

ენა

ლოგიკა

კომპიუტერისა

LANGUAGE

LOGIC

COMPUTATION

2017

ენა ლოგიკა კომპიუტერიზაცია

V

**თეორიული და გამოყენებითი ენათმეცნიერების
ინსტიტუტი, თსუ**

საერთაშორისო სიმპოზიუმი TbilLLC

LANGUAGE LOGIC COMPUTATION

V

Institute of Theoretical and Applied Linguistics, TSU

TbilLLC

2017

სარედაქციო კოლეგია: მათიას ბააზი, ვენის უნივერსიტეტი
გურამ ბეჟანიშვილი, ნიუ-მექსიკოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი
თამაზ გამყრელიძე, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
პოლ დეკერი, ამსტერდამის უნივერსიტეტი
დიკ დე იონგი, ამსტერდამის უნივერსიტეტი
სებასტიან ლობნერი, დიუსელდორფის უნივერსიტეტი
ბარბარა პარტი, მასაჩუსეტის უნივერსიტეტი

გამოცემის რედაქტორები: რუსუდან ასათიანი
დავით გაბელაია
მარინე ივანიშვილი
თემურ კუცია
ლადო ლეკიაშვილი
ეთერ სოსელია

დაკაბადონება: გიორგი ბაგრატიონი

Editorial Board: Matthias Baaz, University of Vienna
Guram Bezhanishvili, New Mexico State University
Paul Dekker, University of Amsterdam
Thomas Gamkrelidze, Tbilisi State University
Dick de Jongh, University of Amsterdam
Sebastian Lobner, University of Dusseldorf
Barbara Partee, University of Massachusetts

Managing Editors: Rusudan Asatiani
David Gabelaia
Marine Ivanishvili
Temur Kutsia
Lado Lekiasvili
Ether Soselia

Layout: George Bagrationi

შინაარსი
CONTENTS

წინასიტყვაობა Preface5

ენა LANGUAGE7

ტ. ვ. ჩერნიგოვსკაია, ენა როგორც შუალედური რგოლი ტვინსა
და ცნობიერებას შორის7

ტ. ვ. ჩერნიგოვსკაია, ცნობიერების ენები:
ვინ კითხულობს ნეირონული ძსელის ტექსტებს?25

Marine Ivanishvili, PLANT NAMES IN THE GEORGIAN GOSPEL39

ლოგიკა LOGIC55

იოჰან ვან ბენტემი,
ბუნებრივი ლოგიკა: 1980-იანი წლების კვლევები55

Michael Bezhanishvili, ON A PARTIALLY INTERPRETED LOGIC 85

კომპიუტერიზაცია COMPUTATION 89

რიხარდ ზოხერი, ჯონ ბაუერი, ქრისტოფერ დ. მენინგი, ენდრიუ ნგი,
გრამატიკული გარჩევა კომპოზიციური ვექტორული
გრამატიკების საშუალებით 89

Irina Lobzhanidze, REALIZATION OF VERBAL MODELS
IN THE CORPUS OF MODERN GEORGIAN LANGUAGE 114

© ენა ლოგიკა კომპიუტერიზაცია
© Language Logic Computation

ISSN 1512-3170

გამომცემლობა „ნეკერი“, 2017

წინასიტყვაობა

ორენოვანი ჟურნალი 'ენა, ლოგიკა, კომპიუტერიზაცია' აგრძელებს, ერთი მხრივ, ენის, ლოგიკისა და კომპიუტერიზაციის კვლევასთან დაკავშირებული კლასიკური და უახლესი უცხოენოვანი ლიტერატურის ქართულ ენაზე თარგმანების გამოქვეყნებას, მეორე მხრივ კი, საერთაშორისო სამეცნიერო წრეებს აცნობს ქართველ მეცნიერთა შრომებს ინგლისურ და/ან გერმანულ ენებზე.

ჟურნალი მომზადდა თსუ 'ენის, ლოგიკისა და მეტყველების' ცენტრის ინიციატივითა და საერთაშორისო სიმპოზიუმის LLC დაფინანსებით, რისთვისაც საორგანიზაციო კომიტეტს უღრმეს მადლობას მოვასხენებთ.

გამოცემის რედაქტორები

PREFACE

This journal introduces a new volume of “The Georgian Journal for Language Logic Computation” edited by the CLLS of TSU with support of the International Symposium LLC. The aims of the journal are twofold: It should increase the availability of the most fundamental publications of logic and linguistics to the general Georgian audience by translating them into Georgian language. In addition it should promote the international access to important papers of Georgian scientists hitherto untranslated by editing them in English. The volume will therefore establish a forum for the Georgian public and international and Georgian scientists to promote the awareness of the international research in logic and linguistics in Georgia. It should be considered as part of the efforts to reestablish Georgia within the European research space.

Editors

ენა როგორც უშალედური რბოლი ტვინსა და ცნობიერებას შორის

ტ. ვ. ჩერნიგოვსკაია

ცნობიერების პრობლემა ინტერდისციპლინარულ პერსპექტივაში

მოსკოვი: რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის ფილოსოფიის ინსტიტუტი

Быть может, прежде губ уже родился шепот
И в бездревесности кружилися листья,
И те, кому мы посвящаем опыт,
До опыта приобрели черты.

იქნებ ჩურჩულმა არსებობა დაასწრო ბაგეს
და ხეებამდე ფარფატებდნენ იქნებ ფოთლებიც,
და მათი სახე, ვისაც ვუძღვნიტ გამოცდილებას,
გამოიკვეთა იქნებ კიდევ მანამდე – ადრე.

დ.ი.დუბროვსკის წიგნმა „ფსიქიკური მოვლენები და ტვინი“ (1971) კარგა ხნით გაუსწრო იმ რთული პრობლემის სამეცნიერო და ფილოსოფიურ განხილვას, რომელიც უკავშირდება ცნობიერებისა და კოგნიტიური პროცესების ურთიერთმიმართებებს მთლიანობაში და მათ „მატერიალურ სუბსტრატს“, რომლის მახასიათებლები ამ წლების მანძილზე იმდენად დიფუზური და მრავალგანზომილებიანი აღმოჩნდა, რომ ტვინის აქტივობის ვიზუალიზაციასთან დაკავშირებული ტექნიკის განვითარებასთან ერთად, პარადოქსულია, მაგრამ მიყალიბდება ერთგვარი „ლოკალური აგნოსტიციზმი“. ის, რაც მტკიცედ დადგენილი გვეგონა და, უფრო მეტიც, თითქოს ყოველდღიურად დასტურდებოდა კლინიკური მონაცემებით – ძირითადი სენსორული და კოგნიტიური ფუნქციების

LANGUAGE

ლოკალიზებას ვგულისხმობ – დღეს ჩემთვის უკვე საეჭვო ხდება მაგნიტურ-რეზონანსული ფუნქციონალური ტომოგრაფიის, ელექტროენცეფალოგრაფიისა და პოზიტრონულ-ემისიური ტომოგრაფიული კვლევების საფუძველზე, რომელთა მიხედვითაც ირკვევა არა მარტო ის, რომ ნებისმიერ სერიოზულ კოგნიტიურ პროცესში ტვინის რამდენიმე უბანია ჩართული, არამედ ისიც, რომ კოგნიტიური პროცესებისთვის დამახასიათებელია სტატისტიკური განუსაზღვრელობა, ინდივიდუალური ვარიანტულობა და არასტაბილურობა, რაც მრავალჯერადი ცდების მიხედვითაც დასტურდება

კოგნიტიურ კვლევებში, განსაკუთრებით კი ნეირომეცნიერებაში, დიდი პროგრესის მიუხედავად, ფსიქოფიზიკური პრობლემა კვლავ ცხარე კამათის საგნად რჩება. იდეალური და სუბიექტური – ფსიქიკურ კატეგორიასთან მიმართებაში, ცნობიერი და არაცნობიერი პროცესების ურთიერთმიმართება, გრძნობისმიერი ხატის ნეიროფიზიოლოგიური ინტერპრეტაციის სირთულე, სუბიექტურ მოვლენებსა და მათ ნეიროდინამიკურ მატარებლებს შორის იზომორფიზმის პრობლემა – ეს ის თემებია, რომლებიც ნათლად და თამამად წარმოაჩინა დ.ი.დუბროვსკიმ თავის წიგნში და რომლებსაც არ დაუკარგავს აქტუალობა მიუხედავად იმისა, რომ უკვე 40 წელზე მეტიც კი გავიდა.

მენტალური პროცესების (სუბიექტური რეალობიდან) აღწერისას და ნეიროფიზიოლოგიურ პროცესებთან მათი შეთანადებისას „ახსნაში ჩავარდნებს“ ვადასტურებთ, რამდენადაც მენტალური პროცესები არაფიზიკური პროცესებია, რაც იმას ნიშნავს, რომ შეუძლებელია მათი დაყვანა სივრცულ-დროით კოორდინატებამდე (ნაგელის მიხედვით, ცნობიერება არის რეალობის ის ასპექტი, რომელიც კოცეპტუალურამდე ვერ დაიყვანება, იხ. Nagel, 2001: გვ.101). ნეიროფიზიოლოგიური პროცესებისა და მათგან გამონწვეული მენტალური მდგომარეობების პარალელური აღწერა ვერაფრით გვეხმარება პასუხი გავცეთ შეკითხვას, თუ როგორ წარმოშობს ნეირონული ქსელის ქცევა სუბიექტურ მდგომარეობას, გრძნობას, რეფლექსიას ან უფრო მაღალი რიგის სხვა ფენომენებს. თუ არ შეიცვალა ცნობიერების შესახებ არსებული ფუნდამენტური წარმოდგენები, ამგვარი ჩავარდნები ვერ დაიძლევა და აქ უდავოა ანალიტიკური ფილოსოფიის გადამწყვეტი როლი.

სუბიექტური რეალობა, *qualia*, ანუ ფენომენალური ცნობიერება, შეიძლება ითქვას, ცენტრალურ პრობლემას წარმოადგენს ამ ურთულესი საკითხების გროვაში. ამაზე, კერძოდ, მიუთითებს ედელმანი (Edelman 2004), რომელიც

ხაზგასმით აღნიშნავს, რომ ევოლუცია განამტკიცებდა იმ სუბიექტური ფენომენების წარმოქმნის უნარს, რომლებიც კარდინალურად მნიშვნელოვანია უფრო მაღალი რიგის პროცესებისათვის. მიუხედავად ამისა, კლასიკურ კოგნიტიურ მეცნიერებას *qualia*-სთვის ჯერ კიდევ ვერ უპოვია ადეკვატური კოორდინატები.

აღნიშნულის შესახებ დანერილია და ახლაც იწერება უსაზღვრო რაოდენობის სტატიები თუ წიგნები; პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა ასახულია დუბროვსკისა და სხვა მკვლევრების ნაშრომებში (იხ., მაგალითად: Дубровский 2011; Лекторский 2011; Финн 2009; Редько 2011; Черниговская 2008, 2012a).

ცნობიერების აღწერისას კვლავინდებურად გამოიყენება განსხვავებული ურთიერთსაინანააღმდეგო ნიშნები, ზოგჯერ რადიკალურებიც კი: მაგალითად, ალახვერდოვი თავის *ფსიქოლოგიაში* განიხილავს ფსიქიკას როგორც ლოგიკურ სისტემას; ინფორმაციის გადამუშავების პროცესში ცნობიერების მონაწილეობის საზღვრები, რომლებიც ექსპერიმენტებში გამოვლინდა, მიჩნეულია, რომ ფაქტობრივად არც უკავშირდება ტვინის სტრუქტურას. იგი თვლის, რომ „სამყაროს ამოცნობის“ ავტომატურად შექმნის პროცესები პროტოცნობიერი პროცესებია და აუცილებელია ამ „ამოცნობათა“ მართებულობის შემოწმება სპეციალური მექანიზმით; ამგვარ მექანიზმად იგი ცნობიერებას ასახელებს (Аллахвердов 2000). მაგრამ თუკი ცნობიერება ერთგვარი „რევიზორია“, მაშინ უაზრო ხდება ლაპარაკი მის სახეობებზე (სილოგისტურზე, მითოლოგიურზე, არქაულზე, სინკრეტულზე და სხვ.), რამდენადაც ეს უკანასკნელნი, გასაზღვრებიდან გამომდინარე, არარელევანტურნი ხდებიან.

მიუხედავად იმისა, თუ როგორ განისაზღვრება ცნობიერების ძირითადი თვისებები, მთავარია, მოიძებნოს ადეკვატური კოდი – როგორც გაშიფვრის კანდიდატი. პირადად მე არ მეგულება უფრო ძლიერი კანდიდატი, ვიდრე ეს არის ვერბალური ენა. უფრო და უფრო ვრწმუნდები, რომ სწორედ მისი მეშვეობით გვესაუბრება ტვინი, მისი დახმარებით გვაქვს იმედი, რომ მივაგნებთ იმ მნიშვნელობებს და სტრუქტურებს, იმ ნიშნებსა თუ ინსტრუმენტებს, რომლებსაც *სინამდვილეში* იყენებს ტვინი. უდიდესია ენის როლი, რამდენადაც სწორედ ის გვიჩვენებს, როგორ ნაწევრდება და როგორ ფორმირდება *ადამიანისათვის* სამყარო. არა მგონია, რომ აქ არეული იყოს ერთმანეთში მიზეზი და შედეგი (შეგახსენებთ, რომ, დიკონის მიხედვით, ენამ დაიპყრო ტვინი და ეს უკანასკნელი იძულებული გახდა შეგუებოდა ახალ პირობებს – Deacon 2003, 2006; იხ. აგრეთვე:

LANGUAGE

Бикертон 2012). სინამდვილეში ლაპარაკია ეპიგენეტიკურ პროცესებზე (Анохин 2009). კვლავ გავიხსენოთ მანდელშტამი:

Я и садовник, я же и цветок
В пустыне мира я не одинок
На стёкла вечности уже легло
Моё дыхание, моё тепло

მე ვარ მებაღეც და ვარ ყვავილიც,
ეული არ ვარ უკაცრიელ მთელ ქვეყანაზე,
და ჩემი სითბო სუნთქვასთან ერთად
გადავაფინე უკვდავების კუთვნილ მიწაზე.

მაგრამ როგორ გადავახტეთ უფსკრულს, რომელიც აშორებს ცნობიერებას და ყველაფერს, რაც ცნობიერებას ახლავს (მათ შორის – სპეციფიკურ კოდებსაც) სხვა ენებისაგან, მათგან, რომლებიც სამყაროში ჩვენს არსებობას უზრუნველყოფენ? ან როგორ არის აგებული „ლექსიკონი“ ჩვენს ტვინში? რატომღაც აპრიორულად ვთვლით, რომ იქ ყველაფერი „დანყობილ-დალაგებულია“ – ტიპების მიხედვით: ვთქვათ, ვერბალურ ენაში სიტყვები დაჯგუფებულია მეტყველების ნაწილების მიხედვით, ან კიდევ უფრო დანაწევრებულად – გამოყოფილია მორფემები, ლემები, ლექსემები; ან/და დალაგებულია გამოყენების სიხშირის მიხედვით,.. ან კონკრეტულობა-აბსტრაქტულობის დაპირისპირების მიხედვით,.. ან ანბანთრიგის მიხედვით,.. ან მსგავსი ბგერითი შედგენილობის მიხედვით, სადაც რითმებიც შემოდის... მაგრამ ჩვენ ეს არ ვიცით, ჩვენ ხომ არ ვიცით, რა პრინციპებით ახდენს ტვინი სამყაროს კლასიფიკაციას. იმისათვის, რომ როგორღაც მოვიხელთოთ რეალობა და დავალაგოთ იგი შიდა მოხმარების, ადამიანური (NB!) მოხმარების მიზნით, ცხადია, ყველაზე მეტად მისაღები იქნება სიმრავლეებით ოპერირების გზა. ეს მკაფიოდ არის ფორმულირებული კანტთან (გონს როდი გამოჰყავს თავისი კანონები (*a priori*) ბუნებიდან, იგი მათ ბუნებას მიაწერს). (კანტი 1965) და ნიცშესთანაც (ჩვენ მოვიწყვეთ სამყარო, რომელში შეგვიძლია ვიარსებოთ, მივაწერეთ მას სხეულები, ხაზები, ზედაპირები, მიზეზები და შედეგები, მოძრაობა და უძრაობა, ფორმა და შინაარსი: ამ ყველაფერში რწმენის დოგმატების გარეშე ვერავინ შეძლებდა ცხოვრებას, თუნდაც ერთი წამით. მიუხედავად ამისა, ეს დოგმატები სულაც არ არის დამტკიცებული. ცხოვრება

არგუმენტად არ გამოდგება; ცხოვრების პირობების ჩამონათვალში შეცდომაც შეიძლებოდა აღმოჩენილიყო) (Nietzsche 1882). როგორც რუდნევი აღნიშნავს, „XX საუკუნის დასასრულის ადამიანის ფენომენოლოგიურ ცნობიერებას ძნელად შეეძლო წარმოედგინა, რომ რაიმე იარსებებდა ვილაცის ცნობიერების გარეშე (მაშინ ვინლა დაადასტურებდა, რომ ეს რაიმე არსებობს?)“ (Руднев 2000, 178).

ამ ყველაფრისთვის ჩვენ კატეგორიზაციისა და კლასიფიკაციის უნარი გვაქვს და ეს უნარი ასევე აქვთ სხვა არსებებსაც; თუმცა ისინი სხვა რალაცის კატეგორიზაციას ახდენენ, მაგალითად, მაშინაც კი, როცა ექსპერიმენტში ცხოველს ვაიძულებთ ჩვენს სქემებს გაჰყვნენ, ანუ როცა ვასწავლით და თავს ვახვევთ ჩვენს კოორდინატებს. კი მაგრამ, რას ვამონმებთ ამ დროს? – უნარს აითვისონ სხვა, და არა მათი, პრინციპები და პარამეტრები (ჩომსკის ტერმინოლოგიას თუ გამოვიყენებთ უფრო ფართო, თითქმის მეტაფორული მნიშვნელობით); ან იქნებ პრინციპებს, რომლებიც გაგებულა როგორც ბაზისური ალგორითმები და რომლებიც თითოეულ ჩვენგანს აქვს – რალაც ამ ტიპისა: *შეარჩიე მსგავსი*. სამაგიეროდ *პარამეტრები* ყველას განსხვავებული აქვს და ისინი განსაზღვრავენ Umwelt-ს – საკუთარს ყოველი ბიოლოგიური სახეობისთვის, რომ არაფერი ვთქვათ ინდივიდებზე (Uexküll 1928). აქვე უნდა გავიხსენოთ მსგავსი მკაცრი განაჩენი ვიტგენშტიინისა: *სამყაროს ჩვენ მიმართ არავითარი განზრახვა არა აქვს*.

მაგრამ შეუძლებელია არ დავეთანხოთ გამოთქმულ აზრს, რომ: „როგორც ჩანს, ჩომსკის გიგანტურმა ავტორიტეტმა ბევრ მკვლევარს დაავინყა პალეონევეროლოგიისა და ქვედაპალეოლითური არქეოლოგიის მიღწევები და გაიტაცა შესატყვისობების ძიებამ ჰიპოთეტურ „რეკურსულ მუტაციასა“ და ცნებათა კომბინირების საკმაოდ გვიან გამოვლენილ მონაცემებს შორის. ასევე მიუღებელი ჩანს საპირისპირო უკიდურესობა – როცა პრიმატოლოგებს მიაჩნიათ, რომ თითქმის ერთნაირად ურთიერთობენ ერთმანეთს შორის ადამიანებიცა და მაიმუნებიც“ (Козинцев 2010, გვ. 646). არსებითი ცნობები და შესაბამისი განხილვები წარმოდგენილია მთელ რიგ შრომებში (Барулин 2012; Панов 2005, 2008; Пинкер, Джакендофф 2008; Резникова 2011; Томаселло 2011; Черниговская 2006; Фитч 2000; Liverman 2002; Read, 2008; Botha, Knight 2009).

როგორც ზემოთ აღნიშნა, ფსიქოფიზიკური პრობლემის გადაჭრისათვის საჭიროა ვიპოვოთ გასაღები განსხვავებული კოდებისათვის, თუ როგორ გადავიდეთ ერთი კოდიდან მეორეზე. სწორედ იმის გამო, რომ არა გვაქვს ისეთი ინსტრუმენტი,

LANGUAGE

როგორცაა ვერბალური ენა, და არა იმის გამო, რომ ტექნიკური შესაძლებლობები გვაკლია, ვერ ხერხდება სხვა ცხოველების მენტალური სივრცის დანახვა.

სავსებით შესაძლებელია, რომ გარკვეული კონცეპტების თანდაყოლილობის იდეა (Fodor 2009) არცთუ ისე ექსტრავაგანტური იყოს, მიუხედავად იმისა, რომ მას სკანდალების გრძელი შლელიფი მოსდევს. ასევე შესაძლებელია, რომ ნეირონი (ჯერ კიდევ მთავარი მოთამაშე ნერვიული სისტემისა) მართლაც იყოს ერთგვარი მონყობილობა, რომელიც ახორციელებს ან, და, არა, მაშინ და მხოლოდ მაშინ და სხვა ტიპის ლოგიკურ ოპერაციებს, ხოლო ნეირონულ ქსელში მიმდინარე მოვლენები და მათი ურთიერთკავშირები შეიძლება აღინეროს პროპოზიციული ლოგიკის მეშვეობით (McCulloch & Pitts 1943). და მაინც, ტვინი თავისი გენეტიკურად თანდაყოლილი უნარით წარმოშვას „ჩურჩული“, რომელმაც „არსებობა დაასწრო ბაგეს“, ლოკის ნათქვამს მისდევს: გონებას იდეები უჩნდება მაშინ, როცა იწყებს აღქმას. გამართლებულია ანალოგიურადვე ითქვას ადამიანის ენის მიმართაც, რომლის ათვისების პოტენცია თანდაყოლილია, მაგრამ ეს პოტენცია გამოვლინებას იწყებს მხოლოდ მაშინ, როცა ემპირიულად მოხდება შეხება ენობრივ გამოცდილებასთან. იმასთან დაკავშირებით, თუ როგორ ითვისებენ ენის, ამ ურთულესი კოდის შესახებ ცოდნას, არსებობს ორი დიამეტრალურად განსხვავებული თვალსაზრისი: (1) ენა იფურჩქნება და იზრდება, ორგანიზმის მსგავსად (ე.ი. ის ჩანასახის სახით არის მოცემული) და (2) ენას გამოცდილების საფუძველზე ვითვისებთ, მის ფორმირებას ვახდენთ გარკვეული მახასიათებლების მიხედვით (ცნობილი *tabula rasa*, დაბადებიდან). ადამიანი, როდესაც ნებისმიერ რამეს სწავლობს, მეხსიერებას უბრალოდ კი არ ამოავსებს გარკვეული ფაქტებით, არამედ სწავლობს გაგებას და ინტერპრეტაციას, რაც ნიშნებთან მუშაობას ნიშნავს (Лютман 1965, Пятигорский, Мамардашвили 1982). ტვინის მოქმედებასთან დაკავშირებული ურთიერთსაინანაღმდეგო ფაქტები რამდენადმე გასაგები ხდება, როდესაც გადავდივართ ინფორმაციის გადამუშავების სხვადასხვა საშუალების ნეიროსემიოტიკურ განხილვაზე (Chernigovskaya 1994, 1996, 1999; Черниговская 2008, 2010, 2010a; Финн 2009).

გასაგებია, რომ ცოცხალი არსების ენა ფიზიკურ-ქიმიურია, მაგრამ ეს ის ინფორმაცია არ არის, რომლის დახმარებითაც ზემოაღნიშნულ პრობლემებს დავძლევთ: მოცემულ ენაზე დაწერილი ტექსტი ხომ უნდა „გადაითარგმნოს“! ადამიანური ენიდან სხვა ადამიანურ ენაზე თარგმნისას კი საჭიროა ვიცოდეთ და უნდა გავითვალისწინოთ კიდევ ყველა პლასტი, ასოციაცია თუ კონტექსტი.

დუბროვსკის მიხედვით, ტვინისმიერი კოდების დეშიფრირების მხრივ სიტუაცია ჯერ კიდევ არაოპტიმისტურია: ტვინს ბევრი ენა და ინსტრუმენტი აქვს და ყველა ერთდროულად მოქმედებს სხვადასხვა დონეზე სხვადასხვა ადრესატებთან... მაგილათად, ნატრიუმ-კალიუმის ბალანსი აუცილებელია ცხოველთა უჯრედებისათვის ოსმორეგულაციის შესანარჩუნებლად, ზოგიერთი ნივთიერების, მაგალითად, შაქრისა და ამინომჟავების, ტრასპორტირებისათვის. ეს უაღრესად მნიშვნელოვანი ენაა – ერთ-ერთი უჯრედის დონეზე არსებულ ენათაგან. კი მაგრამ, რამდენად მნიშვნელოვანია იგი კოგნიტიური აქტივობისთვის – ეს ხომ შეუდარებლად მაღალი და ინტეგრალური პლასტია? – თუ არ იმუშავებენ უჯრედები, რა თქმა უნდა, გაქრება ის შინაგანი გარემო, რაც მთლიანობას ქმნის (*milieu interieur*; როგორც მას კლოდ ბერნარი უწოდებს) (Клод Бернар 1878). ამგვარი სპეციალური ენის დამახასიათებელი თვისებები ყალიბდებოდა ევოლუციური ფუნქციის ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორების გავლენით. ეს უკანასკნელნი უზრუნველყოფენ ფუნქციონალური სისტემების, ჰომეოსტაზის ურთიერთკავშირების ფორმირებას, ორგანიზმის მთლიანობის შექნას და ადაპტაციის მექანიზმის განვითარებას. შესაძლოა, ევოლუციური პროცესები საერთოდ უნივერსალური იყოს. ხომ არ შეიძლება მათი ნიშნები აღმოვაჩინოთ არა მხოლოდ ბიოლოგიურ, არამედ განსხვავებულ, თუნდაც ინფორმაციულ სისტემებში, კერძოდ, ვერბალურ ენაში? ეს საინტერესოა არა მხოლოდ ობიექტებს შორის არსებული ძირითადი განსხვავების გამო, არამედ განხილული პროცესების სიჩქარეებს შორის მნიშვნელოვანი განსხვავების გამოც: ასეულ ათასობით წელი – ჰომეოსტატიკური სისტემების ჩამოსაყალიბებლად და მაქსიმუმ ათეულ ათასობით წელი – ვერბალური ენის ჩამოყალიბება-განვითარებისათვის (Натохин и др. 1992, Natochin, Chernigovskaya 1997 ; Chernigovskaya et al. 2000).

თუკი ევოლუციას აქვს გარკვეული უნივერსალური ვექტორები, ინსტრუმენტები და მიზნებიც კი, მაშინ უნდა არსებობდეს ურთიერთთარგმნის საშუალება იმ ენებს შორის, რომელთა მიხედვითაც დანერილია ჩვენი ცხოვრება. ყოველ შემთხვევაში, ვისურვებდი, რომ ეს ასე იყოს. ვგულისხმობ არა on-line თანხვედრას დროის ღერძზე, როგორც ყოველთვის ხდება ხოლმე ქცევისა და მისი ფიზიოლოგიური საფუძვლების ანალიზისას, არამედ თარგმანს სწორედ პირდაპირი მნიშვნელობით. მხატვრული ლიტერატურის მთარგმნელმა იცის, რომ ზუსტად თარგმნა შეუძლებელია, რომ ფაქტობრივად ხდება მეტ-ნაკლებად წარმატებული „გადატანა“ ერთი ენიდან მეორეზე. თვით ნანარმოების

LANGUAGE

დეკოდირებაც კი სპეციალურ მომზადებას მოითხოვს (იხ., მაგალითად, Николаева 2012, Мамардашвили 1997).

მაშინაც კი, როცა ლაპარაკია უფრო ჩვეულებრივ მოვლენებზე და აანალიზებენ მარცხენა და მარჯვენა ნახევარსფეროების დისკრეტულ და გეშტალტურ ენებს, რაც არ უნდა მეტაფორული ფორმულირებები გამოიყენონ, ვნახავთ, რომ ამ ენებიდან თარგმნა შეუძლებელია, თუმცა სწორედ ეს ენები უზრუნველყოფენ სრულყოფილ მრავალგანზომილებიან აზროვნებას (Манин, 2008, 2012). როგორ მშვენივრად განსაზღვრავს ამას ჩერნავსკი თავის თანაავტორებთან ერთად: „ინტუიციურიდან ლოგიკურზე გადასვლისას ინფორმაცია გადაედინება ერთი ჭურჭლიდან მეორე, უფრო მოუხეშავ და ნაკლები მოცულობის ჭურჭელში. ამ დროს ინფორმაციის ნაწილი იკარგება. დაკარგული ინფორმაციის ღირებულება დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა მიზნით შეიძლებოდა მისი გამოყენება. გიოდელის თეორემის მიხედვით, შეიძლება რალაც სიტუაციაში დაკარგული ინფორმაცია მეტად ღირებული აღმოჩნდეს, ხოლო ლოგიკურმა ალგორითმმა ვეღარ იმუშაოს“ (Чернавский и др. 2004, გვ. 194).

ალბათ დამეთანხმებით, რომ სამყაროს ლოგიკურმა აღწერამ შეიძლება ხელი შეუშალოს იმ ახალი ცოდნის მიღებას, რომელიც დადგენილ წეს-კანონებში ვერ თავსდება. რა თქმა უნდა, ლოგიკა განვითარდა, თავის განსხვავებულ იპოსტასებში სულ უფრო უახლოვდება იმას, რასაც ჩვენ რეალურ სამყაროდ მივიჩნევთ და, ჩემი აზრით, ყველაზე ეფექტური ამ გზაზე არის არამკაფიო ლოგიკა, რომელსაც ტრადიციულად შეესაბამებოდა ჩვეულებრივი მარცხენასფერული მექანიზმები, მე კი მას ამ მექანიზმების სარკისებრ მეზობლებს შევეთანადებდი (Финн 2009; Манин 2012). აზროვნების ძირითადი პროცესების თვით დიქტომიური აღწერა გარკვეული აზრით გაბუნდოვანდა, მეცნიერებების ნომენკლატურის მსგავსად: კვანტური მექანიკის გაჩენის შემდეგ თითქოსდა არამხატვრული ობიექტის მიმართ მიდგომის არამკაფიობა, თუ არ ვიტყვით – არტისტულობა, უკვე აღარავის უქმნის უხერხულობას. ანალოგიურადვე გაბუნდოვანდა, შეიცვალა წარმოდგენა ტვინის ორ ნახევარსფერულ ფუნქციონალურ სტრუქტურაზე. გარკვეული აზრით, ეს უფრო შეესაბამება მეცნიერების თანამედროვე მდგომარეობას მოცემულ სფეროში: უკვე აღარ არსებობს ის, რასაც ადრე ეწოდებოდა „მარჯვენა ტვინი vs. მარცხენა ტვინი“, ასევე, მათი ფუნქციების ბინარული ოპოზიციების თვით სიაც აღარ არსებობს (Черниговская 2006, 2010).

ადამიანის ცნობიერების განსხვავებული, ცოდნაზე დამყარებული ტიპების

კლასიფიკაცია შესაძლებელია განხორციელდეს ცოდნის ბაზისეული პროცედურის ტერმინებში. მეცნიერული ცოდნა წარმოადგენს ჭეშმარიტებაზე ორიენტირებულ დინამიკურ ბაზას. სამეცნიერო ცოდნის პროცედურები ეფუძნება მეცნიერების ყველა დარგისთვის საერთო ლოგიკის (საკითხავია, კერძოდ, რომლის?) კანონებს, ასევე – ფაქტებისა და ჰიპოთეზების ვერიფიკაციის მეთოდებს, რომლებიც სპეციფიკურია მეცნიერების კონკრეტული დარგისათვის (გასაგებია, რომ მტკიცების პრინციპები განსხვავებულია ჰუმანიტარულ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში). ჩვეულებრივი მეხსიერება ემყარება არა მხოლოდ ჭეშმარიტებას, არამედ მყარ „ცენტრირებულ“ სტრუქტურებსაც. ჩვეულებრივი აზროვნებისათვის დამახასიათებელი ტიპური ტენდენცია გახლავთ ტენდენცია გამარტივებისაკენ – იმის გამოვლინება, რომ სიმყარის შეგრძნებას (ლოგიკურ კონსონანსს), რომელიც ადვილად მიიღწევა მარტივ სტრუქტურებში, უპირატესობა ენიჭება ლოგიკურ დასაბუთებასთან შედარებით: ერთხელ მიღებული დებულება შემდგომ უარყოფას აღარ ექვემდებარება, სხვათა შორის, სწორედ მისი უარყოფელი დებულებების მარტივი უგულებელყოფით (Кузнецов 2006).

როგორც ჩანს, ტვინი სხვადასხვა ადრესატთან (რომელიც შეიძლება იყოს საკუთრივ ტვინშიც და მთელ ორგანიზმშიც) ფიზიკო-ქიმიურ დონეზე ურთიერთობისათვის იყენებს არა მხოლოდ სხვადასხვა ენას, არამედ ირჩევს სხვადასხვა მოდუსს განსხვავებული კონტაქტებისა და მაკრო-დონეების გააზრებისათვის – სამეცნიერო დონიდან დაწყებული რიტუალური და ყოფითი დონის ჩათვლით. ასევე, ტვინი გადადის ერთი ენიდან მეორეზე კრიტიკულ შემთხვევაში ან შესაძლებლობათა დეფიციტის დროს, იმანინის მიერ მშვენივრად და დეტალურად აღწერილი შემთხვევის მსგავსად, როცა „მარცხენა ნახევარსფეროსთვის დამახასიათებელი“ კითხვის და წერის უნარის დროებითი დაკარგვა თავისით კომპენსირდა „მარჯვენა ნახევარსფეროსთვის დამახასიათებელი“ ფერწერითა და ხატვით (Манин 2012). უაღრესად საინტერესოა მისი შენიშვნა, რომ ენამ (თვითგადარჩენის მიზნით) გამოიყენა მითოლოგიურ-ფოლკლორული საშუალებები როგორც სატყუარა, რათა თავისი სილამაზით ეცდუნებინა ადამიანთა თაობები და იცხოვრა ზეპირ ტრადიციაში, დამწერლობის გამოჩენის მოლოდინში... კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს, რომ კოდირების დროს, სამყაროს შესახებ ცოდნის „შეფუთვისას“ მხატვრული ფორმა ბევრად უფრო სრული და ეკონომიურია, სამეცნიერო ფორმასთან შედარებით.

აღნიშნულთან დაკავშირებით უნდა გავიხსენოთ ი.გ.ფრანკ-კამენეცკის,

LANGUAGE

ო.მ.ფრაიდენბერგისა და ს.ს.ავერინცევის გამოკვლევები (2001), კერძოდ, ფრაიდენბერგის ფილოსოფიურ-კულტუროლოგიური თეორია ენისა და ცნობიერების, ხატისა და ცნების ურთიერთკავშირის შესახებ, რომელშიც ადამიანური რაციონალობის ფორმირების არქაული საწყისები წარმოჩენილია მითისა და ფოლკლორის ცნებების საფუძველზე (Фрейденберг 1998): „წარმოსახვის ენის გადათარგმნა ცნების ენაზე შეუძლებელია“ და „ცნობიერების ისტორია – ეს არის ისტორია გარესამყაროს წნეხისაგან განთავისუფლებისა და ნაბიჯის გადადგმა შინაგანი სამყაროსაკენ“. ათეული წლის შემდეგ ლაკოფი იმეორებს ფრაიდენბერგის აზრს (არა მგონია, ლაკოფს სცოდნოდა მის შესახებ): კინესთეტიკური სქემები განაპირობებენ შედგომში გამოხატვის კონცეპტუალურ ფორმებს, რომლებსაც შეესაბამება წარმოსახვით-კინესთეტიკური კონცეპტები; ამ უკანასკნელთა საფუძველზე ყალიბდება მეტაფორები, რომლებიც ასახავენ სხეულებრივ გამოცდილებას და ა.შ. (Lakoff 1987). ფრანკ-კამენეცკიმ მოახდინა პირველყოფილი აზროვნების, მითოლოგიური შემოქმედების ისტორიული ფაზების რეკონსტრუქცია და ნათლად აჩვენა, რომ მითოლოგიური სიუჟეტებისა და ხატების პალეოსემანტიკური შესწავლის შედეგად დგინდება შესაბამისობა „ერთი მხრივ, ხატების, რომლებიც ბაზისურია მითოლოგიური აზროვნებისათვის, სხადასხვა ერთობლიობასა და, მეორე მხრივ, პირველად ენობრივ ცნებებს შორის; სწორედ არქაული ცნობიერება გახდა საწყისი არა მხოლოდ მითოლოგიური სიუჟეტებისა და ხატებისათვის, არამედ სიტყვის პოლისემიისთვისაც“. ფრანკ-კამენეცკის მიხედვით, მითოლოგიური წარმოდგენებისა და ძველი ენების ლექსიკური შემადგენლობის სინკრეტიზმი მომდინარეობს თვით არქაული ცნობიერების სინკრეტიზმისაგან (1929).

სხვადასხვალოგიკა, კლასიკურისაგან განსხვავებული, აღწერის მეტაფორული ინსტრუმენტები, სინკრეტიზმი – ეს არ არის კულტურის განვითარების წარსული, ეს არის ის ძალა, რომელიც სულ უფრო და უფრო აქტიურად იპყრობს ინტელექტუალურსამყაროს. ცივილიზაციის ისტორია გვეუბნება, რომ ხელოვნებას ხშირად (და გაუცნობიერებლად) ახასიათებს კოგნიტიური გარღვევები, რასაც ზუსტი და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები თავიანთი მეთოდებით აღწევენ. ამგვარ მაგალითებს სახელად ლეგიონი ჰქვია (მრავალთა შორის იხ. Lehrer 2007). მაგრამ გულუბრყვილობა იქნებოდა გაგვევლო წყალგამყოფი, როგორც ეს ახლო წარულში იყო, რაციონალურ მეცნიერებასა და ირაციონალურ ხელოვნებას შორის – მოსალოდნელისაგან დიამეტრალურად განსხვავებულ აღწერებს

ვხვდებით როგორც მეცნიერთა, ისე მხატვართა ანგარიშებსა თუ მოგონებებში; ასევე, არ უნდა დავივიწყოთ, თუ რა როლს თამაშობს მხატვრებისა და სხვადასხვა ტიპის მოაზროვნეთა ქვეცნობიერი, გაუცნობიერებელი ინტელექტუალური შრომა (მაგალითად: Адамар 1970; Занченко 2010). მოვიხმობ რამდენიმე მაგალითს. კლოდ მონე (იმპრესიონისტი!) წერს: „კვლავ შეუძლებელს შევეჭიდე: ბალახიანი წყალი, ბალახი რომ ირხევა წყლის სიღრმეში. როცა უყურებ – მშვენიერი სანახაობაა, მაგრამ შეიძლება ჭკუიდან შეიშალო, როცა ამის დახატვას ცდილობ. ისე, მე ხომ ყოველთვის ასეთ რამეებს ვკიდებ ხელს... არადა არ მწყალობს ბედი: ზედიზედ სამი დღე კარგი ამინდი ერთხელაც არ ყოფილა, ისევ და ისევ მიწევს ჩანახატების გადაკეთება, ყველაფერი ხომ გამუდმებით იზრდება და მწვანდება. მოკლედ, ბუნებას ფეხდაფეხ მივდეგ და ვერაფრით ვეწევი. მდინარეში წყალი ხან მატულობს, ხანაც კლებულობს, ერთ დღეს წყალი მწვანეა, მეორე დღეს – ყვითელი, ზოგჯერ მდინარე სულ ამოშრება, ხვალ კიდევ, დღევანდელი თავსხმის შემდეგ, ნამდვილი ნიაღვარი წამოვა! ერთი სიტყვით, ჩემი მოსვენება არ იქნება“ (Моне 1969, გვ. 98). ალფრედ შნიტკე: „მუსიკა – ეს არის ხელოვნური ენა, დისტილირებული მუსიკალური ენა, უმკაცრესი რაციონალურ რეგლამენტაციით, თითქოსდა სემანტიკის გარეშე (ისე, მუსიკას მაინც აქვს თავისი სემანტიკა, თუნდაც – არასიუჟეტური). ან იქნებ ეს არის ენა, რომელშიც სემანტიკა შემთხვევითია, ნამსხვრევებით მიმოფანტული. თითქოს ადამიანი იმ ძალებს მართავს, რომლებიც მას არ ემორჩილება. აი, ვთქვათ, როგორც ჯადოქრის შეგირდი, როგორც ადამიანი, რომელიც მაგიურ ფორმულებს იყენებს, მაგრამ ვერ ფლობს იმ ძალებს, რომლებიც ამ ჯადოსნურ სიტყვებს მოჰყვება, ვერ უმკალვდება მათ“ (Шнитке 1994).

ეს ყველაფერი არის მცდელობა, გავიგოთ განსხვავებული ენები და მათი წესები. მაგრამ, აი, რას პასუხობს ფელინი შეკითხვაზე, თუ რის შესახებ არის მისი ფილმი: „ამის თქმა რომ შემეძლოს, მთელ რომანს დავწერდი“. პოეზიის, მუსიკის, ცეკვის ენა არ ითარგმნება „უბრალო“ პროზის ნრფივ ვერბალურ ენაზე... ისევე, როგორც არ ითარგმნება სიზმარი, გაურკვეველი, ბუნდოვანი მდგომარეობა, არაცნობიერი პროცესები, გემო და განსაკუთრებით – სურნელი, მედიტაცია თუ განწყობა... ჩვენ მიერ განცდილი გრძნობებით დაგროვილი ე.წ. გამოცდილების საკმაოდ მოზრდილი ფენა, რომლის აღწერასაც ცდილობს ხელოვნება და რომლის ცალსახა თარგმნა არც გვეიმედება, რომ შესაძლებელი გახდეს სამეცნიერო ენაზე (ტვინში არსებული რაიმე კოდის საფუძველზე), ასევე სერიოზულ

LANGUAGE

დაბრკოლებას წარმოადგენს როგორც ნეიროფიზიოლოგიური კვლევებისათვის, ასევე მოდელირებისათვის: აქ ხომ ზღურბლზე კი არა, *qualia*-ზეა ლაპარაკი (აღნიშნულთან დაკავშირებით იხ.: Chernigovskaya, Arshavsky 2007, Черниговская 2004)!

ჯეკენდოფი (Jeckendoff 2003) გვთავაზობს ხიდის გადებას, ერთი მხრივ, გამომთვლელ და თვითმკმარ ტვინსა და, მეორე მხრივ, გარეგან სამყაროს შორის და ამ მიზნით გვთავაზობს *f-mind* კონცეპტს, რომელიც შეიძლება გავიგოთ როგორც კონტექსტისთვის რელევანტური ტვინის უბნებისთვის დამახასიათებელ ნეირონთა ქსელში გარკვეული კომბინაციების კოდირების უნარი ბუნებრივი ენის საშუალებით.

თითოეულ ჩვენგანს მეხსიერებაში შემონახული აქვს ძირითადი მომენტები – მენტალურ სივრცეში რომ არ დაიკარგონ. ეს ნამცხვარ „მადლენსა“ ჰგავს, ასე ვირტუოზულად რომ ჩართო პრუსტმა თავის რომანში „დაკარგული დროის ძიებაში“: რომანის გმირმა, როცა პარიზში ეს ნამცხვარი შეჭამა, გაიხსენა ნორმანდიაში (კომბრეში) გატარებული ბავშვობა, („... მე უკვე ხშირად ვხედავდი, თუმცა გემოს აღარ ვუსინჯავდი ამ „მადლენიკოებს“, მათი ხატება უკვე დაშორდა კომბრეში გატარებული დღეების მოგონებებს“). ამ გასაგებებელ ნამცხვრებს დეიდა, Aunt Leonie, უცხოვდა პატარა მარსელს; მისი ბავშვობის კოდირება ამ გემოთი მოხდა მაშინ, როცა ავტორს უნდოდა თავის დახსნა ამ პროვინციიდან, რომელიც შემდეგ მისთვის „დაკარგული სამოთხე“ გახდა (მოგვიანებით დაწერს, რომ სამოთხე მხოლოდ დაკარგული შეიძლება იყოს). „ამიტომაც გვედება გარკვეული ზნეობრივი ვალი, **ადამიანური მიბმულობის** ვალი – ვინ ან რა გვადებს ამ ვალს? შთაბეჭდილებები. პრუსტისთვის ასეთ შთაბეჭდილებას უკავშირდება „მადლენები“. ფუმფულა, ჩამრგვალებული ნამცხვარები. პრუსტს ეყო სულიერი სიმამაცე და გამბედაობა საიმისოდ, რომ ეს ხმა გაეგონა, შეყოვნებულიყო და მერე შეუსვენებლივ ემუშავა, სახვალიოდ არაფერი გადაედო და ამოექაჩა მთელი თავისი წარსული ამ ნამცხვრისგან, ნამცხვრის ხმისგან, როცა ნამცხვარი ავტორს შეეხმინა“ (Мамардашвили 1997).

