფუძველზე, მათ კი ერთმანეთთან ხშირად არ აქვთ სწორი კომუნიკაცია. ამიტომ ამგვარი მონაცემები არარელევანტური და გამოუყენებადი იქნება ეს ხელოვნური ინტელექტისათვის.

ჩვენ ვცხოვრობთ მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის (ასევე ცნობილი როგორც ინდუსტრია 4.0) [How is AI being used in manufacturing? (n.d.); From Production To Precision: How AI Is Reshaping Manufacturing, (2024)] ეპოქაში, რომელიც სწრაფად გარდაქმნის წარმოების ყველა პროცესს. ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების დანერგვამ გარდაუვლად შეცვალა საქონლისა და მომსახურების დაგეგმვისა და წარმოების წესი.

შესაძლოა, ინდუსტრია 4.0-ის აღსაწერად საუკეთესო სიტყვა იყოს დიჯიტალიზაცია, რადგან ის თანამედროვე ციფრული სისტემების გამოყენებით აერთიანებს რესურსებს, ინფორმაციას და ადამიანებს. როგორც ვიცით, ისტორიულად, წარმოება იყო სფერო, სადაც ადამიანებს ასწავლიდნენ ეაზროვნათ მანქანებივით. თუმცა, დიჯიტალიზაციის მოსვლასთან ერთად, ეს მიდგომა შეიცვალა და ახლა მანქანები საკმაოდ წარმატებით სწავლობენ ადამიანების მსგავსად აზროვნებას.

ინდუსტრია 4.0-თან ასოცირებული ტექნოლოგიები მოიცავს ჭკვიან (smart) ქარხნებს, ჭკვიან (smart) პროდუქტებს, ჭკვიან (smart) რობოტებს, ჭკვიან (smart) სიმულაციას და ა.შ. რა თქმა უნდა, საუკეთესო მაგალითები და გამოყენება ჯერ კიდევ წინ არის და მალე ვიხილავთ პროგრესულ ცვლილებებს წარმოების ინდუსტრიაში.

#### წყაროები:

1. AI in manufacturing: A comprehensive guide, (2024), URL: <https://www.sap.com/resources/ai-in-manufacturing>
2. Пять примеров успешного использования ИИ на производстве, (2023) URL: <https://www.habr.com/ru/articles/727358/>
3. How is AI being used in manufacturing? (n.d.) URL: <https://www.ibm.com/think/topics/ai-in-manufacturing>
4. Использование ИИ на производстве URL: <https://www.adeptik.com/blog/ispolzovanie-ii-na-proizvodstve/>
5. Как искусственный интеллект используется на производстве? (2024), <https://www.mosregco.ru/publication/kak-iskusstvennyy-intellekt-ispolzuetsya-na-proizvodstve>
6. ways to unleash the power of AI in manufacturing, (2024), URL: <https://www.weforum.org/stories/2024/01/how-we-can-unleash-the-power-of-ai-in-manufacturing/>
7. From Production To Precision: How AI Is Reshaping Manufacturing, (2024), URL: <https://www.forbes.com/sites/ronschmelzer/2024/11/14/from-production-to-precision-how-ai-is-reshaping-manufacturing/>

### Abstract

As we live in the era of the Fourth Industrial Revolution (also known as Industry 4.0), which is rapidly transforming all production processes. The introduction of artificial intelligence technologies has inevitably changed the way goods and services are planned and produced.

Perhaps the best word to describe Industry 4.0 is Digitalization, as it combines resources, information, and people using modern digital systems. As we know, historically, manufacturing was a field where people were taught to think like machines. However, with the advent of Digitalization, this approach has changed and now machines are quite successfully learning to think like humans.

The article presents those areas (resource procurement, production itself, logistics, sales, marketing, quality management, planning, predicting equipment failure processes, etc.) where the world's leading companies use the achievements of artificial intelligence in one form or another, presents the positive aspects of its use (a) product quality, b) production process quality; c) production safety quality; d) production system management quality) and threats (high cost of implementing artificial intelligence; lack of experienced specialists; data quality) that business operators must definitely pay attention to, and also, we discuss the examples of several foreign companies.

**Key Words:** *Artificial Intelligence, Business Company, Manufacturing, Business Operations*