

თეა თოდუა

# ექსპერტული სისტემები

ცოდნის ინჟინერია

(I ნაწილი)

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

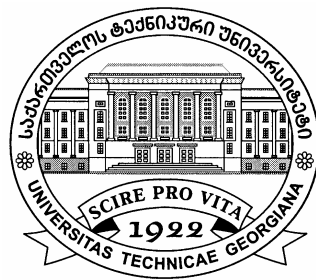
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თ. თოღუა

## ექსპერტული სისტემები

ცოდნის ინჟინერია

(I ნაწილი)



დამტკიცებულია სტუ-ს  
სარედაქციო-საგამომცემლო  
საბჭოს მიერ

თბილისი  
2009

ნაშრომში განხილულია ხელოვნური ინტელექტუალური სისტემების შემუშავების საკითხები, კერძოდ, ექსპერტული სისტემების დაპროექტების მეთოდები. სახელმძღვანელოს პირველი ნაწილი შეეხება ცოდნის ინჟინერიას. ნაშრომში დაწვრილებითაა განხილული ინტელექტუალური სისტემებში ცოდნის წარმოდგენის საკითხები, ცოდნის ინჟინერიის თეორიული და პრაქტიკული ასპექტები, ექსპერტული ცოდნის მიღების მეთოდები და ტექნოლოგიები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია სტუდენტებისათვის, აღნიშნულ სფეროში მომუშავე სპეციალისტებისა და ხელოვნური ინტელექტის საკითხებით დაინტერესებულ მკითხველთა ფართო წრისათვის.

რეცენზენტი: პროფ. ო. ვერულავა

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-431-8 (ყველა ნაწილი)

ISBN 978-9941-14-432-5 (პირველი ნაწილი)

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

## სარჩევი

შესავალი -----	5
<b>თავი 1. ინტელექტუალური სისტემები და ცოდნის წარმოდგენის პრობლემა</b>	
ხელოვნური ინტელექტის სფეროში კვლევების ძირითადი მიმართულებები -----	12
მონაცემები და ცოდნა -----	18
ცოდნის წარმოდგენის მოდელები -----	21
დასკვნის გამოტანის მექანიზმები -----	30
სიღრმეში და სიგანეში ძიების მეთოდები -----	34
არამკაფიო ცოდნა -----	35
არამკაფიო ლოგიკის თეორიის საფუძვლები -----	36
<b>თავი 2. ცოდნაზე დაფუძნებული სისტემების შემუშავება</b>	
ექსპერტული სისტემების დანიშნულება -----	39
ექსპერტული სისტემის სტრუქტურა -----	42
ექსპერტული სისტემების კლასიფიკაცია -----	44
ექსპერტული სისტემების შემუშავება -----	45
ექსპერტული სისტემების დაპროექტებისა და შემუშავების ტექნოლოგია -----	53
<b>თავი 3. ცოდნის ინჟინერიის თეორიული ასპექტები</b>	
ცოდნის ველი -----	65
ცოდნის ველის სემიოტიკური მოდელი -----	66
ცოდნის მიღების სტრატეგიები -----	73
ცოდნის მიღების თეორიული ასპექტები -----	74
ცოდნის სტრუქტურირების თეორიული	

ასპექტები -----	96
სტრუქტურირების ტრადიციული მეთოდოლოგიები -----	97
 <b>თავი 4. ცოდნის ინჟინერიის ტექნოლოგიები</b>	
ცოდნის პრაქტიკულად მიღების მეთოდების კლასიფიკაცია -----	100
კომუნიკაციური მეთოდები -----	105
ტექსტოლოგიური მეთოდები -----	125
სტრუქტურირების უმარტივესი მეთოდები -----	133
ცოდნის ავტომატიზებულად შექმნის პერსპექტივები -----	141
ცოდნის შექმნის ავტომატიზებული სისტემები ---	148
 <b>თავი 5. ცოდნის ინჟინერიის გამოყენებითი ასპექტები</b>	
ცოდნის ლატენტური სტრუქტურები და ფსიქოსემანტიკა -----	158
მრავალგანზომილებიანი სკალირების მეთოდები	163
მეტაფორების გამოყენება ცოდნის “ფარული” სტრუქტურების გამოსავლენად -----	166
რეპერტუარული ბადეების მეთოდი -----	173
კონსტრუქტების გამოვლენის მეთოდები -----	176
რეპერტუარული ბადეების ანალიზი -----	177
ავტომატიზებული მეთოდები -----	181
ცოდნის მენეჯმენტი -----	182
კორპორატიული მეხსიერება -----	184
OMIS სისტემები -----	186
OMIS-ის შემუშავების თავისებურებები -----	189
ლიტერატურა -----	191