ვერბალური ენა უზრუნველყოფს სენსორული გზით შემოსული ინფორმაციის მენტალურ ინტერპრეტაციას და, ამგვარად, ინდივიდუალური გამოცდილების „ობიექტივიზაცია“ ხდება, რის შედეგადაც სამყაროს აღწერისა და კომუნიკაციის შესაძლებლობა გვეძლევა. ეს იმას ნიშნავს, რომ სწორედ ენა და მხოლოდ ენა, რომელიც კულტურულ ფენომენად გვევლინება, მიუხედავად იმისა, რომ

გენეტიკურად განსაზღვრულ ალგორითმს ეფუძნება, აკავშირებს გარე სამყაროს ობიექტებს ნეიროფიზიოლოგიურ მოვლენებთან კონვენციონალურის ემიოტიკური მექანიზმების გამოყენებით. ჩვენი აღქმა შეიძლება აღინეროს როგორც შედარებით ობიექტური მხოლოდ სახელდების კონვენციონალობის გამო – რომ შევთანხმდით, როგორ შევფუთავთ ჩვენს შეგრძნებებს. შეფუთვის ელემენტურობა, ზომა და ხარისხი იცვლება ენიდან ენამდე, ინდივიდიდან ინდივიდამდე. უფრო მეტიც, ზოგჯერ დარღვევებსაც ვხვდებით, – ილუზორულ და ჰალუცინაციურ აღქმასაც კი, მაგრამ ენა და ტვინი ამ ყველაფერს თავს ართმევს. ჩვენ სიტყვები უნდა დავუკავშიროთ მოვლენებსა და საგნებს; ზოგჯერ ამას შედარებით კარგად ვახერხებთ (როგორც ეს ფერებისა და ხაზების შემთხვევაშია), ზოგჯერ – უფრო ცუდად (როგორც ეს სურნელისა და გემოს შემთხვევაშია). ზოგჯერ შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სინესტეზიასაც – სენსორულსა თუ კოგნიტიურს – როცა აღქმის განსხვავებულმა მოდალობებმა შეიძლება ერთმანეთში გაცვალონ „გამოცდილება და ინვენტარი“. ცნობილია, რომ შემოქმედ ადამიანთა უმრავლესობას ამის ნიჭი აქვს, აქტიურადაც იყენებს ამ ნიჭს და სწორედ ეს გახლავთ ერთ-ერთი მთავარი ინსტრუმენტი ხელოვნებისა: არისტოტელე, ნიუტონი, გოეთე, ჰელმჰოლცი, სკრიაბინი, კანდინსკი, შერეშევსკი... (Cytowic 1989; Engen 1991; Emrich 2002; Черниговская 2004; 2012b).

როგორც მამარდაშვილი ირწმუნება, ცნობიერება – ეს ის პარადოქსია, რომელსაც ვერაფრით შეეგუები. მაგრამ თუ ადრე, აგრძელებს ავტორი, ეს, უპირველეს ყოვლისა, ფილოსოფიის საგანი იყო, დღეს სიტუაცია შეიცვალა და საბუნებისმეტყველო სამეცნიერო მიდგომა ამჯერად ხომ არ არის დაკავებული „ცნობიერების გვამის“ პრეპარირებით? და დამატებით: როგორც ჩანს, შრიოდინგერის კატის გარეშე აქაც არაფერი გამოდის... სამწუხაროა, რომ იგი არ ფლობს ადამიანურ ენას, სწორედ ის გახლავთ ჩვენთვის ხელმისაწვდომი ცნობიერების ენა.

მხარდაჭერილია განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს

16.740.11.0113 გრანტითა და

რუსეთის ფუნდამენტური კვლევების ფონდის

№ 11-06-12035-ოფუ-მ-2011 გრანტით.

ლიტერატურა

- Аверинцев С. С., Франк-Каменецкий И. Г., Фрайденберг О. М.. От слова к смыслу. Проблемы тропогенеза, М. 2001.
- Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. М. 1970.
- Аллахвердов В. М. Сознание как парадокс (Экспериментальная психологика, т.1) – СПб, «Издательство ДНК», 2000.
- Анохин К. В. Долговременная память в нейронных сетях: Клеточные и системные механизмы. Научная сессия МИФИ-2009. XI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2009». Лекции по нейроинформатике. – М.: МИФИ, 2009. С. 14-34.
- Барулин А. Н. К проблеме перехода от закрытой зоосемиотической знаковой системы к открытой. Ч. 1. Свист.// Вопросы языкознания, 2012.
- Бернар К. Курс общей физиологии. Жизненные явления, общие животным и растениям (перев. М. Антоновича, СПб. 1878).
- Бикертон Д. Язык Адама: как люди создали язык, как язык создал людей. Пер. с англ. М.: «Языки славянских культур», 2012.
- Бурлак С. А. Происхождение языка. Факты, исследования, гипотезы. М.: Астрель, 2011.
- Дубровский Д. И. Актуальные проблемы интерсубъективности. В кн. “Естественный и искусственный интеллект” (ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский). М. 2011, КАНОН+, 129 – 148.
- Зинченко В.П. Сознание и творческий акт. М., Языки славянских культур, 2010.
- Кант И. Прологомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука. Соч. в 6-ти томах. Т. 4, часть 1. М.: Мысль, 1965, 67-210.
- Козинцев А. Г. Предыстория языка: общие подходы // РОССИЙСКИЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ЕЖЕГОДНИК, 2010, № 1, 642- 646.
- Кузнецов О. П. Когнитивное моделирование слабо структурированных ситуаций. / Пospelовские чтения: Сб. тр. вып.7, Искусственный интеллект – проблемы и перспективы/ М: Политехн. музей; науч. ред. Г. Г. Григорян, В. Л. Стефанюк, М.: декабрь 2006, 86-100.

- Лекторский В. А. Исследование интеллектуальных процессов в современной когнитивной науке: философские проблемы. В кн. “Естественный и искусственный интеллект” (ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский). М. 2011, КАНОН+, 3- 16.
- Лотман Ю. М. О проблеме значений во вторичных моделирующих системах. В кн. “Учен. зап. Тарт. гос. ун-та”. 1965. Вып. 181 (Труды по знаковым системам. II), 210–216.
- Мамардашвили М. К. ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ТОПОЛОГИЯ ПУТИ. М.Пруст «В поисках утраченного времени». Лекции.// Изд. Русского Христианского гуманитарного института. Журнал «Нева». Санкт- Петербург 1997.
- Манин Ю. Математика как метафора. М. МЦНМО 2008.
- Манин Ю. И. Сова и солнце. 2012 (рукопись).
- Моне К. В кн. “Мастера искусства об искусстве”, т. 5, М. 1969.
- Нагель Т. «Мыслимость невозможного и проблема духа и тела»././ Вопросы философии, 2001, № 8.
- Наточин Ю. В., Меншуткин В. В., Черниговская Т. В. Общие черты эволюции в гомеостатических и информационных системах // Журнал эволюц. биохим. и физиол. 1992, 28, 5, 623-637.
- Николаева Т. М. О чём на самом деле написал Марсель Пруст?././Языки славянской культуры. М. 2012.
- Панов Е. Н. Знаки, символы, языки. Коммуникация в царстве животных и в мире людей. М.: КМК Scientific Press, 2005.
- Панов Е. Н. Орудийная деятельность и коммуникация шимпанзе в природе // Разумное поведение и язык. Вып. 1. Коммуникативные системы животных и язык человека. Проблема происхождения языка / Сост. А. Д. Кошелев, Т. В. Черниговская. — М.: Языки славянских культур, 2008, 231 – 260.
- Пинкер С., Джакендофф Р. Компоненты языка: что специфично для языка и что специфично для человека? // Разумное поведение и язык. Вып. 1. Коммуникативные системы животных и язык человека. Проблема происхождения языка / Сост. А. Д. Кошелев, Т. В. Черниговская. — М.: Языки славянских культур, 2008, 261 – 292.
- Пятигорский А. М., Мамардашвили М. К. Символ и сознание. Метафизические рассуждения о сознании, символике и языке. — Иерусалим 1982.

LANGUAGE

- Редько В. Г. Моделирование когнитивной эволюции – актуальное направление исследований. В. Кн. “Естественный и искусственный интеллект” (ред. Д. И. Дубровский и В.А. Лекторский) М. 2011, КАНОН+, 61-79.
- Резникова Ж. И. Когнитивное поведение животных и его развитие в онтогенезе. В кн.: «Теория развития», изд-во «Языки славянских культур». М. 2011, 279 - 315.
- Руднев В. П. Прочь от реальности: Исследования по философии текста. П. М. 2000.
- Томаселло М. Истоки человеческого общения. Пер. с англ. М.: Языки славянских культур, 2011.
- Финн В. К. Синтез познавательных процедур и проблема индукции // Научно-техническая информация. Сер. 2: Информационные процессы и системы. 6. Изд-во «ВИНИТИ РАН», 2009, 1-37.
- Франк-Каменецкий И. Г. Первобытное мышление в свете яфетической теории и философии // Язык и литература, Л. 1929. Т. 3, 70-155.
- Фрейденберг О. М. Миф и литература древности, М. 1998.
- Чернавский Д. С., Карп В. П., Родштадт И. В., Никитин А. П., Чернавская Н. М. Распознавание. Аутодиагностика. Мышление. Синергетика и наука о человеке. М. 2004.
- Черниговская Т. В. Экспериментальная лингвистика наступившего века и когнитивная наука как синтез гуманитарного и естественнонаучного знания / Сб. статей, посвященный юбилею проф. Л. А. Вербицкой. СПб. 2006, 214- 230.
- Черниговская Т. В. Если зеркало будет смотреться в зеркало, что оно там увидит? (к вопросу об эволюции языка и сознания) // Сб. научн. трудов «Когнитивные исследования», Вып. 4. М. 2010, ИП РАН, 67-89.
- Черниговская Т. В. Зеркальный мозг, концепты и язык: цена антропогенеза // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова РАН. Т. 92, №1. 2006. + в книге «Искусственный интеллект. Междисциплинарный подход» / ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский). М. 2006.
- Черниговская Т. В. Мозг и язык: врожденные модули или обучающаяся сеть? // В кн. «МОЗГ. Фундаментальные и прикладные проблемы». По материалам сессии Общего собрания Российской академии наук 15-16 декабря 2009 (под ред. акад. А.И Григорьева). М., НАУКА. 2010а, 117-127.
- Черниговская Т. В. От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека:

- эволюция или революция // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2008а, 94, 9, 1017-1028.
- Черниговская Т. В. Семиотика запахов: вербализация, синестезия, память.// Петербургское лингвистическое общество. Научные чтения-2003. Приложение к журналу «Язык и речевая деятельность», т.5 СПбГУ, СПб. 2004, 171-176.
- Черниговская Т. В. Человеческое в человеке: сознание и нейронная сеть // Проблема сознания в философии и науке / Ред. Д. И. Дубровский. М.: Ин-т философии РАН, 2008.
- Черниговская Т. В. Языки сознания: кто читает тексты нейронной сети?// Сб. посвященный юбилею акад. В. А. Лекторского, М. Институт философии РАН, 2012а.
- Черниговская Т.В.. Нить Ариадны или пирожные Мадлен : Нейронная сеть и сознание// В мире науки / Scientific American, # 4, 2012б.
- Шнитке А. Беседы с Альфредом Шнитке. (Сост. А.В.Ивашкин). М. 1994.
- Chernigovskaya T. Cerebral asymmetry - a neuropsychological parallel to semiogenesis // Acta Colloquii. Bochum publications in Evolutionary Cultural Semiotics, Language in the Wurm Glaciation //Ed. by U. Figge, W. Koch. Vol. 27. 1996, 53—75.
- Chernigovskaya T. Cerebral lateralization for cognitive and linguistic abilities: neuropsychological and cultural aspects // Studies in Language Origins // J. Wind, A. Jonker (eds.). Amsterdam; Philadelphia. III. 1994, 56—76.
- Chernigovskaya T. Neurosemiotic Approach to Cognitive Functions // J. of the Intern. Assoc. for Semiotic Studies //Semiotica. Vol. 127. 1/4. 1999, 227—237.
- Chernigovskaya T. V., Arshavsky V. V. Olfactory and visual processing and verbalization: Cross-cultural and neurosemiotic dimensions // Speaking of Colors and Odors, John Benjamins Publishing Company, “Converging Evidence in Language and Communication Research (CELCR)”, vol. 8, Eds. Martina Plumacher and Peter Holz, Amsterdam-Philadelphia, 2007, 227-239.
- Chernigovskaya T., Yu. Natochin, V. Menshutkin. Principles of evolution of natural and computer languages and physiological systems // «Becoming Loquens» - Bochum Publications in Evolutionary Cultural Semiotics (Bichakjian, Chernigovskaya, Kendon, Moeller - Eds.), Peter Lang, Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New-York, Oxford, Wien., 2000, vol. 1, 211-236.
- Cytowic, R. (1989). Synaesthesia – A Union of the Senses. N.Y. et al.: Springer.

LANGUAGE

- Deacon, T. W. Multilevel selection in a complex adaptive system: The problem of language origins// B Weber & D Depew (eds.) *Evolution and Learning: The Baldwin Effect Reconsidered*. MIT Press, 2003.
- Deacon, T. Evolution of language systems in the human brain. In J. Kaas (Ed.), *Evolution of Nervous Systems*. Vol. 5, e *Evolution of Primate Nervous Systems*, 2006.
- Edelman G. M. *Wider than the sky: a revolutionary view of consciousness*. Penguin, 2004.
- Emrich, H. M. *Welche Farbe hat der Montag? Synästhesie: Das Leben mit verknüpften Sinnen*. Stuttgart et al., 2002.
- Engen, T. *Odor Sensation and Memory*. N.Y.:Praeger, 1991.
- Fitch, T. The evolution of speech: a comparative review / *trends in cognitive sciences – 2000 – Vol. 4, 258 – 267*.
- Fodor J. Where is my mind? *London Review of Books*. Vol. 31.№ 3. 12 February, 2009.
- Jackendoff R. *Précis of Foundations of Language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution*. // *Behavioral and Brain Sciences*. 26 : 651—707, 2003.
- Lakoff G. *Women, fire, and dangerous things: What categories reveal about the mind*. Chicago; L.: University of Chicago press. 1987, 353-363.
- Lehrer, J. *Proust was a Neuroscientist*. A Mariner Book. Houghton Mifflin Co. Boston: New York 2007.
- Lieberman P. On the Nature and Evolution of the Neural Bases of Human Language / *Yearbook of Physical Anthropology* 45:36–62, 2002.
- McCulloch, W. S. and Pitts, W. H. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5:115-133, 1943.
- Natochin Yu., Chernigovskaya T. Evolutionary physiology: History, principles // *Journal of Comparative Biochemistry and Physiology*, 1997, A, vol. 118, N 1, 63-79.
- Nietzsche F. “Die fröhliche Wissenschaft”, 1882, Aphorism 121, KSA,3.
- Read, Dwight W. Working Memory: A Cognitive Limit to Non-Human Primate Recursive Thinking Prior to Hominid Evolution // *Evolutionary Psychology*. 2008. V. 6, 676–714.
- Botha R. and Knight C.. Ed. *The Prehistory of Language* / by Oxford, New York: Oxford University Press, 2009.
- Uexküll, J. von. *Theoretische Biologie*. Berlin: Springer, 1928.

ცნობიერების ენები: ვინ კითხულობს ნაირონული ქსელის ტექსტებს?¹

ტ. ვ. ჩერნიგოვსკაია

ამ სტატიის დაწერის იდეა მომანოდა ვ. ა. ლექტორსკისა და დ. ი. დუბროვსკის მიერ მომზადებულ წიგნში (*Естественный и искусственный интеллект*, 2011) ფორმულირებულმა სამმა მოსაზრებამ:

- ტვინი არსებობს სამყაროში და სამყარო არსებობს ტვინში;
- სუბიექტური მდგომარეობა და ყველა ფსიქიკური ფენომენი – ცნობიერი თუ არაცნობიერი – ნეირონულ ქსელში წარმოიქმნება და სავარაუდოდ ჰყავს კიდეც ადრესატი, რომელიც წარმოქმნილი „ტექსტების“ ინტერპრეტაციას ახდენს ან უბრალოდ ჩაიკითხავს მათ.
- რის საფუძველზე ვთვლით, რომ ფორმალურ-ლოგიკური აზროვნება, რაც ადამიანის შესაძლებლობებშია, დაგვეხმარება ბუნების კანონების აღსაწერად? განა უალტერნატივოა?..

„დიდი კანტი გვასწავლიდა, რომ დრო, სივრცე და მიზეზ-შედეგობრიობა მთელი თავისი კანონზომიერებითა და ყველა შესაძლო ფორმით ჩვენს ცნობიერებაში არსებობს სრულიად დამოუკიდებლად იმ ობიექტებისაგან, რომლებიც მათშია წარმოდგენილი და მათ შინაარს ქმნიან; ანუ, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მათთან ერთნაირად მივალთ სუბიექტიდან ან ობიექტიდან ამოსვლით; ამიტომ ისინი ერთნაირად შეიძლება მივიჩნიოთ როგორც ხედვის, დაკვირვების საშუალებებად, რომლებსაც სუბიექტი ფლობს, ასევე – ობიექტის თვისებებად, რამდენადაც ეს უკანასკნელი არის ობიექტი (კანტთან: მოვლენა), ე.ი. წარმოდგენა“ (Шопенгауэр 1992: 147).

¹ დაიბეჭდა კრებულში „Человек в мире знания, к 80-летию В. А. Лекторского“ РОССПЭН, М. 2012, ст. 403-412.

LANGUAGE

ნაგელის სტატიაში „შეუძლებლის გააზრება და სულისა და სხეულის პრობლემა“ მკაფიოდ არის ფორმულირებული შემდეგი პოზიცია: „უნდა ვალიაროთ, რომ ცნობიერება რეალობის ის ასპექტია, რომელიც კონცეპტუალურამდე ვერ დაიყვანება“ (Hagel 2001: 101). კვლავინდებურად, მენტალური მოვლენების, „სუბიექტური რეალობის“ აღწერისას და მათი დაყვანისას ტვინში მიმდინარე ნეიროფიზიოლოგიურ პროცესებამდე „ჩავარდნა გვაქვს ახსნაში“ და ეს იმიტომ, რომ მენტალური პროცესები არაფიზიკურია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ეს პროცესები ვერ დაიყვანება სივრცულ-დროით კოორდინატებამდე.

მეორე მხრივ, უსაფუძვლოა იმის მტკიცება, რომ ფიზიკური არ არის თანმხლები მენტალურისა, მაგრამ საკითხავია – როგორ? პარალელური აღწერა ნეიროფიზიოლოგიური პროცესებისა და მათ მიერ გამოწვეული სხვადასხვა მენტალური მდგომარეობისა ვერაფრით დაგვეხმარება ვუპასუხოთ შეკითხვას, თუ როგორ წარმოქმნის ნეირონული ქსელის ქცევა სხვადასხვა სუბიექტურ მდგომარეობას, გრძნობას, რეფლექსიას და მაღალი რიგის სხვა ფენომენებს. თუ არ შეიცვლება ფუნდამენტური წარმოდგენები ცნობიერების შესახებ, როგორც ნაგელი მიიჩნევს, ვერ დაიძლევა ახსნაში არსებული ზემოთ აღნიშნული ჩავარდნა.

ვცადოთ და გავერკვეთ განსაზღვრებებში.

ტერმინი **ცნობიერება** გამოიყენება მინიმუმ ორი განსხვავებული მნიშვნელობით: როგორც ცოცხალ არსებებში ამ თვისებრიობის მახასიათებელი და როგორც მაჩვენებელი ცნობიერების გარკვეული მდგომარეობების და დონეების არსებობისა. სინამდვილეში ამ ცნებაში ჩატეულია კიდევ ბევრი განსხვავებული მნიშვნელობა. ძირითადი კონტექსტები არის შემდეგი:

- ცნობიერება აქვს ნებისმიერ მგრძნობიარე არსებას, რომელსაც რეაგირებაც შეუძლია. როგორ უნდა ვალიაროთ მაშინ, რომ ცნობიერება აქვთ თევზებს, კრვეტებს და ა.შ.?
- არა სიზმრისეული და არა კომაში ყოფნის მდგომარეობა. მაშინ, ამ შემთხვევაში, როგორ განისაზღვრება სიზმრისეული მდგომარეობა, ჰიპნოზის მდგომარეობა და ა.შ.?
- გაცნობიერება: ჩვენ არა მარტო შეგვიძლია გავაცნობიეროთ, არამედ იმასაც ვაცნობიერებთ, რომ ვაცნობიერებთ. მაშინ რა მოვუხერხოთ პატარა ბავშვებს? და – მაღალგანვითარებულ არამოლაპარაკე არსებებს?

- ე.წ. *What is it...* (იხ. T. Nagel, *What is it to be a bat*, 1974), როცა გვთავაზობენ წარმოვიდგინოთ, თუ როგორია სამყარო განსხვავებული ცნობიერებით დანახული – მაგალითად, ექოლოკაციის მქონე ღამურის ცნობიერებით, ან რვაფეხას ცნობიერებით. ამ აზრით, ვირტუალურად მოაზრებული უცხოპლანეტელი არსებები ნებისმიერ მიწიერ ცხოველზე ბევრდ უფრო გაუგებარნი როდი არიან.

სუბიექტური რეალობა, *qualia*, ანუ ფენომენალური ცნობიერება, ლამის ცენტრალური პრობლემა გახდეს ამ ურთულესი საკითხების განხილვისას. ამას ხაზს უსვამს ცნობილი თანამედროვე ნეიროფიზიოლოგი ედელმანი (Edelman 2004): ცნობიერების ცენტრალური პრობლემა უკავშირდება შეკითხვას – ფიზიკური მოვლენები როგორ წარმოქმნის სუბიექტურ განცდებს? მისი აზრით, ევოლუციის შედეგად ჩვენში გამყარდა იმ სუბიექტური მოვლენების წარმოქმნის უნარი, რომლებიც უაღრესად მნიშვნელოვანია უფრო მაღალი რიგის მოვლენებისათვის. აღსანიშნავია, რომ კლასიკურმა კოგნიტიურმა მეცნიერებამ ჯერჯერობით ვერ განათავსა *qualia* თავის პარადიგმაში.

ამაზე დაწერილია და იწერება კიდევ უამრავი რაოდენობის სტატია თუ წიგნი და თავად პრობლემა საკმაოდ მკაფიოდ არის მოხაზული დ.ი.დუბროვსკის შრომებში (Дубровский 2008, 2011). ჩვენ ვხედავთ მხოლოდ იმას, რაც ვიცით. ხატები და წარმოდგენები როდია კოპირება ან თუნდაც რეცეპტორებიდან მიღებული ფიზიკური სიგნალების ჯამი, მათ ჩვენი ტვინი აშენებს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ის, რასაც ვხედავთ, გვესმის თუ შეხებით შევიგრძნობთ განსხვავებულია ჩვენ შორისაც და სხვადასხვა სახეობის ცხოველებს შორისაც; ეს ხდება არა იმის გამო, რომ მხდველობის, სმენის, ყნოსვის და ა.შ. დიაპაზონები ყველას სხვადასხვა აქვს, არამედ იმიტომ ყველა ცოცხალ არსებას აქვს განსხვავებული ტვინი, რომელიც ამ სენსორულ სიგნალებს გადაამუშავებს და *სუბიექტურ (!)* ხატებს წარმოქმნის... არა მხოლოდ განსხვავებული სახეობებისთვის, არამედ ერთ სახეობაში შემავალი განსხვავებული ადამიანებისთვისაც *qualia* განსხვავებულია. ასევე, ხაზი უნდა გავუსვათ იმას, რომ სუბიექტური რეალობის გამოვლენა შეუძლებელია ბიჰევიორისტული მეთოდებით და, როგორც ჩანს, ექსპერიმენტული დასაბუთება სპეციალურ მენტალურ დამუშავებას საჭიროებს.

აღნიშნულთან დაკავშირებით უნდა მივეჩვიოთ და სერიოზული შესწორებები შევიტანოთ ინდივიდუალურ, ეთნიკურ, კონფენსიონალურ, პროფესიონალურ

LANGUAGE

და სხვა კულტურულ განსხვავებებში, რაც ტვინის აგებულებას განსაზღვრავს, და ასევე – განსხვავებული ადამიანების სუბიექტურ სამყაროებში. ტვინი არის მილიარდობით ნეირონებისა და მათი კავშირების არა უბრალო ჯამი, არამედ ტვინი არის აღნიშნულ ჯამს + ინდივიდუალური გამოცდილება, რომელმაც ჩვენი ტვინი ააგო და ააწყო. ალქმა – ეს არის ცოდნის აქტიური ამოქაჩვა და სამყაროს კონსტრუირება. გასხვავებული ცოცხალი სისტემები ამას სხვადასხვაგვარად ახერხებენ, სამყაროში სხვადასხვა მახასიათებელს (მაგალითად, მაგნიტური ველი ან პოლარიზებული სინათლე) გამოყოფენ და განსხვავებულ Umwelt-ებს აგებენ. სხვადასხვა ორგანიზმი სამყაროს სხვადასხვაგვარ სურათს ქმნის. სწორედ სუბიექტური სამყაროს არსებობა და თავად სუბიექტი განასხვავებს ადამიანს კიბორგისაგან, ჯერჯერობით... ადამიანს სხვა ბიოლოგიური სახეობისგან, კომპიუტერისგან თუ „ზომბისგან“ განასხვავებს ის, რომ მას აქვს *arbitrium liberum* – თავისუფალი ნება, უნარი იმისა, რომ თავად გააკეთოს შეგნებული არჩევანი მიღებული გადაწყვეტილების შესაბამისად – *voluntarius consensus* (Черниговская 2008).

ვ. ა. ლექტორსკი ნერს (Лекторский 2011), რომ ყველა კოგნიტიური პროცესი – ეს არის ინფორმაციის გადამუშავება გარკვეული წესებისა და ალგორითმების მიხედვით, და რომ ტვინში არის მენტალური რეპრეზენტაციები, რომელთა მეშვეობითაც მყარდება კონტაქტი სამყაროსთან (აღნიშნულთან დაკავშირებით იხ.: Fodor 2009 – ჯ.ფოდორის პროვოკაციული სტატია Where is my mind?). ეს გახლავთ ჰიპოთეზები – უმაღლესი დონის აბსტრაქციები, რომლებიც საფუძვლად უდევს სამყაროს სურათს; ამ უკანასკნელის ემპირიული გზით შემოწმება შეუძლებელია, რადგანაც „ობიექტური“, „ნამდვილი“ სურათი სამყაროსი უბრალოდ არ არსებობს, ან იგი მხოლოდ *შემქნელმა* იცის. სტატისტიკურად სანდო რაოდენობის ადამიანთა აზრის დაგროვება არაფერს იძლევა, რამდენადაც მათ ყველას დაახლოებით ერთნაირი ტვინები აქვთ. კანტი მტკიცედ ასკვნის, რომ „გონებას კი არ გამოჰყავს კანონები (a priori) ბუნებიდან, არამედ ბუნებას მიაწერს მათ“ (Кант 1965) (აღნიშნულთან დაკავშირებით იხ. Редько 2011). ვერაფრით დავაღწევთ თავს სასიფათო შეკითხვას: რატომ შეიძლება ფორმალური აზროვნების გამოყენება რეალური სამყაროს მიმართ? რატომ მივიჩნევთ აქსიომად, რომ ჩვენი ალგორითმების ჩარჩოებში ჩამოყალიბებული, კარგად ორგანიზებული აზრი ჭეშმარიტია? ის ჭეშმარიტია – მხოლოდ ჩვენი აზროვნების ჩარჩოებში.

აქ უკვე პარადოქსთან გვაქვს საქმე: ტვინი არსებობს სამყაროში და სამყარო

არსებობს ტვინში. ფიზიკურ სამყაროში სუბიექტური გამოცდილების მოძიება (ე.ი. თუნდაც სენსორული სტიმულების ინტენსივობის სახით) აბსურდია: ის იქ არ არსებობს, რამდენადაც სუბიექტური გამოცდილება აიგება ტვინში, ტვინის დამატებით, ბამოცალკეპეშულ სივრცეში. ვინ უყურებს მენტალურ რეპრეზენტაციებს? ფიზიკური მოვლენები აისახება თავის ტვინში ნეირონების სპეციფიკური აქტივობის სახით, მაგრამ ვინ ახდენს მათ ინტერპრეტაციას?

პასუხი თითქოს ცხადია – „მე“, მაგრამ რაღაც სხვა განზომილებიდან, სხვა სივრციდან, ტვინის შიგნიდან, არა როგორც ფიზიკური ობიექტი, არამედ როგორც ფსიქიკური სუბიექტი. ტვინი ხომ საუბრობს (ვილაცასთან).....და ვინ ვის ელაპარაკება („იქ არ უნდა წასულიყავი“...)? ადრე ასე უპასუხებდნენ – მარჯვენა და მარცხენა ნახევარსფეროები, როგორც ორი განსხვავებული პიროვნება (იხ. Chernigovskaya 1994, 1996, 1999). მაგრამ დღეს სურათი ბევრად უფრო ჭრელია და ტვინიც – ბევრად უფრო „დასახლებული“.

ისე კი, შეიძლება ტვინს ვენდოთ? ტვინის პოტენციური უნარი, რომ პიროვნებას მიაწოდოს არა მარტო მცდარი სენსორული თუ სემანტიკური ინფორმაცია, არამედ არაადეკვატურად მიაკუთვნოს შეგრძნებები მოცემულ სუბიექტს, კარგად არის ცნობილი ფსიქიკური პათოლოგიიდან. რამაჩანდრანმა თავის კვლევებში მოჩვენებით შეგრძნებებთან დაკავშირებით (Ramachandran 2008) აჩვენა, რომ ამ უკანასკნელთა „განადგურება“ შესაძლებელია „გონებრივი დარწმუნებით“; მაშ, გამოდის, რომ არსებობს საშუალებები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია ზემოქმედება ამგვარ ექსტრემალურ-ანომალურ შეგრძნებებზე.

ცნობიერებისა და ფენომენალური გამოცდილების დამადასტურებელი კრიტერიუმების საკითხი, რა თქმა უნდა, ზერთულია, რომ არაფერი ვთქვათ იმაზე, რომ შეიძლება ვილაპარაკოთ მის ტიპებზე (მაგალითად, პერცეფციულზე, რომელიც სენსორული ხატებით ოპერირებს, და ოპერაციულზე, რომელიც მსჯელობას უზრუნველყოფს). ცნობიერების კრიტერიუმად თითქოს შეიძლება ჩაითვალოს სიმბოლოთა ინტერპრეტაციის უნარი, უნარი იმისა, რომ ნებისმიერად მართო ცოდნა და გადასცე იგი სხვას (და საკუთარ თავსაც). ზოგჯერ ლაპარაკობენ შინაგანი ცოდნის აშკარად გამოხატული ფორმით წარმოდგენის შესახებ და ამ შემთხვევაში ცნობიერების არსებობა კრევეტებთან და ხამანკებთან უკვე საეჭვო ხდება, თუმცა მათთან qualia-ს არსებობა-არარსებობის შესახებ კიდევ შეიძლება ვიმსჯელოთ.

როგორც დუბროვსკი აღნიშნავს, მაღალგანვითარებულ ცხოველებთან

LANGUAGE

ინფორმაციის შესახებ წარმოქმნილი ინფორმაცია სირთულის თვალსაზრისით ბევრად უფრო დაბალი დონისაა, ვიდრე ადამიანებთან, ვერ ვიტყვით, რომ მაღალგანვითარებულ ცხოველებს აქვთ თვითშემეცნება და თავისუფალი ნება, მაგრამ, როგორც ახლა ნათელი გახდა, მათ შეუძლიათ რთული კოგნიტიური ამოცანების ამოხსნა, შეუძლიათ თავი გაართვან გაურკვეველ მდგომარეობას და მიზნის მისაღწევად გააკეთონ სწორი არჩევანი; ამის გამო იძულებულნი ვართ ნაკლებად ცხვირანულებმა შევხედოთ მათ ფსიქიკურ საქმიანობას მიუხედავად იმისა, რომ „მეორადი მოდელირების სისტემები“ მათთვის მიუღწეველია (იხ. მიმოხილვა Черниговская 2006, 2008a). რაც უფრო ვუახლოვდებით ადამიანს, მით უფრო იზრდება ფსიქიკური თავისუფლების ხარისხი – თავისუფალი ნება. განსაკუთრებით საინტერესოა ამ თვალსაზრისით სხვა ბიოლოგიურ სახეობებში კოგნიტიური შესაძლებლობების საკითხი (Резникова 2011).

აქ უნდა გავიხსენოთ პორშნევი, რომელიც აღნიშნავს, რომ „გაადამიანება – ეს არის ადამიანურობის მომატება მაიმუნში“ (Поршнева 2007: 43); ასევე უნდა გავიხსენოთ ტ. დე შარდენის ნათქვამი: „მესამეული პერიოდის დასასრულიდან მოყოლებული, 500 მილიონი წლის განმავლობაში უჯრედოვან სამყაროში მატულობდა ფსიქიკური ტემპერატურა. განშტოებიდან განშტოებამდე, პლასტიდან პლასტამდე, როგორც ვნახეთ, ნერვიული სისტემები, *pari passu*, სულ უფრო და უფრო რთულდებოდა და კონცენტრირდებოდა. საბოლოოდ, პრიმატებთან ჩამოყალიბდა იმდენად მოქნილი და მძლავრი იარაღი, რომ მათი მომდევნო საფეხური მხოლოდ მთელი ცხოველური ფსიქიკის სრული გადახარშვისა და საკუთარ თავში კონსოლიდაციის პირობებში შეიძლებოდა გაჩენილიყო (Шарден 1987: 139).

როდესაც ადამიანის სპეციფიკურ კოგნიტიურ „უნარებზე“ ვფიქრობ, კვლავ მიჩნდება შემდეგი შეკითხვა: ამათგან რომელია ჩვენი ტვინი – ბერტნარ რასელისეული (Russell 1946) „სიმრავლე ყველა იმ სიმრავლისა, რომელიც საკუთარი თავის ელემენტს არ წარმოადგს“, თუ რეკურსული თვითმკმარი შედევი, რომელიც რეკურსულსავე მიმართებაშია მასში დასაშვებ პიროვნებასთან, რომლის ორგანიზმშიც თავად არის განთავსებული? რაში ვინ არის მაშინ განთავსებული?.. და მართალია თუ არა გიოდელი (იხ. Hutton 1976)?

XXI საუკუნის მეცნიერებამ არა მარტო წაშალა საზღვრები თავის ცალკეულ სფეროებს შორის, არამედ ცდილობს აითვისოს კოგნიტიური საშუალებების მთელი არსენალი, რასაც საუკუნეების მანძილზე ხელოვნება ფლობდა – არადისკრეტული

და არამკაფიო აღწერები. მაგალითად, ტვინის მუშაობასთან დაკავშირებული ურთიერთსაპირისპირო ფაქტები უკვე გასაგები ხდება, როდესაც ვინცებთ ინფორმაციის გადამუშავების სხვადასხვა საშუალების ნეიროსემიოტიკურ ანალიზს (Chernigovskaya 1994,1996,1999; Черниговская 2008, 2010, 2010a; Dietrich 2007; Манин 2008; Финн 2009; Fink et al. 2009).

ადამიანები – ეს არსებები არიან, რომელთაც აქვთ ცნობიერება, ახასიათებთ რეფლექსია და ქმნიან განსაკუთრებულ სემიოსფეროს. ამ თვისებრიობის უნიკალობა კვლავ ეჭვქვეშ დგას იმის გამო, რომ, როგორც უკვე აღინიშნა, ნათლად ვერ წარმოგვიდგენია, რა უნდა იყოს კრიტერიუმი ცნობიერების არსებობისა, განსაკუთრებით – ცხოველებთან. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ კოგნიტიური პროცესები მიმდინარეობს არა ინდივიდუალურად, არამედ სხვა ადამიანებთან თუ არტეფაქტებთან კოორდინირებულ ურთიერთობაში. ამდენად, მიუხედავად იმისა, თუ როგორ გვესმის ცნობიერება, იგი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც გადანაწილებული პროცესი. დისკუსიები არ წყდება იმასთან დაკავშირებით, არის თუ არა ბუნებრივი ენა, თვისებრივად განსხვავებული სხვა საკომუნიკაციო სისტემებისაგან, ჩვენი სახეობრივი სპეციფიკური მახასიათებელი, თუ ანთროპოგენეზში მნიშვნელოვან როლს თამაშობდა მზარდი უნარი უფრო მაღალი რანგის სოციალური ქცევისა.

ცხადია, რომ ადამიანი თანამედროვე სახით ჩამოყალიბდა არსებად, რომლის სახეობრივი მახასიათებელი არის ოპერირება სიმბოლოებითა და მეორადი მოდელირების სისტემებით, რაც ბუნებრივ ენას ეფუძნება და ზესტრუქტურებს ქმნის. ამგვარ სისტემებს განეკუთვნება ხელოვნება და მეცნიერება, როგორც შედეგი შემოქმედებითი მოდელირებისა, რომელიც შესაცნობი ობიექტის შემნაცვლებელ ანალოგს (გარკვეული აზრით) ქმნის. ხელოვნება, თავისი განსაკუთრებული კონსტრუქციული ბუნების წყალობით, არაჩვეულებრივი მოცულობისა და ეკონომიურობის ხარჯზე სრულყოფილად ინახავს რთულ ინფორმაციას და, ამავე დროს, მას შეუძლია გაზარდოს ეს ინფორმაცია. ხელოვნების ნიმუშები მათთვის დამახასიათებელი ამ უნიკალური თვისებით გარკვეულწილად ბიოლოგიურ სისტემებს ემსაგავსებიან და განსაკუთრებულ ადგილს იკავებენ იმ ყველაფერს შორის, რასაც ადამიანი ქმნის (Лютман 1965).

გალილეის მტკიცებულებით, ბუნების წიგნი მათემატიკის ენაზეა დაწერილი. ისე კი, უნივერსალური ენა – ეს მართლა მათემატიკაა? და თავად მათემატიკა რისი ენაა, – ტვინის ენა ხომ არა? აქედან აუცილებლობით ხომ არ უნდა

LANGUAGE

დავასკვნათ, რომ ტვინი – ეს არის კომპიუტერი, რომელიც „ერთიანებითა და ნულებით“ ოპერირებს? რა ენებზე ელაპარაკება ტვინი საკუთარ თავს (გენებიდან და უჯრედებიდან დაწყებული მათგანვე წარმოქმნილ ჰალუცინაციებამდე)? როგორ ელაპარაკება ტვინი მთლიან ორგანიზმს, – როგორც თავის მსგავსს? რა არის ადამიანის სამეტყველო ენა და რატომ/რისთვის არიან ეს ენები ასე განსხვავებულნი? შეგვიძლია კი ადეკვატურად ავსახოთ სამყარო ბუნებრივი ენის მეშვეობით – არის მასში საკმარისი საშუალებები საამისოდ? და რა ენაა მუსიკა? სამყაროს მოდელირების განსაკუთრებული ტიპი – მათემატიკის მსგავსი, თავისი ნყობითაც მათემატიკას რომ ჰგავს, მაგრამ სხვაგვარად ზემოქმედებს?

ტვინი – ეს არის ურთულესი სტრუქტურა, როგორც კი შეიძლება მოვიხაზოთ. მაგრამ რა არის მასში გენეტიკურად ჩადებული და რა ხარისხით, და მთავარი – გარემოსა და გამოცდილების ზეგავლენით როგორ აინყობა ეს ინსტრუმენტი? ეს შეკითხვები დღესაც ღიად რჩება. ნეირომეცნიერებები იკვლევენ, თუ როგორ მიმდინარეობს ეს სამუშაო როგორც მთლიან ნეირონულ ქსელში, ისე მის თითოეულ უბანზე, როგორ გადანაწილდება ნეირონული ჯგუფების აქტივობა, როგორ და რატომ წარმოიქმნება ახალი ფუნქციონალური კავშირები, როგორ ზემოქმედებს ამ პროცესზე გარედან შემოსული ინფორმაცია და გენეტიკური ფაქტორები, რომლებიც საფუძვლად უდევს კოგნიტიურ კომპეტენციას.

იმ სამყაროში, რომელსაც აღვიქვამთ და რომელსაც ვცდილობთ მოვერგოთ, რა არის საკუთრივ მისი და რა არის ჩვენი ტვინის მიერ წარმოქმნილი? – ამგვარად, კვლავ ცენტრალურია საკითხი, როგორ გაიმიჯნოს სუბიექტი და ობიექტი.

უკვე კარგა ხანია ამ საკითხს განიხილავენ დიდი მოაზროვნენი და მათ შორის გენიალური უხტომსკიც, რომელიც ამბობდა, რომ არ არსებობს არც სუბიექტი და არც ობიექტი, რომ ჩვენ სულაც არა ვართ მაყურებლები, ჩვენ მონაწილენი ვართ და რომ ბუნება ჩვენი დილემაა, ანუ იგი თითქოს არც არსებობს ჩვენგან დამოუკიდებლად. აღნიშნულთან დაკავშირებით უნდა გავიხსენოთ ა. პიატიგორსკი და მ. მამარდაშვილი (Пятигорский, Мамардашвили 1982), რომლებიც პირდაპირ ამბობენ, რომ ყოფიერება და ცნობიერება ერთიან კონტინუუმს ქმნის და რომ აზროვნება და არსებობა ერთმანეთს თანხვდება.

სიტუაცია, რომლის დროსაც კვლევის ობიექტი არა გვაქვს დამკვირვებლისაგან დამოუკიდებლად, ფიზიკისთვის საკმაოდ ნაცნობია იმ დროიდან, როცა იქმნებოდა კვანტური თეორია და მსოფლიო გააოგნა შრიოდინგერის კატამ. ამგვარი სიუჟეტებით, რომლებიც არღვევენ ჩვენს ჩვეულებრივ წარმოდგენებს

დროსა და სივრცეზე, როგორც ფიქრობენ, სავსეა კვანტური (ე.ი. მიკრო) სამყარო და იქ ყველაფერი დამკვირვებელზეა დამოკიდებული. უკანასკნელ დრომდე მაკროსამყაროში მსგავსი ფენომენი ჯერ არ დაფიქსირებულა. ეს ფიზიკაში, ცოცხალი სისტემების შემსწავლელ სხვა მეცნიერებებში კი დამკვირვებლის როლი შეუძლებელია სათანადოდ არ შევაფასოთ.

სუბიექტურ სამყაროში დროის დინებასთან დაკავშირებულ თავბრუდამხვევ შეკითხვებს არაერთი მოაზროვნე დაუფიქრებია: რა არის „ახლა“? ტვინმა თანადროულად როგორ შეუთავსა ერთმანეთს დროის სხვადასხვა შკალა – პირობითი ობიექტური დრო, ცხოვრების პირადი შკალა, აქტუალური დრო, დროის სხვადასხვაგვარად დანანევრების უნარი (შდრ.: Varela 1999; Юрасов 2011; Черниговская 2012)?

ერთ-ერთი პირველთაგანი, რომელიც სასონარკვეთილებაში კინალამ ჩავარდა დროის შესახებ განსჯის დროს, გახლდათ ნეტარი ავგუსტინე, რომელმაც გააცნობიერა, რომ წარსული უკვე გავიდა, მომავალი ჯერ არ დამდგარა და აწმყო თითქოს არც არსებობს, ან პირიქით – მხოლოდ ის არსებობს... წარსული თავის არსებობას ჩვენს მეხსიერებას უნდა უმაღლოდეს, მომავალი კი – იმედს (АВГУСТИН 1991: кн. XI, гл. 14-28).

ხომ არ არის დრო ჩვენი ცნობიერების ნაყოფი, ან კიდევ უფრო უარესი – ნაყოფი ჩვენი ტვინისა? XXI საუკუნეში შეგვიძლია კი ვთქვათ, რომ დრო უწყვეტლივ და უცვლელი სიჩქარით მიედინება, რა თქა უნდა, თანაბრად და ერთი მიმართულებით? როგორც ჩანს – არა, და უნდა დავემშვიდობოთ ნიუტონისეულ მეტაფორას დროისა, რომ დრო არის მდინარე, გამდინარე. ტვინი გამუდმებით უნდა განსაზღვრავდეს, თუ რა, რა თანმიმდევრობით, სად და როდის ხდება, ადარებდეს ამ ყველაფერს და ქმნიდეს, რამდენადაც შესაძლებელია, სამყაროს ადეკვატურ სურათს. ამასთანავე, არ უნდა დავივიწყოთ დროსთან დაკავშირებული ილუზიები, რომ დროის შეფასება დამოკიდებულია ემოციურ სიტუაციაზე (როგორც შინაგანზე, ისე გარეგანზე) და ა.შ., რაც მშვენივრად არის წარმოდგენილი ანრი ბერგსონთან (Бергсон 2001).

ამავე დროს, თვით ტვინში განსხვავებული პროცესები სხვადასხვა სიჩქარით მიმდინარეობს და არსებობს დროის სარკმლები, რომლებიც გვეხმარება შემოსული ინფორმაციის კლასიფიცირებაში. საბედნიეროდ, ტვინში არის ფილტრების სისტემა, რომელიც არ ატარებს სხვადასხვა სახის „არასაჭირო“ ინფორმაციას. გარდა ამისა, ეს ფილტრები აჩქარებენ ან ანელეებენ აღსაქმელ

LANGUAGE

პროცესებს იმისათვის, რომ არ აღმოვჩნდეთ სიტუაციაში, როგორც ეს არის ფილმში „მატრიცა“, რომელშიც ნაჩვენებია, რომ მყისიერ (ჩვენი თვალთახედვით) მოვლენებს (როგორცაა, მაგალითად, ტყვიის ფრენა) შესაძლებელია ეტაპობრივად დავაკვირდეთ (Eagleman 2010, 2011). ეს, გარკვეულ საზღვრებში, მართლაც ხდება შესაძლებელი ტვინში სხვადასხვა დარღვევების არსებობის შემთხვევაში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დრო, რომელშიც ვცხოვრობთ, ჩვენი ტვინის წარმონაქმნია და ესეც qualia-ს ერთგვარი ვარიანტია.

