

კოგნიტური მთარგმნელის შესახებ

თამარ მახარობლიძე

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი
თბილისი, საქართველო

e-mail: Tamar.makharoblidze@iliauni.edu.ge

ლელა მირცხულავა

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
თბილისი, საქართველო

e-mail: Tamar.makharoblidze@iliauni.edu.ge

<https://doi.org/10.52340/lac.2026.11.25>

ენობრივი კომუნიკაცია ადამიანის ცნობიერების უმნიშვნელოვანესი კომპონენტს წარმოადგენს. ენების მრავალფეროვნება კულტურულ სიმდიდრეს ქმნის და ის ხშირად ხდება ბარიერი ურთიერთგაგებისთვის. თანამედროვე ტექნოლოგიები, როგორცაა ავტომატური მთარგმნელები და ენის ამომცნობი სისტემები ძირითადად ეფუძნება ხმოვან ან ტექსტურ მონაცემებს. მაგრამ ადამიანური კომუნიკაცია უფრო ღრმა გაგებისა, რომელიც იწყება ტვინისა და ფიქრის დონეზე. კოგნიტური მთარგმნელის პროტოტიპი შეძლებს ადამიანის ტვინის ელექტრომაგნიტური აქტივობის ანალიზს ტვინის ელექტრომაგნიტური ტალღების მონიტორინგზე დაფუძნებით, რომლებიც ასოცირდება ამ აქტივობის შესაბამის ენობრივ კონცეპტებზე/წინადადებებზე. კოგნიტური მთარგმნელის პროტოტიპის კვლევები წარიმართება არაინვაზიური EEG ტექნოლოგიის გამოყენებით, კერძოდ, Emotiv EPOC X შლემით, რომელიც საშუალებას იძლევა კომფორტულად და ეფექტურად დაფიქსირდეს ტვინის აქტივობა სხვადასხვა ენაზე ფიქრის ან ლაპარაკის დროს. შლემი 14 არხიანია აქვს შემდეგი ტექნიკური მახასიათებლები: Sampling Rate: 128 ან 256 Hz, კავშირი: Bluetooth LE, პლატფორმა: API და SDK (EmotivPRO), მას აქვს მონაცემების ხარისხი და კარგი SDK,

კვლევისას უნდა შესრულდეს შემდეგი ამოცანები:

- EEG ტექნოლოგიის გამოყენებით ტვინის ენობრივ კონცეპტებთან დაკავშირებული აქტივობების დაფიქსირება;
- ტვინის ელექტრომაგნიტური სიგნალების და ტალღების ჯგუფური და ინდივიდუალური ანალიზი სამი ენის მასალის დონეზე;
- ენობრივად განსხვავებული ჯგუფების მონაცემთა შედარებითი ანალიზი;
- ფიქრის/წინადადებების შესაბამისი ალგორითმული შაბლონების შექმნა;

- კონცეპტუალური მთარგმნელის პროგრამული პროტოტიპის (სოფთის) შექმნა,

კვლევით ექსპერიმენტში მონაწილეობას მიიღებს 90 სტუდენტი, რომლებიც დაყოფილნი იქნებიან სამ ენობრივ ჯგუფად ენობრივი კუთვნილების მიხედვით: 30 ქართველი, 30 სომეხი და 30 აზერბაიჯანელი. სამივე ენა ეკუთვნის სხვადასხვა ენობრივ ოჯახს (ქართველური, ინდოევროპული, თურქული), რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა ლინგვისტურ სიღრმეს და მრავალფეროვნებას. სტუდენტები (ცალცალკე) ხმამაღლა წარმოთქვამენ ერთსა და იმავე წინადადებებს (კონცეპტებს), რაც უზრუნველყოფს კონტექსტის ერთგვაროვნებას. წინადადებები იქნება ნეიტრალური, მარტივი და კოგნიტურად ცალსახა (მაგ. „დედა სახლშია“, „მე ვსწავლობ უნივერსიტეტში“). EEG მოწყობილობა აფიქსირებს ტვინის ელექტრონულ მუხტებს scalp-ზე (თავის კანის ზედაპირზე); ეს სიგნალები არის დროის ფუნქცია — ანუ დროის მანძილზე გადანაწილებული ამპლიტუდური ცვლილებები. მონაცემები წარმოადგენენ მრავალარხიან ციფრულ სიგნალს, სადაც თითო არხი შეესაბამება ერთ ელექტროდს და თითოეული არხის სიგნალი ცალკე ინახება. EEG შლემი აფიქსირებს დროით სამართავ მრავალარხიან სიგნალებს მიკროვოლტებში (μV), რომლებიც ასახავენ ტვინის ელექტრული აქტივობის რეალურ რეაგირებას ენობრივ სტიმულებზე. შემდგომი ანალიზის შედეგად შესაძლებელი ხდება ამ აქტივობის "გადათარგმნა" კოგნიტურ მნიშვნელობად. მონაცემთა სტრუქტურა შეინახება შემდეგი სახით:

Time (ms)	Channel 1 (Fp1)	Channel 2 (Fp2)	...	Channel 14 (O2)
0	2.3 μV	1.1 μV	...	-0.7 μV
1	2.5 μV	1.3 μV	...	-0.8 μV
...

Sampling Rate (მაგ. 128Hz ან 256Hz) განსაზღვრავს, თუ რამდენჯერ იწერება მონაცემი წამში. თითოეულ ელექტროდს (არხს) აქვს თავისი დრო-სამართავი სიგნალი. სავრავდოდ, სიგნალი შეიძლება შეიცავდეს შემდეგ EEG ტალღებს, რომლებიც ენდოგენურად უკავშირდება კოგნიტურ აქტივობას:

ტალღა	დიაპაზონის	მდგომარეობები
Delta	0.5–4 Hz	ძილი, ღრმა მდგომარეობა
Theta	4–8 Hz	ყურადღება, მეხსიერება
Alpha	8–13 Hz	მოდუნებული, მაგრამ ფხიზელი მდგომარეობა
Beta	13–30 Hz	აქტიური აზროვნება, ენა
Gamma	30–100 Hz	კომპლექსური კოგნიცია, ასოციაცია

ენობრივი აქტივობისას ყველაზე ხშირია Beta და Gamma ტალღების გაძლიერება.

ექსპერიმენტის მონაცემები დაფიქსირდება მიკროვოლტებში (μV) და შეინახება CSV/EDF ფორმატში, გამოყენებული იქნება Preprocessing ტექნიკა: ფილტრაცია (band-pass 1–45Hz), არტეფაქტების მოცილება (EOG, EMG), და ნორმალიზაცია. სიგნალები გაანალიზდება შემდეგი მეთოდებით:

- FFT და PSD ანალიზი – სიხშირის კომპონენტების შესასწავლად,

- ERP (Event-Related Potentials) – ფიქრის/წინადადების ამოსაცნობად,
- Machine Learning ალგორითმები – CNN, SVM ან LSTM მოდელები კლასიფიკაციისთვის.

დადგინდება საერთო ნეირომაზღონები უნივერსალურ კონცეპტებზე, შედარება მოხდება ენობრივად განსხვავებულ ჯგუფებს შორის და კონტროლური ჯგუფების დამატებით მოხდება ერთი და ამავე წინადადებების წარმოთქმა ინგლისურ და რუსულ ენებზე, რათა დადგინდეს კოგნიტური უნივერსალიები

კვლევის მოსალოდნელი შედეგებია:

- EEG სიგნალებისა და ენობრივი კონცეპტების შორის კორელაციის იდენტიფიცირება;
- ტვინის აქტივობის საფუძველზე წინასწარ განსაზღვრული წინადადებების ამოცნობა 70–90% სიზუსტით;
- შემუშავდება ნეირონული ალგორითმები, რომლებიც ენობრივ კონცეპტებს დააკავშირებენ შესაბამის EEG სიგნალებთან;
- კონცეპტუალური მთარგმნელის პროგრამული მოდულის (software prototype) შექმნა, რომელიც სწავლობს ფიქრის საფუძველზე თარგმნას, ანუ შეიქმნება პროგრამული უზრუნველყოფის პროტოტიპი, რომელიც იქნება პირველი ნაბიჯი „კოგნიტური მთარგმნელის“ მოწყობილობის შესაქმნელად;
- მეცნიერულად გამყარებული მოდელი ნეიროლინგვისტური კვლევების ახალი ეტაპისთვის.