## შესავალი

რთული ამოცანების ამოხსნისა და ადამიანის გონების მოდელირების მიზნით ინტელექტის მქონე ხელოვნური მექანიზმის შექმნის იდეა ჯერ კიდევ უძველეს დროში გაჩნდა. თუმცა, ხელოვნური ინტელექტის ფუძემდებლად შუასაუკუნეებში მოღვაწე ესპანელი ფილოსოფოსი, მათემატიკოსი და პოეტი რაიმონდ ლული ითვლება. ის ჯერ კიდევ XIII საუკუნეში შეეცადა სხვადასხვა ამოცანის ამოსახსნელად მექანიკური მანქანა შეექმნა. XVIII საუკუნეში ლაიბნიცმა და დეკარტმა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად გააგრძელეს მისი იდეები. ხელოვნური ინტელექტის, როგორც სამეცნიერო მიმართულების, განვითარება მოხდა XX საუკუნის 40-იან წლებში ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანების შექმნის შემდეგ. ამავე პერიოდში ნორბერტ ვინერმა დაწერა თავისი ფუძემდებლური ნაშრომები კიბერნეტიკაში.

ტერმინი "ხელოვნური ინტელექტი" (Artificial Intelligence, AI) პირველად შემოთავაზებულ იქნა 1956 წელს ამავე სახელწოდების სემინარზე დარტმუტის (აშშ) კოლეჯში. სემინარი ეძღვნებოდა ლოგიკური ამოცანების გადაწყვეტის მეთოდებს.

ხელოვნური ინტელექტის, როგორც მეცნიერების, აღიარების შემდეგ მოხდა მისი ორ მიმართულებად გაყოფა: ნეიროკიბერნეტიკა და "შავი ყუთის" კიბერნეტიკა. ეს მიმართულებები პრაქტიკულად დამოუკიდებლად ვითარდებოდა და არსებითად განსხვავდება როგორც მეთოდოლოგიის, ასევე

ტექნოლოგიის მხრივ. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ უკანასკნელ პერიოდში სულ უფრო და უფრო შესამჩნევი ხდება ამ ნაწილების ერთ მთლიანად გაერთიანების ტენდენცია.

ნეიროკიბერნეტიკის ძირითადი იდეის ფორმულირება შემდეგნაირად შეიძლება: ერთადერთი ობიექტი, რომელსაც აზროვნების უნარი აქვს, ადამიანის თავის ტვინია, ამიტომაც ნებისმიერმა „მოაზროვნე“ სისტემამ გარკვეული სახით მისი სტრუქტურა უნდა გაიმეოროს.

ამგვარად, ნეიროკიბერნეტიკა ორიენტირებულია იმ სტრუქტურების პროგრამულ-აპარატურულ მოდელირებაზე, რომელიც ტვინის სტრუქტურის მსგავსია. ფიზიოლოგების მიერ უკვე დიდი ხანია დადგენილია, რომ ადამიანის ტვინის საფუძველს წარმოადგენს დიდი რაოდენობის ერთმანეთთან დაკავშირებული და ურთიერთმოქმედი ნერვული უჯრედები - ნეირონები. ამის გამო ნეიროკიბერნეტიკაში მთელი ძალისხმევა მიმართული იყო ნეირონების ანალოგიური ელემენტების შექმნისა და ფუნქციონირებად სისტემებში მათი გაერთიანებისკენ. ამ სისტემებს ნეირონულ ქსელებს ან ნეიროქსელებს უწოდებენ. პირველი ნეიროქსელი შეიქმნა როზენბლატისა და მაკკალოკის მიერ 1956-1965 წლებში. ეს იყო მცდელობა სისტემის შექმნისა, რომელიც ახორციელებდა ადამიანის თვალისა და ტვინთან მისი ურთიერთქმედების მოდელირებას. როზენბლატისა და მაკკალოკის მიერ შექმნილ მოწყობილობას პერსეპტრონი (perceptron) ეწოდა.