განასხვავებს თუ არა ტვინი ისეთ ცნებებს, როგორებიცაა „მანამდე“ და „შემდეგ“? ან დღეს, XXI საუკუნეში, როგორი დამოკიდებულება უნდა გვქონდეს კაუზალობის მიმართ? იგი აუცილებლად უნდა უკავშირდებოდეს დროით მახასიათებლებს? რა უნდა ჩაითვალოს ობიექტურად, როცა ლაპარაკია დროზე? ნიუტონთან და კანტთან დრო სუბსტანციურია, ე.ი. ობიექტურია, ბერგსონთან – სუბიექტური, იგი ინელება, იკუმშება, ყოვნდება... ტვინს შეუძლია საკუთარი თამაშიც ითამაშოს ქიმიური პროცესების ხელშეწყობით. ეს პროცესები შეიძლება იყოს როგორც ენდოგენური, ისე გარედან შემოტანილი: მაგალითად, კოკაინსა და მარიხუანას შეუძლიათ შეცვალონ დრო; ნეიროტრანსმიტერები, დოპამინი და ადრენალინი, ის ქიმიური ნივთიერებებია, რომლებიც პირდაპირ ზემოქმედებენ დროის აღქმაზე. დროის დეფორმირებას ახდენს ზოგიერთი დაავადებაც (მაგ., პარკინსონის, ალცჰეიმერის დაავადებები, შიზოფრენია).

დიდი ხანია ცნობილია, რომ ასეთი რთული სისტემა ციფრულ ალგორითზე ვერ დაიყვანება. ჩვენი ცნობიერება წარმოადგენს, სულ ცოტა, ინფორმაციის გადამუშავების ერთზე მეტ საშუალებას, თუმცა მათგან ყველა როდი შეიძლება შევიმეცნოთ (ე.ი. შეიძლება არც მიეკუთვნებოდეს ცნობიერებას) ან გამოთვლებით აღვწეროთ, ტრადიციული გაგებით. პასკალი წერდა, რომ გონება ნელა მუშაობს, იგი ძალიან ბევრ ფაქტს ითვალისწინებს, წამდაუნუმ იღლება და იფანტება, არ შეუძლია ერთად მოგროვდეს. გრძნობა სხვაგვარად მოქედებს: გამუდმებით და მყისიერად. რასაც პასკალი თავის „აზრებში“ უწოდებს გრძნობას, შთაგონებას, გულს, „განსჯის ალღოს“, სინამდვილეში აღნიშნავს ცოცხალი რეალობის უშუალო აღქმას, განსჯითი ცოდნისა და რაციონალური გამოთვლების საპირისპიროდ. ერთი უსიამოვნებაც უნდა გვახსოვდეს: მე შეიძლება ვიცოდე რაღაც და არ ვიცოდე, რომ ეს ვიცი.

დავუბრუნდეთ პასკალს, – თითქოს ავგუსტინეს გამოძახილია: „ანმყოფი არასოდეს შეეყოვნდებათ. ვიხსენებთ წარსულს; ვწინასწარმეტყველებთ მომავალს,

თითქოს გვინდა დავაჩქაროთ მისი ძალზე ნელი სვლა; ან წარსულს იმიტომ ვიხსენებთ, რომ შევაჩეროთ მისი წარმავალობა. ისეთი წინდაუხედავები ვართ, რომ ჩვენთვის მიუწვდომელ დროებში დავეხეტებით და სულაც არ ვფიქრობთ იმ ერთადერთ დროზე, ჩვენ რომ გვეკუთვნის.. ანმყო არასდროს არის ჩვენი სამიზნე. საერთოდ, ჩვენ არცა ვცხოვრობთ, მხოლოდ ვაპირებთ ცხოვრებას..." (Паскаль 2003,Статья IV –VII).

ამგვარად, როგორც ჩანს, ნეირონული ქსელის ტექსტებს კითხულობს თავად ნეირონული ქსელი და ამ ქსელში ჩვენც ვართ მოყოლილი, ან იქნებ ჩვენ თავად წარმოვადგენთ მას... მხოლოდ ის გვამშვიდებს, რომ მთელი სამყაროც ამ ქსელშია მოყოლილი, ან იქნებ, თვითონ ის არის სამყარო. მისი ფორმები, მისი სიმკვრივეც, ქსოვის სინატიფე, მოქნილობა და დრეკადობა – ყველაფერი ეს ცოცხალია, თუმცა ჩვენ შეგვიძლია ამოვქსოვოთ ჩვენთვის სასურველი სახე, არ დავექვემდებაროთ შაბლონებს, რომლებიც a priori გვეძლევა სიმყარის მოსაპოვებლად.

P.S. ეს მოკრძალებული სტრიქონები ეძღვნება შესანიშნავ ადამიანსა და მოაზროვნეს ვლადისლავ ალექსანდრეს ძე ლექტორსკის და მსურს ექსპერიმენტული კოგნიტიური მეცნიერების გადმოსახედიდან ხაზი გავუსვა ანალიზური ფილოსოფიის როლს, რომელსაც ჩემი კოლეგები სათანდოდ ვერ აფასებენ და რომლის გარეშეც შეუძლებელია სწორი ინტერპრეტაცია ემპირიულ მონაცემებზე დამყარებული კონკრეტული მეცნიერული თეორიებისა. უფრო მეტიც, ანალიზური ფილოსოფიის ამოცანას შეადგენს განსაზღვრა იმ საკითხებისა, რომლებიც თავად ემპირიულმა მეცნიერებამ უნდა შეისწავლოს და შეამოწმოს საკუთარი ექსპერიმენტებით. ვ. ა. ლექტორსკის შრომები წარმოადგენს შესანიშნავ სახელმძღვანელოს, რომელიც გვასწავლის კოგნიტიური პროცესების სწორად გააზრებას.

მხარდაჭერილია განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს

16.740.11.0113 გრანტითა და

რუსეთის ფუნდამენტური კვლევების ფონდის

№ 11-06-12035-ოფი-მ-2011 გრანტით.

ლიტერატურა

- Августин, Исповедь М.: Ренессанс, Сид, 1991.
- Анри Бергсон, Творческая эволюция. Материя и память. Харвест, М. 2001.
- Дубровский Д. И., Зачем субъективная реальность или «почему информационные процессы не идут в темноте?» (ответ Д.Чалмерсу) «Проблема «другого сознания», в «Вопросах философии» 1, 2008.
- Дубровский Д. И., Актуальные проблемы интерсубъективности. В кн. „Естественный и искусственный интеллект“ (ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский), КАНОН+, М. 2011: 129 – 148.
- Естественный и искусственный интеллект (ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский), КАНОН+, М. 2011.
- Кант И., Прелегомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука. Соч. в 6-ти томах. Т.4, часть 1, Мысль, М. 1965: 67-210.
- Лекторский В.А., Исследование интеллектуальных процессов в современной когнитивной науке: философские проблемы. В кн. Естественный и искусственный интеллект (ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский), КАНОН+, М. 2011: 3- 16.
- Лотман Ю.М., О проблеме значений во вторичных моделирующих системах. В кн. Учен. зап. Тарт. гос. ун-та. 1965. Вып. 181 (Труды по знаковым системам. II): 210–216.
- Манин Ю., Математика как метафора, МЦНМО, М. 2008.
- Нагель Т., «Мыслимость невозможного и проблема духа и тела»// Вопросы философии, № 8, 2001.
- Паскаль. Б. , Мысли. - М.: АСТ, Харьков: Фолио, 2003.
- Поршнева Б. Ф., О начале человеческой истории, Алетея, СПб. 2007.
- Пятигорский А. М., Мамардашвили М. К., Символ и сознание. Метафизические рассуждения о сознании, символическом и языке, Иерусалим 1982.
- Редько В. Г., Моделирование когнитивной эволюции – актуальное направление исследований. В. Кн. Естественный и искусственный интеллект (ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский), КАНОН+, М. 2011: 61 – 79.
- Резникова Ж. И., Когнитивное поведение животных и его развитие в онтогенезе. В кн.: «Теория развития», изд-во «Языки славянских культур», М. 2011: 279 - 315.

- Финн В., Синтез познавательных процедур и проблема индукции // Научно-техническая информация. Сер. 2: Информационные процессы и системы, 6, «ВИНИТИ РАН», 2009: 1-37.
- Черниговская Т. В., Зеркальный мозг, концепты и язык: цена антропогенеза // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова РАН. Т. 92, №1. 2006; + в книге «Искусственный интеллект. Междисциплинарный подход» / ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский). М. 2006.
- Черниговская Т.В., Человеческое в человеке: сознание и нейронная сеть // Проблема сознания в философии и науке / Ред. Д. И. Дубровский. Ин-т философии РАН, М. 2008.
- Черниговская Т. В., От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека: эволюция или революция // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2008а, 94, 9, 1017-1028.
- Черниговская Т. В., Если зеркало будет смотреться в зеркало, что оно там увидит? (к вопросу об эволюции языка и сознания) // Сб. научн. трудов «Когнитивные исследования», Вып. 4. ИП РАН, М. 2010: 67-89.
- Черниговская Т. В., Мозг и язык: врожденные модули или обучающаяся сеть? // В кн. «МОЗГ. Фундаментальные и прикладные проблемы». По материалам сессии Общего собрания Российской академии наук 15-16 декабря 2009” (под редакцией академика А. И. Григорьева), НАУКА , Москва 2010а: 117-127.
- Черниговская Т.В., Время – дом, где мы живём, или оно создаётся нашим мозгом? РГГУ, М. 2012.
- Шарден Т. де, Феномен человека, Наука, М. 1987.
- Шопенгауэр А., Мир как воля и представление. Собр. Соч. Т. 1. Книга вторая, О мире как воле. М. 1992.
- Юрасов А. А., Искусственный интеллект и темпоральная структура сознания. В кн. Естественный и искусственный интеллект (ред. Д. И. Дубровский и В. А. Лекторский), КАНОН+, М. 2011: 80-91.
- Chernigovskaya T., Cerebral lateralization for cognitive and linguistic abilities: neuropsychological and cultural aspects // Studies in Language Origins // J. Wind, A. Jonker (eds.). Amsterdam; Philadelphia, III, 1994: 56-76.

LANGUAGE

- Chernigovskaya T. Cerebral asymmetry — a neuropsychological parallel to semiogenesis // *Acta Colloquii. Bochum publications in Evolutionary Cultural Semiotics, Language in the Wurm Glaciation* // Ed. by U. Figge, W. Koch, vol. 27, 1996: 53-75.
- Chernigovskaya T., Neurosemiotic Approach to Cognitive Functions // *J. of the Intern. Assoc. for Semiotic Studies* // *Semiotica*, vol. 127, 1/4, 1999: 227-237.
- Dietrich A., Who's afraid of a cognitive neuroscience of creativity? // *Methods*, vol. 42, Issue 1, May, 2007: 22-27.
- Eagleman D., Brain time. // *What's next? Dispatches on the Future of Science 2010* (Ed. By Max Brockman).
- Eagleman D., *Incognito: The Secret Lives of the Brain*, Pantheon/Canongate 2011.
- Edelman G. M., *Wider than the sky: a revolutionary view of consciousness*. Penguin, 2004.
- Fink A., Graif B., Neubauer A. C., Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers // *NeuroImage*, 46, 2009: 854-862.
- Fodor J., Where is my mind? *London Review of Books*, vol. 31, № 3, 12 February 2009.
- Hutton A., "This Gödel is Killing Me," *Philosophia*, 1976,3:135-44.
- Nagel T. "What is it like to be a Bat?" In *Philosophical Review* 83, 1974: 435-456.
- Ramachandran V. S., *The Man with the Phantom Twin: Adventures in the Neuroscience of the Human Brain*, Dutton Adult, N.Y. 2008.
- Russell B., *History of Western Philosophy and its Connection with Political and Social Circumstances from the Earliest Times to the Present Day*, London: Allen & Unwin, 1946.
- Varela F. J., *The Specious Present: A Neurophysiology of Time Consciousness*//*Naturalizing Phenomenology and Cognitive Science*, Stanford University Press, Stanford, California 1999.

PLANT NAMES IN THE GEORGIAN GOSPEL

Marine Ivanishvili

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

The Georgian Gospel, the oldest and most important literary monument of the history of the Georgian language, “preserves a very remote form of our language, an extremely archaic, precise and flexible vocabulary, perfect and expressive grammatical forms, and an enviable syntax” (Imnaishvili 1979, 1986).

Thus, for the researchers of the Georgian or Kartvelian languages the Georgian Gospel is a very important source of information.

Translators of the Biblical texts attempt to express with the great exactness the formal and semantic equivalence with the origin. Therefore, during the translation of vocabulary, especially of religious and anthropological terms, entreaties to God, prayer formulas, idiomatic phraseology, they select exact equivalents.

A. Kharanauli in her research concerning the translations of the Bible notes: For the Church the old translations of the Holy Scriptures were the true word of God expressed in various languages. But in order to remain the word of God in translation as well, the Holy Scriptures had to satisfy several demands. Those demands were set to the translation from the beginning, and after translation it was checked how effectively they were carried out.

Adequacy and accuracy has always been the main demand of the translation of the Old and New Testaments: the Bible was regarded as the word of God and, therefore, “Holy Scriptures must express one and the same” in every language. The translators of the Bible were not to add or extract anything, but to keep the original form and wording. Accuracy of a translation means, first of all, the correct preservation of the theologically relevant contents, and does not at all exclude formal accuracy in the translation of the Holy Scriptures – a maximally exact and adequate reproduction of the style, idiom, syntax, and vocabulary. The ancient translators did not adapt the texts just to ease readers’ task; they were to transmit

LANGUAGE

the wording of the original as exactly as possible – both in its semantics and in its style of expression. For them the primary criterion in the process of translation was the inner sense of faith, thus preserving what “The Holy Spirit gave them” (Kharanauli 2003: 17-21).

The quality of any translation is defined how naturally the forms of both languages correspond to each other. So, besides the desire of translators of Biblical texts for maximum closeness to the original, they always kept this in mind and that’s why the language of the ancient Georgian Biblical texts is deep, simple and wonderful.

During the investigation of the plant names in the Kartvelian languages we concentrated on the corpus of the plant names which are attested in the Georgian Gospel. Our goal was not only to determine etymologies and to study word-formation, but also the issues related to the Georgian translations of the Biblical texts and more generally, a study of the history of culture.

According to the purposes of our research a few basic questions arise: how are the plant names transferred in the Georgian Gospel texts – by borrowing, translation, or replacing them by equivalents having a similar semantics? Are there any Proto-Kartvelian roots among the plant names attested in the Gospels? Are there any examples where together with the borrowed vocabulary we also come across Georgian (Kartvelian) synonym forms? Did the borrowed material appear in the Georgian language system by way of the translation of the Gospels, or did it exist before? Which cultural, religious motives are related to each plant name in the given context? How are the Kartvelian and borrowed roots distributed (for example, depending on whether the plant grows in Georgia or not)? How adequate are the lexical equivalents and how are the errors to be explained? etc.

We shall try to answer these questions.

To our mind, such research related to the various semantic groups of words gives us the opportunity to present a thorough picture of the linguistic situation that existed at the time of the translation of the Biblical texts into Georgian.

There are twenty-five plant-name stems attested in the text of the Georgian Gospel:

1. “**alo**”, “**halo**” (**Aloē L.**)

aloē in the Georgian Gospel is presented in two forms: და მოიღეს აღრეული მურისა და ალოესაჲ da moiyes ayreuli murisa da *alojsaj*; მოიღო მური შეზავებული ჰალოეთურთ moiyo muri šezavebuli *halojturt* [“and brought a mixture of myrrh and aloes”] Jo. 19,39.

alo, *halo* forms confirmed in the Georgian Gospel redactions is derived from Greek

άλων (compare Syrian *'alwa*; Persian *albā*); together with it, in Georgian is also met *sabri*, the later borrowing from Arabic *ṣabr*. As the Georgian variant of these words of the foreign origin, *Sulkhan-Saba Orbeliani* assumes *azua*, the trace of which in Modern Georgian, Kartvelian languages and dialects is not shown.

2. “danak’is k’udi” (pinik’i) (Phoenix dactylifera L.)

In the Gospel by John we read: მოიღეს რგოჲ დანაკის კუდთაგან *moiyes rt’oj danak’is k’udtagan* [“Took branches of *palm trees*”] Jo. 12,13.

The ancient Georgian name *danak’is k’udi* should be coming from the elongated and sharp shape of its leaves. The usage of the synonymous forms (*pinik’i*, *p’alma*) of *danak’is k’udi* should have started in the later period. According to J. Loewi, Arabic *ḡummayz//ḡummayzat* – palm tree, is borrowed from Aramaic. S. Frenkel indicates that *ḡummayz* as diminutive form, emerged later. Already Javaliki mentions the form *fu’ayl* as one of the indicators of the word being of non-Arabic origin. We think that this fact is an interesting parallel with the Georgian diminutive form (*ak’-* is an ancient derivation affix in Georgian, for example, *saxl-ak’-i* “little house”, *dan-ak’-i* “little knife” etc. (Shanidze 1976; Sarjveladze 1997)). It seems that also this nuance was taken into consideration by the translator of the Gospel and has found a maximally precise adequate Georgian form for this plant name. Neither palm nor persimmon is found in the Georgian Gospel texts. It is noteworthy that the translator uses for the plant the Georgian derivative. Palm is a non-endemic species for the Caucasus region and while giving the name the key point was made out of the shape of the plant leaf.

3. “ek’ali” (Smilax excelsa L.)

ek’ali in the Gospel texts is found in next examples: დაადგეს მას ეკლისა გვრგვნი *daadges mas ek’lisa gwrgwni* [“and platted a crown of *thorns*”] Mrk. 15,17; აღმოსცენდეს ეკალნი, და შეაშთვეს იგი *aymoscendes ek’alni, da šeaštves igi* [“and the *thorns* sprung up”] Mt. 13,7; Mrk. 4,7; Jo. 8,7; სხუაჲ დავარდა ეკალთა შინა *sxuaj davarda ek’alta šina* [“and some fell among *thorns*”]; რომელი-იგი ეკალთა შიდა დაეთესა *romeli-igi ek’alta šida daetesa* [“He also that received seed among *the thorns*”]; სხუაჲ დავარდა ეკალთა შინა *sxuaj davarda ek’alta šina* [“And some fell among *thorns*”] Mrk. 4,7; რომელნი-იგი ეკალთა შინა დაეთესნეს *romelni-igi ek’alta šina daetesnes* [“they which are sown among *thorns*”] Mrk. 4,18; რომელ-იგი ეკალთა შინა დავარდა *romel-igi ek’alta šina davarda* [“that which fell among *thorns*”] Lk. 8,14; ნუჲუკუე შეკრიბიან ეკალთაგან ყურძენი *nuuk’ue šek’ribian ek’altagan q’urzeni* [“do men gather grapes of *thorns*”] Mt.

LANGUAGE

7,16; შეთხზეს გვრგვნი ეკლისაჲ *šetxzes gwrgwni ek'lisaj* [“they had platted a crown of thorns”] Mt. 27,29; Jo. 19,2; არა ეკალთაგან შეიკრიბიან ლელჳ *ara ek'altagan šeik'ribian leyw* [“for of thorns men do not gather figs”] Jo. 6,44.

As the correspondent of Georgian *ek'al-* stem in Megrelian is confirmed *k'alia, k'alie*, which is a Georgian borrowing, the initial vowel is missing. The Laz and Svan corresponding of Georgian stem *ek'al-* same with meaning but phonetically different stems are: Laz. *cig-, m-cig-ur-a* “thorny plant”; Svan. *cag-, cäg-* “thorn”; *cag-ār* “thorny”.

Although we cannot reconstruct the Proto-Kartvelian stem of *ek'al-*, but undoubtedly, the plant name comes from the ancient Georgian vocabulary and therefore is reflected in the Georgian Gospel.

4. “vazi”, “venaxi” (*Vitis L.*)

vaz-, venaq- stems in the Gospel are found in following verses: არა თუ ვინმე დაადგრა ჩემ თანა, განვარდა იგი გარე ვითარცა ვაზი, განწმა *ara tu vinme daadgra čem tana, ganvarda igi gare vitarca vazi, ganqma* [“If a man abide not in me, he is cast forth as a branch, and is withered”] Jo. 15,6; კაცმან ვინმე დაასხა ვენაჳი *kacman vinme daasxa venaqi* [“A certain man planted a vineyard”] Mrk. 12,1; მე ვარ ვაზი *me var vazi* [“I am the true vine”] Jo. 15,1; ვაზი იგი მისცეს სხუათა *vazi igi misces sxuata* [“will give the vineyard unto others”] Mrk. 12,9; Jo. 20,16; ყოველმან ვენაჳმან რომელ ჩემ თანა დამკვდრებულ არს არა გამოიღოს ნაყოფი, მოჰკუეთოს იგი *q'ovelman venaqman romel čem tana damk'wdrebul ars da ara gamoiyos naq'opi, mohk'uetos igi* [“every branch in me that beareth not fruit he taketh away”] Jo. 15,2C; ვითარცა ვაზმან ვერ გამოიღოს ნაყოფი თავით თჯით *vitarca vazman ver gamoiyos naq'opi tavit twsit* [“as the branch cannot bear fruit of itself”] Jo. 15,4C; რომელი განვიდა განთიად დადგინებად მუშაკთა ვენაჳსა თჯსა *romeli ganvida gantiad dadginebad mušak'ta venaqsa twssa* [“which went out early in the morning to hire labourers into his vineyard”] Mt. 20,1; წარავლინნა იგინი ვენაჳსა თჯსა *č'aravlinna igini venaqsa twssa* [“he sent them into his vineyard”] Mt. 20,2; მოვედით თქუენცა ვენაჳსა ჩემსა *movedit tkuenca venaqsa čemsa* [“go ye also into the vineyard”] Mt. 20,4; წარვედ დღეს და იქმოდე ვაზსა ჩემსა *č'arved dyes da ikmode vazsa čemsa* [“go work today in my vineyard”] Mt. 21,28; ჰრქუა ვენაჳის მოქმედსა მას *hrkua venaqis mokmedsa mas* [“then said he unto the dresser of his vineyard”] Jo. 13,7; არლარა ესუა ამიერითგან ნაყოფისაგან ამის ვენაჳისა *aryara esua amieritgan naq'opisagan amis venaqisa* [“I will not drink henceforth of this fruit of the vine”] Mt. 26,29; Mrk. 14,25; Lk. 22, 18; რაჟამს მოვიდეს უფალი იგი ვენაჳისა მის *ražams movides*

upali igi *venaqisa* mis [“when the lord therefore of the *vineyard* cometh”] Mt. 21,40; რადთა მოიღოს ნაყოფი ვენაჯისა მის rajta moiγos naq’opi *venaqisa* mis [“that he might receive from the husbandmen of the fruit of the *vineyard*”] Mrk. 12,2; მოვიდეს და წარწყმოდეს მოქმედნი იგი მის ვენაჯისანი movides da c’arc’q’mides mokmedni igi mis *venaqisani* [“he will come and destroy the husbandmen, and will give the *vineyard* unto others”] Mrk. 12,9C.

The word *vaz-* (vine) name of the plant that bears grapes is evidenced in the Georgian written sources from 9th-10th centuries. A corresponding stem is not found in other Kartvelian languages. Thus, it is a name that appeared later on the Georgian basis (cf. Proto-Iranian *raz*, Armenian *vort*).

The old Georgian name of *waz-i*, *wenaq-i* finds corresponding forms both in Zan *binex-i* and Svan *űenäq-i*. The term *wenaq-* in the Georgian language has undergone reinterpretation and from the name of this plant it turned into the garden of this plant.

Kartvelian **wenaq-* “vine (vineyard)” **űein-āq-* (**űein-āk-*) Geo. *venax-* : Megr. *binex-* : Laz. *binex-*, *benex-* “vineyard” is also an ancient and very important lexeme, widely documented in ancient Georgian monuments. In Zan with *w > b* and typical *e > i* moving (see Melikishvili 1975: 122-128). In Svan is presented the later borrowed stem *űenäq-*. Thus, **wenaq-* Georgian-Zan archetype is reconstructed. Batsbi and Tsezi languages have adopted the Georgian stem.

According to the scientific literature Proto-Kartvelian *űenäq-* is an Indo-European borrowing and is derived from Indo-European **űei-* “rolling” stem. Gamkrelidze-Ivanov connect Georgian stem with the Indo-European **űein-āq* (dialect) form which is attested in Slav stem **vinjaga* “vine”, “vineyard” (Гамкрелидзе, Иванов 1984: 649-881). In their opinion, the Georgian basic stems were replaced by borrowed cultural terms connected with viticulture.

With regard to this stem a word *βῆνα* (*ιβῆνος*) – from Pre-Greek vocabulary of unknown etymology which means “*wine*” should be taken into consideration (Furnée 1979, Gordeziani 1969).

For us H. Fähnrich’s connection of Georgian *γun* “bend, bow” with *wine* meaning seems to be convincing. In particular, Proto-Kartvelian **γun-* stem is restored on the basis of the following correspondence: Geo. *γun-* “bend, roll” : Megr. *γun-*, *γun-k’-u-a* “curl, bend, bow” : Laz. *γun-* *γun-i* “(bee) hive”, etymolog.: “twisted” : Svan. *γvn-* (*u-γun-a* “elbow”). On the basis of the culturological analysis of product *wine* and linguistic analysis of the word *γvino*

LANGUAGE

we suppose the borrowing of the name not from the Proto-Indo-European, but vice versa, from Proto-Kartvelian into Proto-Indo-European.

5. “zetis xili” (*Olea europala* L.)

About *zetis xili* in the Gospel is written: მიეახლა... მთასა თანა, რომელსა ჰრქვან ზეთის ხილთაჲ mieaxla... mtasa tana, romelsa hrkwan *zetis xiltaj* [“came... at the mount called the mount of *Olives*”] Lk. 19,29; მოვიდეს მთასა მას ზეთის ხილთასა movides mtasa mas *zetis xiltasa* [“they went out into the mount of *Olives*”] Mt. 21,1; 26,30; რაჟამს ვითარ მიიწია იგი შთასავალსა მას მთისა ზეთის ხილთაჲსა ražams vitar miic’ia igi štasavalsა mas mtisa *zetis xiltajsa* [“and when he was come nigh, even now at the descent of the mount of *Olives*”] Lk. 19,37.

Georgian *zet-* stem comes from Arabic *zajt*. The multiple illustrative material of the mentioned name (*zeti*, *zetis xe*, *zetis xeoani*, *zetis-xili*, *zetis-xilovani*) in old Georgian texts shows that this stem has been well established in Georgian vocabulary.

Arabic *zajtūn* means “*zetis xe*” (tree of olive) as well as “*zetis xili*” (olive). For indicating the meaning of this plant in Georgian is used Arabic *zajt* “*zeti*” (oil), supplemented consequently with “*xe*” (tree) and “*xili*” (fruit), and “*zeituni*” *zajtūn* form – for indicating the oil distilled from this fruit.

6. “ipkli” (*Tritium vulgare* Vill L.)

შეკრიბოს იფქლი მისი საუნჯესა šek’ribos *ipkli* misi saunžesa [“gather his *wheat* into the garner”] Mt. 3,21; Lk. 3,17; ასისთუელი იფქლისაჲ ასისთუელი *ipklisaj* [“an hundred measures of *wheat*”] Lk.16,7C; ეშმაკმან გამოგიტხოვნა თქუენ აღცრად ვითარცა იფქლი ešmak’man gamogitxovna tkuen aycrad vitarca *ipkli* [“Satan hath desired to have you, that he may sift you as *wheat*”] Lk. 22,31; მაშინ-ღა სავეს იფქლი თავსა მას შინა mašin-ღა saves *ipkli* tavsa mas šina [“after that the full *corn* in the ear”] Mrk.4,28; იფქლი იგი შეკრიბე საუნჯესა ჩემსა *ipkli* igi šek’ribe saunžesa čemsa [“gather the *wheat* into my barn”] Mt.13,30; ნუუკუე შეკრებასა მას ლუარძლისასა აღმოჰფხურათ იფქლიცა nuuk’ue šek’rebasa mas ŷuarzlisasa aymohpxurat *ipklica* [“ye root up also the *wheat* with them”] Mt. 13,29; დასთესა ლუარძლი შორის იფქლსა მას dastesa ŷuarzli šoris *ipklisa* mas [“sowed tares among the *wheat*”] Mt.13,25; რომელი დაადგინოს უფალმან მონათა თვსთა ზედა მიცემად ჟამსა იფქლის სანყაული romeli daadginos upalman monata twsta zeda micemad žamsa *ipklis* sac’q’auli [“whom his lord shall make ruler over his household, to give them their portion of meat in due season”] LK. 12,42; ასი ოცდაათეული იფქლისაჲ asi ocdaateuli *ipklisaj* [“an hundred measures of *wheat*”] Lk. 16,7; უკუეთუ

არა მარცვული იფქლისად დავარდეს ქუეყანასა uk'uetu ara marcuali *ipklisaj* davardes kueq'anasa ["except a *corn* of wheat fall into the ground"] Jo. 12,24.

To the Georgian stem *ipkl-* corresponds Megrelian *irk-* (<**ipkr* – as the result of loss of **p** and metathesis of **r**). In G. Klimov's opinion, *ipkl-* is related with **pkua* / *pku* "gring, mill" root (Klimov 1998: 83). The material was correlated by I. Kipshidze (Кипшидзе 1914б: 249). **ipkl-* archetype for the Georgian-Zan unity period is restored by G. Klimov (ЭСКЯ : 104).

7. "k'urostavi" (Tribulus terrestris L.)

ნუუკუე შეკრიბიან ეკალთაგან ყურძენი ანუ კუროსთავთაგან ლეღვ nuuk'ue šek'ribian ek'altagan q'urzeni anu *k'urojstavtagan* leḡw ["Do men gather grapes of thorns, or figs of *thistles*"] Mt.7,16.

In Sul Khan-Saba Orbeliani's dictionary we read: *k'urostavi*, *t'at'aši*; and the latter is explained as follows: *t'at'aši* is an Armenian name, and it is called *k'urostavi* in Georgian.

In Georgian as well as in other Kartvelian languages it is often that a composite of a genitive attribute is used as a name of a plant: such members of a composite can be in both number and possessive case marker can be lost totally or partially. The name discussed by us – *k'urostavi* – is of the same type. Compare *danak'is-k'udi*, *okros-ziri*, *zaylis-ena*, also *xarisk'uda*, *virist'erpa*, *devisp'ira*, *mgelisq'ura*, *melisk'uda/melik'uda*, etc.

Zan and Svan names of this plant are not restored.

8. "lerc'ami" (Arundo donax L.)

ლერნამი შემუსვრილი არა განტეხოს *lerc'ami* šemusvrili ara gant'exos ["a bruised reed shall he not break"] Mt. 12,20; ლერნამი მისცეს მას მარჯვენა ჴელსა მისსა *lerc'ami* misces mas maržvena qelsa missa ["and a reed in his right hand"] Mt. 27,29; მოიღეს ლერნამი და ჰსცემდეს თავსა მისსა moiḡes *lerc'ami* da hscemdes tavsa missa ["and took the reed, and smote him on the head"] Mt. 27,30; მოილო ღრუბელი და აღავსო ძმრითა და დაადგა ლერნამი და ასუმიდა მას moiḡo ḡrubeli da aḡavso ḡmrita da daadga *lerc'ami* da asumida mas ["and filled it with vinegar, and put it on a reed, and gave him to drink"] Mt. 27,48; Mrk. 15,36; ღრუბელი აღავსეს ძმრითა მით უსუჴსა თანა და დაადგეს ლერნამი და მოართუეს პირსა მისსა ḡrubeli aḡavses ḡmrita mit usup'sa tana da daadges *lerc'ami* da moartues p'irsa missa ["now there was set a vessel full of vinegar: and they filled a sponge with vinegar, and put it upon hyssop, and put it to his mouth"] Jo. 19,29; რაჲსა გამოხუედით უდაბნოსა ხილვად? ლერნმისა, კარისაგან შერყეულისა rajsa gamoxuedit udabnosa xilvad? *lerc'misa*, karisagan šerq'eulisa ["What went ye out into

LANGUAGE

the wilderness to see? A *reed* shaken with the wind”] Mt. 11,7; Lk. 7, 24; ჰსცემდეს მას თავსა ლერწმითა hscemdes mas tavsა lerc’mita [“And they smote him on the head with a *reed*”] Mrk. 15,19.

Geo. *lel-*, *lel-i*; *ler-c’am-i* : Megr. *lar- lar-č’am-i/lar-č’em-i* “cane”. *lel-* > *ler-* is result of dissimilation. Geo. *lel-* : Megr. *lar-* is regular correspondence of Kartvelian languages. Compare *lar-č’em-*, the name of the old Megrelian musical instrument (Fährnich, Sardjveladze 2000: 305-306).

G. Rogava compared Georgian and Megrelian material (Rogava 1945: 231). For the Georgian-Zan unity period G. Klimov restored **lel-*, **lel-c’lam* (ЭСКЯ : 120-121); **ler-c’lem-* archetypes (Klimov 1998: 108-109).

9. “*leyu*” (Ficus carica L.)

leyui “fig” occurs many times in the texts of the Gospel: ნუუკუე შეკრიბიან ეკალთაგან ყურძენი ანუ კუროსთავთაგან ლელჳ nuuk’ue šek’ribian ek’altagan q’urzeni anu k’urojstavtagan *leyw* [“do men gather grapes of thorns, or *figs* of thistles”] Mt. 7,16; არა ეკალთაგან შეკრიბიან ლელჳ ara ek’altagan šek’ribian *leyw* [“for of thorns men do not gather *figs*”] Lk. 6,44; იხილა ლელჳ ერთი გზასა ზედა ixila *leyw* erti gzasა zeda [“And when he saw a *fig* tree in the way”] Mt. 21,19; იხილა ლელჳ შორით ixila *leyw* šorit [“seeing a *fig* tree afar off”] Mrk. 11,13; ლელჳ ვისმე ედგა ნერგი სავენაჳესა თჳსსა *leyw* visme edგა nergi savenaqesa twssa [“a certain man had a *fig* tree planted in his vineyard”] Lk. 13,6; იხილეთ ლელჳ და ყოველნი ხენი ixilet *leyw* da q’ovelni xeni [“behold the *fig* tree, and all the trees”] Lk. 21,29; ვითარ მეყსეულად განჳმა ლელჳ ესე vitar meq’seulad ganqma *leyw* ese [“how soon is the *fig* tree withered away”] Mt. 21,20; განჳმა ლელჳ იგი მეყსეულად ganqma *leyw* igi meq’seulad [“and when he saw a *fig* tree in the way”] Mt. 21,19; Mrk. 11,21; იხილეს ლელჳ იგი განჳმელი ძირითგან ixiles *leyw* igi ganqmeli ziritgan [“they saw the *fig* tree dried up from the roots”] Mrk. 11,20; ჰრქუათ ლელჳსა ამას hrkuat *leyusa* amas [“ye might say unto this *sycamine* tree”] Lk. 17,6C; იყავ რაჲ ლელჳსა ქუემე iq’av raj *leyusa* kueše [“when thou wast under the *fig* tree”] Jo. 1,48; გიხილე ლელჳსა ქუემე gixile *leyusa* kueše [“I saw thee under the *fig* tree”] Jo. 1,50; ლელჳსაგან ისწავეთ იგავი *leywsagan* isc’avet igavi [“now learn a parable of the *fig* tree”] Mrk. 13,28; არა იყო ჟამი ლელჳსაჲ ara iq’o žami *leywsaj* [“and seeing a *fig* tree afar off having leaves”] Mrk. 11,13; არა ხოლო ლელჳსაჲ ამის ჰყოთ ara xolo *leywsaj* amis hq’ot [“ye shall not only do this which is done to the *fig* tree”] Mt. 21,21.

Geo. *leyu-* *leyu-i* : Megr. *luy-*, *luy-i* : Laz. *luy-*, *luy-i* “fig”. Geo. *leyu-* < **layũ-* is result of

umlaut; Zan **loyu* gave both in Megrelian and Laz *luy-*. For the Georgian-Zan unity period **layũ-* stem is restored (Fährnich, Sardjveladze 2000: 302; Klimov 1998: 107).

10. “*leyusuleli*” (*Ficus sycomorus* L.)

აღწდა ლელუსულელსა აყდა *leyusulelsa* [“climbed up into a *sycomore* tree”] Lk. 19,4; არქუთმცა ლელუსულელსა ამას *arkutmca leyusulelsa amas* [“ye might say unto this *sycamine* tree”] Lk. 17,6.

As the equivalent of the Georgian stem *leyusulel-* in the Greek texts of the Bible we come across with *σκάμινον*. In the Gospel in one occasion we have the same stem - *σκάμινον*, and in another - *σικομόρος*. *leyusulel-* is same as *tuta* “mulberry tree” and the composite “*leyusulel-*” is the result of the translation. In Greek *μόρος* “mulberry tree” (fruit, black), and *μωρός* - *suleli* “stupid” (in the first syllable o instead of ω). *leyusulel-* is the result of the confusion of these very two stems.

11. “*manana*” (*Erica* L.)

manana is the food, which according to the biblical tradition (Exodus 16,14), during forty years every morning had been falling upon the Jews departed from Egypt while travelling in the wilderness: მამათა თქუენტა ქამეს მანანა უდაბნოსა ზედა და მონყდეს *mamata tkuenta č’ames mananaj udabnosa zeda da moc’q’des* [“your fathers did eat *manna* in the wilderness, and are dead”] Jo. 6,49; მამათა მათ ჩუენტა ქამეს მანანა იგი და უდაბნოსა მას მონყდეს *mamata mat č’uenta č’ames mananaj igi da udabnosa mas moc’q’des* [“our fathers did eat *manna* in the desert”] Jo. 6,31C; ვითარ იგი ქამეს მამათა თქუენტა მანანა *vitar igi č’ames mamata tkuenta mananaj* [“not as your fathers did eat *manna*”] Jo. 6,58.

With the influence of the Greek Holly Book this word has been widespread in many languages with form – *manna* (instead of Hebrew long vowel the consonant in Greek was duplicated). In this regard, Georgian and Armenian are excepting, where we have *manana* form (Nedospasova 1978: 74-75).

Biblical *manana* “*manna*” means the species of *ialyuni* (Tamarix) from the Sinai Peninsula. Tamarix - *ialyuni* – *ءافط*; Salix - *t’iripi* - *رافص*. The Arabic name of *ialyun-i* is phonetically very similar to the Georgian *t’irip-i* (Salix), but the proper Kartvelian stem denoting this plant is **z,ec’ n₁-*, which is restored on the basis of following accordance: Geo. *zec’n-*, Megr. *zič’on-* and Svan *gɯnc’iš-*.

12. “*maq’vali*” (*Rubus* L.)

maq’ual- stem in the Georgian Gospel is presented in the following examples: არა

LANGUAGE

ეკალთაგან შეიკრიბიან ლელჳ, არცა მაცუალთაგან მოისტულიან ყურძენი ara ek'altagan ņeik'ribian leųw, arca maq'u^{altagan} moistulian q'urzeni [“for of thorns men do not gather figs, nor of a *bramble bush* gather they grapes”] Lk. 6,44; maq'u^{lovan-} (the bush of bramble): მაცულოვანსა ზედა ვითარ-იგი ღმერთი ეტყჳს, მას maq'u^{lovansa} zeda vitar-igi ųmerti et'q'ws, mas [“how in the *bush* God spake unto him”] Mrk. 12,26; მოსეცა აუნყა მაცულოვანსა მას ზედა moseca auc'q'a maq'u^{lovansa} mas zeda [“even Moses shewed at the *bush*”] Lk. 20,37.

*maq'ų- is a Proto-Kartvelian stem, it is reconstructed on the basis of the following correspondance: Geo. maq'u- maq'u-al-i; maq'u-l-ovan-i : Megr. mu'- mu'-i / mu'-e “bramble bush”, zigiriņ - mu'-ia “bramble bush”: Laz. muq'-, muq'-i “bramble bush” : Svan. muq'ų- “bramble bush” (Fähnrich, Sarjveladze 2000: 320).

13. “mdogvi” (Sinapis L.)

The stem *mdogų-* is used already in the Gospel translation: უკუეთუ გაქუნდეს სარნმუნოებაჲ, ვითარცა მარცუალი მდოგკსაჲ uk'uetu gakundes sarc'munoebaj, vitarca marcuali *mdogwsaj* [“if ye have faith as a grain of *mustard* seed”] Mt.17,20; Lk.17,6; ვითარცა მდოგკსა მარცუალი, რომელი დაეთესის ქუეყანასა vitarca *mdogwsa* marcuali, romeli daetesis kueq'anasa [“it is like a grain of *mustard* seed, which, when it is sown in the earth”] Mrk.4.31; მსგავს არს ... მარცუალსა მდოგკსასა msgavs ars... marcualsa *mdogwsasa* [“is like to a grain of *mustard* seed”] Mt.13,31; Lk.13,19.

For the Proto-Kartvelian level **mdagų-* archetype (is derived from the verbal form *dagva* “torment”, “burn”, *mdagavi* “something or someone that burns, tortures”) is restored on basis of the following correspondance: Geo. *m-dag-ų > m-dog-ų : Megr. dog-i || dong-i : Svan me-dgų-a || le-dgų-a with the meaning “mustard”.

14. “mxali”

mxal- stem in the Gospel is met in the following examples: რაჟამს აღორძინდის, უფროს არნ იგი ყოველთა მხალთა ražams aųorzdindis, uprojs arn igi q'ovelta *mxalta* [“which indeed is the least of all *seeds*”] Mt. 13,32; იქმნის იგი უფროს ყოველთა მხალთა ikmnis igi uprojs q'ovelta *mxalta* [“and becometh greater than all *herbs*”] Mrk. 4,32; ათეულსა აღიღებთ პიტნაკისასა და ტეგანისასა და ყოვლისა მხლისასა ateulsa aųiyebt p'it'nak'isas da t'eganisasa da q'ovlisa *mxlisasa* [“for ye tithe mint and rue and all manner of *herbs*”] Lk. 11,42; უფროს ყოველთა მხალთასა არნ uprojs q'ovelta *mxaltasa* arn [“it is the greatest among *herbs*”] Mt. 13,32C.

In the Etymological dictionary of the Kartvelian languages **mxal-* stem is restored

by T. Gudava according to the following correspondence: Geo. *mxal- mxal-i* : Megr. *xul-xul-i* “a kind of garden herb”. Megr. *xul-* < **mxol-*, *o* > *u* with the influence of *m*, which is disappeared in #-C position (Fähnrich, Sarjveladze 2000: 346).

15. “nardi” (Nardus L.)

nard- (nardus, siler, oleum nardeum) the plant and the aromatic oil distilled from it in the Georgian Gospel is met in the following examples: მოიღო ლიტრაჲ ერთი ნელსაცხებელი ნარდისა *moiyo lit'raj erti nelsacxebeli nardisa* [“then took Mary a pound of ointment of spikenard”] Jo. 12,3; აქუნდა ალაბასტრითა ნელსაცხებელი ნარდისა სარნმუნოესაჲ *akunda alabast'rita nelsacxebeli nardisa sarc'munojsaj* [“having an alabaster box of ointment of spikenard very precious”] Mrk. 14,3.

It seems that the stem *nard* confirmed in the Georgian Gospel comes from Greek through the translations of the Gospel texts. In the Greek etymological dictionary *várhoç* – *nardi* is explained as a stem derived from Semite (Phinikian); compare Hebrew *nērd*, Aramaic *nirda*, Babylonian *landu*.

16. “nazvi” (Picea orientalis L.)

nazvi, nazovani in the Georgian Gospel is met in the following place: გამოვიდა წიალ ჳევსა მას ნაძოვანსა *gamovida c'iaγ qevsa mas nazovansa* [“he went forth with his disciples over the brook Cedron”] Jo. 18,1.

On the basis of the regular correspondence Proto-Kartvelian stem **naz-* is reconstructed: Geo. *nazu- nazu-i; naz-ov-an-i; nazv-i* (Modern Georgian) : Megr. *nazu- / nuzu- nuzu-* “cedron” : Svan. *nez- nez-ra* “cedron” (Fähnrich, Sarjveladze 2000: 354).

Th. Gamkrelidze and V. Ivanov suppose that Old Iranian form **nauča* – “fir-tree”, phonetically isolated from other Indo-European dialects, also Persian *nājū*, Oset. *naēzy* forms are borrowed from the Kartvelian languages (cf. Vogt 1938: 355). If we assume the contrary way of borrowing it should have happened not later than the first half of II m. B.C.

We think that the oldest trace of lexical gender in Svan roots denoting “conifers”, also Kartvelian borrowed roots in Caucasian and Indo-European languages, confirm their ancienty and strengthens Th. Gamkrelidze’s opinion about the location of Proto-Kartvelians inhabit places in South Caucasus’s central and West mountainous regions.

17. “p’it’nak’i”, “p’it’na” (Mentha L.)

p’it’na in the Georgian Gospel is presented in the following contexts: მოიღებთ ათეულსა პიტნაკისა და ცერეცოესასა და ძირაკისასა *moiγebt ateulsa p’it’nak’isa da cerecojsasa da zirak’isasa* [“for ye pay tithe of mint and anise and cummin”] Mt. 23,23;

LANGUAGE

ათეულსა აღიღებთ პიტნაკისასა და ტეგანისასა და ყოვლისა მხლისასა *ateulsa ayıyebt p'it'nak'isasa da t'eganisasa da q'ovlisa mxlisasa* [“for ye tithe *mint* and rue and all manner of herbs”] Lk. 11,42.

Phonetical correspondence of Georgian *p'it'nak'*- and Persian *fudan* | *fudna* “mint” is so evident that it is obvious that *p'it'na* in Georgian is a Persian borrowing: *putina* > *putina* > *pitina* > *pitna*.