ამ კვლევის შედეგად შესაძლებელი იქნება ენობრივი კომუნიკაციის ახალი მეთოდების შემუშავება — ფიქრის დონეზე თარგმნა, რაც რევოლუციას მოახდენს განსაკუთრებით მრავალენოვან განათლებაში, ადამიანი-კომპიუტერი ინტერფეისებში, მედიცინაში — პაციენტებისთვის, რომლებსაც უჭირთ საუბარი, სპეცტექნოლოგიებში — დაზვერვა, უსაფრთხოება, რეაბილიტაცია და ა. შ.

საკვანძო სიტყვები: კოგნიტური მთარგმნელი, კონცეპტუალური მთარგმნელი, ნეირონული ალგორითმები,

ლიტერატურა:

1. Gazzaniga, M. S., Ivry, R., & Mangun, G. (2018). Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind. W.W. Norton.
2. Friederici, A. D. (2017). Language in Our Brain: The Origins of a Uniquely Human Capacity. MIT Press.
3. Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621–647.
4. Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (2004). *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
5. Luck, S. J. (2014). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. MIT Press.
6. Cohen, M. X. (2014). *Analyzing Neural Time Series Data: Theory and Practice*. MIT Press.
7. Tomasello, M. (2009). *The Cultural Origins of Human Cognition*. Harvard University Press.
8. Pulvermüller, F. (2013). How neurons make meaning: brain mechanisms for embodied and abstract-symbolic semantics. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(9), 458–470.
9. Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(5), 393–402.

10. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
11. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
12. Graves, A., Mohamed, A., & Hinton, G. (2013). Speech recognition with deep recurrent neural networks. ICASSP.

Tamar Makharoblidze

Ilia State University
Tbilisi, Georgia
e-mail: Tamar.makharoblidze@iliauni.edu.ge

Lela Mirtskhulava

Iv. Javakhisvili Tbilisi State University
Tbilisi, Georgia
e-mail: Tamar.makharoblidze@iliauni.edu.ge
<https://doi.org/10.52340/lac.2026.11.25>

On cognitive translator

Abstract

This is a research for creating a cognitive translator prototype based on brain electromagnetic activity, aiming to develop a cognitive translator prototype that uses brain activity to translate thoughts into different languages. The idea is to analyze linguistic activity data and develop algorithms to recognize and translate brain signals associated with specific concepts.

The main hypothesis is that the concept (or thought /whatever is to say/write) remains the same across languages having the different linguistic material for different languages. To test this hypothesis, we plan to record and analyze the neural activity of 90 participants speaking three different languages using EmoTV epoc - EEG (electroencephalography) technology.

The research involves several steps, including:

- Data collection: Recording EEG signals from participants as they think or speak in different languages.
- Data analysis: Analyzing the EEG signals using techniques such as FFT, PSD, ERP, and machine learning algorithms to identify patterns associated with specific concepts.
- Algorithm development: Developing algorithms to recognize and translate brain signals into different languages.
- Prototype development: Creating a software prototype of the cognitive translator.

The research aims to achieve several goals, including:

- Identifying the correlation between EEG signals and linguistic concepts
- Elaborating the neurological algorithms, which will connect the language concepts with the proper EEG signals.
- Recognizing pre-defined sentences with 70-90% accuracy based on brain activity
- Developing a software prototype of the cognitive translator
- Creating a scientifically grounded model for neural linguistic research

The research has the potential to revolutionize language technologies and establish a new research direction in Georgian/Kartvelian studies.

Keywords: cognitive translator