18. “*t'egani*” (*Ruta graveolens* L.)

Plant *t'egani* is confirmed in the Gospel of Luke: ათეულსა აღიღებთ პიტნაკისასა და ტეგანისასა და ყოვლისა მხლისასა *ateulsa ayıyebt p'it'nak'isasa da t'eganisasa da q'ovlisa mxlisasa* [“for ye tithe *mint* and *rue* and all manner of herbs”] Lk. 11,42.

In Iv. Javakhishvilis opinion, Georgian *t'egani* is a disfigured Greek name *p'eganon* [πῆγανον]; we also share this opinion.

19. “*usup'i*” (*Hyssopus* L.)

usup'- in the Georgian Gospel: ჭურჭელი აღავსეს ძმრითა მით უსუპსა თანა *č'urč'eli aḡavsēs zmrita mit usup'sa tana* [“and they filled a sponge with vinegar, and put it upon *hyssop*”] Jo. 19,29.

H. Lewy in his important research „Die Semitischen Fremdwörter im Griechischen“ about ἕσσωπος mentions that the name of this plant spread in Cilicia comes from Hebrew *'ezōb*. This opinion is shared also by Renin and Müller (Lewy 1895: 38).

This stem of Greek origin is also borrowed in Arabic through Aramaic (compare Georgian *usup'i*, a bush with aromatic leaves) (Nedospasova 1978: 34).

It should be noted that the mentioned stem is reflected in the ancient Georgian mythos *Amirandarejaniani* as the proper name of a man – Usup, a brother of Amiran.

20. “*krtili*” (*Hordeum* L.)

krtili [*keri*] in Georgian Gospel: აღავსეს ნამუსრევითა მით ათორმეტი კუელი ხუთთა მათ ქრთილისა პურთაგან *aḡavsēs namusrevita mit atormet'i k'ueli xutta mat krtilisa p'urtagan* [“filled twelve baskets with the fragments of the five barley *loaves*”] Jo. 6,13C; რომელსა აქუს ხუთ ჳუეზა ქრთილის და ორ თევზ *romelsa akus xut queza krtilis da or tevz* [“which hath five barley *loaves*, and two small fishes”] Jo. 6,9C.

The coincidence of Georgian *ker-* and Greek *κρήθη* stems witnesses their common origin. *keri* “barley” is confirmed also in Zan and Svan but not - the stem *krtil-*. In Svan there is met also another stem - *č'gmin-* (Mapp 1910; Chikobava 1938; Charaia 1995; Dondua 2001). Compare Ossetian *kær-* Georgian borrowing with more general meaning “food” (Tedeeva

1975: 83-88) and Abkhazian *ak'ar-*, Armenian *gar-* “barley” (Abaev 1958: 73).

21. “*γuarzli*” (*Lolium temulentum* L.)

γuarzli- stem is confirmed in the Gospel of Matthew: დასთესა ლუარძლი იფქლსა მას *dastesa γuarzli ipklsa mas* [“sowed *tares* among the wheat”] Mt. 13,25; ვინაჲ აღმოსცენდა ლუარძლი *vinaj aymoscenda γuarzli* [“from whence then hath it *tares*”] Mt. 13,27; ვითარცა იგი შეკრიბიან ლუარძლი და ცეცხლითა დანჯან *vitarcā igi šek'ribian γuarzli da cecxlita dac'wan* [“as therefore the *tares* are gathered and burned in the fire”] Mt. 13,40; მაშინ გამოჩნდა ლუარძლი იგი *mašin gamočnda γuarzli igi* [“then appeared the *tares* also”] Mt. 13,26; შეკრიბეთ პირველად ლუარძლი იგი *šek'ribet p'irvelad γuarzli igi* [“gather ye together first the *tares*”] Mt. 13,30; ლუარძლნი იგი არიან ძენი უკეთურისანი *γuarzlni igi arian zeni uk'eturisani* [“the *tares* are the children of the wicked one”] Mt. 13,38; მითხარ ჩუენ იგავი იგი ლუარძლისაჲ მის და აგარაკისაჲ *mitxar čuen igavi igi γuarzlisaj mis da agarakisaj* [“declare unto us the parable of the *tares* of the field”] Mt. 13,36; ნუუკუე შეკრებასა მომარგლასა მას ლუარძლისასა აღმოჰფხურათ იფქლიცა *nuuk'ue šek'rebasa momarglasa mas γuarzlisasa aymohpxurat ipqlca* [“lest while ye gather up the *tares*, ye root up also the wheat with them”] Mt. 13,29.

In the etymological dictionary of the Georgian language is reconstructed the stem **γuarzli-* for the Georgian-Zan unity period: Geo. *γuarzli- γuarzli-* “plural weeds” : Megr. *γurzul- γurzul-* “plague, trouble” : Laz. *γurzul- γurzul-* “poison, plague, trouble” (Fähnrich, Sarjveladze 2000: 508; Klimov 1998: 224).

To this stem is connected connotation of wickedness, malice.

22. “*šrošani*” (*Lilium Candidum* L.)

šrošani in Georgian Gospel is confirmed in the following examples: განიცადეთ შროშანი, ვითარ-იგი აღორძინდის: არცა შურებისა, არცა ჰსთავს *ganicadet šrošani, vitar-igi ayoržindis: raca šurebis, arca hstavs* [“consider the *lilies* how they grow: they toil not, they spin not”] Lk. 12,27; მიხედეთ შროშანთა ველისათა *mixedet šrošanta velisata* [“consider the *lilies* of the field”] Mt. 6,28.

Georgian *šrošan-* is derived from Persian سوسن [*sūsan*], which in turn is a Hebrew stem.

23. “*cereco*” (*Anethum graveolens* L.)

cereco (*k'ama*) is confirmed in the Gospel of Matthew: რამეთუ მოიათევსით პიჭნაკისაჲ, ცერეცოჲსაჲ და ძირაკისაჲ *rametu moiatevsit p'it'nak'isaj, cerecojsaj da zirak'isaj* [“for ye pay tithe of mint and *anise* and cummin”] Mt. 23,23.

LANGUAGE

Iv. Javakhishvili notes in connection with *cereco*: Geo. *cereco*, Megr. *ceroce* || *coroce*, Greek ἄνεθον, Lat. Anethum – ancient Georgian correspondent of these stems is survived until today. Iv. Javakhishvili considers *cercw*, *cerecoj*, *ceroce*, *coroce* and *rogū* stems together, singles out *rcv-* root and considers as a name of “seed”, “grain”. Though such conclusion seems logical, to our mind it appears somehow doubtful.

24. “zeli” (xe)

zeli (xe) (**z₁el-* tree, green tree, oak Proto-Kartvelian stem): In the Gospel of Luke *zel-* (xe) stem is confirmed in the following example: უკუეთუ ძელსა ნედლსა ამას უყოფენ, ჴმელსა მას რამელა უყონ uk’uetu *zelsa* nedlsa amas uq’open, qmelsa mas rajmeya uq’on [“for if they do these things in a green tree, what shall be done in the dry”] Lk. 23,31C.

For the Proto-Kartvelian level **z₁el-* root is restored with “tree, oak” meaning on the basis of the following correspondence: Geo. *zel-i* : Megr. ჳა : Laz. ჳა||ნჳა||მჳა : Svan. ჳიhra||ჳირა||ჳირა. In Georgian toponyme *c’q’n-et-i* is saved another stem *c’q’n-* with meaning “oak”: Geo. *c’q’n* : Megr. *č’q’on-* : Laz. *č’q’on-/mč’k’on-/č’k’on-*. Klimov reconstructed **c’q’an-* “oak” archetype for the Georgian-Zan unity period (Klimov 1998: 317). We think that coexistence of different roots : **č₁qan-* and **z₁el-* “tree, oak” is connected with an ancient human tradition of belief in trees (cf. from the typological point of view a similar picture for the Proto-Indo-European languages).

25. “zirak’i” (Cuminum cyminum L.)

zirak’i is presented in the Gospel with *p’it’na* (mint) and *cereco* (anise): რამეთუ მოიათევსით პიტნაკისაჲ ცერეცოჲსაჲ და ძირაკისაჲ rametu moiatevsit p’it’nak’isaj, cerecojsaj da *zirak’isaj* [“for ye pay tithe of mint and anise and cummin”] Mt. 23,23.

Georgian *zira* must be borrowed from Persian زیر [zīre] “cummin”, “plum”. Etymologically – “bottom”, “under” – in Persian as well as in Georgian.

Thus, to conclude:

- The world of plants in the New Testament is not distinguished with chromaticity, but to each plant name, that is generally significant for the Biblical texts, a very interesting, exactly determined cultural-semantic model is related.

- On the basis of the above analysis we conclude that more than half of the plant names attested in the Georgian Gospel have Georgian (Kartvelian) origin: *ek’al-*, *venaq-*, *ipkl-*, *k’urostav-*, *lerc’am-*, *leyu*, *leyusulel-*, *maqual-*, *mdogu*, *mxal-*, *nažu*, *γuarzl-*, *cereco*, *zel-*.

- Most of the borrowed plant names are non-endemic species for Georgia, and it causes the existence of synonym forms: *alo*, *halo* (Hebr.), *manana* (Hebr.), *nard-* (*lard-*) (the Hebrew

origin root, attested in Persian, entered in Georgian through Greek way), *p'it'na* (Pers. Gr.), *t'egan-* (Gr.), *usup'-* (Gr.), *šrošan-* (Hebr. entered in Georgian through Persian way), *krtil-* (Gr.?), *zirak'-* (Pers.). The last two stems have apparently Georgian suffixed endings.

- The other two complex compound names are the determinants of non-endemic species as well: *danak'is k'udi* (the name produced on Georgian basis) and *zetis xili*, the first stem of which is of Arabic origin.

- In general, the symbolic-sacred definitions are the cornerstone of the allegorical language of the New Testament. In this regard, the vocabulary of the plant names attested in the editions of the Georgian translation of the Gospel gives a particular shade to the text.

Bibliography

- Charaia P.**, *megrul-kartuli leksik'oni* [Megrelian-Georgian dictionary], SPU, Tbilisi 1997.
- Chikobava Arn.**, *č'anur-megrul-kartuli šedarebiti leksik'oni* [Tchan-Megrelian-Georgian Comparative dictionary], Tbilisi 1938.
- Dondua K.**, *svanur-kartul-rusuli leksik'oni* [Svan-Georgian-Russian dictionary], SPU, Tbilisi 2001.
- Imnaishvili Iv.**, *kartuli oxtavis ori bolo redakcia* [Last two redactions of the Georgian Gospel], TSU, Tbilisi 1979.
- Kharanauli A.**, *c'minda c'erilis targmanebi* [Translations of the Scriptures], Burži Erovnebis, 5-6, Tbilisi 2003.
- Melikishvili I.**, *e>i p'rocesi zanur dialektėbši da xmovanta šesat'q'visobis erti darjveva kartvelur enebši* [e>i process in Zan dialects and breaking of the rule of vowel correspondence in Kartvelian languages], Macne, 4, Tbilisi 1975.
- Nedospasova M.**, *ucxo c'armošobis leksik'a arabul oxtavši* [Lexic of foreign origin in Arabic Gospel], Mecniereba, Tbilisi 1978.
- Sarjveladze Z.**, *zveli kartuli ena (tekstebita da leksikoniturt)* [Old Georgian language (with texts and dictionary)], SPU, Tbilisi 1997.
- Shanidze A.**, *kartuli oxtavis ori zveli redakcia, sami šatberduli xelnac'eris mixedvit* [Two old redactions of the Georgian Gospel, according to three Shatberdian manuscripts], ed. Ak. Shanidze, Tbilisi 1945.

LANGUAGE

- Shanidze A.**, *zveli kartuli enis gramat'ik'a* [Grammar of Old Georgian language], TSU, Tbilisi 1976.
- Tedeeva O.**, *memcenareobis kartuli leksik'a osurši* [Georgian lexic of plant-growing in Ossetian], Mecniereba, Tbilisi 1975.
- Абаев В.И.**, Историкоэтимологический словарь осетинского языка: т. I, Изд-во АН СССР, Москва-Ленинград 1958.
- Гамкрелидзе Т.В., Иванов В.В.**, Индоевропейский язык и индоевропейцы. Реконструкция историко-типологического анализа праязыка и пракультуры, тт. I-II, ТГУ, Тбилиси 1984.
- Куншидзе И.**, Грамматика мингрельского (Иверского) языка с хрестоматией и словарем. Материалы по яфетическому языкознанию, С.-Петербург 1914.
- Март Н.Я.**, Грамматика Чанского (лазского) языка, с хрестоматией и словарем. С.-Петербург 1910.
- Fähnrich H., Sardschweladse S.**, Etymologisches Wörterbuch der Kartwel-Sprachen, E.J. Brill, Leiden-New Jork-Köln 1995.
- Friedrich P.**, Proto-Indo-European Trees, The University of Chicago Press. Chicago and London 1970.
- Furnée E. J.**, Vorgriechisch-Kartvelisches. Studien zum ostmediterranen Substrat nebst einem Versuch zu einer neuen pelasgischen Theorie, Louvain: Éditions Peeters 1979.
- Gordesiani R.**, Zur Frage der ägäisch-kartwelischen Sprachparallelen, Wissenschaftliche Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität, Jena, 18, H. 5, 1969.
- Klimov G.**, Etymological Dictionary of Kartvelian Languages, Mouton, Berlin/New York 1998.
- Lewy H.**, Die semitischen Lehnwörter im Griechischen, R. Gärtner, Berlin 1895.
- Vogt H.**, Varia, Arménien et caucasique du Sud : Norsk Tidsskrift for Sprogvidenskap, IX, Oslo 1938.

ბუნებრივი ლოგოკა: 1980-იანი წლების კვლევები

იოჰან ვან ბენტემი

2008 წლის მარტი

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია 1980-იანი წლებში „ბუნებრივი ლოგოკის“ კვლევის პროგრამის ძირითადი მიმართულებები, რომელიც შეისწავლიდა უშუალოდ ბუნებრივი ენით განხორციელებულ განსჯას და რომელსაც ასრულებდნენ ავტორი და ფორმალური სემანტიკის სფეროში მომუშავე მისი კოლეგები. ასევე, დღეისთვის ჩვენ ხელთ არსებული ფაქტების გათვალისწინებით, განვიხილავთ იმ მთავარ გამოწვევებს, რომელთა წინაშეც აღმოჩნდა მოცემული პროგრამა.

წინასიტყვაობა

„ბუნებრივი ლოგოკა“ საკმაოდ ფართო და იმავდროულად გავრცელებული და მრავალსმეტყველი ტერმინია, რომელიც უკანასკნელი რამდენიმე ათწლეულის მანძილზე გამოიყენება უშუალოდ ბუნებრივი ენით განხორციელებული განსჯის — რომელიმე ფორმალური ენის დახმარების გარეშე — ძირითადი სქემების აღწერისას. განსჯის ერთ-ერთი მთავარი სახეობა (თუმცა არა ერთადერთი), სადაც ეს მიდგომა წარმატებით გამოიყენება, არის ე.წ. „მონოტონურობაზე დაფუძნებული განსჯა“, რომელიც გულისხმობს პრედიკატების მართებულ ჩანაცვლებას სხვა, უფრო ვიწრო ან ფართო ექსტენსიის მქონე პრედიკატებით. ფაქტიურად, განსჯის ეს სქემა სათავეს იღებს ტრადიციული ლოგოკის დისტრიბუციის დოქტრინიდან. განსჯის მარტივი „ზედაპირულ-სინტაქსური“ ანალიზის იდეას მრავალგზის უბრუნდებოდნენ სხვადასხვა მოტივით ისეთ განსხვავებულ სფეროებში, როგორებიცაა ლოგოკა, ფილოსოფია, ლინგვისტიკა, კომპიუტერული მეცნიერება — ამ ჩამონათვალს ახლა კოგნიტიური მეცნიერებაც დაემატა. კერძოდ, 1980-იანი წლების ნიდერლანდებში ფორმალური სემანტიკის

სფეროში შეინიშნება ბუნებრივი ლოგიკის პროგრამის აღორძინება და ის გასცდა ყბადაღებული მონოტონურობის პრინციპის კვლევის ფარგლებს. მოცემული სტატია არის 2007 წლის მაისში სტენფორდის უნივერსიტეტის და კვლევით ცენტრ PARC-ში მომუშავე იმ კოლეგების თხოვნით წაკითხული მიმოხილვითი ლექციის ტექსტი, რომლებიც იკვლევენ ტექსტიდან ინფორმაციის პრაქტიკული მოპოვების საკითხებს გრამატიკული ანალიზისა (პარსინგის) და მარტივი ლოგიკური განსჯის კომბინირების მეთოდით. ბორბლის თავიდან გამოგონებამდე (რაც ჩვეულებრივი მოვლენაა ამ სფეროში) ალბათ ზედმეტი არ იქნება, თუ შევხედავთ, გადაადგილების რა საშუალებები არსებობდა იმ პერიოდში. წინამდებარე ტექსტი, ოღონდ მისი ოდნავ უფრო ისტორიაზე აქცენტირებული ვარიანტი, 2007 წელს წარდგენილი იყო პეკინის LORI-ის სემინარზე. მისი ძირითადი მიზანია ბუნებრივი ლოგიკის სფეროში 1980-იან წლებში ლოგიკისა და ენის ჰოლანდიელ მკვლევართა მიერ ჩატარებული სამუშაოს ძირითადი მიმართულებების ანალიზი და ასევე, პრობლემათა უფრო ფართო სპექტრის წარმოსადგენად, რაც მნიშვნელოვნად მიგვაჩნდა მაშინ და დღესაც, ამ საკითხზე ინტერდისციპლინარული კვლევების მომხილვა.

1. შესავალი: კლასიკური ლოგიკიდან თანამედროვე ლოგიკამდე

სტუდენტისთვის, რომელიც, ამ სტრიქონების ავტორის მსგავსად, 1960-იან წლების ბოლოს ჩავიდა ამსტერდამში ლოგიკის შესასწავლად, ქვემოთ მოყვანილ შესავალი კურსის „სტანდარტულ მაგალითს“ ერთხელ და სამუდამოდ უნდა ერჩენებინა, თუ რატომ ჩაანაცვლა მე-19 საუკუნის ბულისა და ფრეგეს ახალმა ლოგიკამ ტრადიციული ლოგიკა. დე მორგანის ცნობილი მსჯელობა ასეთია:

„ყველა ცხენი ცხოველია. ამდენად, ყველა ცხენის კუდი ცხოველის კუდია.“

ამ მაგალითს უნდა ერჩენებინა „მონადური პრედიკატების“ ტრადიციული ლოგიკის არაადეკვეტურობა, რადგან ბინარული მიმართებები გადამწყვეტ როლს ასრულებენ დასკვნის მართებულობის გაგებაში. ეს უკანასკნელი კი გამოიხატება სტუდენტებისთვის ცნობილი პირველი რიგის ლოგიკის სტანდარტული ფორმით:

$$\forall x (Hx \rightarrow Ax) \neq \forall x ((Tx \ \& \ \exists y (Hy \ \& \ Rxy)) \rightarrow (Tx \ \& \ \exists y (Ay \ \& \ Rxy)))$$

მეტიც, ის ზოგადი მოვლენა, რომელიც გამოიხატება ამ მართლზომიერი პირველი რიგის გამომდინარეობით, ჩვენ ასე შეგვიძლია გავიგოთ: გამონათქვამის

გარკვეულ ადგილას ჩვენ სინტაქსურად ჩავანაცვლებთ პრედიკატ 'ცხენს' მეორე, უფრო ფართო ექსტენსიის მქონე პრედიკატ 'ცხოველით': ამ 'აღმავალი ჩანაცვლების' საშუალებას მოცემულ კონტექსტში იძლევა შემდეგი სემანტიკური თვისება:

განსაზღვრება. ფორმულა $\varphi(X)$ არის აღმავლად მონოტონური პრედიკატ X -ის მიმართ, თუ ყველა მოდელ M -ისთვის თუ $M, P, s \models \varphi(X)$ [აქ მოხდა სინტაქსური პრედიკატ X -ის ინტერპრეტაცია სიმრავლე P -დ, ხოლო s არის ობიექტების რიგი, რომლის ნევრთა რაოდენობა უდრის X -ის ადგილიანობას] და $P \subseteq Q$, მაშინ $M, Q, s \models \varphi(X)$.

ეს თვისება ყველგან გვხვდება პირველი რიგის ლოგიკაში, ასევე კვანტიფიკაციის განზოგადებულ თეორიასა და ინდუქციური განსაზღვრებების მოდელთა თეორიაში (უძრავი ნერტილის ლოგიკაში).¹

არსებობს იმავე ცნების გააზრების სხვა, ბუნებრივ განსჯასთან უფრო მიახლოებული მეთოდიც.² შეგვიძლია განვიხილოთ ფორმულა $\varphi(P)$, სადაც უკვე ინტერპრეტირებული იქნება P და შემდეგ გამოყვანის პროცესში ეს ' P ' ჩავანაცვლოთ რომელიმე უფრო ფართო ექსტენსიის მქონე ' Q ' პრედიკატით. მართალია, ასეთი მიდგომა ფორმალურად ნაკლებ მკაცრია, მაგრამ უმრავლესობას სწორედ ასე ესმის აღმავალი მონოტონურობა და შემდგომ ჩვენც ასეთ გზას ავირჩევთ. სხვათა შორის, ვნახავთ, რომ არსებობს ხსენებული ცნების დაღმავალი ვერსიაც, რომელიც საშუალებას იძლევა მოცემული პრედიკატი ჩანაცვლდეს უფრო ძლიერი, უფრო მცირე ექსტენსიის მქონე პრედიკატით: თუ თქვენ საერთოდ არ გყავთ ცხოველები, მაშინ არც ცხენები გეყოლებათ.

ამ სემანტიკურ მოვლენას სინტაქსური ანალოგიც აქვს, როგორც ეს ჩანს მოცემულ პირველი რიგის ფორმულაში პრედიკატ ' H '-ის მაგალითით ($(\forall x \ \& \ \exists y \ (Hy$

1 ხშირად მონოტონურობა განისაზღვრება $\varphi(X)$ -ში ერთდროულად ყველა X -ის მიმართ. მაგრამ ჩვენი განსაზღვრება ასევე მოქმედებს ფორმულაში მხოლოდ ერთი კონკრეტული X -ის მიმართ. ასეთი ვერსია უფრო თვალსაჩინოს ხდის დასკვნის სტრუქტურულ ნიუანსებს. მონოტონურობის პრინციპზე დაფუძნებული დასკვნა შეიძლება განხორციელდეს რიგ-რიგობით ყოველი პრედიკატის მიმართ და ასეთ შემთხვევაში აღარ არის საჭირო უფრო რთული 'ერთდროული ჩანაცვლებების' გამოყენება.

2 ამ ქვეთავში გამოთქმული მოსაზრებები არაერთ ავტორთან გვხვდება 1960-იანი წლების შემდეგ; იხ. A. Prior, 'Traditional logic', in P. Edwards, ed., *The Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 5, McMillan, London, 1967, 34-45; J. Barwise & R. Cooper, 'Generalized Quantifiers and Natural Language', *Linguistics and Philosophy* 4, 1981, 159-219; იხ. ასევე შემდეგ ნაშრომში დასახელებული წყაროები V. Sanchez Valencia, 'The Algebra of Logic', in D. Gabbay & J. Woods, eds., *Handbook of the History of Logic*, Elsevier, Amsterdam 2004, 389-544.

$\& Rxy$). ფორმულა $\varphi(X)$ -ში X -ს პოზიციას ვუწოდებთ დადებითს, თუ ისარის ლუნნი რაოდენობის უარყოფების მოქმედების არეში, ან, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, თუ ფორმულა $\varphi(X)$ აგებულია მხოლოდ ქვემოთ მოყვანილი ინდუქციური სინტაქსური წესების საფუძველზე:

H-თავისუფალი ფორმულები / $\&$ / \vee / \forall / \exists .

ფორმულაში $((Tx \& \exists y (Hy \& Rxy))H$ არის დადებით პოზიციასში ამ და უფრო ფართო ბუნებრივი გაგებითაც და იგივე ეხება პრედიკატ 'ცხენს' გამონათქვამში 'ცხენის კუდი'.

ის, რომ სინტაქსური დადებითობა გულისხმობს სემანტიკურ მონოტონურობას (შეგიძლიათ ამას სისტემის ერთგვარი 'სისწორეც' უწოდოთ), ადვილად დგინდება ფორმულების კონსტრუქციაზე პირდაპირი ინდუქციის გზით.³ გაცილებით ნაკლებ თვალსაჩინოა, თუ რამდენად მოქმედებს საპირისპირო, 'სისრულის' მიმართულება. თუმცა, ესეც მოქმედებს და ამას მოწმობს 1950-იან წლებში მოდელთა თეორიაში მიღებული კარგად ცნობილი შედეგი:

ლინდონის თეორემა. პირველი რიგის ფორმულა $\varphi(X)$ არის სემანტიკურად მონოტონური X -ის მიმართ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, თუ $\varphi(X)$ არის ისეთი ფორმულის ეკვივალენტური, რომელშიც X -ის პოზიცია არის დადებითი.

ლინდონის თეორემა არ მოქმედებს პირველი რიგის ლოგიკის გავრცობით მიღებულ ნებისმიერ ლოგიკაში, მაგრამ ზემოხსენებული სისწორის თვისება საკმაოდ ზოგადია: დადებითი პოზიცია გულისხმობს მონოტონურობას ბევრ მაღალი რიგის ლოგიკაში — და როგორც ვნახავთ, ბუნებრივ ენაშიც. ამდენად, თანამედროვე ლოგიკა უზრუნველყოფს სწორ ფორმებს ზემოხსენებული დაკვნების მთელი კლასისთვის⁴ და ამყარებს მათ მნიშვნელოვანი მეტათეორემებით, რაც ამ მოვლენის უფრო ფართომასშტაბიანი კვლევის საშუალებას იძლევა.

2. დისტრიბუცია ტრადიციულ ლოგიკაში

მორგანის ზემოთ მოყვანილმა მსჯელობამ შეიძლება შეცდომაში შეგიყვანოთ, ისტორიული თვალსაზრისით კი ის საერთოდაც მცდარია. ცხენის კუდის მაგალითში მოყვანილი დასკვნის პროცედურა სწორია ტრადიციული ლოგიკის ფარგლებში, რომელიც გაცილებით უფრო მახვილგონივრული იყო, ვიდრე ამას

3 ამჯერადაც პირდაპირ გამომდინარეობს შესაბამისობა 'უარყოფით' პოზიციასა და დადებით მონოტონურობას შორის.

4 პირდაპირი დუალური მეთოდით ის ასევე ანალიზებს მათ 'დადებით მონოტონურ' ანალოგებსაც.

არაერთი თანამედროვე კრიტიკოსი წარმოიდგენდა. ისინი ტრადიციულ ლოგიკას იმ ხარვეზებს საყვედურობდნენ, რომელიც მას საერთოდ არ ჰქონია — რად ღირს თუნდაც გიჩის 1972 წლის მამხილებელი ტირადა, რომელშიც მას დემონურ პოლიტიკურ შედეგებს მიაწერდა და 'ბნელეთის სამეფოდაც' მოიხსენიებდა. მართლაც, მონოტონურობაზე დამყარებული დასკვნა უშუალოდ უკავშირდება არისტოტელეს სილოგისტიკას, ტრადიციული ლოგიკის მთავარ იარაღს. ამჟამად ამ უკანსკენს ხშირად მიიჩნევენ ერთკვანტორიანი დასკვნის (სქემატურად: $Q AB$ ერთადგილიანი A, B პრედიკატებით) ტრივიალურ თეორიად, უკეთეს შემთხვევაში, 'მონადური პირველი რიგის ლოგიკის ფრაგმენტად'. მაგრამ ფორმალურ სისტემებზე ეს თანამედროვე შეხედულება სწორედ არ ასახავს სილოგისტიკის რეალურ არსს — როგორც ერთნაბიჯიანი ანალიზის მეთოდს, რომელიც გამოიყენება ნებისმიერი ტიპის გამონათქვამის მიმართ კვანტიფიკაციის ერთ შრეზე. კერძოდ, A, B შეიძლება იყოს ისეთი პრედიკატები, რომლებსაც აქვთ უფრო ღრმასტრუქტურა და ნებისმიერი გამომხატველობითი სირთულე (პირველი რიგის, მაღალი რიგის და ა.შ): ისინი არ არიან შეზღუდული რომელიმე ერთი განსაზღვრული ფორმალური ენით. ამ საკითხს ალბათ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს. დასკვნის პროცედურაზე თანამედროვე შეხედულება, რომელიც გულისხმობს ანალიზის მიმართულებას *ქვემოდან—ზევით*, რამდენადაც ეხება ატომებისგან ექსპლიციტურად შედგენილ ფორმულებს, ძალზე დაშორებულია ლოგიკის ისტორიას და იმ მეთოდს, რომელსაც ჩვენ არსებითად ვიყენებთ მსჯელობისას. ჩვენი მსჯელობა მიმართულია *ზევიდან—ქვევით*, გავშლით ზოგიერთ ზედაპირული დონის კვანტიფიკაციის სქემებს (რაც ნაკლები რაოდენობის ასეთ სქემას მივიღებთ შედეგად, მით უკეთესი) და შემდეგ მათზე დაყდნობით გამოგვაქვს დასკვნა.⁵

მსგავსი მოსაზრებები ადრეც გამოუთქვამთ და აქ არცაა საჭირო ამ საკითხის სრული ისტორიის მოტანა. ზოგიერთი ადრეული წყაროსთვის შეგიძლიათ იხილოთ Curry 1936, Prior 1967, ავტომატიზირებულ სწავლებასთან დაკავშირებული ორიგინალური მოსაზრებებისთვის — Supper 1982, საკითხის უფრო ზოგადი ისტორიისთვის — Sanchez Valencia 2004. ეს ქვეთავი მხოლოდ მოკლე მიმოხილვაა, რომელიც შეიცავს ჩემს პირად მოსაზრებებს ტრადიციულ და თანამედროვე ლოგიკას შორის არსებულ საზღვარზე.

5 სხვათა შორის, ზემოდან—ქვევით მიმართული მეთოდი, რომელიც ფორმალურ სისტემებს განიხილავს უფრო ანალიზის, ვიდრე (ატომური კომპონენტებისგან) სინთეზის იარაღად, შესაძლოა უფრო ეფექტიანი იყოს ლოგიკის სწავლებისთვისაც.

მოგვიანებით, სილოგისტური საბაზო სისტემის გარდა, შუა საუკუნეების მეცნიერებმა შეიმუშავეს ე.წ. დისტრიბუციის დოქტრინა $\varphi(P)$ -ის იმ კონტექსტების ზოგადი აღწერისთვის, სადაც გამონათქვამი შეეხება 'ყველა P -ს' ('Dictum de Omni'), ან 'არცერთ P -ს' ('Dictum de Nullo'). ამ შემთხვევაშიც, ეს კონტექსტები შეიძლება ნებისმიერი სირთულის ყოფილიყო, სადაც გამონათქვამ φ -ის შემადგენლობაში იქნებოდა განმეორებითი კვანტორები, მაგ. „ვილაცას უყვარს ყველა ადამიანი“ ან უფრო მაღალი რიგის კონსტრუქციებიც კი. ჩემი აზრით, საზღვარი თანამედროვე 'პირველი რიგის' და 'მაღალი რიგის' ლოგიკებს შორის ძირითადად მათემატიკური 'სისტემების საკითხია', რომელსაც მკაფიოდ არ შეესაბამება რაიმე 'ნახტომი' ბუნებრივ განსჯაში. იმის უფრო დეტალური განმარტებისთვის, თუ როგორ შეესაბამებოდა „Dictum de Omni et Nullo“-დ წოდებული დისტრიბუციის პრინციპი ორი ტიპის დასაშვებ დასკვნას — დაღმავლად მონოტონურს (სადაც უფრო ძლიერი პრედიკატი ანაცვლებს უფრო სუსტს) და აღმავლად მონოტონურს (სადაც სუსტი პრედიკატით ხდება უფრო ძლიერის ჩანაცვლება), იხ. Van Eijck 1982, van Benthem 1986, Sanchez Valencia 1991 და Hodges 1998. ტრადიციული ლოგიკა ამ მოვლენებს იკვლევდა სხვადასხვა ტიპის გამონათქვამთა მაგალითზე უნარულ და ბინარულ პრედიკაციას შორის ყოველგვარი საზღვრის — პრედიკატთა ლოგიკის პრიზმით დანახული ისტორიის კიდევ ერთი ილუზორული ფაქტის — გარეშე.

უნდა ითქვას, რომ ეს სულაც არ ნიშნავს, რომ ყველაფერი ნათელი იყო. პირიქით, ტრადიციული ლოგიკის წინაშე არსებობდა მთავარი სირთულე: მართალია, მან შეძლო იმ რთული ენობრივი კონსტრუქციების, საიდანაც დასკვნა უნდა გაკეთებულიყო, სისტემური აღწერა და მახვილგონივრული გააზრება, მაგრამ კვლავაც მიუღწეველი იყო კვანტორების გამეორების მოვლენის ზოგადი ანალიზი. სწორედ ამაზე მიუთითებს Dummett 1973, სადაც აღნიშნულია, რომ ფრეგეს კომპოზიზიურმა მიდგომამ, რომელიც გულისხმობს მხოლოდ ცალკეული კვანტორების ახსნას და დანარჩენ გასაკეთებელს კომპოზიციურობის პრინციპს მიანდობს, „გადაჭრა ის პრობლემა, რომელიც ათასწლეულის მანძილზე ჩიხში აქცევდა ტრადიციულ ლოგიკოსებს: უბრალოდ მისი იგნორირების გზით.“ მართალია, ამაში არის სიმართლის მარცვალი, მაგრამ უსამართლობაც საკმაოადაა. მართლაც, როგორც აღნიშნულია სანჩესის ვრცელ ისტორიულ გამოკვლევაში (Sanchez 2004), უფრო სამართლიანი იქნებოდა თუ ვიტყვოდით, რომ დე მორგანი წარმოადგენს ლოგიკის ისტორიაში ქვედა ზღვარს მონოტონურობის პრინციპის მნიშვნელობის გააზრების თვალსაზრისით. მის შემდეგ საქმე

უკეთესობისკენ ნავიდა, მაგრამ როგორც ავტორი ირონიულად შენიშნავს, დროში უკუმიმართულებით თუ ვიმოძრავებდით, ლაიბნიცამდე და შემდეგ შუა საუკუნეებამდე, ამ შემთხვევაშიც მდგომარეობა სულ უფრო გაუმჯობესდებოდა...

ალბათ აღარც უნდა გვიკვირდეს, რომ ტრადიციულ ლოგიკოსს უსამართლობის განცდა გაუჩნდებოდა, როცა სცენაზე თანამედროვე ლოგიკა გამოჩნდა, რამდენადაც ამ უკანასკნელმა ბრძოლა ტრადიციული ლოგიკის კარიკატურასთან დაიწყო. მართლაც, მე-20 საუკუნის ბოლომდე გრძელდებოდა მცდელობები განევითარებინათ სილოგისტიკა მონოტონურობის პრინციპზე დაფუძნებულ სრულყოფილ აღრიცხვამდე, რასაც მოწმობს Sommers 1982 (რომელიც 1960-იანი წლების ვერსიებს მიუბრუნდა) და Englebretsen 1981. ამ ავტორთა აზრით, ასეთი მიდგომით უნდა შექმნილიყო პირველი რიგის ლოგიკის სიცოცხლისუნარიანი ალტერნატივა, რომელიც შეძლებდა ადამიანის რეალური განსჯის საკვანძო სტრუქტურების გამოვლენას უფრო ადეკვატური ფორმით. მაგრამ ისინი სრულიადაც არ გეთავაზობენ დროში უკუსვლას. მაგალითად, სომერსის წიგნი ტექნიკის თვალსაზრისით სრულად შეესაბამება თანამედროვე სტანდარტს, რასაც მოწმობს სინტაქსური ფორმების სისტემური აღწერა, დადებითი და უარყოფითი სინტაქსური კონტექსტების არითმეტიკული აღრიცხვა და ასევე გამოყვანის სქემები, რომლებშიც განზოგადებულია კონვერსიის და კონტრაპოზიციის მსგავსი გამოყვანის ტრადიციული მეთოდები. ამას ლოგიკაში კონტრრეგულაცია არ გამოუწვევია, მაგრამ გარკვეულწილად აისახა სხვა სფეროებზე, მაგალითად, ლინგვისტიკაზე, კომპიუტერულ მეცნიერებასა და, უკანასკნელ ხანებში, კოგნიტიურ მეცნიერებაზე. ახლა ამ საკითხს განვიხილავთ.

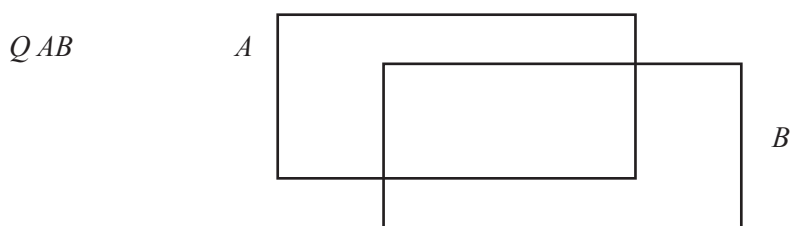
3. მონოტონურობის პრინციპი ბუნებრივ ენაში და კვანტიფიკაციის განზოგადებული თეორია

1970 და 1980-იან წლებში, როცა ლინგვისტებმა და ლოგიკოსებმა, მონტეგიუს ფუძემდებლური ნაშრომის (Montague 1974)⁶ კვალდაკვალ, ერთობლივად დაიწყეს ბუნებრივი ენის კვლევა (არსებობს რამდენიმე ცნობილი ერთობლივი სტატია, მათ შორის, Barwise & Cooper 1981), განსჯის ანალიზის სფეროში არაერთი მსგავსი პრობლემა გამოიკვეთა. უცებ აღმოჩნდა, რომ სწორი ლოგიკური ფორმების გამოვლენისთვის ბუნებრივი ენა არათუ 'ხელისშემშლელი' ფაქტორია, არამედ

6 ამ სფეროში დღეისთვის არსებული მდგომარეობის შესახებ იხ. სხვადასხვა თავები წიგნიდან van Benthem & ter Meulen, eds., 1997.

LOGIC

ოქროს საბადოა საინტერესო და საოცრად სიცოცხლისუნარიანი მიგნებებისთვის. ბოლოს და ბოლოს, არავინ, თვით წმინდა მათემატიკოსებიც კი სერიოზულად არასდროს განიხილავდნენ პრედიკატულ ლოგიკას განსჯის იარაღად (იხ. ქვემოთ). კერძოდ, მონტეგიუმ განახორციელა კვანტორული Q გამონათქვამების ანალიზი კატეგორიათა/ტიპების თეორიის ფარგლებში, რომლის თანახმადაც ენობრივი სახელადი A ფრაზისგან ვიღებთ სახელად ფრაზა QA -ს, რომელიც აღნიშნავდა თვისებათა თვისებას (B). შევეცადოთ რამდენადმე მაინც განვმარტოთ ეს ძნელად გასაგები ფორმულირება: სემანტიკურად კვანტორები განიხილება როგორც პრედიკატებს შორის ბინარული მიმართებების აღმნიშვნელები. სქემატურად:



მაგალითად, ამ ვენის დიაგრამის მსგავს ფორმატში, „ყველა A არის B “ გულისხმობს, რომ $A \rightarrow B$ არე ცარიელია, „ზოგიერთი A არის B “ ნიშნავს, რომ თანაკვეთა $A \cap B$ შეიცავს ერთ ობიექტს მაინც, ხოლო უფრო რთული გამონათქვამი „უმეტესი A არის B “ ნიშნავს, რომ ობიექტების რაოდენობა $A \cap B$ -ში აღემატება მათ რაოდენობას $A - B$ -ში. ამის გარდა, გრამატიკული გამართულობის (ან გაუმართაობის) შეფასებასთან ერთად, დასკვნების მართლზომიერების და არამართლზომიერების განსაზღვრაც ახლა უკვე მნიშვნელოვნად მიიჩნევა ბუნებრივი ენის ფრაზების გაგებისთვის და ლინგვისტიკებიც კი აღიარებენ, რომ სემანტიკური თეორიები უნდა ასახავდნენ ამ ასპექტს.

განზოგადებული კვანტიფიკატორები და მონოტონურობა. მონტეგიუს გრამატიკის შემდგომ კვანტიფიკაციის განზოგადებულმა თეორიამ ანალიზს მეტი სემანტიკური სიღრმე შესძინა: ეს იყო კვლევითი პროგრამა, რომელიც სწავლობდა ბუნებრივი ენების კვანტიფიკაციის მრავალფეროვან რეპერტუარს (შდრ. Keenan & Westerståhl 1997) და ცდილობდა მათი გამომხატველობითი ძალის შესახებ ზოგადი კანონების ფორმულირებას. ამ პროცესში მონოტონურობის პრინციპს კვლავაც საკვანძო როლი ერგო. მაგალითად, ნიშანდობლივია ბილ ლედუსოს დაკვირვება, რომლის თანახმადაც ე.წ. ‘უარყოფითი პოლარობის სიტყვები’, როგორებიცაა “at all” ან “ever” მიანიშნებენ „უარყოფით კონტექსტებზე“ ენობრივ გამონათქვამებში,

სადაც დასაშვებია დალმავალ-მონოტონური გამომდინარეობა პრედიკატებიდან ქვე-პრედიკატების მიმართულებით:

“If you ever *feel an ache*, I will cure it” გულისხმობს

“If you ever *feel a headache*, I will cure it”.

როგორც წესი, უარყოფითი პოლარობის სიტყვები არ გვხვდება აღმავალი გამომდინარეობის მქონე პოზიტიურ კონტექსტებში.

ზოგადი ფაქტები ძირითადი კვანტიფიკატორების შესახებ ასეთია: ისინი შეიძლება იყოს აღმავალი ან დალმავალი თავისი ორივე არგუმენტის მიმართ. მაგალითად, კვანტიფიკატორი “All” არის დალმავლად მონოტონური თავისი მარცხენა არგუმენტის მიმართ და აღმავლად მონოტონური მარჯვენა არგუმენტის მიმართ. სქემატურად:

$\downarrow MON$ თუ $Q AB$ და $A' \subseteq A$, მაშინ $Q A'B$

$MON \uparrow$ თუ $Q AB$ და $B \subseteq B'$, მაშინ $Q AB'$

ადვილია მაგალითების მოძებნა დანარჩენ სამ შესაძლო კომბინაციაზე: მაგალითად, “Some” იქნება $\uparrow MON \uparrow$. ამის საპირისპიროდ, კვანტიფიკატორი “Most” არის მხოლოდ $MON \uparrow$ და მარცხენა არგუმენტის მიმართ ის არც ‘დალმავალი’ და არც ‘აღმავალი’. კვანტიფიკატორებს, რომლებიც მონოტონურია (\uparrow ან \downarrow) ორივე არგუმენტის მიმართ, ‘ორმაგად მონოტონურს’ უწოდებენ.

კონსერვატიულობა. მაგრამ მონოტონურობა არაა ბუნებრივი ენის კვანტიფიკატორთა (და ზოგადად, სახელადი ფრაზების მანარმოებელი განსაზღვრებითი გამონათქვამების, მაგ. “Mary’s”) ერთადერთი საკვანძო თვისება. არსებობს კიდევ ერთი წესი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ პირველი არგუმენტი როგორ განაპირობებს კონტექსტს მეორისთვის:

კონსერვატიულობა $Q AB$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, თუ $Q A(B \cap A)$

როგორც ჩანს, კონსერვატიულობა ყველა ბუნებრივ ენას ახასიათებს. ეს შეიძლება განვიხილოთ როგორც პირველი პრედიკატის A -ს მიერ პრედიკატ B -სთვის განსაზღვრის არის ან როლის ერთგვარი შეზღუდვა. უფრო ზოგადად, წინადადებაში არსებითი სახელები იძლევიან მთლიან დისკურსში ობიექტების რელევანტურ განსაზღვრის არეებს, კვანტიფიკატორები კი მთლიან პრედიკაციას გარკვეულ თანმიმდევრულობას ანიჭებენ.

ზოგადად, ზემოხსენებული სემანტიკური თვისებები გვიჩვენებენ, თუ რატომ არიან კონკრეტული (ლოგიკური) ცნებები ესოდენ ნიშანდობლივი. კვანტიფიკაციის განზოგადებულმა თეორიამ განსაზღვრა, თუ რა ტიპის

გამონათქვამები აკმაყოფილებენ ამ კრიტერიუმებს და გააცნობიერა ბუნებრივი ენის გამომხატველობითი ძალა. ამაზე აშკარად მეტყველებს ქვემოთ მოყვანილი შედეგები van Benthem 1986-იდან, რომელიც გვიჩვენებს, რომ ტრადიციული კვანტიფიკატორები შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც კონსერვატიული, მდიდარი მნიშვნელობის ენობრივი გამონათქვამები — ოლონდ უნდა დავამატოთ კიდევ ერთი ტექნიკური პირობა, რომლის თანახმადაც კვანტიფიკაციას ახასიათებს მაქსიმალური განმასხვავებელი ქმედება:

განმასხვავებლობა თუ $A \neq \emptyset$, მაშინ $Q AB$ რომელიმე B -სთვის და $\neg Q AC$ რომელიმე C -სთვის.

თეორემა ოპოზიათა კვადრატში მხოლოდ ამ კვანტიფიკატორებს — “All”, “Some”, “No”, “Not All” – ახასიათებთ კონსერვატიულობა, ორმაგი მონოტონურობა და განმასხვავებლობა.

მაგრამ ბუნებრივი ენის კვანტიფიკატორების კლასიფიკაცია სხვაგვარადაც შეიძლება, მაგალითად, კონკრეტული კვანტიფიკატორებისთვის დამახასიათებელი დედუქციური სქემების საფუძველზე. ტიპიური მაგალითია ‘კონვერსიის’ წესი, რომელიც უკვე არსებობდა ტრადიციულ ლოგიკაში:

სიმეტრია $Q AB$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, თუ $Q BA$.

ამ პირობას, როგორც წესი, აკმაყოფილებენ ისეთი გამონათქვამები, როგორებიცაა “Some”, “At least n ”, “No”, “All but at most n ”.

ამით დავასრულებთ ამ მოკლე მიმოხილვას. გაცილებით უფრო დეტალური ინფორმაციისთვის კვანტიფიკაციის განზოგადებული თეორიის და მასთან დაკავშირებული პროექტების შესახებ შეგიძლიათ იხილოთ უფრო ადრეული წყაროები van Benthem 1986, Keenan & Westerståhl 1997 ან მონოგრაფია Peters & Westerståhl 2006.

4. 1980-იანი წლების ‘ბუნებრივი ლოგიკის’ პროგრამა

1980-იან წლებში გაჩნდა მოსაზრება, რომ ზემოხსენებულ ფაქტებს უფრო სიღრმისეული მნიშვნელობა ჰქონდათ. ბუნებრივი ენა არის არა მხოლოდ საშუალება რაიმეს სათქმელად ან შესატყობინებლად, არამედ მას აქვს თავისი ‘ბუნებრივი ლოგიკა’, კერძოდ, მარტივი მოდულების სისტემა, რომელიც ასახავს განსჯის უნივერსალურ ფორმებს და რომელსაც შეუძლია იმოქმედოს უშუალოდ ბუნებრივი ენის ზედაპირულ სტრუქტურაზე ჩვეული ლოგიკური ფორმულების გარეშე. ეს იდეა უფრო დეტალურად დამუშავდა გამოკველევებში van Benthem

1986, 1987, რომლის ძირითად დებულებებს ქვემოთ წარმოგიდგენთ.⁷ ძირითადი შემადგენლები წარმოდგენილია სამი მოდულით:

- (a) მონოტონურობაზე დაფუძნებული განსჯა ანუ პრედიკატის ჩანაცვლება,
- (b) კონსერვატიულობა ანუ პრედიკატის შეზღუდვა და ასევე
- (c) ალგებრული კანონები კონკრეტული ლექსიკური ერთეულების დედუქციური თვისებებისთვის.

რა თქმა უნდა, ბუნებრივ ენაში არსებობს სხვა მრავალი ბუნებრივი ქვესისტემები, მათ შორის, განსჯა კოლექტიური პრედიკატის შესახებ, წინდებულები, ანაფორა, გრამატიკული დრო და ზოგადად, დროითი რაკურსი. მთავარი პრობლემა ისაა, რომ გაირკვეს, თუ რამდენად შესაძლებელია ხსენებული გამომდინარეობების მიღება უშუალოდ ბუნებრივი ენის ზედაპირულ დონეზე, რასაც ქვემოთ უფრო დეტალურად განვიხილავთ. კიდევ ერთი სირთულე ისაა, თუ როგორ მოქმედებენ ეს ქვესისტემები ერთობლივად და ჰარმონიულად ერთი ადამიანის გონებაში და ქვემოთ ჩვენ ამ (რამდენადმე უგულებელყოფილ) საკითხსაც მივუბრუნდებით.

ყურადღება მიაქციეთ, თუ ასეთი მიდგომა პირველი რიგის ლოგიკის სინტაქსისგან რაოდენ განსხვავებულად აყალიბებს განსჯის სისტემას და კვეთს ტრადიციული და თანამედროვე ლოგიკის გამყოფ ხაზს. ის უფრო სუსტია იმ თვალსაზრისით, რომ მართებულ კვანტიფიკაციურ გამომდინარეობებს მხოლოდ ნაწილობრივ აღწერს, მაგრამ უფრო მდიდარია იმ აზრით, რომ, როგორც ზემოთაც აღვნიშნეთ, არაა მიზმული რომელიმე კონკრეტულ ლოგიკურ სისტემაზე (ის ქმედითია როგორც მეორე რიგის, ისე პირველი რიგის ლოგიკისთვისაც). მაგრამ აქ წამოიჭრება კიდევ ერთი საინტერესო საკითხი: სად არის აუცილებელი პირველი რიგის ლოგიკის გამოყენება მთელი თავისი სიჭარბით. ქვემოთ შემოგთავაზებთ ორ შესაძლო პასუხს.

5. კომპოზიციური სტრუქტურა, სინტაქსური ანალიზი და უფასოდ მიღებული გამოყვანის პროცედურა

იმისთვის, რომ ბუნებრივმა ლოგიკამ იმუშაოს, საკმარისი არ არის ზემო-ხსენებული ერთ-კვანტიფიკატორიანი გამომდინარეობების დემონსტრირება.

⁷ მოგვიანებით, წიგნში Sanchez Valencia 1991, მიკვლეულია ამ იდეის საინტერესო პირველი მინიშნება პირსის ნაშრომში.

ასევე საჭიროა იმის აღწერაც, თუ როგორ მოქმედებენ ეს გამომდინარეობები ნებისმიერი სირთულის წინადადებებში. ზოგადად ეს შეიძლება გაკეთდეს კვანტიფიკაციის განზოგადებული თეორიისა და კატეგორიული გრამატიკის იდეების შერწყმით. ასეთი აღრიცხვის ადრეული წყაროა van Benthem 1986, მაგრამ აქ ჩვენ ძირითადად მივყვებით van Benthem 1991-ში მოცემულ გზას.

კონსერვატიულობის გავრცობა. პირველი მაგალითი ეხება კონსერვატიულობის ფართო გავლენას. განვიხილოთ განმეორებითი კვანტიფიკაციის წინადადება „ყველა კაცს უყვარს ქალი“:

$$Q_1 A R Q_2 B$$

აშკარაა, რომ ორივე პრედიკატს, A -საც და B -საც უნდა ახასიათებდეს შემზღუდველი მოქმედება. როგორ აკეთებენ ამას? ძნელი არ არის იმის დანახვა, და ეს შეიძლება გამოითვალოს არაერთი სინტაქსური ანალიზის ფარგლებში, რომ ფაქტიურად ჩვენ გვაქვს

$$Q_1 A R Q_2 B \text{ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, თუ } Q_1 A R \cap (AxB) Q_2 B$$

ერთი სიტყვით, პირველი პრედიკატი ზღუდავს ბინარული მიმართების R -ის პირველ არგუმენტს, ხოლო მეორე პრედიკატი ზღუდავს მეორე არგუმენტს. ამ და სხვა მაგალითების საფუძველზე კონსერვატიულობის განმაპირობებელ სემანტიკურ და გამომდინარეობით მექანიზმს შეიძლება ეწოდოს პრედიკატული შეზღუდვა — ბუნებრივი ლოგიკის პირველი მნიშვნელოვანი ასპექტი, რომელიც, როგორც ჩანს, ყველა ბუნებრივ ენას ახასიათებს:

არსებითი სახელები ზღუდავენ მათთან დაკავშირებულ პრედიკატულ როლებს.

მონოტონურობა რთულ წინადადებებში. ანალოგიურად, რთულ წინადადებებში მონოტონური გამომდინარეობის სრულყოფილი გამოკვლევების გვჭირდება ისეთი გრამატიკული თეორია, რომელიც უზრუნველყოფდა იერარქიული სინტაქსური სტრუქტურის ანალიზს. მხოლოდ სიტყვათა რიგი არაფრის მომცემია. მაგალითად, ჩვენ ვერ ვიტყვით, სიტყვა “women” წინადადებაში

“Johan admires some men and women”

დალმავალ-მონოტონურია თუ არა, სანამ არ განვსაზღვრავთ “some”-ის მოქმედების არეს. ორაზროვნების გასარკვევად და მონოტონურობის სისტემატური აღრიცხვის მისაღწევად შეგვიძლია გამოვიყენოთ ლოგიკასთან თავსებადი გრამატიკული ფორმალიზმი, კერძოდ, კატეგორიული გრამატიკა.

დასაწყისისთვის, განვიხილოთ წინადადება

“No mortal man can slay every dragon.”

ჩვენ ვისურვებდით, გამოგვეთვალა ამ წინადადების ყველა პრედიკატის ნიშანი, მაგრამ მათ არ გააჩნიათ ‘ნომინალური ღირებულება’. მაგალითად, უარყოფითი ნიშანი უნდა მიენეროს თუ არა “dragon”-ს, დამოკიდებულია წინადადების სხვა ერთეულების მოქმედების არეზე. მკითხველს შეუძლია თავად დარწმუნდეს, რომ “every dragon”-ის ვინრო ინტერპრეტაციის შემთხვევაში⁸ ინტუიციურად ეს ფრაზა ასეთ ფორმას მიიღებს:

— +
“No mortal man slay every dragon.”

მაგალითად, აქედან გამომდინარეობს, რომ არც ერთ მოკვდავ ჰოლანდიელს არ შეუძლია ყველა დრაკონის მოკვლა ან არც ერთ მოკვდავს არ შეუძლია ყველა ცხოველის მოკვლა. “every dragon”-ის ფართო ინტერპრეტაციის შემთხვევაშიც (ასეთი ინტერპრეტაცია უფრო ხელოვნურია, მაგრამ ბევრისთვის მაინც მისაღებია⁹) კი ეს ერთეულები ასეთ ნიშნებს მიიღებდნენ:

— —
“No mortal man slay every dragon.”

შეგვიძლია უფრო განვაზოგადოთ. შეიძლება უცნაურად მოგეჩვენოთ, მაგრამ პრედიკატების გარდა სხვა ერთეულებსაც შეიძლება მიენეროთ ნიშნები, როცა წინადადების კონსტრუქციას საკმარისად ზოგადი თვალსაზრისით განვიხილავთ. მაგალითად, წინადადებიდან “No mortal man can slay every dragon” აშკარად გამომდინარეობს “No or very few mortal men can slay every dragon”. აქ მსაზღვრელი “No or very few” ინტუიციურად უფრო სუსტია, ვიდრე “No”; ისევე, როგორც პრედიკატი “animal” უფრო სუსტია, ვიდრე “dragon”. ამდენად, პრედიკატების მსგავსად მსაზღვრელებსაც შეიძლება მონოტონურად ჩაენაცვლონ სათანადო ერთეულები მათივე ენობრივი კატეგორიიდან. ეს მოვლენა სრულიად ზოგადია და ნებისმიერ კატეგორიაში ერთეულთა გაერთიანების ცნება ზუსტად განისაზღვრა 1980-იანი წლების მონოტონურობის აღრიცხვის თეორიებში, რომლებსაც შეეძლოთ გამკლავებოდნენ ყველა ტიპის გამონათქვამებში გამომდინარეობების

8 პირველი რიგის ლოგიკის ფორმულით: $\neg \exists x (მოკვდავი(x) \& \forall y (დრაკონი(y) \rightarrow შეუძლია მოკვლა(x, y)))$.

9 ფორმულით: $\forall y (დრაკონი(y) \rightarrow \neg \exists x (მოკვდავი(x) \& შეუძლია მოკვლა(x, y)))$.

LOGIC

პრობლემას. რა თქმა უნდა, ეს ყველაფერი უნდა ეთანხმებოდეს გარკვეულ ინტუიციას. ჩვენ ვთავაზობთ მკითხველს თავად შეამოწმოს, რომ “every dragon”-ის ვინრო ინტერპრეტაციის შემთხვევაში ნიშნები ასე დანაწილდება:

+ — — — — +
“No mortal man slay every dragon.”

მონოტონურობის კატეგორიული აღრიცხვა. ზოგადად, ჩვენ გვჭირდება ისეთი ლინგვისტური მექანიზმი, რომელიც დადებით/უარყოფით ნიშნებს მიაწერდა ნებისმიერ კატეგორიას და ამავე დროს შეძლებდა მოცემული გამონათქვამების სინტაქსურ ანალიზს. როგორც აღმოჩნდა, ამის გაკეთება წარმატებით შეიძლება კატეგორიული გრამატიკის სხვადასხვა ვერსიების ფარგლებში: აიდუკევიჩის ფუნქციონალური აპლიკაციის კატეგორიულ გრამატიკაში ან უფრო რთულ, ლამბეკის ვერსიაში, რომელიც შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ფუნქციონალური აპლიკაციის მარტივი სისტემა გამდიდრებული შეზღუდული (‘ერთცვლადიანი’) ლამბდა-აბსტრაქციის დამატებითი ოპერაციით. დეტალურად ეს საკითხი განხილულია ნაშრომებში van Benthem 1991 და Sanchez Valecia 1991. აქ მხოლოდ ამ პროცედურის ძირითად ნესებს შემოგთავაზებთ:

ეს ნესები ორ ტიპად ჯგუფდება:

(a) კომპოზიციის ზოგადი წესები:

ერთეულები, რომლებიც გვხვდებიან ფუნქციური აპლიკაციის $A(B)$ გამოსახულების A ნაწილში, ინარჩუნებენ თავიანთ პოლარობას,
ერთეულები, რომელიც გვხვდებიან ლამბდა აბსტრაქციის $\lambda x \cdot A$ გამოსახულების A ნაწილში, ინარჩუნებენ თავიანთ პოლარობას,

სადაც ფუნქციური გამოსახულების პირველ ნაწილს შეუძლია გაანეიტრალოს თავისი არგუმენტის მონოტონურობის ნიშანი. მაგალითად, “Most AB”-ში მარცხენა არგუმენტი ‘გაურკვეველია’: ის არც აღმავალია და არც დაღმავალი. მაგრამ იგივე “Most AB” მონოტონურობის ინფორმაციას უნარჩუნებს თავის მარჯვენა, B არგუმენტს და ეს მიუთითებს ჩვენი აღრიცხვისთვის საჭირო ინფორმაციის მეორე საკვანძო წყაროზე:

(b) კონკრეტული ინფორმაცია ლექსიკურ ერთეულთა შესახებ:

მაგ.: “All”-ის ფუნქციური ტიპი არის $e^- \rightarrow (e^+ \rightarrow t)$.

ამ ორი ტიპის ინფორმაციის კომბინირება შემდეგნაირად ხდება. ჯერ ერთი, ზოგადად, $A(B)$ ფუნქციურმა აპლიკაციამ შესაძლოა გააუქმოს პოლარობის ნიშანი B არგუმენტში არსებული ერთეულებისთვის. მაგალითად, “best (friend)”-ში არ ნარჩუნდება ნიშანი “friend”-ისთვის, რადგან მისგან არ გამომდინარეობს არც “best girlfriend” და არც “best acquaintance”. ზედსართავი “best” დიდადაა დამოკიდებული კონტექსტზე და ეს ამ შემთხვევაში გადამწყვეტ როლს თამაშობს.

მაგრამ ზოგჯერ მონოტონურობის ნიშანი ნარჩუნდება — როცა ამის საშუალებას იძლევა ფუნქცია A . მაგალითად, “blonde friend” გულისხმობს “blonde acquaintance”-ს, რადგან ზედსართავ “blonde”-ს აქვს მარტივი ‘თანამკვეთი’ მნიშვნელობა, რომელიც კმნის ბულის კონიუნქციას “blonde∩B”. უფრო ზოგადად, თუ ფუნქციის სანყისი კომპონენტის — A -ს ტიპი არის $a \rightarrow b$, სადაც არგუმენტ a -ს აქვს ნიშანი, ფუნქციურ აპლიკაციაში $A(B)$ არგუმენტი B იმავე პოლარობას მიიღებს. ეს ხსნის იმას, თუ როგორ ცვლიან პოლარობას უარყოფითი ფრაზები, როგორ უნარჩუნებენ მას კავშირები და ა.შ. ეს ნიშნები (დადებითი/უარყოფითი), როგორც წესი, განისაზღვრებიან ლექსიკური ინფორმაციის საფუძველზე, მაგრამ უნდა აღინიშნოს ერთი გარემოებაც. ისინი შესაძლოა განისაზღვრონ $\lambda_x \cdot M_b$ ლამბდა აბსტრაქციითაც, რომლის ტიპი არის $a \rightarrow b$, სადაც a იღებს დადებით ნიშანს. მეტი სიცხადისთვის მკითხველს შეუძლია სემანტიკაც შეამონმოს.

ამ პროცედურის უკანასკნელი შემადგენელი არის გამოთვლის შემდეგი თავისთავად ცხადი წესი. ერთეულთა ნიშნების დადგენა ხდება ანალიზის ხის უწყვეტი ჯაჭვის საფუძველზე:

(c) პოლარობების კომბინირების არითმეტიკა:
 $+++ \quad \text{---} = + \quad + \text{---} = \text{---} \quad \text{---} + = \text{---}$

ეს არის მხოლოდ ერთ-ერთი მექანიზმი იმისთვის, რომ ბუნებრივი ლოგიკა ზუსტი გავხადოთ. მაგრამ მისი საბაზისო კატეგორიული სტრუქტურა ბევრჯერ იქნა აღმოჩენილი მრავალი ადამიანის მიერ: ის უბრალოდ ბუნებრივია! ამდენად, ჩვენ ვიპოვეთ ბუნებრივი ლოგიკის კიდევ ერთი საკვანძო ასპექტი. მონოტონურობის პოლარობების დადგენა ხდება ბუნებრივი ენის ნებისმიერ ჩვენთვის მისაღებ სინტაქსურ ანალიზთან ერთად, რაც შესაძლებლობას იძლევა სწრაფად და ადვილად განისაზღვროს შესაბამისი გამომდინარეობები.

თემიდან გადახვევა: ბულის ლამბდა აღრიცხვა. ტექნიკური მხარით დაინტერესებულ მკითხველს ვთავაზობთ რეზიუმეს ბულის ტიპიზებულ ლამბდა აღრიცხვის ტერმინებში — ეს სისტემა საფუძვლად უდევს ყოველივე ზემოთქმულის უმეტესობას (van Benthem 1991). გამონათქვამებს ახლა უკავშირდება ‘მონიშნული ტიპები’ და ჩვენ ინდუქციურად განვსაზღვრავთ, თუ როგორ უნდა გაირკვეს გამონათქვამში ქვეგამონათქვამის დადებითი ან უარყოფითი პოლარობა:

x_a ტერმის შემადგენლობაში x_a არის დადებითი,
 $M_{a \rightarrow b}(N)$ ფუნქციურ აპლიკაციაში სანყისი შემადგენელი M არის დადებითი,
 თუ M -ის ტიპი არის $a^+ \rightarrow b$, მაშინ $M_{a \rightarrow b}(N)$ -ში N არის დადებითი,
 თუ M -ის ტიპი არის $a^- \rightarrow b$, მაშინ $M_{a \rightarrow b}(N)$ -ში N არის უარყოფითი,
 $\lambda x_a \cdot M_b$ გამოსახულებაში M არის დადებითი და შედეგად მიღებული ტიპი იქნება $a^+ \rightarrow b$.

დანარჩენი ასახულია ზემოხსენებულ გამოთვლით წესში (c) ან ასევე შეგვიძლია ეს თვისება შევიტანოთ ინდუქციურ განსაზღვრებაში. ნათელია, რომ ეს განსაზღვრება შეიძლება განივრცოს და მოიცვას არა მხოლოდ ფუნქციური ტიპები, არამედ $a \cdot b$ ნამრავლური ტიპებიც, რომელიც ობიექტთა წყვილების შექმნის საშუალებას იძლევა.

მეტათეორია: ლინდონის თეორემები. ეს ლოგიკური მიდგომა თავის საკუთარ პრობლემებს წარმოშობს. ერთ-ერთი მათგანია ზემოხსენებული სინტაქსური მონიშვნის პროცედურის ‘სისრულე’. შესაძლებელია თუ არა ამ გზით ყველა სემანტიკურად მონოტონური ინფერენციული პოზიციის აღმოჩენა?

არსებობს თუ არა ლინდონის თეორემის ისეთი ვარიანტი, რომლის თანახმადაც ყველა სემანტიკურად მონოტონური ობიექტი იმავდროულად დადებითიც იქნებოდა ზემოხსენებული კატეგორიული გაგებით?

ეს განავრცობდა იმ შედეგს, რომელიც მიღებულია პირველი რიგის სისტემისთვის. პასუხი დადებითია ლამბეკის ერთცვლადიანი კატეგორიული აღრიცხვისთვის (ეს მოდელ-თეორიული შედეგი დამტკიცებულია van Benthem 1991-ში) — მაგრამ საკითხი კვლავაც ღიად რჩება ზოგადად ბულის ოპერატორიან ტიპების თეორიისთვის.

ბუნებრივი ენის ლამბდა აღრიცხვას არ გააჩნია პირველი/მაღალი რიგის გამყოფი საზღვარი. ერთადერთი ნიშანი, რომელიც მხოლოდ პირველი რიგის კვანტიფიკატორებს ახასიათებთ, მონოტონურობის ნიშნების მეტი რაოდენობა, რაც შეესაბამება ჩვენს ადრე გაკეთებულ შენიშვნას მათი ინფერენციული მრავალფეროვნების თაობაზე.

ბოლოს და ბოლოს, სიღრმისეული თუ ზედაპირული ანალიზი? ამ ქვეთავის დასასრულს მინდა აღვნიშნო, რომ შეშფოთების მიზეზიც გვაქვს. როცა ყველაფერი უკვე თქმული და გაკეთებულია, ირკვევა, რომ ჩვენი „ბუნებრივი ლოგიკა“ თანამედროვე სისტემაა, რომელიც მოითხოვს წინადადების სრულ ანალიზს — ზუსტად ისევე, როგორც სხვადასხვა ტიპის ლოგიკური სისტემები მოითხოვენ ფორმულების აგებას ატომური დონიდან — ქვემოდან ზევით. ხომ არ არის ეს ‘სიკვდილის კოცნის’ ტოლფასი ბუნებრივი ლოგიკის პროექტისთვის, რომელსაც სავარაუდოდ ზედაპირულ სინტაქსზე უნდა ემოქმედა? ზემოთ მოყვანილი ანალიზი შეიძლება ტრანზორმირებულ იქნეს და ზემოდან ქვევით მიმართულებითაც იმუშაოს (van Eijck 2005). ერთადერთი რამ, რისი ცოდნაც გვჭირდება შემადგენლის მონოტონურობის ნიშნის დასადგენად, არის წინადადების იერარქიული სტრუქტურა ამ შემადგენლის ზემოთ, ხოლო სხვა დანარჩენი ‘გვერდითი კომპონენტები’ შეგვიძლია გაუანალიზებლად დავტოვოთ. ასეთ შემთხვევაშიც კი უნდა ვაღიარო, რომ თავს ბოლომდე ბედნიერად არ ვგრძნობ. მონოტონურობის კატეგორიული აღრიცხვა ნამდვილად არ არის მხოლოდ ზედაპირული სტრუქტურის ანალიზი და თანამედროვე ლინგვისტური და ლოგიკური სისტემების მსგავსად ის იმ მინიმუმზე მეტს აანალიზებს, ვიდრე ეს აუცილებელი იქნებოდა ბუნებრივი განსჯის კვლევისთვის. მოხერხდება თუ არა ამ იდეის სწრაფი და ეფექტური განხორციელება, თუ ეს მხოლოდ ქიმერაა?

მაგრამ ამ პრობლემების მიუხედავად, 1980 წლების კვლევების ძირითადი მიღწევები მაინც საყურადღებოა. ჩვენი ბუნებრივი გამომდინარეობები ეფუძნებიან პრედიკატულ შეზღუდვას და მონოტონურობას და არ საჭიროებენ საგანგებო ლოგიკურ აპარატს: ისინი სარგებლობენ სინტაქსური ანალიზის შედეგებით, მაგრამ ასეთი ანალიზი ნებისმიერ შემთხვევაში იქნებოდა ჩასატარებელი.

6. ბუნებრივი ლოგიკის წინაშე არსებული აღწერითი სირთულეები

სხვა მრავალი კითხვაც არსებობს ჩვენი 'ბუნებრივი ლოგიკის' მოქმედების დიაპაზონთან დაკავშირებით.

პოლიადური კვანტიფიკატორები. ბუნებრივ ენაში გაცილებით მეტი კვანტიფიკაციის სქემა გვხვდება, ვიდრე ამას ზემოთ განხილული ერთჯერადი და განმეორებითი კვანტიფიკაცია გულისხმობდა. 1980 წლებში გამოვლინდა სხვა კომბინაციები, რომლებიც არ დაიყვანებოდა მარტივ განმეორებადობაზე, მაგ.: *კუმულაციური ფორმები* "Ten firms own 100 executive jets" ან *განშტოებითი სქემები* "Most boys and most girls knew each other". მოცემული ფრაზები მოითხოვს მონოტონურობის პოლარობის აღნიშვნის ახალ ფორმებს, რაც დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორ ხდება მათი მნიშვნელობის გააზრება. ამის გარდა, კვანტიფიკაცია ასევე გულისხმობს *კოლექტიურ პრედიკაციას* ("The boys lifted the piano") ან *არათვლად კვანტიფიკაციას* ("the teachers drank most of the wine"), რომლის ინფერენციული მხარე ზოგადად ნათელი არ არის — არც ლინგვისტური სემანტიკისთვის და არც თანამედროვე ლოგიკისთვის.

სხვა სწრაფი ქვესისტემები. შესაძლოა უფრო საინტერესო იყოს საკითხი იმის შესახებ, არსებობენ თუ არა ბუნებრივ ენაში *სხვა სწრაფი ზედაპირული ინფერენციის სისტემები*. ჩვენ უკვე ვახსენეთ კონსერვატიულობა როგორც წინადადებებში პრედიკატების ზოგადი როლის შემზღუდავი მექანიზმი. შემოიძლია მოვიყვანო რამდენიმე სხვა მაგალითიც, როგორცაა X-ის 'ინდივიდუალური პოზიციები' ისეთ გამონათქვამებში, რომლებიც იძლევა *დიზიუნქციაზე* ნებისმიერი დისტრიბუციის საშუალებას — $\varphi(X_1 \vee X_2) \leftrightarrow \varphi(X_1) \vee \varphi(X_2)$.¹⁰

10 კიდევ ერთი მაგალითი იყო განხილული Stanford RTE 2007 წლის სემინარზე: *პრედიკატების არათანამკვეთობა*. რომელი გამონათქვამები უნარჩუნებენ ამ თვისებას? მონოტონურობა შეეხება ასეთი ფორმის გამომდინარეობას: ' $P \leq Q$ გულისხმობს $\varphi(P) \leq \varphi(Q)$ '. მაგრამ თუ ჩვენ გვაქვს არა ინკლუზიური ნანამძღვარი, არამედ ექსკლუზიური ნანამძღვარი (შევნიშნავთ, რომ $P \cap Q = \emptyset$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, თუ $P \leq \neg Q$), შესაბამის კონტექსტში მივიღებთ: ' $P \leq \neg Q$ გულისხმობს $\varphi(P) \leq \neg \varphi(Q)$ '. პირველი რიგის ლოგიკაში ეს ნიშნავს მონოტონურობის მსგავს გამომდინარეობის არსებობას ფორმულასა და მის დუალს შორის, რომელიც მიიღება ოპერატორში უარყოფის პრეფიქსის ჩართვით: ' $P \leq \neg Q$ გულისხმობს $\varphi(P) \leq \varphi^{dual}(Q)$ '. ვფიქრობ, შეიძლება მოიძებნოს პირველი რიგის სინტაქსი, რომელიც ამას უზრუნველყოფდა. უფრო ზოგადად, პირველი რიგის ლოგიკაში მოდელ-თეორიული პრეზერვაციის მრავალი შედეგი შესაძლებელია ისე იქნეს რეინტერპრეტირებული, რომ მივიღოთ სპეციფიკურ ამოცანაზე ორიენტირებული სინტაქსი კონკრეტული გამომდინარეობებისთვის.

ურთიერთქმედებები. ეს რაც შეეხებოდა ცალკეულ ინფერენციულ სისტემებს. რა თქმა უნდა, კიდევ ერთი საკითხია, თუ როგორ ურთიერთქმედებენ ისინი ბუნებრივი ენის სხვა ძირითად მახასიათებლებთან. მაგალითად, ნაცვალსახელურმა ანაფორამ შესაძლოა დამანგრეველი ზეგავლენა იქონიოს მონოტონურობის გამომდინარეობებზე, როგორც ამას მონმობს შემდეგი მაგალითი (van Benthem 1986; ეს დაკვირვება სინამდვილეში სათავეს იღებს Geach 1974-იდან და კიდევ უფრო ადრეული ნაშრომებიდან):

“Everyone with a child owns garden.
 Every owner of a garden waters it. ამდენად:
 Every who has a child sprinkles it?”

ამ შემთხვევაში ნაცვალსახელი “it” დაუკავშირდა არასწორ ანტიცედენტს. კვლავაც შევნიშნავთ, რომ ინფორმაცია მთლიანი წინადადების სტრუქტურის შესახებ ძალზე მნიშვნელოვანია ასეთი დასკვნების თავიდან ასაცილებლად.

გამომდინარეობა მოქმედების არის განსაზღვრის გარეშე? დაბოლოს, ზედაპირულ დონეზე განხორციელებულ განსჯას უკავშირდება კიდევ ერთი უფრო მწვავე პრობლემა. თუ გვსურს დასკვნის გამოტანა ენობრივი ჯაჭვის ზედაპირთან მაქსიმალურად მიახლოებულ დონეზე, კარგი იქნებოდა, თუ არ მოგვიწევდა ყველა კვანტიფიკატორის მოქმედების არის ორაზროვნების გადანყვეტა — და რაც შეიძლება მეტი დაგვესკვნა ორაზროვანი გამონათქვამების საფუძველზე.¹¹ ხშირად სწორად ასე ვიყენებთ ბუნებრივ ენას. კერძოდ, ზემოხსენებულ დრაკონის ორ მაგალითში, სადაც მონიშნული იყო მონოტონურობის პოლარობები, ნებისმიერი ინტერპრეტაციისას ჯაჭვი 7-დან 5 ერთეული ინარჩუნებდა თავის ნიშანს. შეიძლება მოიძებნოს კიდევ უფრო ზედაპირულ დონეზე მოქმედი ბუნებრივი ლოგიკა ისეთი დასკვნებისთვის, რომლებზეც ორაზროვნება გავლენას არ ახდენს? აქ უნდა ვახსენოთ ბოლო ხანების კვლევების მთელი რიგი, რომლებშიც სინტაქსი ‘ბოლომდე განსაზღვრული’ არ არის: van Deemter 1996, van Eijck & Jaspars 1996, Fernando 1997 და შემდგომი შრომები.

11 ასეთი მიდგომა ახასიათებს ლექსიკურ-ფუნქციონალურ გრამატიკას; შდრ. van Benthem, Fenstad, Halvorsen & Langholm 1987.

7. თემიდან გადახვევა: ტრადიციული ლოგიკა და მცირე ინფერენციული ენები

განვიხილოთ ბუნებრივი ლოგიკის კვლევის კიდევ ერთი მიმართულება. როგორც ვიცით, შუა საუკუნეების ლოგიკოსებმა დაიწყეს მრავალკვანტიფიკატორული გამომდინარეობების კლასიფიკაცია. ამდენად, მათ კარგად უნცოდნენ, რომ

“Some P R all Q ” გულისხმობს “All Q are R -ed by some P ”,

და რომ საპირისპირო მიმართულების გამომდინარეობა არასწორი იქნებოდა. ჩვეულებრივ საუბარში კვანტიფიკაციის განმეორებადობა, როგორც ჩანს, შეზღუდულია (საუკეთესო შემთხვევაში ის სამ დონეს აღწევს, როგორც ფრაზაში “You can fool some people all of the time”). ამდენად, დამიტის მიმართ ჩემი პატივისცემის მიუხედავად, მიზანშეწონილი იქნებოდა, თუ ასეთი კომბინაციებისთვის მცირე, კონკრეტული მიზანზე გათვლილ აღნიშვნებს შემოვიღებდით და ვეცდებოდით მათ აქსიომატიზაციას. Moss 2005 არის ამ მიმართულებით მეცნიერული კვლევის განახლების პირველი მცდელობა, რომლის შედეგად ჩამოყალიბდა არაერთი საინტერესო და მართებული პრინციპი.¹²

ამ კვლევების გარდა, რომელშიც მთავარი ყურადღება მცირე ენების დედუქციურ სისრულეს ექცეოდა, Pratt 2006-ში განხორციელებულია გამოთვლითი სირთულის ანალიზი ბუნებრივი ენის რამდენიმე მცირე გადაწყვეტად ფრანგმენტზე. ამ შემთხვევაში შედეგი უფრო არასახარბიელოა, რამდენადაც ანალიზი მეტისმეტად შეიძლება გართულდეს, მაგრამ აჯობებს, თუ დაველოდებით და პრაქტიკაში ვნახავთ მის მოქმედებას.

8. ენიდან გამოთვლამდე

ბუნებრივი ლოგიკის განვითარება ასევე გადაიკვეთა კომპიუტერულ მეცნიერებასთან.

ინფორმაციის ეფექტური დამუშავება. ჯერ ერთი, არაერთხელ შეუნიშნავთ, რომ მიმართებით მონაცემთა ბაზაზე დაფუძნებული მარტივი განსჯა პრედიკატთა ლოგიკის მხოლოდ მცირე ნაწილს იყენებს და რომ საჭიროა მონოტონურობის

¹² ისიც უნდა ვაღიაროთ, რომ ამ მეთოდით ჯერჯერობით ვერ ხერხდება “Most”-ის მსგავსი მაღალი რიგის კვანტიფიკატორების ანალიზი.

ანალიზის ჩატარება მისი დანარჩენი ნაწილისთვისაც. შესაბამისად, Purdy 1991 და შემდგომ გამოქვეყნებული ნაშრომები მოიცავს ზემოთ განხილული მასალის უმეტესობას. ასევე, თანამედროვე კვლევები ბუნებრივი ენის დამუშავების სფეროში და კონკრეტულად, 'ტექსტის სიღრმისეული ანალიზი', როგორც ჩანს, მსგავს მიზნებს ისახავს და მიღწევებიც ანალოგიური აქვს. van Eijck 2005-ში დამუშავებულია კვლევის ლინგვისტური ეტაპის შედეგები პროგრამირების სხვადასხვა ტექნიკის გამოყენებით მონოტონურობის აღრიცხვისა და გამომდინარეობების მასთან დაკავშირებული ფორმების ოპტიმიზაციისთვის. არსებული მონაცემების ფართო ემპირიული კვლევა იხ. Manning & MacCartney 2007-ში. Nairn, Condoravdi & Karttunen 2006 გვთავაზობს იერარქიული ნიშნების პოლარობის აღრიცხვას ბუნებრივი ლექსიკური გამომდინარეობების 'ფაქტიური' ზმნებით გავრცობის მიზნით. რამდენად არის ეს ყოველივე უფრო მარტივი, ვიდრე მისი პირველი რიგის ანალოგები, უნდა გაირკვეს დეტალური გამოთვლითი სირთულის ანალიზის შედეგად და როგორც აღრეც ითქვა, ნაფიცი მსაჯულები ამ საკითხზე ჯერ კიდევ ბჭობენ.

თემიდან გადახვევა: უძრავი წერტილის ლოგიკა. გამოთვლით კონტექსტს ბუნებრივი კონსტრუქციები პირველი რიგის ლოგიკის ფარგლებს გარეთ გააქვს, ასეთია, მაგალითად, ტრანზიტიული ჩაკეტვა (კლეინისიტერაცია) და რეკურსიული განსაზღვრებები, რომლების უძრავი წერტილის ოპერატორებს შეიცავენ. მაგრამ მონოტონურობა ამ შემთხვევაშიც არ კარგავს აზრს და მეტიც, ის საკვანძო ფაქტორია. ზოგადად, აზრს მოკლებულია ახალი P პრედიკატის რეკურსიული განსაზღვრება $Px \leftrightarrow \varphi(P)(x)$ — მაგრამ ის აზრს შეიძენს, თუ $\varphi(P)$ სემანტიკურად მონოტონური იქნება P -ს მიმართ (Ebbinghaus & Flum 1996). არის ეს ტექნიკური დამთხვევა, თუ რაღაცის მანიშნებელი — ბუნებრივი ლოგიკის თვალსაზრისით? იქნებ ეს უკანასკნელი შემწყნარებელია წრიული განსაზღვრებების მიმართ?

ხელოვნური ინტელექტი და 'დეფოლტური' ლოგიკა: 'არამონოტონური აღრიცხვა'? მაგრამ არსებობს სხვა, კომპიუტერულ მეცნიერებასთან მისი მიმართების უფრო ნაკლებ სტანდარტული ასპექტები. კერძოდ, ჯონ მაკარტისა და მისი სკოლის მიერ ხელოვნური ინტელექტის ფარგლებში გაანალიზებულ იქნა 'განსჯა სალი აზრის საფუძველზე'. ეს მოიცავდა არა მხოლოდ მონოტონურ გამომდინარეობებს, არამედ არამონოტონურსაც, სადაც პრედიკატების ინკლუზია

LOGIC

არ იყო საკმარისი დასკვნის ჭეშმარიტების შესანარჩუნებლად. ამას გადავყავართ დეფოლტური ლოგიკის სფეროში, რომელიც მოიცავს როგორც კლასიკურ მყარ დასკვნებს, ასევე არასაბოლოო, გასწორებად *გამომდინარეობებს*, რომელიც შეიძლება უარყოფილ იქნას ახალი ინფორმაციის მიღების კვალდაკვალ. მაგალითად, როგორც წესი, „ჩიტებს შეუძლიათ ფრენა“, მაგრამ არსებობს ისეთი გამონაკლისი, როგორცაა პინგვინი, რომელიც უფრო დაბაჯბაჯებს... ზემოხსენებული მონოტონური აღრიცხვის სისტემური გაფართოება, რომელიც ასევე გაუმკლავდებოდა პრედიკატთა ინკლუზიაზე დაფუძნებულ დეფოლტურ იმპლიკაციებს, ძალზე საინტრესო პროექტი იქნებოდა! ორიენტირად შეიძლება აღვუბნოთ იქნას ამ სფეროში უკვე არსებული ლოგიკური სისტემები, რომლებიც უკვე ახდენენ მატერიალური და დეფოლტური პირობითი გამონათქვამების კომბინირებას.

კომბინირება, არქიტექტურა და სირთულე. დაბოლოს, მივუბრუნდები საკუთრივ ბუნებრივ ლოგიკას და კერძოდ, იმას, რასაც მე მთავარ გადაუჭრელ პრობლემად ვთვლი და რომელსაც არ აცნობიერებდნენ არც 1980-იან წლებში და არც ადრე. საკმარისი არ არის გავაანალიზოთ ბუნებრივი გამომდინარეობა როგორც სწრაფი ქვესისტემების ერთობლიობა! სინამდვილეში ჩვენ არ ვართ იზოლირებული პროცესორების უბრალო სიმრავლე. უნდა მოხდეს მთელი ამ ინფორმაციის *კომბინირება* და შესაძლებელი უნდა იყოს ერთი მოდულის სწრაფი ჩართვა მეორეში. საკითხავია, რა ტიპის 'ბუნებრივი' მოაზროვნე სისტემები ვართ ჩვენ?

აქ მთელი ეს წამოწყება ფარული გამოწვევის წინაშე დგება. უკანასკნელი ათწლეულის ლოგიკურ სისტემებთან მუშაობის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ „დაყავი და იბატონე“ ანალიტიკური სტრატეგია ყოველთვის არ ამართლებს. მთელი ლოგიკის სირთულე არ უდრის კომპონენტების სირთულეების მაქსიმუმს. ის შეიძლება რადიკალურად გაიზარდოს, რადგან სირთულის დამატებითი წყარო *კომბინირების წესია*, ე.ი. კომუნიკაცია სხვადასხვა ინფერენციულ მოდულებს შორის. მართლაც, ცნობილია რამდენიმე ბუნებრივი მაგალითი, როცა გადაწყვეტადი ლოგიკების ერთი შეხედვით უწყინარი კომბინაციები მთლიანობაში ქმნიდნენ გადაუწყვეტელ ინფერენციულ სისტემებს. შევნიშნავთ, რომ ეს ყოველთვის ასე არაა და ბევრ შემთხვევაში გამოსავალს 'განშრევებული ლოგიკები' (Gabbay 1996) იძლევა. მაგრამ საფრთხე მაინც არსებობს.

ჩვენი დასკვნა კი ასეთია: სანამ არ გვექნება სრული წარმოდგენა ბუნებრივი ლოგიკის საერთო არქიტექტურაზე, განცხადებები მისი ეფექტიანობის შესახებ ნაადრევი და დაუსაბუთებელი იქნება.

9. კოგნიტიური მეცნიერება

ბოლო სფერო, რომელშიც დღესდღეობით თავს იჩენს ბუნებრივი ლოგიკა, არის ექსპერიმენტული კოგნიტიური მეცნიერება. ჩვენ დანამდვილებით ვიცით, რომ ადამიანის ტვინში დასკვნის პროცესი არ არის ერთი განუყოფელი მოვლენა, არამედ ბევრი მოდულის ერთობლივი ძალისხმევის შედეგი, რომელთაგან ზოგიერთი ჩვენს ენობრივ უნარს უკავშირდება, უფრო მეტი კი — უშუალო ვიზუალურ ანალიზს ან სქემატურ წარმოდგენებს და სხვები კი ტვინის იმ უბნებს, რომლებიც დაგეგმვასა და განხორციელების ფუნქციებს მართავენ (Knauff 2007). მიმდინარე ნეირომეცნიერული ექსპერიმენტების დახმარებით, რომლებსაც საფუძვლად უდევს ჰიპოთეზები ენობრივი მონაცემების შესახებ (Geurts and van der Slik, 2005) უკვე დაინყეს იმის გარკვევა, თუ, მაგალითად, როგორ ხდება, რომ მონოტონური გამომდინარეობაზე პასუხს აგებდნენ ტვინის განსაზღვრული უბნები, ხოლო მძლავრ პირველი რიგის ლოგიკაზე — სხვები (თუ ეს საერთოდ შესაძლებელია).

10. დასკვნა: კიდევ ერთხელ თანამედროვე და ტრადიციული ლოგიკის შესახებ

ბუნებრივი ლოგიკა გვთავაზობს ახალ თვალსაზრისს ადამიანის მსჯელობის ბუნებრივ ინფერენციულ სისტემებზე განსხვავებით თანამედროვე ლოგიკისგან, რომელიც ყველგან 'ფორმალურ სისტემებს' ხედავს. ვფიქრობ, ამის გაკეთება ღირს ყოველივე ზემოთ დასახელებული მიზეზების გამო. მაგრამ ისიც გარკვევით უნდა ითქვას, რომ მე არ ვუყურებ ამას, როგორც ომის განახლებას ტრადიციულ ლოგიკასა და თანამედროვე ლოგიკას შორის. თუნდაც ამ 'აკრძალული დარტყმის' გამო: ბუნებრივი ლოგიკის ჩემთვის ცნობილი ანგარიშგასანევი სისტემები მხოლოდ თანამედროვე ლოგიკის ტექნიკასა და გამოხატვის სტანდარტებს იყენებენ. უკუსვლა გამორიცხულია.

არქიტექტურა და გადასვლათა სისტემა. ჩემთვის ამჟამად ყველაზე საინტერესო არქიტექტურა და გადასვლათა სისტემაა. გასაგებია, რომ თანამედროვე

LOGIC

ლოგიკა, ტრადიციულთან შედარებით, განსჯის ანალიზისთვის ფლობს უფრო მახვილგონივრულ მეთოდებს და ყველაზე საინტერესო ის უნდა იყოს, თუ როდის უნდა მოხდეს მათი გამოყენება. ამ თვალსაზრისით მათემატიკური მსჯელობის ანალიზი, რა თქმა უნდა, ერთ-ერთი იმ სფეროთაგანია, სადაც ტრადიციული ლოგიკის მცდელობები განემარტა სიმკვრივის, უწყვეტობის, ზღვრების და ა.შ. ცნებები, წარუმატებლად დასრულდა (მდრ. Friedman 1985 მათემატიკაზე კანტის მოსაზრებების შესახებ). მაგრამ 'გადასვლები' იქ არ უნდა ვეძებოთ, სადაც დე მორგანს და არაერთ თანამედროვე მეცნიერს ეგულება. ტრადიციული ლოგიკა იმაზე გაცილებით მდიდარი იყო, ვიდრე ბევრს ჰგონია და ის დღემდე უმკლავდება მსჯელობის ანალიზს ბუნებრივი ენისა და სალი აზრის საკმაოდ ფართო არეალის ფარგლებში. პირველი რიგის ლოგიკას ალბათ უპირატესობა უნდა მიეცეს, როცა გარდაუვალი ხდება ექსპლიციტური ცვლადებითა და რთული ობიექტების სიმრავლით მანიპულირება. ამდენად, ჩემი აზრით, არც არსებობს კონფლიქტის საფუძველი 'ბუნებრივ ლოგიკასა' და თანამედროვე ლოგიკას შორის.

სხვა კუთხით დანახული პრობლემა: შერევა და შერწყმა. ასეთ მშვიდობიან თანაარსებობას ვერ დავინახავთ ისეთ ზოგად ფრაზებში, როგორებიცაა 'მათემატიკა არის თანამედროვე ლოგიკა', 'ბუნებრივი ენა არის ტრადიციული ლოგიკა'. კვლევისთვის უფრო საინტერესო თვალსაზრისი იქნებოდა

ბუნებრივი და ფორმალური ენებისა და განსჯის ნარევი!

მაგალითად, საგულისხმო ფაქტია, რომ მათემატიკოსები არასდროს ამბობენ უარს ბუნებრივ ენაზე ლოგიკური ფორმალიზმის სასარგებლოდ. უბრალოდ, აიღეთ ნებისმიერი მათემატიკური სტატია ან დაესწარით ნებისმიერ მათემატიკურ სემინარს. სინამდვილეში მათემატიკოსები იყენებენ ორივე მათგანის ნარევს და მათ გამოსვლებში ლოგიკური აღნიშვნები დინამიურად ჩნდება იქ, სადაც აუცილებელია ბუნებრივ ენას მეტი სიზუსტე შესძინონ. ეს ნარევი იმაზე მიუთითებს, რომ 'ბუნებრივ ლოგიკას' და 'თანამედროვე ლოგიკას' შეუძლიათ ჰარმონიული თანაარსებობა, რადგან ორივეს აქვს თავისი კუთვნილი ადგილი. და თანამედროვე ლოგიკას შეუძლია რაღაც ისწავლოს კიდევ ბუნებრივი ლოგიკისგან 'სისტემურ კარჩაკეტილობასთან' საბრძოლველად და თავისი უმთავრესი მიგნებებისთვის ეცადოს უფრო ზოგადი, სისტემისგან დამოუკიდებელი ფორმულირებების

მოძებნას — მაგალითად, მონოტონურობა, როგორც ჩანს, არის ზოგადად ადამიანის მსჯელობის მახასიათებელი, რომელიც, თავის მხრივ, არ უნდა იყოს დამოკიდებული რომელიმე კონკრეტულ ენასა და სემანტიკაზე. მაგრამ, ჩემი აზრით, ესეც პრობლემის ჩანაცვლება იქნებოდა. ჩვენ ყველაზე მეტად იმის გაგება გვჭირდება, თუ როგორ შეიძლება ჩვენი 'ბუნებრივი ლოგიკის' 'ბუნებრივად გავრცობა' ფორმალური აღნიშვნებით და სხვა ისეთი ტექნიკური საშუალებებით, რომლებიც ჩვენი კოგნიტიური შესაძლებლობების შესაბამისი იქნებოდნენ.

ინფერენციული ჰოლიზმის ფასი. დაბოლოს. თანამედროვე პირველი რიგის ლოგიკას სხვა როლის შესრულებაც შეუძლია. იქნებ თანამედროვე ლოგიკა ერთადერთი სისტემაა, რომელიც რეალურად ახდენს ყველა ცალკეული ბუნებრივი მსჯელობის მოდულის ინტეგრირებას. ასეთ დროს კი, როგორც არქიტექტურისა და მოდულთა კომბინირების შემთხვევაში, შეიძლება გარკვეული ხარკის გადახდა იყოს საჭირო. შესაძლოა ეს იყოს პირველი რიგის ლოგიკის არაგადაწყვეტადობის ნამდვილი მიზეზი: არა ის, რომ მისი ქვესისტემები თავისთავად ესოდენ რთულია, არამედ ის, რომ მათი კომბინაციაა ასეთი. ეს ადვილი შესამჩნევია, თუ არაგადაწყვეტადობას დავუკავშირებთ 'ფილების ამოცანას' და ურთიერთქმედების აქსიომებს (van Benthem 1996), მაგრამ ამაზე აქ არ ვისაუბრებთ.

ერთი სიტყვით, ბუნებრივი ლოგიკა არის ბუნებრივი ენის და განსჯის, მართალია, არა ყოველთვის ცალსახად განსაზღვრული, მაგრამ შთამაგონებელი კვლევითი პროგრამა, რომელიც თავადაც წამოჭრის მრავალ ახალ კითხვას და იმავდროულად გვეხმარება ახლებურად და უჩვეულო კუთხით შევაფასოთ თანამედროვე ლოგიკის მიღწევები.

11. დამონმებული ლიტერატურა

J. Barwise & R. Cooper, 1981, 'Generalized Quantifiers and Natural Language', *Linguistics and Philosophy* 4, 159 – 219.

J. van Benthem, 1986, *Essays in Logical Semantics*, Reidel, Dordrecht.

J. van Benthem 1987, 'Meaning: Interpretation and Inference', *Synthese* 73:3, 451-470.

LOGIC

- J. van Benthem, 1991, *Language in Action. Categories, Lambdas and Dynamic Logic*, North-Holland Amsterdam & MIT Press, Cambridge (Mass.).
- J. van Benthem, 1996, *Exploring Logical Dynamics*, CSLI Publications, Stanford.
- J. van Benthem, J-E Fenstad, K. Halvorsen & T. Langholm, 1987, *Situations, Language and Logic*, Reidel, Dordrecht, *Studies in Linguistics and Philosophy*, Vol. 34.
- J. van Benthem & A. ter Meulen, eds., 1997, *Handbook of Logic and Language*, Elsevier, Amsterdam.
- I. Bochenski, 1961, *A History of Formal Logic*, University of Notre Dame Press, Notre Dame.
- H. Curry, 1936, 'A Mathematical Treatment of the Rules of the Syllogism', *Mind* 45, 209 – 216.
- K. van Deemter, 1996, 'Towards a Logic of Ambiguous Expressions', in K. van Deemter & S. Peters, eds., *Semantic Ambiguity and Underspecification*, Cambridge University Press, Cambridge, 203 – 237.
- M. Dummett, 1973, *Frege. The Philosophy of Language*, Duckworth, London.
- H-D Ebbinghaus & J. Flum 1996, *Finite Model Theory*, Springer, Berlin.
- G. Englebretsen, 1981, *Three Logicians: Aristotle, Leibniz, Sommers and the Syllogistic*, Van Gorcum, Assen.
- J. van Eijck, 1985, *Aspects of Quantification in Natural Language*, Dissertation, Philosophical Institute, University of Groningen.
- J. van Eijck, 2005, 'A Natural Logic for Natural Language', in B. ten Cate & H. Zeevat, eds., *The Batumi Proceedings*, FoLLI LNAI Series, Vol. 4363, Springer, Berlin, 216 – 230. Updated version, CWI Amsterdam & UIL-OTS Utrecht 2007.
- J. van Eijck and J. Jaspars, 1996, 'Ambiguity and Reasoning', FRACAS Report, CWI Amsterdam, ISSN 0169-118X.
- T. Fernando, 1997, 'Ambiguity under Changing Contexts', *Linguistics and Philosophy* 20, 575 – 606.
- M. Friedman, 1985, 'Kant's Theory of Geometry', *The Philosophical Review* XCIV:4, 455 – 506.
- D. Gabbay, 1996, *Labeled Deductive Systems*, Oxford University Press, Oxford.

- P. Geach, 1972, *Logic Matters*, Blackwell, Oxford.
- B. Geurts and F. van der Slik, 2005, ‘Monotonicity and Processing Load’, *Journal of Semantics* 22:1, 97 – 117
- W. Hodges, 1998, ‘The Laws of Distribution for Syllogisms’, *Notre Dame Journal of Formal Logic* 39, 221 – 230.
- E. Keenan & D. Westerståhl, 1997, ‘Quantifiers’, in J. van Benthem & A. ter Meulen, eds., *Handbook of Logic and Language*, Elsevier, Amsterdam.
- M. Knauff, 2007, ‘How our Brains Reason Logically’, Center for Cognitive Science University of Freiburg. In H. Hodges, W. Hodges & J. van Benthem, eds., Special Issue of *Topoi* on “Logic and Psychology”, May 2007.
- F. Liu & J. Zhang, 2007, ‘Some Thoughts on Mohist Logic’, Chinese Academy of Social Science, Beijing, and ILLC, University of Amsterdam.
- Ch. Manning & B. MacCartney, 2007, ‘Natural Logic for Textual Inference’, Departments of Linguistics/Computer Science, Stanford University. To appear at the Workshop on Textual Entailment and Paraphrasing, *ACL 2007*.
- R. Montague, 1974, *Formal Philosophy*, Yale University Press, New Haven.
- L. Moss, 2005, ‘Completeness in Natural Logic: What and How’, LSA Linguistics Summer Institute, Harvard University.
- R. Nairn, C. Condoravdi & L. Karttunen, 2006, ‘Computing Relative Polarity for Textual Inference’, Palo Alto Research Center, in *Proceedings Inference in Computational Semantics*.
- S. Peters & D. Westerståhl, 2006, *Quantifiers in Language and Logic*, Oxford University Press, Oxford.
- I. Pratt, 2004, ‘Fragments of Language’, *Journal of Logic, Language and Information* 13:2, 207 – 223.
- A. Prior, 1967, ‘Traditional logic’, in P. Edwards, ed., *The Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 5, McMillan, London, 34 – 45.
- W. Purdy, 1991, ‘A Logic for Natural Language’, *Notre Dame Journal of Formal Logic* 32:3, 409–425.
- V. Sanchez Valencia, 1991, *Studies on Natural Logic and Categorical Grammar*, Dissertation,

LOGIC

Institute for Logic, Language and Computation, University of Amsterdam.

V. Sanchez Valencia, 2004, 'The Algebra of Logic', in D. Gabbay & J. Woods, eds., *Handbook of the History of Logic*, Elsevier, Amsterdam 389 – 544.

F. Sommers, 1982, *The Logic of Natural Language*, Clarendon Press, Oxford.

P. Suppes, 1982, 'Variable-Free Semantics with Remarks on Procedural Extensions', in T. Simons & R. Scholes, eds., 1982, *Language, Mind and Brain*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale (N.Y.), 21 – 31.

დანართი. ისევ ისტორია: ლოგიკა ჩინეთში

როცა ეს მასალა პეკინში წარვადგინეთ, გამოიკვეთა რამდენიმე საინტერესო დამთხვევა. დღეისთვის უკვე ცნობილი ხდება, რომ ლოგიკა ერთდროულად სულ მცირე სამ გეოგრაფიულ რეგიონში და კულტურაში წარმოიშვა: საბერძნეთში, ინდოეთსა და ჩინეთში. გთავაზობთ რამდენიმე ნიშანდობლივ მაგალითს Liu & Zhang 2007-დან მოისტური ლოგიკის შესახებ (ჩვ. ნ.-აღ.-მდე მე-5 საუკუნე) — ეს იყო ფილოსოფიური სკოლა, რომელიც, როგორც ჩანს, ლოგიკოსებისგან შედგებოდა. ქვემოთ მოცემული გამომდინარეობა უშუალოდ განისაზღვრება მოისტური კანონით:

„თეთრი ცხენი არის ცხენი. თეთრ ცხენზე ამხედრება არის ცხენზე ამხედრება.“

ეს აშკარად არის აღმავალი მონოტონურობის სქემა.

მაგრამ არსებობს ორი სხვა მოისტური მაგალითიც, რომელიც თითქოს ეწინააღმდეგება ამას:

„მძარცველები ადამიანები არიან, მაგრამ მძარცველების სიმრავლე არ ნიშნავს ადამიანების სიმრავლეს.“

„ოთხთვალა არის ხის ობიექტი. ოთხთვალაში ჯდომა არ არის ხის ობიექტში ჯდომა.“

ეს საკმაოდ მახვილგონივრული მაგალითებია და ორივე მათგანი საინტერესოა ლოგიკური თვალსაზრისით. პირველ შემთხვევაში იკვეთება აღმავალი მონოტონურობის დარღვევა კვანტიფიკატორის კონტექსტზე დამოკიდებულების გამო. თუ „ბევრი“ უბრალოდ ნიშნავს ‘რალაც განსაზღვრულ N რაოდენობაზე მეტს’, ის აღმავლად მონოტონურია თავისი ორივე არგუმენტის მიმართ. მაგრამ თუ დავუშვებთ, რომ (N) ნორმა პრედიკატზე არის დამოკიდებული, „ბევრი“, სავარაუდოდ, არ იქნება აღმავლად მონოტონური არც ერთი თავისი არგუმენტის მიმართ.¹³ იმისთვის, რომ გავარჩიოთ სწორი და არასწორი დასკვნები, გვჭირდება ‘კონტექსტის ანალიზის’ დინამიური მექანიზმი. მეორე მაგალითი ინტენსიონალობას ეხება. „ოთხთვალაში ჯდომა“ შეიძლება გაგებულ იქნეს ექსტენსიონალურად როგორც „გადაადგილება“ და შემდგომ დასკვნა გაკეთდეს აღმავალი მონოტონურობის საფუძველზე. მაგრამ ჩვენი მოისტი კოლეგები აშკარად რალაც უფრო გონებამახვილურს გულისხმობდნენ. ინტენსიონალური ინტერპრეტაციით სუბიექტი მართავს ოთხთვალას, როგორც სატრანსპორტო საშუალებას, და ასეთ შემთხვევაში ზემოთ მოყვანილი დასკვნა არასწორია, რადგან არავინ არმართავს ხისობიექტს როგორც საკუთრივ ხისობიექტს. მონოტონურობის ცნების ასეთი დეტალიზება ახლაც ისევე მართებულია, როგორც იმ დროში. მას შემდეგ, რაც რიჩარდ მონტეგიუმ ინტენსიონალური კონტექსტები ბუნებრივი ენის სემანტიკური ანალიზის ამოსავალ წერტილად აქცია, ინტენსიონალური კონტექსტები კარგად ცნობილი გამონკვევა მონოტონურობაზე დაფუძნებული მარტივი გამომდინარეობებისთვის.

მოისტური ლოგიკა, ამ გამომდინარეობების გარდა, სხვა მრავალი საინტერესო თვისებითაც ხასიათდება. ის მოიცავს კრიტელების პარადოქსის ვარიანტებსაც და რაც განსაკუთრებით საინტერესოა, დიალოგის პრაგმატულ პარადოქსს, რაც სიახლე იყო ამ სტატიის ავტორისთვის მაინც (თუმცა, ამ სტატიის ერთმა რეცენზენტმა მიუთითა ანალოგიაზე ბურიდანის პარადოქსთან „ყველა წინადადება უარყოფითია“):

ვინმესთვის იმის თქმით, რომ „შენ ვერასდროს ისწავლი რამეს“ ვერასდროს ვერ მიაღწევთ მიზანს.

13 კონტექსტზე დამოკიდებულების კიდევ ერთი ფორმა იქნა წარმოდგენილი პალო ალტოში ჩატარებულ PARC-ის სემინარზე: გულისხმობს თუ არა წინადადება “They verbally attacked the president” წინადადებას “They attacked the president”? ასეთი დასკვნა (არასწორად) გულისხმობს ფიზიკურ თავდასხმას.

LOGIC

დროდადრო წამოიჭრება ხოლმე უორფისეული კითხვა, თუ როგორ უნდა მოახერხოს ვინმემ სხვა კულტურის მატარებელი ადამიანის აღქმა თავის კოლეგად. მე კი, ბოხენსკის ისტორიულ ნაშრომზე (Bochenski 1961) დაყრდნობით ვიტყვოდი, რომ ასეთი პრობლემა უბრალოდ არ არსებობს: 'მხოლოდ ლოგიკოსებს შეუძლიათ ინაღვლონ ასეთ სიგიჟეზე'.

Michael Bezhanishvili

ON A PARTIALLY INTERPRETED LOGIC

In his well-known article [2] D.Bochvar has indicated a way how the first order predicate calculus can be extended without type restrictions avoiding the rise of logical and semantical antinomies. Such an approach¹ requires to enrich the object language so that it would formally express meaninglessness of each paradoxical sentence in it. But the study of modalities of knowledge and belief shows that epistemic logic also can give such possibility and it can be used to avoid the antinomies (without introducing type limitations) in case, if it will be constructed not on the base of classical logic, i.e. if no pure classical tautology will be valid in it (cf. [1]).

The aim of the present paper is to consider such epistemic first order predicate logic and to state some of its peculiarities. The corresponding system $\mathcal{E}4$ will be described here semantically.

The language contains logical connectives: \neg, \wedge, \vee , quantifiers: \forall, \exists and one epistemic modal operator \Box (read *it is known that*). Formulas and signs: \supset and \equiv (for material implication and material equivalence) are defined as usual. The signs: $\longrightarrow, \longleftarrow, \longleftrightarrow$ and \dagger (for conditional, biconditional, intensional equivalence and meaninglessness) are introduced by the following definitions:

$$\begin{aligned} A \longrightarrow B &=_{df} \Box A \supset \Box B, \\ A \longleftarrow B &=_{df} (A \longrightarrow B) \wedge (B \longrightarrow A), \\ A \longleftrightarrow B &=_{df} (A \longleftarrow B) \wedge (\neg A \longleftarrow \neg B), \\ \dagger A &=_{df} \neg \Box A \wedge \neg \Box \neg A. \end{aligned}$$

We shall say that a pair $(A; B)$ of \Box -and quantifier-free formulas satisfies A.Rose's condition, if for each such disjunctive member C of a disjunctive normal form of the formula A , which does not contain any atomic formula together with its negation, there exists a disjunctive member D of

¹related approaches are considered e.g. in [3], [5].

a disjunctive normal form of the formula B , each conjunctive member of which is also the conjunctive member of C (cf. [4]).

$\mathcal{E}4$ -frame \mathbf{F} is an ordered triple $(\mathbf{H}, \mathbf{R}, \mathbf{D})$ where \mathbf{H} is a non-empty set (of partial possible worlds); $\mathbf{R} \subseteq \mathbf{H} \times \mathbf{H}$ and \mathbf{R} is reflexive and transitive on \mathbf{H} ; \mathbf{D} is a domain function, defined on \mathbf{H} , such that $\mathbf{D}(\mathbf{v})$ is non-empty set for all $\mathbf{v} \in \mathbf{H}$, and

If $(\mathbf{u}, \mathbf{v}) \in \mathbf{R}$, then $\mathbf{D}(\mathbf{u}) \subseteq \mathbf{D}(\mathbf{v})$, $\mathbf{u}, \mathbf{v} \in \mathbf{H}$.

Let \mathcal{P} be the set of all n -adic predicate letters P^n , $n \geq 0$; P^0 is usually called a propositional letter. $\mathcal{E}4$ -model is a pair (\mathbf{F}, \mathbf{V}) where \mathbf{F} is $\mathcal{E}4$ -frame and \mathbf{V} is a binary partial function, defined on a subset of $\mathcal{P} \times \mathbf{H}$, such that if $n=0$, $\mathbf{V}(P^n, \mathbf{v}) = \top$ or \perp or neither \top nor \perp . In the first two cases we shall say that \mathbf{V} is defined for P^n, \mathbf{v} and write $!\mathbf{V}(P^n, \mathbf{v})$; in the third case we shall say that \mathbf{V} is undefined for P^n, \mathbf{v} and write $non!\mathbf{V}(P^n, \mathbf{v})$. If $n>0$, $\mathbf{V}(P^n, \mathbf{v})$ is a pair (\mathbf{P}, \mathbf{Q}) such that $\mathbf{P} \cap \mathbf{Q} = \emptyset$ and $\mathbf{P}, \mathbf{Q} \subseteq [\mathbf{D}(\mathbf{v})]^n$ where $[\mathbf{D}(\mathbf{v})]^n$ is the n -time Cartesian product of the set $\mathbf{D}(\mathbf{v})$ on itself.

Let $\mathbf{U} = \cup_{\mathbf{v} \in \mathbf{H}} \mathbf{D}(\mathbf{v})$. Given any $\mathcal{E}4$ -model \mathbf{M} , we can find a value \top or \perp for each formula A and for each $\mathbf{v} \in \mathbf{H}$ relative to a fixed assignment of elements of \mathbf{U} to free individual variables of A , in case when $!\mathbf{V}(A, \mathbf{v})$.

If A is an atomic formula, it is either a propositional letter P^0 or it is a formula of the form $P^n(x_1, \dots, x_n)$, $n > 0$. In the first case $\mathbf{V}(P^n, \mathbf{v})$ is already given by the model. In the latter case, suppose that elements $\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n$ of \mathbf{U} are assigned to x_1, \dots, x_n , and let $\mathbf{V}(P^n, \mathbf{v})$ be a pair (\mathbf{P}, \mathbf{Q}) . Relative to this assignment, $\mathbf{V}(P^n(x_1, \dots, x_n), \mathbf{v}) = \top$ iff $(\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n) \in \mathbf{P}$; $\mathbf{V}(P^n(x_1, \dots, x_n), \mathbf{v}) = \perp$ iff $(\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n) \in \mathbf{Q}$, otherwise $non!\mathbf{V}(P^n(x_1, \dots, x_n), \mathbf{v})$.

Given this assignment to atomic formulas, we can build up the assignment to complex formulas by induction. The conditions of $\neg A, A \wedge B, A \vee B$ for any $\mathbf{v} \in \mathbf{H}$ by the fixed assignment of elements of \mathbf{U} to all free individual variables of A and B coincide with Łukasiewicz's three-valued logic (but instead of the third undefined value we have here a gap). Conditions for quantifiers are formulated correspondingly. Finally, for a given assignment of elements of \mathbf{U} to all free individual variables of A , $\mathbf{V}(\Box A, \mathbf{v}) = \top$ iff for the same assignment $\mathbf{V}(A, \mathbf{u}) = \top$ for every $\mathbf{u} \in \mathbf{H}$ such that $(\mathbf{v}, \mathbf{u}) \in \mathbf{R}$; otherwise $\mathbf{V}(\Box A, \mathbf{v}) = \perp$, i.e. iff for the same assignment $\mathbf{V}(A, \mathbf{u}) = \perp$ or $non!\mathbf{V}(A, \mathbf{u})$ for some $\mathbf{u} \in \mathbf{H}$ such that $(\mathbf{v}, \mathbf{u}) \in \mathbf{R}$.

Validity in a model and in a frame are defined as usual; we shall say that A is a theorem of $\mathcal{E}4$, if it is valid in the class of all $\mathcal{E}4$ -frames.

It can be shown that

- (1) No \Box -free formula (in particular, no \Box -free classical tautology) is a theorem of $\mathcal{E}4$;
- (2) No formula of the form $\Box A$ with \Box -free A is a theorem of $\mathcal{E}4$;
- (3) A formula of the form $\Box A \longrightarrow \Box B$ with \Box - and quantifier-free A and B is a theorem of $\mathcal{E}4$ iff the pair $(A; B)$ satisfies A. Rose's condition;
- (4) Let A be any \Box -free formula contained different atomic formulas B_1, \dots, B_m and C is obtained from A by simultaneous substitution of $\Box B_1, \dots, \Box B_m$ for B_1, \dots, B_m . Then, if A is a classical tautology, C is a theorem of $\mathcal{E}4$;
- (5) The formulas: $\dagger P \iff \dagger \neg P$ and $(P \iff \neg P) \iff \dagger P$ are theorems of $\mathcal{E}4$.

Let \mathcal{E} be the set of all \Box -free formulas of $\mathcal{E}4$. We extend $\mathcal{E}4$ by allowing formulas of \mathcal{E} to appear in the place of free individual variables and by allowing propositional and predicate letters of \mathcal{E} to appear in the place of bound individual variables of $\mathcal{E}4$ (Bochvar has likewise obtained the extended system Σ from his auxiliary system Σ_0 [2]).

Notice that no formula of the extended classical predicate calculus is a theorem of the extended $\mathcal{E}4$ (cf. assertion (1)), and if some formula A of the extended classical predicate calculus leads to antinomy by means of the material equivalence $A \equiv \neg A$, then in the extended $\mathcal{E}4$ instead of contradiction it leads only to $\dagger A$ and $\dagger \neg A$, according to assertion (5).

But the problem of consistency of the extended $\mathcal{E}4$ remains open as well as, perhaps, the major question of sufficiency of the extended $\mathcal{E}4$ to the purposes for whose realization the extended classical predicate calculus has been employed.

References

- [1] M. Bezhanishvili, *On epistemic modal predicate logic*, [in:] **Synthese Library, Series in Epistemology, Logic, Methodology and Philosophy of Sciences**, vol. 257 (1996), pp. 181-201.
- [2] D. Bochvar, *On a three-valued logical calculus and its application to the analysis of contradiction*, **Matematicheskij sbornik**, 4(46) (1938), pp. 287-308 (in Russian).

LOGIC

- [3] S. Feferman, *Toward useful type-free theories. I*, **The Journal of Symbolic Logic**, 49 (1984), pp. 75-111.
- [4] A. Rose, *A formulation of the propositional calculus corresponding to Wang's calculus of partial predicates*, **Zeitschrift für mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik**, 9 (1963), pp. 177-198.
- [5] H. L. Skala, *An alternative way of avoiding the set-theoretical paradoxes*, **Zeitschrift für mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik**, 20 (1974), pp. 233-237.

Department of Logic
Institute of Philosophy
Georgian Academy of Sciences
Tbilisi
Georgia

გრამატიკული გარჩევა კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკების საშუალებით

რიხარდ ზოხერი, ჯონ ბაუერი,
ქრისტოფერ დ. მენინგი, ენდრიუ ნგი

კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტი,
სტენფორდის უნივერსიტეტი
სტენფორდი, კალიფორნია, 94305, აშშ

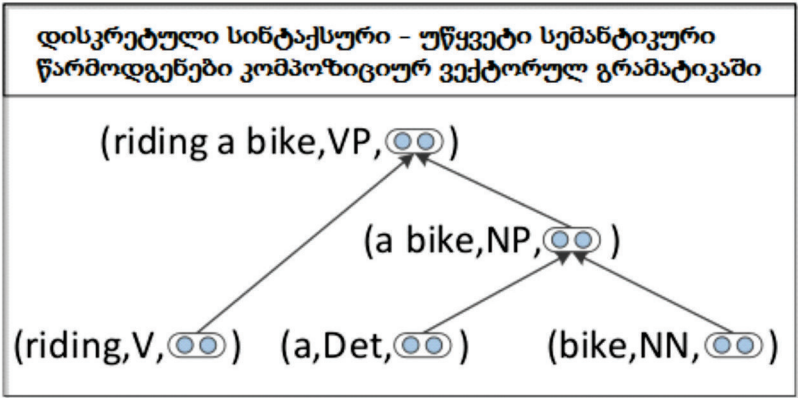
რეზიუმე

ბუნებრივ ენათა გრამატიკულ გარჩევაში, ჩვეულებრივ, დისკრეტული კატეგორიების მცირე სიმრავლეები გამოიყენება, როგორებიცაა, ვთქვათ, სახელური ფრაზა და ზმნური ფრაზა, მაგრამ ეს წარმოდგენა ვერ ასახავს ლინგვისტურ ფრაზათა სრულ სინტაქსურ და სემანტიკურ მრავალფეროვნებას. წარმოდგენის გაუმჯობესების მცდელობები, რომლებიც ფრაზების ლექსიკალიზაციას ან კატეგორიების დაყოფას იყენებენ, მხოლოდ ნაწილობრივ წყვეტენ ამ პრობლემას, თანაც მორფოსინტაქსურ ნიშანთა უზარმაზარი სივრცისა და სიმეჩხრის ხარჯზე. ამის საწინააღმდეგოდ, ჩვენ შემოგვავსებთ კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკის (კვგ) ცნებას. იგი ალბათურ უკონტექსტო გრამატიკას აერთიანებს სინტაქსურად დაუბმელ რეკურსიულ ნეირონულ ქსელთან, რომელიც სწავლობს სინტაქსურ-სემანტიკურ, კომპოზიციურ ვექტორულ წარმოდგენებს. კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკა 3.8%-ით აუმჯობესებს სტენფორდის გამრჩევის ალბათურ უკონტექსტო გრამატიკას და მისი F1 ზომა 90.4%-ს აღწევს. იგი შეიძლება სწრაფად გავარჯიშდეს, იმპლემენტირებულია თითქმის ისე, როგორც ეფექტური გადამახარისხებელი და დაახლოებით 20%-ით უფრო სწრაფია, ვიდრე სტენფორდის ახლანდელი ფაქტორიზებული გამრჩევი. იგი სწავლობს გრამატიკული თავის შერბილებულ ცნებას და ეფექტურად მუშაობს ორაზროვნების ტიპებზე, რომლებიც მოითხოვენ ისეთ სემანტიკურ ინფორმაციას, როგორიცაა წინდებულებანი ფრაზების მიბმა.

1 შესავალი

სინტაქსური გარჩევა (syntactic parsing) ბუნებრივი ენის დამუშავების ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა იმ მნიშვნელოვანი როლის გამო, რასაც ის ასრულებს ლინგვისტურ გამოსახულებასა და მნიშვნელობას შორის შუამავალი რგოლის სახით. მაგალითად, ბევრ ნაშრომში იქნა ნაჩვენები, თუ რაოდენ გამოსადეგია სინტაქსური წარმოდგენები ისეთი ამოცანების გადაჭრისთვის, როგორებიცაა მიმართების ამოცნობა, სემანტიკური როლების მონიშვნა (Gildea & Palmer, 2002) და პარაფრაზირების აღმოჩენა (Callison-Burch, 2008).

სინტაქსური აღწერები, ჩვეულებრივ, საკმაოდ ფართო დისკრეტულ კატეგორიებს იყენებენ, როგორებიცაა, მაგალითად, სახელური ფრაზები (NP) ან წინდებუდიანი ფრაზები (PP), მაგრამ უკანასკნელ ხანებში ნაჩვენები იქნა, რომ გრამატიკული გარჩევის შედეგები შეიძლება მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს დეტალური, დაზუსტებული სინტაქსური კატეგორიების გამოყენებით, რომლებიც უფრო უკეთ ასახავენ მსგავსი ქცევის მქონე ფრაზებს, ვიდრე ნიშან-თვისებათა (feature) ხელით წარმოქმნის (Klein & Manning, 2003b) ან ავტომატური სწავლის (Petrov, Barrett, Thibaux, & Klein, 2006) მეთოდები. თუმცა, ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ NP-ს მსგავსი კატეგორიის 30 ან 60 ქვეკატეგორიად დაყოფა წინადადების აზრის და სემანტიკური მსგავსების მხოლოდ ძალიან შეზღუდულ წარმოდგენას (representation) იძლევა. ამიტომ კვლევები ორი მიმართულებით მიმდინარეობს.



ნახაზი 1. კვგ-ს მაგალითი თითოეული კვანძში (კატეგორია, ვექტორი) წარმოდგენით. არატერმინალთა ვექტორები გამოთვლილია ახალი ტიპის ნეირონული ქსელებით, რომლების დამოკიდებული არიან აუგ-დან მიღებულ სინტაქსურ კატეგორიებზე.

ერთი მხრივ, ესაა დისკრიმინაციული გრამატიკული გარჩევა (Taskar, Klein, Collins, Koller, & Manning, 2004; Finkel, Kleeman, & Manning, 2008), რომელმაც ნიშან-თვისებათა საგულდაგულო შედგენაზე დაყრდნობით კარგ შედეგები მოგვცა. ასეთ გამრჩევებში ნიშან-თვისებებს შეიძლება შევხედოთ, როგორ კატეგორიათა შორის მსგავსების ეფექტიან განზომილებათა განმსაზღვრელს. მეორე მხრივ, ესაა ლექსიკალიზებული გამრჩევების მიდგომა (Collins, 2003; Charniak, 2000), რომლებიც თითოეულ კატეგორიას უთანადებენ ლექსიკურ ერთეულს. ეს იძლევა სემანტიკური მსგავსების დეტალურ ცნებას, რაც გამოსადგეია ისეთი პრობლემებისთვის, როგორცაა ორაზროვანი ბმის შესახებ გადანყვეტილების მიღება. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მიდგომა მოითხოვს შეკუმშვის მიახლოების რთული სქემების არსებობას ლექსიკალიზებული კატეგორიების სიმეჩხრის პრობლემის მოსაგვარებლად.

ბუნებრივი ენის ბევრ სისტემაში ცალკეული სიტყვები და n-გრამები, სხვა თვისებებთან ერთად კარგად აღინერება მათი დისტრიბუციული მსგავსებების საფუძველზე (Brown, deSouza, Mercer, Pietra, & Lai, 1992). თუმცა, თვით დიდ კორპუსებშიც კი ბევრი n-გრამა არასდროს ჩნდება გავარჯიშების დროს, განსაკუთრებით როცა n დიდია. ამ შემთხვევებში დისტრიბუციული მსგავსების გამოყენება უბრალოდ შეუძლებელია უნახავი წინადადებების წარმოსადგენად. ამ ნაშრომში წარმოვადგენთ ახალ შედეგს, რაც საშუალებას იძლევა ვისწავლოთ ნიშან-თვისებები და წარმოვადგინოთ წინადადებები თვით ძალიან დიდი, ჯერაც უნახავი n-გრამებისთვისაც კი.

ჩვენ შემოგვაქვს კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკის (Compositional Vector Grammar, CVG, შემოკლებით კვგ) გამრჩევი (parser) სტრუქტურის პროგნოზირებისთვის. ისევე, როგორც გარჩევის შესახებ ზემოთ ნახსენებ შრომებში, ეს მოდელი ეხება ფრაზებისა და კატეგორიების წარმოდგენის პრობლემას, მაგრამ მათგან განსხვავებით, ის ერთდროულად სწავლობს გარჩევას და ფრაზების წარმოდგენას როგორც დისკრეტული კატეგორიებისთვის, ისე უწყვეტი ვექტორებისთვის, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზი 1. კვგ-ები ახერხებენ სტანდარტული ალბათური უკონტექსტო გრამატიკების (probabilistic context free grammar, PCFG, შემოკლებით აუგ) უპირატესობების შერწყმას რეკურსიული ნეირონული ქსელების (recursive neural network, RNN, შემოკლებით რნქ) უპირატესობებთან. პირველ მათგანს შეუძლია მოგვცეს წინადადებათა დისკრეტული კატეგორიზაცია NP-ში ან PP-ში მაშინ, როცა მეორე მათგანი უფრო

COMPUTATION

დეტალურ სინტაქსურ და კომპოზიციურ-სემანტიკურ ინფორმაციას იძლევა ფრაზებისა და სიტყვების შესახებ. ეს ინფორმაცია გამოსადეგია იმ შემთხვევებში, როცა სინტაქსური ბუნდოვანება მხოლოდ სემანტიკური ინფორმაციის საშუალებით შეიძლება გაიფანტოს, როგორც, მაგალითად, PP-ს ბმის შემთხვევაში შემდეგ ორ წინადადებაში: *They ate udon with forks (მათ ჭამეს უდონი ჩანგლებით)* და *They ate udon with chicken (მათ ჭამეს უდონი ქათმით)*.¹

რჩე-ებზე დაფუძნებული ადრინდელი გამრჩევები იყენებდნენ (კვანძებზე მიბმულ) ერთსა და იმავე წონებს ყველა კვანძისთვის, რათა გამოეთვალათ ვექტორი, რომელიც შემადგენელს წარმოადგენს. ამისთვის საჭიროა, რომ კომპოზიციის ფუნქცია უაღრესად მძლავრი იყოს, ვინაიდან მან უნდა გააკეთოს ფრაზების კომბინირება სხვადასხვა სინტაქსურ მეთაურ-სიტყვასთან, მისი ოპტიმიზება კი რთულია, რადგან პარამეტრები ძალიან ღრმა ნეირონულ ქსელს ქმნიან. ჩვენ ვაზოგადებთ სავსებით მიბმულ რჩე-ს ისეთ რჩე-მდე, რომელსაც აქვს სინტაქსურად მიუბმელი წონები. თითოეული კვანძისთვის მიწერილი წონა პირობით დამოკიდებულია ამ კვანძის მემკვიდრეების შემადგენელთა კატეგორიებზე. ეს საშუალებას იძლევა გვექონდეს კომპოზიციის სხვადასხვა ფუნქცია, როცა წინადადებათა სხვადასხვა ტიპის კომბინირებას ვაკეთებთ. საბოლოოდ კი გარჩევის სიზუსტე ძალიან უმჯობესდება.

ჩვენი კომპოზიციური დისტრიბუციული წარმოდგენა საშუალებას აძლევს კვგ-ის გამრჩევს გარჩევის დროს ზუსტი გადაწყვეტილებები მიიღოს და ფრაზებსა და წინადადებებს შორის მსგავსებები დაიჭიროს. აუგ-ზე დაფუძნებული ნებისმიერი გამრჩევი შეიძლება გაუმჯობესდეს რჩე-ით. ჩვენ ვიყენებთ სტენფორდის გამრჩევის გამარტივებულ ვერსიას (Klein & Manning, 2003a), როგორც საბაზისო აუგ-ს და ვაუმჯობესებთ მის სიზუსტეს მონიშნული F1-ის 86.56%-დან 90.44%-მდე „უოლ სთრით ჯორნალის“ (WSJ) 23-ე ნაწილის ყველა წინადადებისთვის. გამრჩევის კოდი ხელმისაწვდომია მისამართზე nlp.stanford.edu.

2 საკითხთან დაკავშირებული შრომები

კვგ-ის შექმნა კვლევების ორი მიმართულების მიერ იყო ინსპირირებული. ისინი ეხებოდა ალბათური უკონტექსტო გრამატიკის გამრჩევების გაფართოებას დისკრეტული მდგომარეობების უფრო მრავალფეროვანი სიმრავლეებითა და

¹ ქართულ მაგალითებში ორაზროვნება ლს-ს ნაცვლად მოქმედებითბრუნვიან ფრაზებში გვაქვს (მთარგმნელის შენიშვნა).

რეკურსიული ღრმა შესწავლის მოდელებით, რომლებიც ერთობლივად სწავლობენ კლასიფიკატორებს და ცვალებადზომიანი შემავალი პარამეტრების ნიშან-თვისებათა უწყვეტ წარმოდგენებს.

დისკრეტული სინტაქსური წარმოდგენების გაუმჯობესება. როგორც შესავალში აღვნიშნეთ, გარჩევის დისკრეტული წარმოდგენების გასაუმჯობესებლად რამდენიმე მიდგომა არსებობს. (Klein & Manning, 2003b) იყენებენ ნიშან-თვისებათა ხელით შედგენის გზას, ხოლო (Petrov, Barrett, Thibaux, & Klein, 2006) იყენებენ სწავლის ალგორითმს, რომელიც ხლეჩს და აერთებს სინტაქსურ კატეგორიებს, რათა ალბათობის მაქსიმიზება მოახდინოს ხეების ბანკზე. მათი მიდგომა კატეგორიებს რამდენიმე ათეულ ქვეკატეგორიად ყოფს. განსხვავებული მიდგომაა ლექსიკალიზებული გამრჩევები (Collins, 2003; Charniak, 2000), რომლებიც თითოეულ კატეგორიას ლექსიკური ერთეულით აღწერენ, რომელიც ჩვეულებრივ მეთაური (resp. თავი) სიტყვაა. ახლახან ჰოლმა და კლაინმა (Hall & Klein, 2012) ანოტირების რამდენიმე ასეთი სქემა ფაქტორიზებულ გამრჩევად შეაერთეს. ჩვენ ამ იდეებს ვაფართოებთ დისკრეტული წარმოდგენებიდან უფრო მდიდარ, უწყვეტ წარმოდგენებამდე. კვგ შეიძლება განვიხილოთ როგორც დისკრეტული და უწყვეტი გარჩევების ერთ მოდელში ფაქტორიზება. ზემოთ ჩამოთვლილი გენერატიული მოდელებისგან განსხვავებული მიდგომაა დისკრიმინაციული გამრჩევების დასწავლის ძალა მრავალი კარგად დაგეგმილი ნიშან-თვისების გამოყენებით (Taskar, Klein, Collins, Koller, & Manning, 2004; Finkel, Kleeman, & Manning, 2008). ჩვენ იდეებს კვლევის ამ მიმართულებიდანაც ვიღებთ იმ გაგებით, რომ ჩვენი გამრჩევი აერთიანებს გენერატიულ ალბათურ უკონტექსტო გრამატიკის მოდელს დისკრიმინაციულად ნასწავლ რეკურსიულ ნეირონულ ქსელებთან.

ღრმა დასწავლა და რეკურსიული ღრმა დასწავლა. ფრაზების აღწერისთვის ნეირონული ქსელების გამოყენების პირველ მცდელობებს შორის უნდა აღინიშნოს ელმანის ნაშრომი (Elman, 1991), სადაც რეკურენტული ნეირონული ქსელები გამოყენებული იყო მარტივი ხელოვნური გრამატიკიდან წინადადებების წარმოდგენების შესაქმნელად და მიღებული წარმოდგენების ლინგვისტური გამომსახველობითი ძალის ანალიზისთვის. სიტყვები წარმოდგენილი იყო სათითაო ვექტორებად, რაც დასაშვები იყო, ვინაიდან გრამატიკა მცირე რაოდენობის სიტყვებს შეიცავდა. კოლობერტმა და უესტონმა (Collobert & Weston, 2008) აჩვენეს, რომ ნეირონული ქსელები კარგად მუშაობენ ენის დამუშავების მიმდევრობათა მონიშვნის ამოცანებზე და ამავე დროს სწავლობენ

COMPUTATION

შესაბამის ნიშან-თვისებებს. თუმცა, მათი მოდელის ნაკლია ის, რომ მას არ შეუძლია წარმოადგინოს ბუნებრივი ენისთვის ერთობ დამახასიათებელი რეკურსიული სტრუქტურა. ისინი ამ პრობლემას ან დამოუკიდებელი, ფანჯრებზე დაფუძნებული კლასიფიკატორების მეშვეობით, ან კონვოლუციური შრის გამოყენებით ნაწილობრივ გვერდს უვლიან. რნქ-ისთვის სპეციფიკური გავარჯიშება შემოიღეს გოლერმა და კიუხლერმა (Goller & Kuchler, 1996) ისეთი სტრუქტურული ობიექტების დისტრიბუციული წარმოდგენების შესასწავლად, როგორცაა ლოგიკური ტერმები. ამისგან განსხვავებით, ჩვენს მოდელს შეუძლია სტრუქტურის როგორც წინასწარმეტყველება, ისე წარმოდგენა.

ჰენდერსონმა (Henderson, 2003) პირველმა აჩვენა, რომ ნეირონული ქსელები შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული გარჩევის დიდი ზომის ამოცანებისთვის. მან შემოიღო ეგრეთ წოდებული მარცხენა კუთხის გამრჩევი, რომელიც გარჩევის ისტორიის გათვალისწინებით იძლევა გარჩევის გადაწყვეტილებათა ალბათობების მიახლოებას. ჰენდერსონის მოდელის შემავალი პარამეტრებია ხშირად შემხვედრი სიტყვების და მათი მეტყველების ნაწილების (part-of-speech, POS) აღმნიშვნელი თეგების წყვილები. როგორც გარჩევის თავდაპირველი სისტემა, ისე მისი ალბათური ინტერპრეტაცია (Titov & Henderson, 2007) სწავლობს ნიშან-თვისებებს, რაც წარმოადგენს გარჩევის ისტორიას, მაგრამ არ იძლევა ისეთ პრინციპულ ლინგვისტურ წარმოდგენას, როგორც ჩვენი ფრაზების წარმოდგენებია. სხვა დაკავშირებულ ნაშრომთა შორის უნდა აღინიშნოს იმავე ავტორის მომდევნო შრომა (Henderson, 2004), სადაც გამრჩევის დისკრიმინაციული გავარჯიშება სინქრონულ ქსელებზე დაყრდნობით ხორციელდება; ასევე, ტიტოვისა და ჰენდერსონის შრომა (Titov & Henderson, 2006), სადაც გამოყენებულია მხარდამჭერი ვექტორების მანქანები (SVM), რომლებიც გენერატიულ გამრჩევს მიუსადაგებენ სხვადასხვა არეებს.

2003 წლის ავტორთა კოლექტიურ ნაშრომში (Costa, Frasconi, Lombardo, & Soda, 2003) გამოყენებულია ნეირონული ქსელები მზარდ (ინკრემენტულ) გამრჩევში ფრაზების ბმის შესაძლო გადახარისხებისთვის. ეს ნაშრომი პირველია, რომელმაც აჩვენა, რომ რნქ-ებს შეუძლიათ საკმარისი ინფორმაციის შეგროვება, რათა გარჩევის სწორი გადაწყვეტილებები მიიღონ, თუმცა ტესტირება მხოლოდ 2000 წინადადების ქვესიმრავლეზე ჩატარდა. სხვა ნაშრომში (Menchetti, Costa, Frasconi, & Ponil, 2005) რნქ-ები გამოყენებულია სხვადასხვა გარჩევის გადახარისხებისთვის. წინადადებათა სრული გარჩევისთვის ისინი გადაახარისხებენ კანდიდატ ხეებს,

რომლებიც კოლინზის გამრჩევის მიერაა შექმნილი (Collins, 2003). მათ მსგავსად, ჩვენც ვაძლევთ საშუალებას დისკრეტულ კატეგორიებს გამოყვანის დროს ძებნის სივრცე შეამცირონ; ვადარებთ მთლიანად მიბმულ რნქ-ებთან, სადაც ყველა კვანძში ერთი და იგივე წონაა გამოყენებული. ჩვენი სინტაქსურად დაუბმელი რნქ-ები მათ მნიშვნელოვნად სჯობნიან. დაუბმელობის იდეა წარმატებული აღმოჩნდა ხედვისთვის გამოყენებულ ღრმა დასწავლაში (Le, და სხვ., 2010).

ჩვენი სტატია იყენებს რამდენიმე იდეას (Socher, Lin, Ng, & Manning, 2011b)-დან, რომელთაგანაც მთავარი განსხვავებები არის შემდეგი: (1) კვანძების წარმოდგენა ორნაირად: დისკრეტულ კატეგორიებად და ვექტორებად, (2) აუგ-თან კომბინაცია, (3) მემკვიდრე კატეგორიებზე დაყრდნობით წონების სინტაქსური მიუბმელობა. ჩვენ უშუალოდ ვადარებთ მთლიანად მიბმული წონების მქონე მოდელებს იმ მოდელებთან, რომლებშიც წონები კვანძებზე არაა მიბმული. ფრაზებს ორმაგი, დისკრეტულ-უნწყვეტი წარმოდგენაა გამოყენებული 2012 წლის ნაშრომშიც (Kartsaklis, Sadrzadeh, & Pulman., 2012).

3 კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკები

ამ პარაგრაფში კომპოზიციურ ვექტორულ გრამატიკას (კვგ) გთავაზობთ როგორც მოდელს, რომლის მიზანია ერთდროულად სინტაქსური სტრუქტურის აღმოჩენა და კომპოზიციური სემანტიკური ინფორმაციის შეგროვება.

კვგ-ები შემდეგ დაკვირვებებს ემყარება: ჯერ ერთი, კარგად დაგეგმილ სინტაქსურ თარგებს (patterns) შეუძლიათ ენებიდან მნიშვნელოვანი სტრუქტურებისა და რეგულარობის დადგენა, ამიტომ კვგ დაშენებულია სტანდარტულ აუგ-გამრჩევზე. მაგრამ, ამავე დროს, გარჩევის დროს ბევრი გადაწყვეტილების მიღება უფრო დეტალურ სემანტიკურ ფაქტორებს ეფუძნება. ამიტომ ჩვენ სინტაქსური და სემანტიკური ინფორმაციის კომბინირებას ვახდენთ: გამრჩევს შეუძლია გამოიყენოს სიტყვათა დისტრიბუციული ვექტორების სახით მოცემული მდიდარი სინტაქსურ-სემანტიკური ინფორმაცია და გამოთვალოს გრძელი ფრაზების კომპოზიციური სემანტიკური ვექტორული წარმოდგენები. კვგ მოდელში ერთმანეთს ერწყმის ორი სახის მოდელიდან მომავალი ძირითადი იდეები. ამ მოდელებიდან ერთია გენერატიული მოდელი, რომელიც დისკრეტულ სინტაქსურ კატეგორიებს ეფუძნება, მეორე კი დისკრიმინაციული მოდელი, რომელიც გავარჯიშებულია უწყვეტი ვექტორების საფუძველზე.

ჩვენ ჯერ მოკლედ განვიხილავთ ცალკეული სიტყვების ვექტორულ

COMPUTATION

წარმოდგენებს და მერე აღვწერთ კვგ-ს მიზნის ფუნქციას (objective function), ხეების ქულების გამოანგარიშებასა და გამოყვანას.

3.1 სიტყვების ვექტორული წარმოდგენა

სისტემათა უმეტესობაში, სადაც კი სიტყვებისთვის ვექტორული წარმოდგენები გამოიყენება, ასეთი ვექტორები თითოეული სიტყვისა და მისი კონტექსტის თანაშემოსვლების სტატისტიკას ემყარება (Turney & Pantel, 2010). სიტყვების დისტრიბუციული ვექტორების დასწავლის შესახებ კვლევის სხვა მიმართულება ენათა ნეირონულ მოდელს ეფუძნება (Bengio, Ducharme, Vincent, & Janvin, 2003). ეს მოდელები სწავლობენ სიტყვათა ჩალაგებას (embedding) n -განზომილებიან ნიშან-თვისებათა სივრცეში და ამ ჩალაგებას იყენებენ იმის წინასწარ გამოსაცნობად, თუ რამდენად შესაფერისია ესა თუ ის სიტყვა მისი კონტექსტისთვის. ეს ვექტორული წარმოდგენები ასახავენ საინტერესო წრფივ მიმართებებს (გარკვეულ სიზუსტემდე), როგორც არის ეს, მაგალითად, დედოფლის შემთხვევაში: $king - man + woman \approx queen$, $king - man + woman \approx queen$ (Mikolov, Yih, & Zweig, 2013).

კოლობერტმა და უესტონმა (Collobert & Weston, 2008) ასეთი ჩალაგების გამოსათვლელად ახალი მოდელი შემოიღეს. მათი იდეა იყო ისეთი ნეირონული ქსელის აგება, რომელიც მაღალ ქულებს მიანიჭებდა დიდ მოუნიშნავ კორპუსში შემავალ ფანჯრებს, ხოლო დაბალ ქულებს - ისეთ ფანჯრებს, სადაც ერთი სიტყვა შემთხვევითი სიტყვით იქნებოდა შეცვლილი. იმ შემთხვევაში, როცა ასეთი ქსელი ოპტიმიზებულია გრადიენტული აღმასვლის ალგორითმით, წარმოებულები გადმოდიან სიტყვების ჩალაგების XX მატრიცაში. სწორი ქულების პროგნოზირებისთვის მატრიცის ვექტორები თანაშემოსვლის სტატისტიკას ემყარებიან. ამ ჩალაგებების შესახებ უფრო დეტალური ინფორმაცია და შეფასებები იხილეთ 2012 წლის ნაშრომში (Turian, Ratinov, & Bengio, 2010; Huang, Socher, Manning, & Ng, 2012). შედეგად მიღებული XX მატრიცა გამოიყენება შემდეგნაირად: დავუშვათ, რომ მოცემულია წინადადება და mm რაოდენობის სიტყვისგან შემდგარი დალაგებული სია. თითოეულ ww სიტყვას აქვს ინდექსი $[w] = i[w] = i$ ჩალაგების მატრიცის სვეტებში. ეს ინდექსი გამოიყენება სიტყვის ვექტორული წარმოდგენის, $a_w a_w$ -ს, მისაღებად ბინარულ ee ვექტორზე მარტივი გამრავლების მეშვეობით. ee ვექტორი ყველგან ნულია, გარდა ii -ური ინდექსისა. მაშასადამე, $a_w = Le_i \in \mathbb{R}^n$. $a_w = Le_i \in \mathbb{R}^n$. ამის შემდეგ, თითოეული სიტყვის

მეთაურ ვექტორში ასახვის მერე წინადადება წარმოდგება (სიტყვა, ვექტორი) სახის დალაგებული წყვილების სიის სახით: $x = ((w_1, a_{w_1}), \dots, (w_m, a_{w_{m1}}))$.
 $x = ((w_1, a_{w_1}), \dots, (w_m, a_{w_{m1}}))$.

აღსანიშნავია, რომ თუ გვაქვს დისკრეტული და უწყვეტი წარმოდგენები ყველა სიტყვისთვის, შეგვიძლია ხეების სტრუქტურებისა და არატერმინალური კვანძების ვექტორების გამოთვლა გავაგრძელოთ.

3.2 მაქსიმალურ-ზღვრული (Max-Margin) გავარჯიშების მიზნის ფუნქცია კვანძებისთვის

კონტროლირებული გარჩევის მიზანია $g : X \rightarrow Y : X \rightarrow Y$ ფუნქციის დასწავლა, სადაც X არის წინადადებათა სიმრავლე და Y არის ყველა შესაძლო მონიშნული ბინარული გარჩევის ხეთა სიმრავლე. მოცემული x_i წინადადებისთვის ყველა შესაძლო ხის სიმრავლე განსაზღვრულია როგორც $Y(x_i)$ და ამ წინადადების შესაბამისი სწორი ხე არის y_i .

თავიდან ვსაზღვრავთ სტრუქტურულ ზღვრულ დანაკარგს $\Delta(y_i, \hat{y})$ მოცემული სწორი y_i ხისთვის \hat{y} ხის პროგნოზირებისთვის. დანაკარგი მით მეტია, რაც უფრო არასწორია შემოთავაზებული (ანუ პროგნოზირებული) გარჩევის ხე (Goodman, 1998). ხეებს შორის განსხვავება იზომება იმ $N(y)$ კვანძების რაოდენობით, რომელთაც შემოთავაზებულ ხეში არასწორი სპენი (span) ან მონიშვნა აქვთ:

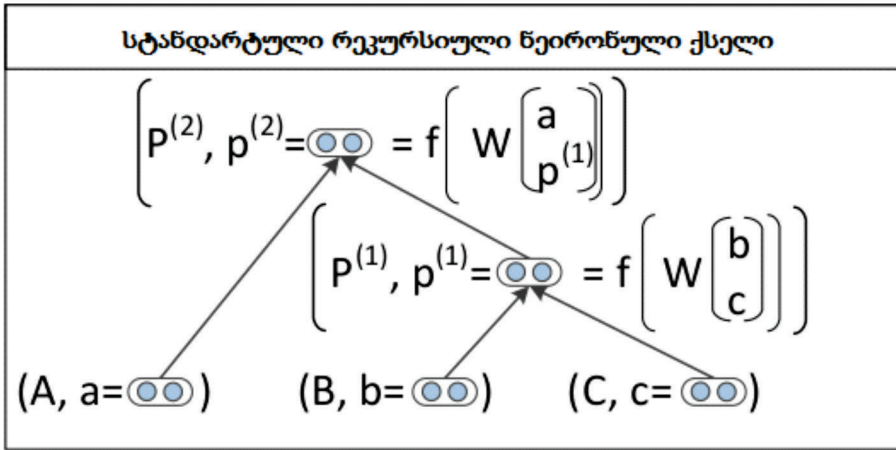
$$\Delta(y_i, \hat{y}) = \sum_{d \in N(\hat{y})} \kappa \mathbf{1}\{d \notin N(y_i)\}, \quad (1)$$

სადაც $\mathbf{1}\{d \notin N(y_i)\} = \mathbf{1}\{d \in N(y_i)\} = 1$, თუ $d \notin N(y_i)$ და $\mathbf{1}\{d \in N(y_i)\} = \mathbf{0}\{d \notin N(y_i)\} = 0$ წინააღმდეგ შემთხვევაში. ჩვენს ყველა ექსპერიმენტში დაფიქსირებულია $\kappa = 0,1$. სავარჯიშო (x_i, y_i) მაგალითების მოცემული სიმრავლისთვის ვეძებთ g_θ ფუნქციას, რომელიც პარამეტრიზებულია θ -თი და რომელსაც აქვს უმცირესი მოსალოდნელი დანაკარგი ახალ წინადადებაზე. მას აქვს შემდეგი ფორმა:

$$g_\theta(x) = \operatorname{argmax}_{\hat{y} \in Y(x)} s(\operatorname{CVG}(\theta, x, \hat{y})), \quad (1)$$

სადაც ხე ჯერ ნაპოვნია ქვევით შემოტანილი კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკის (CVG) მიერ და შემდეგ მისგან მიღებულია შესაბამისი ქულა s ფუნქციის საშუალებით. რაც უფრო მაღალია ხის ქულა, მით უფრო დარწმუნებულია

COMPUTATION



ნახაზი 2. ხე მარტივი რეკურსიული ნეირონული ქსელით. ერთი და იმავე წონის მატრიცა გამოიყენებულია და გამოყენებულია ყველა არატერმინალური კვანძის წარმოსადგენად. ფოთლების კვანძები სიტყვების წარმოდგენებია n -განზომილებიან ვექტორებად.

ალგორითმი იმაში, რომ ხის სტრუქტურა სწორია. ეს მაქსიმალურ-ზღვრული, სტრუქტურის საპროგნოზო მიზნის ფუნქცია (Taskar, Klein, Collins, Koller, & Manning, 2004; Ratliff, Bagnell, & Zinkevich, 2007; Socher, Lin, Ng, & Manning, 2011b) კვგ-ს ისე ავარჯიშებს, რომ უმაღლესი ქულის მქონე ხე იქნება სწორი ხე: $g_\theta(x_i) = y_i g_\theta(x_i) = y_i$ და მისი ქულა, სულ მცირე, ზღვრული დანაკარგით აღემატება ნებისმიერი სხვა შესაძლო $\hat{y} \in Y(x_i)$ ხის ქულას:

$$s(\text{CVG}(\theta, x_i, y_i)) \geq s(\text{CVG}(\theta, x_i, \hat{y})) + \Delta(y_i, \hat{y}).$$

ეს გვაძლევს რისკის რეგულარიზებულ ფუნქციას mm სავარჯიშო მაგალითისთვის:

$$J(\theta) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i(\theta) + \frac{\lambda}{2} \|\theta\|_2^2$$

სადაც

$$r_i(\theta) = \max_{\hat{y} \in Y(x_i)} (s(\text{CVG}(\theta, x_i, \hat{y})) + \Delta(y_i, \hat{y})) - s(\text{CVG}(\theta, x_i, y_i)). \quad (1)$$

ინტუიციურად, მიზნის ფუნქციის მინიმიზაციისთვის უნდა გაიზარდოს სწორი y_i -ხის ქულა და შემცირდეს უდიდესი ქულის მქონე არასწორი \hat{y} -ხის ქულა.

3.3 ხეებისთვის ქულების მინიჭება კომპოზიციური რეკურსიული გრამატიკებით
გადმოცემის გასამარტივებლად ჯერ აღვწერთ, თუ როგორ ითვლება ქულა

მოცემული სრულად მონიშნული ხისთვის სტანდარტული რჩე-ით და მერე გადავალთ ქულის კვგ-ით გამოთვლაზე. ამის შემდეგ მომდევნო პარაგრაფში აღინერება აღმავალი სხივური ძებნა (bottom-up beam search) და მისი მიახლოება ოპტიმალური ხის საპოვნელად.

ჯერჯერობით დავუშვათ, რომ მოცემულია გარჩევის მონიშნული ხე, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-2 ნახაზზე. სიტყვის წარმოდგენას ვსაზღვრავთ როგორც (ვექტორი, POS) სახის წყვილებს: $((a, A), (b, B), (c, C))((a, A), (b, B), (c, C))$, სადაც ვექტორები განსაზღვრულია ისე, როგორც 3.1 პარაგრაფში და POS თეგები მიღებულია აუგ-დან. სტანდარტული რჩე არსებითად უგულებელყოფს ყველა POS თეგს. სინტაქსური კატეგორიები თითოეულ არატერმინალურ კვანძში ასოცირებულია ერთსა და იმავე ნეირონულ ქსელთან (ანუ წონები მთლიანად მიბმულია კვანძებზე). ნახაზი 2 გამოსახული ბინარული ხე შეიძლება წარმოვადგინოთ განტოტებული სამეულების სახით: $(p \rightarrow c_1 c_2)$ $(p \rightarrow c_1 c_2)$. თითოეული ასეთი სამეული ნიშნავს, რომ მშობელ pp კვანძს ჰყავს ორი მემკვიდრე და თითოეული $c_k c_k$ შეიძლება იყოს სიტყვის ვექტორი ან ხის არატერმინალური კვანძი. ნახაზი 2 ნაჩვენები მაგალითისთვის გვექნება სამეულები $((p^{(1)} \rightarrow bc), (p^{(2)} \rightarrow a p^{(1)}))((p^{(1)} \rightarrow bc), (p^{(2)} \rightarrow a p^{(1)}))$. შევნიშნავთ, რომ ნეირონული ქსელის რეპლიკაციისთვის და კვანძების წარმოდგენების აღმავალი გზით გამოთვლისთვის საჭიროა, რომ მშობელ და მემკვიდრე კვანძებს ერთი და იგივე განზომილება ჰქონდეთ: $p \in \mathbb{R}^n p \in \mathbb{R}^n$.

ხის მოცემული სტრუქტურისთვის ახლა გამოვივლით თითოეული კვანძის აქტივაციას ქვევიდან ზევით. ვიწყებთ $p^{(1)} p^{(1)}$ -ის აქტივაციის გამოთვლას მისი მემკვიდრე კვანძების სიტყვების ვექტორების გამოყენებით. ჯერ შევავრთებთ (კონკატენაციით) მემკვიდრეთა $b, c \in \mathbb{R}^{n \times 1} b, c \in \mathbb{R}^{n \times 1}$ წარმოდგენებს და მივიღებთ ვექტორს $\begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{2n \times 1} \begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{2n \times 1}$. შემდეგ კომპოზიციის ფუნქცია ამრავლებს ამ ვექტორს რჩე პარამეტრების წონებზე, $W \in \mathbb{R}^{n \times 2n} W \in \mathbb{R}^{n \times 2n}$, და მიღებული ვექტორის ელემენტებზე ამუშავებს არანრფივობის ფუნქციას $f = \tanh f = \tanh$. მიღებული $p^{(1)} p^{(1)}$ შედეგი შემდეგში გამოიყენება $p^{(2)} p^{(2)}$ -ის შემავალი პარამეტრის სახით:

$$p^{(1)} = f\left(W \begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix}\right), \quad p^{(2)} = f\left(W \begin{bmatrix} b \\ p^{(1)} \end{bmatrix}\right).$$

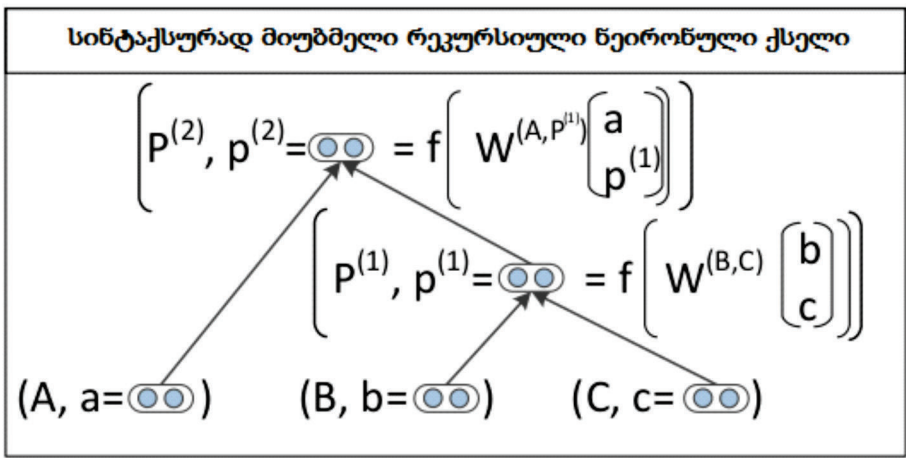
სინტაქსური შემადგენლის მშობლობის დამაჯერებლობის ქულის გამოსათვლელად რჩე იყენებს ერთ ერთეულიან ნრფივ შრეს ნებისმიერი ii -სთვის:

COMPUTATION

$$s(p^{(i)}) = v^T p^{(i)},$$

სადაც $v \in \mathbb{R}^n, v \in \mathbb{R}^n$ არის იმ პარამეტრების ვექტორი, რომელთა გავარჯიშებაა საჭირო. ეს ქულა გამოიყენება უმაღლესქულიანი ხის მოსაძებნად. გარჩევის ამოცანებში სტანდარტული რნქ-ების გამოყენების დეტალები შეიძლება იხილოთ ნაშრომში (Socher, Lin, Ng, & Manning, 2011b).

სტანდარტული რნქ მოითხოვს, რომ კომპოზიციის ერთმა ფუნქციამ შეითავსოს კომპოზიციების ყველა ტიპი: ზედსართავები და არსებითი სახელები, ზმნები და არსებითი სახელები, ზმნიზედები და ზედსართავები და ა.შ. მიუხედავად იმისა, რომ ეს საკმაოდ მძლავრი ფუნქციაა, გაირკვა, რომ ნეირონული ქსელის წონის ცალკეულ მატრიცას არ შეუძლია სრულად ასახოს კომპოზიციურობის მთელი მრავალფეროვნება. შესაძლებელია სხვადასხვა გაფართოება: ორშრიანი რნქ უფრო გამომსახველობითი იქნება, მაგრამ მისი გავარჯიშება გაძნელებდა, რადგან მიღებული ნეირონული ქსელი ძალიან გაღრმავდება და, გრადიენტული პრობლემების გაქრობის გამო, დაზარალდება. (Socher, Huval, Manning, & Ng, 2012)-ში ავტორებმა თითოეულ ცალკეულ სიტყვას შეუსაბამეს მატრიცა და ვექტორი. კომპოზიციის პროცესში მატრიცა მუშაობს მეზობელი კვანძის ვექტორზე. ეს იძლევა კომპოზიციის მძლავრ ფუნქციას, რომელიც, არსებითად, დამოკიდებულია იმ სიტყვებზე, რომელთა კომბინაციაც ხორციელდება, მაგრამ მოდელის პარამეტრთა რიცხვი ძალიან იზრდება და კომპოზიციის ფუნქციები ვერ



ნახაზი 3. სინტაქსურად უნიფიცირებული მიუზმელი რნქ-ის მაგალითი. მასში მშობელი ვექტორის გამოთვლის ფუნქცია დამოკიდებულია მემკვიდრეების სინტაქსურ კატეგორიებზე, რომლებიც ამ მომენტისთვის მოცემულად იგულისხმება.

ახერხებენ მსგავს POS თეგებსა და სინტაქსურ კატეგორიებს შორის სინტაქსური მსგავსების დაჭერას.

ამ მიზეზთა გამო, შემოგვაქვს კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკა (კვგ), რომელიც თითოეულ კვანძში კომპოზიციის ფუნქციას დამოკიდებულს ხდის აუგ-დან მიღებულ სინტაქსურ კატეგორიებზე. ამრიგად, კვგ-ები აერთიანებენ დისკრეტულ, სინტაქსურ წესთა ალბათობებს და ვექტორთა უწყვეტ კომპოზიციებს. მთავარი იდეაა ის, რომ მემკვიდრეთა სინტაქსური კატეგორიები განსაზღვრავენ, თუ რა კომპოზიციის ფუნქცია უნდა იქნეს გამოყენებული მათი მშობლების ვექტორის გამოსათვლელად. კომპოზიციის სპეციალური ფუნქცია თითოეული წესის მარჯვენა მხარისთვის, მართალია, სრულყოფილი არაა, მაგრამ მას შეუძლია კარგად გამოსახოს საერთო კომპოზიციური პროცესები, როგორცაა, ერთი მხრივ, ზედსართავის ან ზმნიზედის მოდიფიკაცია და, მეორე მხრივ, არსებითი სახელის ან კლაუზის გასრულება (clausal complementation). მაგალითად, მას შეუძლია ისწავლოს, რომ NP უნდა ჰგავდეს მის თავ-სახელს (head noun) და არ იყოს განსაზღვრული არტიკლით მაშინ, როდესაც ზედსართავის მოდიფიკაციისას ორივე სიტყვა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ფრაზის აზრს. სანცისი რნქ პარამეტრიზებულია წონის ცალკეული WW მატრიცით. ამისგან განსხვავებით, კვგ იყენებს სინტაქსურად უნიფიცირებულ რნქ-ს, რომელსაც აქვს ასეთი წონების სიმრავლე. ამ სიმრავლის ზომა დამოკიდებულია აუგ-ში მეზობელი კატეგორიების კომბინაციათა რიცხვზე.

ნახაზი 3 აჩვენებს სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ის მაგალითს, რომელიც ითვლის მშობელთა ვექტორებს სინტაქსურად დაუბმელი წონებით. კვგ ითვლის პირველი მშობლის ვექტორს სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ით:

$$p^{(1)} = f \left(W^{(B,C)} \begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix} \right),$$

სადაც ახლა $W^{(B,C)} \in \mathbb{R}^{n \times 2n}$ არის მატრიცა, რომელიც დამოკიდებულია ორი მემკვიდრის კატეგორიებზე. აღმავალ პროცედურაში თითოეული კვანძის ქულა შედგება ორი ელემენტის ჯამისგან: პირველია ცალკეული წრფივი ერთეული, რომელიც აფასებს მშობლის ვექტორს, მეორე კი აუგ-ის ლოგარითმული ალბათობა წესისთვის, რომელიც აერთებს ამ ორ მემკვიდრეს:

$$s(p^{(1)}) = (v^{(B,C)})^T p^{(1)} + \log P(P_1 \rightarrow B C), \quad (1)$$

COMPUTATION

სადაც $P(P_1 \rightarrow B C)P(P_1 \rightarrow B C)$ მოდის აუგ-დან. ეს შეიძლება ინტერპრეტირებულ იქნეს როგორც ლოგარითმული ალბათობა დისკრეტულ-უნწყვეტი წესის გამოყენებისა შემდეგი ფაქტორიზაციით:

$$P((P_1, p_1) \rightarrow (B, b)(C, c)) = P(p_1 \rightarrow b c \mid P_1 \rightarrow B C)P(P_1 \rightarrow B C), \quad (1)$$

მაგრამ უნდა შევნიშნოთ, რომ, სიტყვათა ვექტორების უწყვეტობის გამო, ასეთი კვგ წესის გამოყენების ალბათობა ვერ ედრება იმ ალბათობებს, რომლებიც მიღებულია აუგ-დან, რადგან ამ უკანასკნელთა ჯამი ყველა მემკვიდრისთვის 1-ს იძლევა.

თუ დავუშვებთ, რომ $p_1 p_1$ კვანძს აქვს სინტაქსური კატეგორია $P_1 P_1$, შევძლებთ მეორე ვექტორის გამოთვლას:

$$p^{(2)} = f\left(W^{(B, P_1)} \begin{bmatrix} b \\ p^{(1)} \end{bmatrix}\right).$$

ბოლო მშობლის ქულა ამ ტრიგრამაში გამოითვლება, როგორც

$$s(p^{(2)}) = (v^{(A, P_1)})^T p^{(2)} + \log P(P_2 \rightarrow A P_1).$$

3.4 გარჩევა კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკებით

ზემოთ მოყვანილი ქულები (ტოლობა (44)) გამოიყენება წინადადების სწორი ხის მოსაძებნად. ის, თუ რამდენად კარგია ხე, იზომება მისი ქულით. სრული ხის კვგ ქულა არის მისი კვანძების ქულების ჯამი:

$$s(\text{CVG}(\theta, x_i, \hat{y})) = \sum_{d \in N(\hat{y})} s(p^d). \quad (1)$$

მიზნის მთავარი ფუნქცია ტოლობა (33)-ში მოიცავს მაქსიმიზაციას ყველა შესაძლო ხის მიმართ: $\max_{\hat{y} \in Y(x)} \max_{\hat{y} \in Y(x)}$. გლობალურ მაქსიმუმს დიდი წინადადებისთვის ეფექტურად ვერ ვიპოვით, ამ მიზნისთვის ვერც დინამიკურ პროგრამირებას გამოვიყენებთ. ეს ხდება იმის გამო, რომ ვექტორები აუგ-ის ბაზისის დამოუკიდებლობის პირობებს არღვევენ. კვანძის წარმოდგენა წყვილის (კატეგორია, ვექტორი) სახით დამოკიდებულია მის სპენში მყოფ ყველა სიტყვაზე და, ამდენად, გლობალური ოპტიმუმის გამოსათვლელად მოგვიწევს ყველა ბინარული ხის ქულების გამოთვლა. nm სიგრძის მქონე წინადადებისთვის არსებობს $Catalan(n)Catalan(n)$ ცალი შესაძლო ბინარული ხე, რაც ძალიან დიდი რიცხვია თვით საშუალო სიგრძის წინადადებებისთვისაც კი.

შეიძლება აღმავალი სხივური ძებნის გამოყენება სქემის თითოეულ უჯრედში

kk-საუკეთესო სიის დამახსოვრებით, შესაძლოა, თითოეული სინტაქსური კატეგორიისთვის. სხივური ძეგნის პროცედურა მაინც მნიშვნელოვნად უფრო ნელია, ვიდრე მხოლოდ გამარტივებული საბაზისო აუგ-ის გამოყენება, განსაკუთრებით მაშინ, როცა ამ უკანასკნელს მდგომარეობათა მცირე სიმრავლე აქვს (დეტალებისთვის იხილეთ მომდევნო პარაგრაფი). ვინაიდან თითოეული ალბათობის ძიება (look-up) დიდ რესურსებს არ ითხოვს, მაგრამ სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ის ქულის გამოთვლას მატრიცების გამრავლება სჭირდება, სასურველია სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ების ქულების გამოთვლების რიცხვის შემცირება მხოლოდ იმ ხეებისთვის, რომლებიც სემანტიკურ ინფორმაციას მოითხოვენ. შევნიშნოთ, რომ სტენფორდის აუგ გამრჩევისთვის, მონიშნული F1-ის (labeled F1) მნიშვნელობა სატესტო სიმრავლეზე არის 86.17%. თუ გამოვიყენებთ ორაკულს მის მიერ შექმნილი 200 ხიდან საუკეთესო ხის ამოსარჩევად, მაშინ F1-მა შეიძლება 95.46%-ს მიაღწიოს.

ჩვენ ეს ინფორმაცია გამოვიყენებთ, რათა გამოვანა დაგვეჩქარებინა გარჩევის სქემის ქვევიდან ზევით ორჯერ გავლით. პირველი გავლისას ვიყენებთ მხოლოდ ძირითად აუგ-ს, რათა ხეზე შევასრულოთ კოკ-კასამი-იანგერის დინამიკური პროგრამირების ალგორითმი. $k = 200k = 200$ -საუკეთესო გარჩევა სქემის ზედა უჯრედში გამოითვლება (Huang & Chiang, 2005)-ის ეფექტური ალგორითმით. ამის შემდეგ, მეორე გავლა მიმდინარეობს სხივური ძეგნის სრული კვგ მოდელით (სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ის მატრიცების ნაკლებად ეფექტური გამრავლების ჩათვლით). სხივური ძეგნა განიხილავს მხოლოდ იმ ფრაზებს, რომლებიც 200 საუკეთესო გარჩევაში ხვდებიან. ეს გადახარისხების მსგავსია, მაგრამ ერთი მნიშვნელოვანი განსხვავებით: თითოეულ კვანძში სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ის წესების ქულების გამოთვლა კვლავაც მხოლოდ მემკვიდრეებში არსებულ ვექტორებს წვდება და არა მთელ ხესა თუ სხვა გლობალურ ნიშან-თვისებებს. ეს საშუალებას იძლევა, რომ მეორე გავლა ძალიან სწრაფად შესრულდეს. ქვემოთ მოყვანილ ექსპერიმენტებში ეს სტრუქტურა და განლაგება გამოიყენება.

3.5 სინტაქსურად უნიფიცირებული რეკურსიული ნეირონული ქსელების გავარჯიშება

სრული კვგ-ის გავარჯიშება ორ სტადიად მიმდინარეობს. თავდაპირველად ავარჯიშებენ ძირითად აუგ-ს. მისი საუკეთესო ხეები ქეშირდება და გამოიყენება

COMPUTATION

სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ისთვის, რომელიც დამოკიდებულია აუგ-ზე. სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ გავარჯიშება ხორციელდება ტოლობა (33)-ში გამოყენებული მიზნის ფუნქციით და ქულებით, როგორც ეს ნაჩვენებია იყო ტოლობა (66)-ში. თითოეულ წინადადებაში ვიყენებთ ზემოთ აღწერილ მეთოდს ოპტიმალური ხის ეფექტურად საპოვნელად.

მიზნის ფუნქციის მინიმიზაციისთვის უნდა გაიზარდოს სწორი ხის შემადგენლების ქულები და, ამასთანავე, უნდა შემცირდეს უდიდესი ქულის მქონე არასწორი ხის ქულა. წარმოებულები გამოითვლება სტრუქტურაზე უკუგავრცელების გზით (backpropagation through structure, BTS) (Goller & Küchler, 1996). ხის წარმოებულები უნდა იქნეს ალბულის მასში შემავალი ყველა პარამეტრის მატრიცის $W^{(AB)}W^{(AB)}$ მიხედვით. სტანდარტულ რნქ-ებში უკუგავრცელების მთავარი განსხვავება სინტაქსურად უნიფიცირებულ რნქ-ებში უკუგავრცელებისგან არის ის, რომ თითოეულ კვანძში წარმოებულები მხოლოდ ემატება იმავე კვანძში სპეციფიკური მატრიცის წარმოებულს. რნქ-ებზე უკუგავრცელების შესახებ დეტალები შეიძლება იხილოთ (Socher, Manning, & Ng, 2010)-ში.

3.6 ქვეგრადიენტული მეთოდები და AdaGrad

მიზნის ფუნქცია არ არის წარმოებადი ყულფის დაკარგვის გამო. ამიტომ გრადიენტულ აღმასვლას ვაზოგადებთ ქვეგრადიენტული მეთოდით (Ratliff, Bagnell, & Zinkevich, 2007), რომელიც გრადიენტის მსგავს მიმართულებას ითვლის. დაუშვათ $\theta = (X, W^{(\cdot)}, v^{(\cdot)}) \in \mathbb{R}^M$ არის ყველა MM ცალი მოდელის პარამეტრის ვექტორი, სადაც $W^{(\cdot)}W^{(\cdot)}$ აღნიშნავს იმ მატრიცების სიმრავლეს რომლებიც სავარჯიშო სიმრავლეში შედიან. ტოლობა (33)-ის ქვეგრადიენტი ხდება

$$\frac{\partial J}{\partial \theta} = \sum_i \frac{\partial s(x_i, \hat{y}_{\max})}{\partial \theta} - \frac{\partial s(x_i, y_i)}{\partial \theta} + \theta,$$

სადაც \hat{y}_{\max} არის უმაღლესი ქულის მქონე ხე. მიზნის ფუნქციის მინიმიზაციისთვის ვიყენებთ AdaGrad-ის (Duchi, Hazan, & Singer, 2011) დიაგონალურ ვარიანტს მინიპარტიებით (minibatches). ჩვენი პარამეტრების განახლებისთვის ჯერ ვსაზღვრავთ $g_t \in \mathbb{R}^{M \times 1}$, როგორც ქვეგრადიენტს დროის t მომენტში, და $G_t = \sum_{\tau=1}^t g_\tau g_\tau^T$. პარამეტრის განახლება დროის t ბიჯზე განისაზღვრება, როგორც

$$\theta_t = \theta_{t-1} - \alpha(\text{diag}(G_t))^{-\frac{1}{2}}g_t \quad (1)$$

სადაც α დასწავლის ინტენსიურობას აღნიშნავს. ვინაიდან ვიყენებთ $G_t G_t$ -ს დიაგონალს, გვიწევს მხოლოდ MM მნიშვნელობის შენახვა და განახლებაც სწრაფად გამოითვლება: დროის tt ბიჯზე, ii -ურ პარამეტრ $\theta_{t,i}, \theta_{t,i}$ -ის განახლება არის

$$\theta_{t,i} = \theta_{t-1,i} - \frac{\alpha}{\sqrt{\sum_{\tau=1}^t g_{\tau,i}^2}}g_{t,i} \quad (1)$$

ამგვარად, დასწავლის ინტენსივობა სხვადასხვა პარამეტრისთვის სხვადასხვანაირად არის ადაპტირებული. უფრო იშვიათი პარამეტრებისთვის ის უფრო მაღალია, ვიდრე ხშირად შემომავალი პარამეტრებისთვის. ეს ჩვენი სიტუაციისთვის გამოსადეგია, რადგან ზოგი WW მატრიცა მხოლოდ რამდენიმე სავარჯიშო ხეში ჩნდება. ამ პროცედურამ გაცილებით უკეთესი ოპტიმუმები მოიძია (გაუმჯობესების სიმრავლეზე (development set, ან dev set) დაახლოებით $\approx 3\%$ -ით უკეთესი მონიშნული F1) და უფრო სწრაფად კონვერგირდა, ვიდრე L-BFGS ალგორითმი, რომელიც მანამდე იყო გამოყენებული რჩე-ის გავარჯიშებისთვის (Socher, Huang, Pennington, Ng, & Manning, 2011). გავარჯიშების დრო ცალკეულ მანქანაზე დაახლოებით 4 საათია.

3.7 წონის მატრიცების ინიციალიზაცია

როცა არაფერია ცნობილი იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა მოხდეს ორი კატეგორიის კომბინირება, უპირატესობას ვანიჭებთ ვექტორების კომბინირებას მათი საშუალო სიდიდის მიხედვით და არა სრულიად ნებისმიერი პროექციით. ამგვარად, ბინარული WW მატრიცები ინიციალიზდება შემდეგნაირად:

$$W^{(\cdot)} = 0.5[I_{n \times n} I_{n \times n} 0_{n \times 1}] + \epsilon,$$

სადაც გადახრა (bias) ბოლო სვეტშია ჩართული და შემთხვევითი სიდიდე თანაბრადაა განაწილებული: $\epsilon \sim \mathcal{U}[-0.001, 0.001]$. პირველი ბლოკი მრავლდება მარცხენა მემკვიდრეზე, მეორე კი მარჯვენაზე:

$$W^{(AB)} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ 1 \end{bmatrix} = [W^{(A)}W^{(B)}bias] \begin{bmatrix} a \\ b \\ 1 \end{bmatrix} = W^{(A)}a + W^{(B)}b + bias.$$

4 ექსპერიმენტები

ჩვენ კვგ-ს ვაფასებთ ორნაირად: ჯერ გარჩევის სტანდარტული შეფასებით Penn Treebank-ის უოლ სთრით ჯორნალის (Penn Treebank WSJ) მონაცემებზე დაყრდნობით და შემდეგ მოდელის შეცდომების დეტალური ანალიზით.

COMPUTATION

4.1 ჰიპერპარამეტრების ჯვარედინი შემოწმება

ჩვენ გამოვიყენეთ WSJ-ს 22-ე განყოფილების პირველი 20 ფაილი რამდენიმე მოდელისა და ოპტიმიზაციის ვარიანტის ჯვარედინი შემოწმებისთვის. ძირითადი ალბათური უკონტექსტო გრამატიკა იყენებს სტენფორდის აუგ-გამრჩევის გამარტივებულ კატეგორიებს (Klein & Manning, 2003b). ჩვენ შევამცირეთ აუგ-ის მდგომარეობების დახლეჩვა (რაც ხელს გვაძლევს, რადგან ინვეცს როგორც სიმეჩხრის, ისე სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ის პარამეტრების შემცირებას) გავარჯიშებისას შემდეგი ოპციების დამატებით: '-noRightRec dominatesV 0 -baseNP 0'. ეს ამცირებს მდგომარეობათა სიმრავლეს 15,276-დან 12,061 მდგომარეობამდე და 602 POS თეგამდე. ისინი მოიცავენ დახლეჩილ კატეგორიებს, როგორცაა მშობელთა ანოტაციის კატეგორიები, მაგ., VP^S. ამას გარდა, უგულებელვყოფთ სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ის კატეგორიების ყველა დახლეჩას, რაც იძლევა 66 ერთადგილიან და 992 ორადგილიან მემკვიდრეთა ნყვილს. ამგვარად, სინტაქსურად უნიფიცირებულ რნქ-ს აქვს 66+882 გარდაქმნის მატრიცა და ქულების ვექტორი. შევნიშნოთ, რომ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი, მათ შორის ლატენტური ანოტაციისაც, აუგ-ები (Matsuzaki, Miyao, & Tsujii, 2005).

თუმცა, ვინაიდან ვექტორები ასახავენ ლექსიკურ და სემანტიკურ ინფორმაციას, თვით მარტივი ძირითადი აუგ-ებიც კი შეიძლება მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს, რადგან აუგ-ების გამოთვლითი სირთულე დამოკიდებულია მდგომარეობების რაოდენობაზე - მცირე რაოდენობის მდგომარეობებიანი აუგ გაცილებით სწრაფია.

WSJ-ს 22-ე განყოფილების გაუმჯობესების სიმრავლეს (1700 sentences) სჭირდება დაახლოებით 4700 ნამიმარტივი ძირითადი აუგ-ით, 1320 ნამიჩვენი ახალი კვგ-ით, და 1600 ნამი ახლახან გამოქვეყნებული სტენფორდის ფაქტორიზებული გამრჩევით. მაშასადამე, შედეგების გაზრდასთან ერთად სისწრაფეც გაიზარდა დაახლოებით 20%-ით.

ვაფიქსირებთ ერთსა და იმავე რეგულარიზაციას $\lambda = 10^{-4}\lambda = 10^{-4}$ ყველა პარამეტრისთვის. მინი-პარტიის ზომად განსაზღვრული იყო 20. ჯვარედინად შევამოწმეთ AdaGrad-ის დასწავლის ინტენსიურობა, რომელიც საბოლოოდ $\alpha = 0.1$ $\alpha = 0.1$ -ზე დავაფიქსირეთ, და სიტყვის ვექტორის ზომა. (Turian, Ratino, & Bengio, 2010)-ის მიერ მოცემული 25-განზომილებიანმა ვექტორებმა მოგვცა საუკეთესო შედეგები და უფრო სწრაფი იყო, ვიდრე 50-, 100- ან 200-განზომილებიანები.

4.2 შედეგები WSJ-ზე

გაუმჯობესების სიმრავლის სიზუსტე საუკეთესო მოდელისთვის არის 90.93% მონიშნული F1 ყველა წინადადებაზე. ამ მოდელმა მოგვცა 90.44% საბოლოო ტესტ-სიმრავლეზე (WSJ-ს 23-ე განყოფილება). ცხრილი 1 ადარებს ჩვენს შედეგებს სტენფორდის გამრჩევის ორ ვარიანტს (არალექსიკალიზებულ აუგ-ს (Klein & Manning, 2003a) და ფაქტორიზებულ გამრჩევს (Klein & Manning, 2003b)) და სხვა გამრჩევებს, რომლებიც მდგომარეობების უფრო მრავალფეროვან წარმოდგენებს იყენებენ: ბერკლის გამრჩევი (Petrov & Klein, 2007), კოლინზის გამრჩევი (Collins, 1997), SSN: სტატისტიკური ნეირონული ქსელის გამრჩევი (Henderson, 2004), ფაქტორიზებული აუგ-ები (Hall & Klein, 2012); ასევე, Charniak-SelfTrain: თვითმავარჯიშებელი მიდგომა (McClosky, Charniak, & Johnson, 2006), რომელიც რამდენჯერმე ამუშავებს და არჩევს დამატებით დიდ კორპუსებს, Charniak-RS: წამყვანი თვითგავარჯიშებული და დისკრიმინაციულად გადახარისხებული ჩერნიაკ-ჯონსონის გამრჩევი, რომელშიც კომბინირებულია მიდგომები (Charniak, 2000; McClosky, Charniak, & Johnson, 2006; Charniak & Johnson, 2005). უფრო დეტალური შედარებისთვის იხ. (Kummerfeld, Hall, Curran, & Klein, 2012). ვადარებთ ასევე სტანდარტულ რნქ-სთან 'კვგ (რნქ)' და შემოთავაზებულ კვგ-სთან სინტაქსურად უნიფიცირებული რნქ-ებით.

გამრჩევი	Dev (ყველა)	ტესტი	ტესტი (ყველა)
სტენფორდის აუგ	85.8	86.2	85.5
სტენფორდის ფაქტორ.	87.4	87.2	86.6
ფაქტორიზებული აუგ-ები	89.7	90.1	89.4
კოლინზი			87.7
SSN (ჰენდერსონი)			89.4
ბერკლის გამრჩევი			90.1
კვგ (რნქ)	85.7	85.1	85.0
კვგ (სინტაქს. უნიფ. რნქ)	91.2	91.1	90.4
Charniak-SelfTrain			91.0
Charniak-RS			92.1

ცხრილი 1. გამრჩევების შედარება WSJ-ზე მდგომარეობების უფრო მრავალფეროვანი წარმოდგენებით. ბოლო ხაზი არის ჩერნიაკის თვითგავარჯიშებული გადახარისხებული გამრჩევი.

COMPUTATION

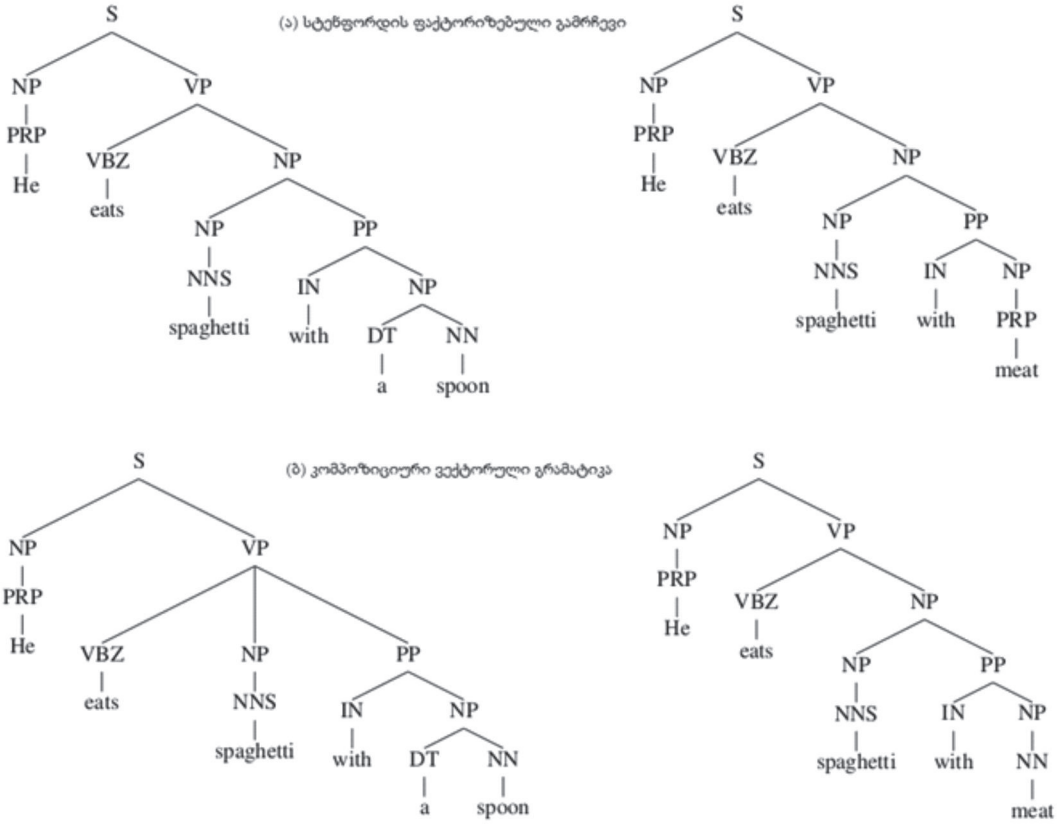
შეცდომის ტიპი	სტენფორდი	კვპ	ბერკლი	Char-RC
კლოზის ბმა	1.02	0.79	0.82	0.60
განსხვ. მონიშვნა	0.64	0.43	0.50	0.38
Mod ბმა	0.40	0.29	0.29	0.31
NP ბმა	0.37	0.27	0.27	0.25
კოორდ.	0.44	0.31	0.27	0.25
1-სიტყვიანი სპენი	0.39	0.32	0.38	0.23
ერთადგილიანი	0.48	0.31	0.28	0.20
NP ინტ.	0.35	0.22	0.24	0.14
სხვა	0.28	0.19	0.18	0.14
PP ბმა	0.62	0.41	0.41	0.50

ცხრილი 2. სხვადასხვა გამრჩევის დეტალური შედარება.

4.3 მოდელის ანალიზი

შეცდომების ტიპების ანალიზი. ცხრილი 2 სხვადასხვა გამრჩევის შეცდომის დეტალურ შედარებას გვიჩვენებს. ჩვენ ვიყენებთ (Kummerfeld, Hall, Curran, & Klein, 2012)-ის კოდს და ვადარებთ სტენფორდის ფაქტორიზებული გამრჩევის წინა ვერსიას ისევე, როგორც ბერკლის და ჩერნიაკ-ჯონსონის გადახარისხებულ თვითგავარჯიშებულ გამრჩევებს (როგორც ეს ზევით იყო განსაზღვრული). დეტალებისთვის და სხვა გამრჩევებთან შედარებისთვის იხილეთ (Kummerfeld, Hall, Curran, & Klein, 2012). ერთ-ერთი მთავარი მიზეზი იმისა, რომ სტენფორდის ფაქტორიზებულ გამრჩევთან შედარებით შედეგები უკეთესია არის ის, რომ PP ფრაზები სწორადაა განლაგებული. როდესაც ვზომავთ მხოლოდ იმ გარჩევის კვანძების F1-ს, რომლებიც შეიცავენ ერთ PP მემკვიდრეს მაინც, კვპ აუმჯობესებს სტენფორდის გამრჩევს 6.2%-ით, 77.54%-ის ტოლ F1-მდე. ეს არის წინადადებაში ფრჩხილების შეცდომების საშუალო რაოდენობის 0.23-ით შემცირება. 'სხვა' კატეგორია მოიცავს VP-ს, PP-ს და სხვა ბმებს, ჩართულებსა (appositives) და მოდიფიკატორების, ასევე, QP-ების შინაგან სტრუქტურებს.

კომპოზიციის მატრიცების ანალიზი. ბინარული მატრიცების ნორმების ანალიზი აჩვენებს, რომ მოდელი სწავლობს თავ-სიტყვათა შერბილებულ ვექტორიზებულ ცნებას. თავ-სიტყვებს უფრო დიდი წონა და მნიშვნელობა ენიჭებათ მშობელი ვექტორის გამოთვლის დროს. მატრიცებში, სადაც კომბინირებულია მეზობელი კვანძები, რომელთა კატეგორიებია VP:PP, VP:NP და VP:PRT, დომინირებენ იმ ნაწილის წონები, რომლებიც მრავლდებიან VP



ნახაზი 4. PP ბმების სემანტიკური ტრანსფერის ტესტ-მაგალითები. კვგ-მ შეძლო სიტყვების შესახებ სემანტიკური ცოდნის გადატანა მოცემული მსგავსი სავარჯიშო მაგალითებისთვის. ამისგან განსხვავებით, სტენფორდის გამრჩევა ვერ განასხვავა PP ბმები სიტყვების სემანტიკაზე დაყრდნობით.

მემკვიდრე ვექტორზე. ანალოგიურად, NP-ები დომინირებენ DT-ს. მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებია მატრიცების ნიმუშები. ორი მკვეთრი დიაგონალი 3.7 პარაგრაფში აღწერილი ინიციალიზაციით არის განპირობებული.

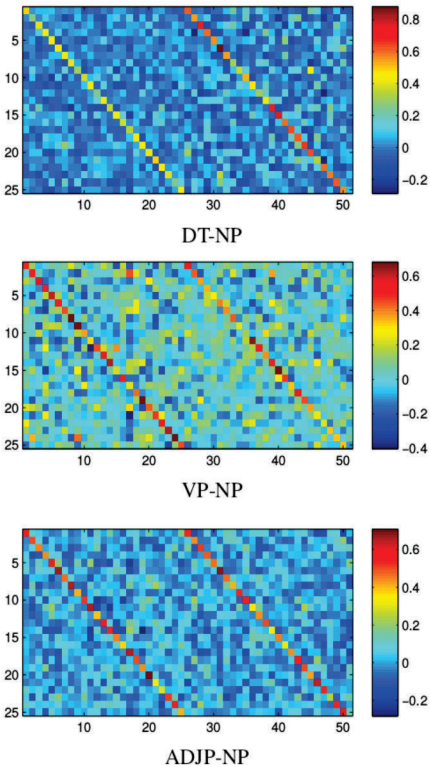
PP ბმების სემანტიკური ტრანსფერი. ამ მცირე მოდელის ანალიზში ვიხილავთ წინადადებათა ორ წყვილს, რომელიც ვერც სტენფორდის გამრჩევა და ვერც კვგ-მ WSJ-ზე გავარჯიშების მოდელმა სწორად ვერ გაარჩიეს. ამის შემდეგ, გავაგრძელებთ ორივე გამრჩევის გავარჯიშებას ორ მსგავს მაგალითზე და გავაანალიზებთ, გამრჩევა სწორად გადაიტანეს თუ არა ცოდნა. სავარჯიშო მაგალითებია *He eats spaghetti with a fork* და *She eats spaghetti with pork*. ამ მაგალითების მსგავსი სატესტო მაგალითებია: *He eats spaghetti with a spoon* და *He eats spaghetti with meat*. თავდაპირველად ორივე გამრჩევი არასწორად აბამს PP-ს

COMPUTATION

ზმნასთან ორივე სატესტო მაგალითში. გავარჯიშების შემდეგ კვგ სწორად არჩევს ორივეს მაშინ, როცა სტენფორდის ფაქტორიზებული გამრჩევი არასწორად აბამს ორივე PP-ს spaghetti-სთან. კვგ-ს უნარი, რომ გადაიტანოს სწორი PP ბმები, ემყარება სიტყვის სემანტიკურ ვექტორთა მსგავსებას წინადადებაში შემომავალ სიტყვებს შორის. ნახაზი 4 აჩვენებს ამ ორი გამრჩევის გავარჯიშებით მიღებულ შედეგებს.

5 დასკვნა

ჩვენ შემოვიღეთ კომპოზიციური ვექტორული გრამატიკები (კვგ-ები):



გარჩევის მოდელი, რომელშიც მცირერიცხოვანი მდგომარეობების მქონე ალბათური უკონტექსტო გრამატიკების (აუგ-ების) სისწრაფე ერწყმის სიტყვათა ნეირონული წარმოდგენების და კომპოზიციურ ფრაზათა ვექტორების სიმდიდრეს. კომპოზიციური ვექტორები დაისწავლება ახალი, სინტაქსურად დაუბმელი რეკურსიული ნეირონული ქსელების (რნე-ების) საშუალებით. ეს მოდელი, ლინგვისტური თვალსაზრისით, უფრო დამაჯერებელია, რადგან იგი მშობელი კვანძისთვის კომპოზიციის სხვადასხვა ფუნქციას ირჩევს იმის მიხედვით, თუ როგორია ამ კვანძის მემკვიდრეების სინტაქსური კატეგორიები. კვგ-მ მიაღწია 90.44% მონიშნულ F1-ს WSJ-ის სრულ სატესტო სიმრავლეზე და 20%-ით უფრო სწრაფია, ვიდრე სტენფორდის ადრინდელი გამრჩევი.

ნახაზი 1. კომპოზიციის სამი ბინარული მატრიცა, რომლებიც აჩვენებენ, რომ მეთაური თავისი სიტყვები მართავენ კომპოზიციას. მოდელი სწავლობს, რომ არტიკლებს არ უნდა მიენიჭოს დიდი მნიშვნელობა. ორი დიაგონალი ცხადად აჩვენებს ორ ბლოკს, რომლებიც მრავლდებიან, შესაბამისად, მარცხენა და მარჯვენა მემკვიდრეზე.

მადლიერების გამოხატვა

მადლობას ვუხდით პერსი ლანგს ამ სტატიის თაობაზე გამართული საუბრებისთვის. რიხარდს მხარი დაუჭირა მაიკროსოფტმა კვლევისათვის გამოყოფილი სადოქტორო

სტიპენდიით. ავტორები მადლობას უხდებიან თავდაცვის მონინავე კვლევების პროექტების სააგენტოს (DARPA), ტექსტის ღრმა გამოკვლევისა და ფილტრაციის პროგრამას (DEFT) ამ შრომის მხარდაჭერისთვის (საჰაერო ძალების კვლევების ლაბორატორიის (AFRL) კონტრაქტი: FA8750-13-2-0040 და DARPA-ს ღრმა დასწავლის პროგრამის კონტრაქტი: FA8650-10C-7020). ამ ნაშრომში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი, შედეგი, დასკვნა და რეკომენდაცია ეკუთვნით ავტორებს და შეიძლება არ გამოხატავდეს DARPA-ს, AFRL-ის, ან შეერთებული შტატების მთავრობის შეხედულებებს.

დამონმებული ლიტერატურა

- Bengio, Y., Ducharme, R., Vincent, P., & Janvin, C. (2003). A neural probabilistic language model. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 1137–1155.
- Brown, P. F., deSouza, P. V., Mercer, R. L., Pietra, V. J., & Lai, J. C. (1992). Class-based n-gram models of natural language. *Computational Linguistics*, 18.
- Callison-Burch, C. (2008). Syntactic constraints on paraphrases extracted from parallel corpora. *EMNLP*, (pp. 196–205).
- Charniak, E. (2000). A maximum-entropy-inspired parser. *ACL*, (pp. 132–139).
- Charniak, E., & Johnson, M. (2005). Coarse-to-fine n-best parsing and maxent discriminative reranking. *ACL*.
- Collins, M. (1997). Three generative, lexicalised models for statistical parsing. *ACL*.
- Collins, M. (2003). Head-driven statistical models for natural language parsing. *Computational Linguistics*, 29(4), 589-637.
- Collobert, R., & Weston, J. (2008). A unified architecture for natural language processing: deep neural networks with multitask learning. *ICML*, (pp. 160–167).
- Costa, F., Frasconi, P., Lombardo, V., & Soda, G. (2003). Towards incremental parsing of natural language using recursive neural networks. *Applied Intelligence*.
- Duchi, J., Hazan, E., & Singer, Y. (2011). Adaptive subgradient methods for online learning and stochastic optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2121--2159.

COMPUTATION

- Elman, J. L. (1991). Distributed representations, simple recurrent networks, and grammatical structure. *Machine Learning*, 7(2-3), 195-225.
- Finkel, J. R., Kleeman, A., & Manning, C. D. (2008). Efficient, feature-based, conditional random field parsing. *ACL*, (pp. 959–967).
- Gildea, D., & Palmer, M. (2002). The necessity of parsing for predicate argument recognition. *ACL*, (pp. 239–246).
- Goller, C., & Küchler, A. (1996). Learning task-dependent distributed representations by backpropagation through structure. *International Conference on Neural Networks*.
- Goodman, J. (1998). *Parsing Inside-Out*. PhD Thesis, MIT.
- Hall, D., & Klein, D. (2012). Training factored PCFGs with expectation propagation. *EMNLP*.
- Henderson, J. (2003). Neural network probability estimation for broad coverage parsing. *EACL*.
- Henderson, J. (2004). Discriminative training of a neural network statistical parser. *ACL*.
- Huang, E. H., Socher, R., Manning, C. D., & Ng, A. Y. (2012). Improving Word Representations via Global Context and Multiple Word Prototypes. *ACL*.
- Huang, L., & Chiang, D. (2005). Better k-best parsing. *9th International Workshop on Parsing Technologies (IWPT 2005)*.
- Kartsaklis, D., Sadrzadeh, M., & Pulman, S. (2012). A unified sentence space for categorical distributional-compositional semantics: Theory and experiments. *24th International Conference on Computational Linguistics (COLING): Posters*.
- Klein, D., & Manning, C. (2003a). Fast exact inference with a factored model for natural language parsing. *NIPS*.
- Klein, D., & Manning, C. D. (2003b). Accurate unlexicalized parsing., (pp. 423–430).
- Kummerfeld, J. K., Hall, D., Curran, J. R., & Klein, D. (2012). Parser showdown at the wall street corral: An empirical investigation of error types in parser output. *EMNLP*.
- Le, Q. V., Ngiam, J., Chen, Z., Chia, D., Koh, P. W., & Ng, A. Y. (2010). Tiled convolutional neural networks. *NIPS*.
- Matsuzaki, T., Miyao, Y., & Tsujii, J. (2005). Probabilistic CFG with latent annotations. *ACL*.
- McClosky, D., Charniak, E., & Johnson, M. (2006). Effective self-training for parsing. *NAACL*.
- Menchetti, S., Costa, F., Frasconi, P., & Ponil, M. (2005). Wide coverage natural language

- processing using kernel methods and neural networks for structured data. *Pattern Recognition Letters*, 26(12), 1896–1906.
- Mikolov, T., Yih, W., & Zweig, G. (2013). Linguistic regularities in continuous space-word representations. *HLT-NAACL*.
- Petrov, S., & Klein, D. (2007). Improved inference for unlexicalized parsing. *NAACL*.
- Petrov, S., Barrett, L., Thibaux, R., & Klein, D. (2006). Learning accurate, compact, and interpretable tree annotation. *ACL*, (pp. 433–440).
- Ratliff, N., Bagnell, J. A., & Zinkevich, M. (2007). (Online) subgradient methods for structured prediction. *Eleventh International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS)*.
- Socher, R., Huang, E. H., Pennington, J., Ng, A. Y., & Manning, C. D. (2011). Dynamic Pooling and Unfolding Recursive Autoencoders for Paraphrase Detection. *24th International Conference on Neural Information Processing Systems*, (pp. 801–809).
- Socher, R., Huval, B., Manning, C. D., & Ng, A. Y. (2012). Semantic Compositionality Through Recursive Matrix-Vector Spaces. *EMNLP*.
- Socher, R., Lin, C., Ng, A. Y., & Manning, C. (2011b). Parsing Natural Scenes and Natural Language with Recursive Neural Networks. *ICML*.
- Socher, R., Manning, C. D., & Ng, A. Y. (2010). Learning continuous phrase representations and syntactic parsing with recursive neural networks. *the NIPS-2010 Deep Learning and Unsupervised Feature Learning Workshop*.
- Taskar, B., Klein, D., Collins, M., Koller, D., & Manning, C. (2004). Max-margin parsing. *EMNLP*, (pp. 1–8).
- Titov, I., & Henderson, J. (2006). Porting statistical parsers with data-defined kernels. *CoNLL-X*.
- Titov, I., & Henderson, J. (2007). Constituent parsing with incremental sigmoid belief networks. *ACL*.
- Turian, J., Ratinov, L., & Bengio, Y. (2010). Word representations: a simple and general method for semi-supervised learning. *ACL*, (pp. 384–394).
- Turney, P. D., & Pantel, P. (2010). From frequency to meaning: Vector space models of semantics. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 141–188.

REALIZATION OF VERBAL MODELS IN THE CORPUS OF MODERN GEORGIAN LANGUAGE

Irina Lobzhanidze

Ilia State University

Abstract

In this paper, peculiarities of Georgian Verbal Paradigm are presented along with their application to the morphological analyzer and generator of Modern Georgian language. The development of morphological analyzer is part of a project on Corpus Annotation and Analysis Software for Modern Georgian Language financed by the Shota Rustaveli National Science Foundation.

The paper is divided into the following parts: I. Introduction; II. Theory and Prerequisites; III. Models of Georgian verbal paradigm; IV. Errata and Testing; V. Conclusions

Keywords: verbal tagset, overlapping of forms, finite state transducers

1. Introduction

Modern Georgian Language belongs to morphologically rich languages. It means that the morphologically rich nature of Georgian expresses different levels of information at the word level and the grammatical functions of words are not associated with their syntactic position. This leads to a high degree of word order variation at the level of sentence. At the same time, there are a lot of the Natural Language Processing (NLP) systems used for treating languages with concatenative type of morphology like Georgian. One of the most famous approaches to the morphological analysis of such kind of languages is a finite state technology as described by Beesley and Karttunen (2003). Finite state technology is used in morphological processing, semantics and discourse modelling.

Thus, we present the Morphological Analyzer of Modern Georgian language developed using finite-state technology, especially, xfst and lexc. The system covers the full inflectional paradigm of Modern Georgian language and is able to do both analysis and generation. The morphotactics is encoded in lexicons and alternation rules - in regular expressions. Taking into account that the previous approaches to computational modelling of Modern Georgian language differ between each other from the viewpoints of linguistic approaches and systems used and the majority of difficulties are associated with generation of Georgian verb, the main focus of the paper is to describe Georgian Verbal Paradigm as realized in the above-mentioned morphological analyzer, including, tagset and its testing process.

2. Theory and Prerequisites

Georgian verb contains many morphs, which from one point of view are typical for agglutinating structures, but from the other – for flexible ones. Georgian verbal paradigm can be considered as a mixed one. The maximum possible quantity of slots in verbal template varies from 9 to 12 as described by B. Hewitt (1995), W. Boeder (2005) and others and consists of the following units: 1) preverbs, 2) prefixal person markers, 3) version markers, 4) root, 5) passive markers, 6) thematic markers, 7) causative markers, 8) screeve markers, 9) suffixal person markers.

In addition, any kind of morpheme gives information about the grammatical function of word. Georgian verb, generally, uses bound morphemes to show its grammatical function. The main ways of use are as follows:

1. affixation, e.g.

Lexical Level: Ipfv+წანწალე-ს+V+RelStat+Intr+AutAct+FutCond+<NomSubj>+Subj3Sg

Surface Level: იწანწალებდა

2. root vowel alternation, e.g.

Lexical Level: Ipfv+დრეკ-ს+V+Din+Trans+Act+Pres+<NomSubj>+<DatObj>+Subj3Sg+Obj3

Surface Level: დრეკს

Lexical Level: Pfv+დრეკ-ს+V+Din+Trans+Act+Aor+<ErgSubj>+<NomObj>+Subj3Sg+Obj3

Surface Level: მოდრიკა

3. root alternation, e.g.

Lexical Level: Ipfv+ეუბნებ-ა+V+Trans+Act+Fut+<NomSubj>+<DatObjRec>+<DatObj>+

COMPUTATION

Subj3Sg+ObjRec3+Obj3

Surface Level: უცვლელი

At the same time, any kind of morphological analysis is based on the internal structure of word. Belonging to closed word-class conjunctions and particles can be marked only by PoS tags. Belonging to open class verbs in Georgian have a big quantity of grammatical features. Description and computer implementation of these features both morphological and syntactic, always, depend on the linguistic theory chosen previously. As it was stated above, different research groups specialized in computational modeling of Georgian verbal paradigm, but their decisions as well as realization of their decisions were different. Some of their models are worth of describing separately.

K. Datukishvili, N. Loladze, M. Zakalashvili described combination of different morphemes, their use in templatic patterns and application of the above mentioned patterns to the computational modeling system so called Morphologic Processor (Datukishvili, 2005). L. Margvelani analyzing Word-Forms and their application to spellchecking of Modern Georgian Language payed special attention to complicated patterns caused by multihomonic affixes used for different Part of Speeches (PoS). The system as realized consists of roots and algorithm, which constructs from affixes and roots correct forms (Margvelani, 1999-2001). Approaches described above, generally, follow the description of Georgian Verbal Paradigm as stated by A. Shanidze (1953).

O. Gurevich (2006) and O. Kapanadze (2009) in their works use finite state transducers (FST) and follow the linguistic approaches of previous authors, e.g. O. Kapanadze subdivides Georgian verbal pattern in five groups, especially, transitive, intransitive, medial, inversion and stative, while O. Gurevich (2006) stating the lexical classes of D. Melikishvili (2001) argues that her classification is too fine, chooses the system described previously, but tries to find interdependencies between Future and Conditional or Aorist and Perfect. During the compilation of a full-scale computational grammar within the framework of the Lexical Functional Grammar P. Meurer (2007) has used similar finite state calculus as well, but in contrast to the above-mentioned approaches his work is based on a digitized version of K. Tschenkeli Dictionary with verbal nouns and, especially, verbal roots considered as initial lemmas for verbs.

M. Tandashvili following the theory of a Paradigm of Marks developed by T. Uturgaidze (1999-2002) about three independent components of Georgian Verbal paradigm: paradigm of persons, paradigm of tense and mood and paradigm of marks (voice, version and causation)

tried to describe syntactic patterns relevant to Modern Georgian Language, but has not tried their computerized implementation.

None of the previous computerized approaches to Georgian verbal paradigm follows the theory of D. Melikishvili in spite of the fact that it classifies Georgian verbs by diathesis – the inflected form of a Georgian verb and the phrasal components expressed by its morphology indicating how they relate to one another morphosyntactically, i.e. the verb and argument as its performer, undergoer, beneficiary etc. All first diathesis verbs are active and may or may not have an object so called autoactives. If a first diathesis verb has a direct object, it is direct transitive, while if it has an indirect object it is indirect transitive. Verbs of the other diathesis are derived via two passivization transformation: when a direct object of a first diathesis verb is converted to the subject, it becomes a second diathesis verb and when the indirect object of a first or second diathesis verb is inverted to the subject it becomes a third diathesis verb. Diathesis allows verbs that share the same structure (form) and construction (function) to be grouped together.

Thus, taking into account the above-mentioned approaches the linguistic description of Georgian verb is to be based on four main aspects:

- a) Quantity of morphemes/slots to be described;
- b) Internal changes between or within morphemes/slots;
- c) Linguistic theory used for reference, and;
- d) Of course, Type of dictionary(ies) used.

All these parameters make the description of Georgian Verbal pattern possible. Thus, in the Morphological analyzer and Generator of Modern Georgian language compiled within the framework of the project AR/320/4-105/11 financed by the Shota Rustaveli National Science Foundation, we have used 9-slot pattern undergoing three kind of internal changes based on the linguistic theory of D. Melikishvili with appropriate index and list of verbs in the forms as represented in the Dictionary of Arn. Chikobava (1950-1964).

The system has been developed by means of xerox finite state tools, especially, xfst and lexcc as described by K. Beesley (2003). The morphotactics is encoded in the lexicons and alternation rules - in regular expressions. The morphological transducer developed on the basis of Xerox Finite State Tools (Xfst) has the following structure:

COMPUTATION

It includes 13 blocks of the existing Part of Speech (PoS) of Modern Georgian language as well as separate blocks for Punctuation and Abbreviations, while the pattern for Verbal Paradigm is subdivided into additional 66 groups as described by D. Melikishvili and an additional group for irregular verbs. At the same time, the main features associated with computational processing of grammatical phenomena are lemmata of a concrete verbal forms and labels so called tags for grammatical description of words as presented in raw text. Thus, their description is closely connected to the following questions:

- 1) What can be considered as a lemma for Georgian verbal pattern;
- 2) What morphosyntactic features are worth of representing in the tagset;
- 3) Which kind of flag diacritics should be used to provide long distance dependences as they are represented in Georgian verbal pattern.

Let's consider these questions separately, having in mind that the answers to these questions will enable the community of interest to discuss and improve knowledge regarding the approaches to verbal patterns of Modern Georgian by means of computer.

3. Morphotactics of Georgian verbal paradigm

3.1. Principles of Lemmatization

Lemmatization is the process of deriving the base form or lemma of a word from one of its inflected forms. For languages with rich morphology like Modern Georgian, lemmatization may be considered as a quite difficult task taking in mind that it requires a lexicon consisting of lemmata with a set of rules for creating inflected forms. In Modern Georgian Language, the lemma for Nominal Paradigm is a form in Nominative Case, singular, but what can be considered as a lemma for Georgian verbal paradigm?

MAF says that: "lemma – lemmatized form class of inflected forms differing only by inflectional morphology. A lemma is usually referred to by one of these forms, arbitrarily chosen (e.g., infinitive for French verbs)." (ISO_TC_37/SC 2005, 9)

As it was said above the lemmatization requires a lexicon consisting of lemmata, but the Modern Georgian language has not infinitive. That is why the majority of Modern Georgian Dictionaries include two approaches to the base form of dictionary entries:

- a) verbal noun so called masdar form;
- b) the third person singular subject in present indicative.

Both of these approaches can be described separately, but taking into account that the focus of our research is closely connected to the existing of word indexes as well as the

possibility of their processing by means of finite state automata, we have chosen the second approach as represented by Arn. Chikobava (1950-1964) and D. Melikishvili (2001). Also, there should be mentioned that if we consider a possibility of stemming of verbal form, the second person singular in present indicative may be considered as a unit closely associated with a stem.

3.2. Tagsets and Principle of Annotation

The other issue which is worth of describing are morphosyntactic features and their representation in the tagset. It should be mentioned that the variety of tagset always depends on the end user. From one point of view there should be made a parallel with existing tagsets, but from the other, there should be taken into account the features and functions of linguistic theory under consideration. During the last time, some computational approaches describe so called theory-neutral tagsets and their priorities, but it is really not possible to have a theory-neutral annotation, every tagging scheme makes some theoretical assumptions (Atwell, 2008). As it was claimed the approach of P. Meurer from one point of view followed the Lexical Functional Grammar (LFG) theory, which differs from some others in handling phrase structure, analysis of Wh-questions etc., but at the same time this theory can't be sufficient for describing language with free word order and very rich morphology like Modern Georgian Language. So, choosing the possible tagset there should be taken into account some tagsets of European language available online like Parole (Language Engineering, LE, 1996-2012)¹, Multext (MULTEXT-East Morphosyntactic Specifications, 2004)² etc., but the main attention should be paid to the grammatical features they describe and the possibility of their use in case of Modern Georgian Language.

Describing features as represented in Georgian verbal paradigm we have to start with verb described as a part of speech and represented by standard tag +Verb, also, there can be described an auxiliary verb by tag +Auxiliary. Georgian verbs are subdivided into the relative stative, absolute stative, dynamic and relative dynamic with appropriate tags:

+RelStat	Relative Stative
+AbsStat	Absolute Stative
+Din	Dinamic
+RelDin	Relative Dinamic

1 <http://www.lsi.upc.edu/~nlp/SVMTool/parole.html>

2 <http://nl.ijs.si/ME/Vault/V3/msd/html/>

COMPUTATION

The quantity of preverbs in Modern Georgian language is equal to twenty one, especially, *mi-, mo-, a-, amo-, agh-, aghmo-, uku-, da-, cha-, she-, shta-, ga-, gan-, gada-, ts'a-, ts'ar-, chamo-, shemo-, gamo-, gadmo-, ts'amo-*. In series I screeves without preverbes are Present, Imperfect and Present Subjunctive, but D. Melikishvili describes some groups with preverbs in series I, e.g. *დახტობ (dakht'is)* belonging to the fifth paradigm etc. Forms with preverbs, generally, belong to perfective aspect, while without – to imperfective, but taking into account their initial position in the word they are represented in the following way:

Pfv+	Perfective Aspect
Ipfv+	Imperfective Aspect

In cases when preverbed forms are not perfective, we do not describe them by tags.

Depending on the possibility to take a direct object, Georgian verb can be transitive requiring a direct object (DO), intransitive without object and indirect transitive requiring indirect object (IO), but not a direct one. All these peculiarities are represented in the following way:

+Trans	Transitive
+Intr	Intransitive
+IndTrans	Indirect Transitive

Verbal transitivity is closely connected to voice and valency-related alternations. In linguistic literature, the category of voice following the tradition of Dionysius Thrax sometimes is called diathesis. Thus, the category of voice is subdivided into Active marked by grammatical subject, Autoactive reflecting self-active subject, Objectless Active reflecting subject without any object, Inactive i.e. Inversial Active, Passive expressing the theme or patient of the main verb and Autopassive i.e. Medio-Passive indicating that an activity occurs without an agent. They are reflected in the following way:

+Act	Active
+AutAct	Autoactive
+IndAct	Objectless Active, Indirect Active
+Inact	Inactive, Inversial Active
+Pass	Passive
+MPass	Autopassive, Mediopassive

At the same time, D. Melikishvili describes not only morphological, but also syntactic features of the category of voice and invents three groups of Diathesis with different

morphological structures, which encompass all the above-mentioned types of voice, especially, I Diathesis includes Autoactive and Active forms, II Diathesis – Autopassive and Passive forms and III Diathesis – Inactive forms. These peculiarities of verbal forms are represented in the following way:

+IDt	I Diathesis
+IIDt	II Diathesis
+IIIDt	III Diathesis

As it was mentioned above, verbal transitivity relates to polypersonalism of Georgian verb and different functions of subject and objects involved in the formation of sense, their description is based on the possibility to show Causer, Causee, Beneficiary, Patient, Recipient and Location. These semantic functions are with version markers, but D. Melikishvili considers them as special affixes with concrete features. Thus, the tags are subdivided into those reflecting different kind of Subjects and those reflecting different kinds of Object.

+Subj1Sg	First Subject, Singular
+Subj2Sg	Second Subject, Singular
+Subj3Sg	Third Subject, Singular
+Subj1Pl	First Subject, Plural
+Subj2Pl	Second Subject, Plural
+Subj3Pl	Third Subject, Plural
+SubjBen1Sg	First Subject Beneficiary, Singular
+SubjBen2Sg	Second Subject Beneficiary, Singular
+SubjBen3Sg	Third Subject Beneficiary, Singular
+SubjBen1Pl	First Subject Beneficiary, Plural
+SubjBen2Pl	Second Subject Beneficiary, Plural
+SubjBen3Pl	Third Subject Beneficiary, Plural
+SubjCaus1Sg	First Subject, Singular, Causer
+SubjCaus2Sg	Second Subject, Singular
+SubjCaus3Sg	Third Subject, Singular
+SubjCaus1Pl	First Subject, Plural
+SubjCaus2Pl	Second Subject, Plural
+SubjCaus3Pl	Third Subject, Plural
+Obj1Sg	First Object, Singular
+Obj2Sg	Second Object, Singular
+Obj3Sg	Third Object, Singular
+Obj1Pl	First Object, Plural

COMPUTATION

+Obj2Pl	Second Object, Plural
+Obj3Pl	Third Object, Plural
+ObjBen1	First Object Beneficiary
+ObjBen1Sg	First Object Beneficiary
+ObjBen1Pl	First Object Beneficiary
+ObjBen2	Second Object Beneficiary
+ObjBen2Sg	Second Object Beneficiary, Singular
+ObjBen2Pl	Second Object Beneficiary, Plural
+ObjBen3	Third Object Beneficiary
+ObjLoc1	First Object Locative
+ObjLoc1Sg	First Object Locative, Singular
+ObjLoc1Pl	First Object Locative, Plural
+ObjLoc2	Second Object Locative
+ObjLoc2Sg	Second Object Locative, Singular
+ObjLoc2Pl	Second Object Locative, Plural
+ObjLoc3	Third Object Locative
+ObjRec1	First Object Recipient
+ObjRec1Sg	First Object Recipient, Singular
+ObjRec1Pl	First Object Recipient, Plural
+ObjRec2	Second Object Recipient
+Obj2RecSg	Second Object Recipient, Singular
+Obj2RecPl	Second Object Recipient, Plural
+Obj3Rec	Third Object Recipient
+ObjRecCaus1	First Object Recipient, Causee
+ObjRecCaus1Sg	First Object Recipient, Causee
+ObjRecCaus1Pl	First Object Recipient, Causee
+ObjRecCaus2	Second Object Recipient, Causee
+Obj2RecCausSg	Second Object Recipient, Causee
+Obj2RecCausPl	Second Object Recipient, Causee
+Obj3RecCaus	Third Object Recipient, Causee
+Obj1Pat	First Object Patient
+Obj1PatSg	First Object Patient, Singular
+Obj1PatPl	First Object Patient, Plural
+Obj2Pat	Second Object Patient
+Obj2PatSg	Second Object Patient, Singular
+Obj2PatPl	Second Object Patient, Plural
+Obj3Pat	Third Object Patient

Mood category is described as a part of Tense Aspect Mood (TAM) series and having in mind that it is not associate with any morph, we do not provide separate tags for it, but generally, represent it together with labels of screeves in the following way:

+Pres	Present Indicative
+Imperf	Imperfect Indicative
+PresSbj	Present Subjunctive
+Fut	Future Indicative
+FutCond	Future Conditional
+FutSbj	Future Subjunctive
+Aor	Aorist Indicative
+AorSbj	Aorist Subjunctive
+AorImp	Aorist Imperative
+Res1	Perfect Indicative
+Res2	Pluperfect
+PerfSbj	Perfect Subjunctive

Finally, the verbal paradigm includes Verbal Noun so called Masdar and Verbal Adjective so called Participle forms. Each of them shares features with Noun and Adjective and sometimes their verbal origin can be seen only because of preverbs used for their formation. In majority of cases, Verbal Nouns and Adjective are formed by adding appropriate affixes to Presence or Future forms. They are shown in the following way:

+VerbalNoun	Verbal Noun, Masdar
+VerbalAdj	Verbal Adjective, Participle

In Modern Georgian, verbal forms are associated with argument structures and, correspondingly, case-marking varies across conjugation classes: I series – Nominative Construction, II series – Ergative Construction, III series – Dative Construction. So, we have used additional tags to provide information on cases of Subject, Direct and Indirect Objects.

<NomSubj>	Subject Nominative
<ErgSubj>	Subject Ergative
<DatSubj>	Subject Dative
<NomSubjBen>	Subject Nominative
<ErgSubjBen>	Subject Ergative
<DatSubjBen>	Subject Dative
<NomObj>	Object Nominative

COMPUTATION

<DatObj>	Object Dative
<DatObjBen>	Object Dative Benefactive
<DatObjRec>	Object Dative Benefactive
<DatObjLoc>	Object Dative Locative
<DatObjPat>	Object Dative Patient
<GenObj(for)>	
<NomSubjCaus>	Subject Nominative
<ErgSubjCaus>	Subject Ergative
<DatSubjCaus>	Subject Dative
<DatObjRecCaus>	Object Dative Causee

3.3. Finite State Technology and Flag Diacritics

The morphological analyzer and generator for Modern Georgian Language is implemented as a finite state transducer (fst), which consists of states and arcs with upper and lower levels. The upper level includes the lexical representation of forms and the lower level – the surface representation, e.g.

Lexical Level: Ipfv+უპირისპირდება +V+Din+Intr+Act+Pres+<NomSubj>+<DatObjRec>+Subj3Sg+ObjRec3

Surface Level: უპირისპირდება

Information related to the morphotactics of stems and affixes is stored in lexc format, while their changes are carried out by a series of replace rules implemented as regular expressions in xfst format. Both formats are connected between each other and generate a single transducer consisting of the above-mentioned two levels.

All lexicon entries include sub-lexicons consisting of multichar symbols, list of flag diacritics, list of triggers and continuation classes, e.g.

Multichar_Symbols

+Verb +Aux +Intr +Trans +Act +AutAct +IndAct +Pass +RelStat +AbsStat +Din
+RelDin Pfv+ Ipfv+ +Subj1Sg +Subj2Sg +Subj3Sg +Subj1Pl +Subj2Pl +Subj3Pl
+SubjBen1Sg +SubjBen2Sg

! Subject agreement

@U.SUBJSG.1@ @U.SUBJSG.2@ @U.SUBJSG.3@ @R.SUBJSG.1@
@R.SUBJSG.2@ @R.SUBJSG.3@ @U.SUBJPL.1@ @U.SUBJPL.2@ @U.SUBJPL.3@
@R.SUBJPL.1@ @R.SUBJPL.2@ @R.SUBJPL.3@ ...

! Preverbs

@P.PREV.MI@ @P.PREV.A@ @P.PREV.DA@ @P.PREV.CA@ @P.PREV.SE@
 @P.PREV.GA@ @P.PREV.GADA@ @P.PREV.TSA@ @P.PREV.MO@ @P.PREV.
 AMO@ @P.PREV.CAMO@ ...

! Screeves

@U.PRES.0@ @R.PRES.0@ @U.PRES.A@ @R.PRES.A@ @U.PRES.I@
 @R.PRES.I@ @U.PRES.U@ @R.PRES.U@ @U.FUT.0@ @R.FUT.0@ @U.FUT.A@
 @R.FUT.A@ @U.FUT.I@ @R.FUT.I@ ...

! Causation

@U.CAUS.0@ @U.CAUS.IN@ @U.CAUS.EVIN@ @R.CAUS.0@ @R.CAUS.
 IN@ @R.CAUS.EVIN@ @D.CAUS.0@ @D.CAUS.IN@ @D.CAUS.EVIN@

! Thematic Suffixes

@U.TS.0@ @U.TS.EB@ @U.TS.AV@ @U.TS.IV@ @U.TS.UV@ @R.TS.0@
 @R.TS.EB@ @R.TS.AV@ @R.TS.IV@ @R.TS.UV@ @D.TS.0@ @D.TS.EB@
 @D.TS.AV@ @D.TS.IV@ @D.TS.UV@

! Valency

@U.VAL.II@ @R.VAL.II@ @D.VAL.II@ @U.VAL.III@ @R.VAL.III@ @D.VAL.
 III@

^Imp ^PresSbj ^Fut ^FutSbj ^FutCond ^Aor ^AorSbj ^AorImp ^Perf ^PluPerf
 ^PerfSbj...

LEXICON Root

620 ; ...

Taking into account that Modern Georgian language and, especially, its verbal forms are characterized by long-distance dependencies, to avoid overgeneration and overrecognition the best choice is to use flag diacritics. Flag diacritics are standard multicharacter symbols reflecting feature-based constraints, which do not appear in output strings. The quantity of flags is equal to 167. At the same time, changes in verbal stames are generated by means of additional triggers i.e. concatenating tags, which specify the change required. Replace rules encoded as regular expressions are compiled into a finite state transducer using xfst. Separate fst-s reflecting groups of verbs are composed together into one fst.

The verbal module consists of 66 standard paradigms and a block of irregular verbs (so called suppletive verbs, e.g. ყოფნა ‘q’opna’ (to be), ქმნა ‘kmna’ (to do) etc.; verbs with root alternation according to number, e.g. გდებდა ‘gdeba’ - ყრა ‘q’ra’ (to throw), ჯდომბა

COMPUTATION

‘jdoma’ - სხდომა ‘skhdoma’ (to sit) etc.; verbs with root alternation according to animacy (მი/მოტანა ‘mi/mot’ana’ - მი/მოყვანა ‘mi/moq’vana’ (to take), ქონება ‘koneba’ - ყოლა ‘q’ola’ (to have) etc.) as described by D. Melikishvili. The minimum quantity of forms generated per root is equal to 54, the maximum – to 1076. At the same time, there are differently encoded Object and Subject based paradigms.

The verbal paradigm is compiled from lexc – for lexicon data and their dependencies and xfst – for alternation rules. The analyzer use Unicode, especially, utf8, which allows us to provide testing and errata analysis of Georgian texts.

4. Errata and Testing

During the compilation of system, tersing and errata analysis are based on the following:

a) Rule integrity: the lexc tools offer the lookup and lookdown commands, while xfst tools – apply up and apply down as described in K. Beesley (2003). At the same time, the system get big and the finite-state calculus has an option of regression test used within a version-control system. Such kind of systems allow us to restore the previous versions of files. So, we have used a) regression testing comparing two versions to find lost surface words and, b) regression testing comparing two versions to find added words. The system was run and fixed periodically;

b) Well-formedness of surface representation of paradigms: the tags appear in accordance with the order defined preliminary to provide their possible integration into the other systems;

c) Language coverage testing: the language coverage of the lexicon in terms of frequency always depends on “zipfian” distributions (Zipf, 1932). Such kind of distributions mean that in all languages of the world, a small quantity of words has a high frequency, an average quantity – an intermedicate frequency and a large quantity of words – a very low frequency, which varies from 1 to 2. The resource used to evaluate language coverage is the Corpus of Modern Georgian Language available at corpora.iliauni.edu.ge. In accordance with predictions, the results are as follows:

Most frequently used words	Word recognized by tranducer	Coverage, %
100	100	100%
1000	968	96,8%
5000	4691	93,82%
10000	9217	92,17%

The quantity of verbs per 1000 words is equal to 530, including, 521 recognized by transducer, and 9 not recognized by transducer. It means that the recognition rate for verbs is equal to 98,31%.

At the same time, analyzing the forms recognized by the transducer, we have to mention some kind of grammatical mismatch, especially,

a) overlapping between different paradigms within the first diathesis, especially between classes No 19 and No 26, e.g.

Lexical Level: Ipfv+კვებავ-ს+V+IDt+#19+Din+Trans+Act+Pres+<NomSubj>+<Dat Obj>+Subj3Sg+Obj3

Surface Level: კვებავს

Lexical Level: Ipfv+კვებავ-ს+V+IDt+#26+Din+Trans+Act+Pres+<NomSubj>+<Dat Obj>+Subj3Sg+Obj3

Surface Level: კვებავს

These classes generally differ in structures; the Class No 19 has the model consisting of Ø-R-Ø, while the Class No 26 – of Ø-R-av. Both classes can be used with suffix –av, but the class No 19 provides parallel forms without it. These parallel forms, generally, cause the above-mentioned problem.

b) overlapping between different diathesis, especially, between classes No 45, No 47 belonging to the second diathesis and No 52 belonging to the third one, e.g.

Lexical Level: Pfv+ერგებ-ს+V+IIDt+#45+Din+Trans+Act+AorSbj+<NomSubj>+<Dat ObjRec>+Subj3Sg +ObjRec3

Surface Level: შერგო

Lexical Level: Pfv+ერგებ-ს+V+IIDt+#47+Din+Intr+Pass/Act+Aor+<NomSubj>+<Dat ObjRec>+Subj3Sg +ObjRec3

Surface Level: შერგო

Lexical Level: Pfv+არგო-ს+V+IIDt+#52+AbsStat+Intr+Inact+AorSbj+<NomSubj>+<Dat ObjRec> +Subj2Sg+Obj3

Surface Level: შერგო

These classes generally differ in structures; classes belonging to the second diathesis in some cases share similar models consisting of prev./e-R-eb for paradigm No 45 and of prev./e-R[Ø]-eb – for paradigm No 47, while the class No 52 possessing structure Ø/a/u-R differs from them. However, in spite of that, they generate similar forms for Aorist and Aorist Subjunctive screeves.

COMPUTATION

5. Conclusions

In this paper, I describe bi-directional finite state transducer for verbal paradigm developed within the framework of D. Melikishvili theory of Diathesis. The use of finite state technology and its application to new theories is important both from theoretical and practical points of view. Modern Georgian language belonging to agglutinating types of languages shares some structures with flexible ones. Thus, the transducer, generally, follows the concatenative principles of affixation.

The results obtained during the last years can be considered as sufficient for its further development within syntactic chunking of Modern Georgian. And, in spite of the fact that stems are mainly added to lexicons manually, the resource can be used for spelling checking, language parsing and generation applications, tagging and lemmatization etc.

Bibliography

- Atwell, E. (2008). Development of tag sets for part-of-speech tagging. *HSK Corpus Linguistics*, 1-26.
- Beesley, R. K. (2003). *Finite State Morphology*. Stanford, CA: CSLI Publications.
- Boeder, W. (2005). The South Caucasian Languages. *Lingua*, 5-89.
- Chikobava, A. (1950-1964). *Georgian Explanatory Dictionary*. Tbilisi: Academy of Sciences.
- Datukishvili, K. L. (2005). Morphologic Processor of Georgian Language. *Tbilisi Symposium Language, Logic, Computation*. Batumi: Batumi State University.
- Datukishvili, K. (1997). Some questions of computer synthesis of verb in Georgian. *The Second Tbilisi Symposium on Language, Logic and Computation* (pp. 83-85). Tbilisi: Tbilisi State University.
- Gurevich, O. (2006). A Finite-State Model of Georgian Verbal Morphology. *Proceedings of the Human Language Technology Conference of the North American Chapter of the ACL* (pp. 45-48). New York: Association for Computational Linguistics.
- Hewitt, B. (1995). *Georgian: A Structural Reference Grammar*. Amsterdam: John Benjamins.

- Kapanadze, O. (2009). Describing Georgian Morphology with a Finite-State System. *Finite-State Methods and Natural Language Processing* (pp. 114-122). Pretoria: Springer.
- Margvelani, L. (1999-2001). A Subsystem Analyzing Georgian Word-Forms and Its Application to Spellchecking. *Proceedings of the 3rd and 4th International Symposium on Language, Logic and Computation* (pp. 1-7). Borjomi: ILLC Scientific Publications.
- Margvelani, L. S. (1999-2001). Linguistic Processors and Their Application to a Georgian Text to Speech System. *Proceedings of the 3rd and 4th International Symposium on Language, Logic and Computation* (pp. 1-8). Batumi, Borjomi: ILLC Scientific Publications.
- Melikishvili. (2001). *Conjugation system of the Georgian Verb*. Tbilisi: Logos presi.
- Meurer, P. (2007). A Computational Grammar for Georgian. *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 1-15). Berlin: Springer.
- Shanidze, A. (1953). *Foundations of the Grammar of the Georgian Language I. Morphology*. Tbilisi: Tbilisi State University.
- Tandashvili, M. (1999). *Main Principles of Computer Aided Modeling (on the basis of the Georgian and Udi Languages)*. Tbilisi: <http://titus.uni-frankfurt.de/personal/manana/refeng.htm>.
- Tschenkéli, K. M. (1965-1974). *Georgisch-Deutsches Wörterbuch*. Zürich: Amirani-Verlag.
- Uturgaidze, T. (2002). *Grammatical categories and their interrelationship in Georgian verb*. Tbilisi: Universali.
- Zipf, G. (1932). *Selected studies of the principle of relative frequency in language*. Cambridge: Harvard university press.