ნეირონული ქსელების შესაქმნელად შეიძლება გამოიყოს სამი მიდგომა:

1. აპარატურული – სპეციალური კომპიუტერების, ნეირო-ჩიპების, მიკროსქემების ნაკრების შექმნა, რომლებიც საჭირო ალგორითმებს ასრულებენ;
2. პროგრამული – მაღალმწარმოებლურ კომპიუტერებზე გათვლილი პროგრამებისა და ინსტრუმენტული საშუალებების შექმნა.
3. ჰიბრიდული – აპარატურული და პროგრამული მიდგომების კომბინაცია. გამოთვლების ნაწილს ასრულებენ სპეციალური თანაპროცესორები, ნაწილს – პროგრამული საშუალებები.

„შავი ყუთის“ კიბერნეტიკას საფუძვლად დაედო ნეიროკიბერნეტიკის საწინააღმდეგო პრინციპი. მნიშვნელობა არა აქვს როგორაა მოწყობილი „მოაზროვნე“ მექანიზმი. მთავარია, რომ მოცემულ შესასვლელ ზემოქმედებაზე ის რეაგირებდეს ისევე, როგორც ადამიანის ტვინი. ამ მიმართულების მომხრეები თავიანთი მიდგომის მოტივაციას ახდენდნენ იმით, რომ ადამიანი ბრმად არ უნდა მიჰყვეს ბუნებას თავის სამეცნიერო და ტექნოლოგიურ ძიებებში. ასე, მაგალითად, სრულიად გასაგებია ბორბლის გამოგონების წარმატება, რომელიც არ არსებობს ბუნებაში ან მაგალითად, თვითმფრინავი, რომელიც არ იქნევს ფრთებს ფრინველის მსგავსად. ამასთანავე, მეცნიერებისათვის არ არის ცნობილი. როგორ მიმდინარეობს ინტელექტუალური პროცესები ადამიანში, როგორაა მოწყობილი მეხსიერება და ადამიანი როგორ შეიმეცნებს გარემომცველ სამყაროს. ხელოვნური ინტელექტის ეს მიმართულება ორიენტირებული იყო ინტელექტუალური ამოცანების

ამოხსნის ალგორითმების ძიებაზე კომპიუტერების არსებული მოდელების გამოყენებით. ახალი მეცნიერების წარმოშობაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს მაკკარტიმ (ხელოვნური ინტელექტის ამოცანებისათვის დაპროგრამების პირველი ენის – Lisp-ის ავტორი), მინსკიმ (ფრეიმებისა და ცოდნის წარმოდგენის ფრეიმული მოდელის იდეის ავტორი), ნიუელმა, საიმონმა, შოუმ, ჰანტმა და სხვებმა.

1956-1963 წლებში მიმდინარეობდა ინტენსიური კვლევები ადამიანის აზროვნების მოდელების შესაქმნელად. ამ კვლევების საფუძველზე პირველი პროგრამები იქმნებოდა. ჰუმანიტარული მეცნიერებების წარმომადგენლებს – ფილოსოფოსებს, ფსიქოლოგებს, ლინგვისტებს არ შეეძლოთ საჭირო ალგორითმების შემოთავაზება, მაშინ კიბერნეტიკოსებმა თვითონ დაიწყეს საკუთარი მოდელების შექმნა. ასე თანდათანობით ხდებოდა სხვადასხვა მიდგომის შემუშავება:

- XX საუკუნის 50-იანი წლების ბოლოს გაჩნდა ლაბირინთული ძიების მოდელი. ეს მიდგომა ამოცანას წარმოგვიდგენს, როგორც მდგომარეობის რაიმე სივრცეს გრაფის ფორმაში – ამ გრაფზე ხორციელდება ოპტიმალური გზის ძიება. ლაბირინთული ძიების მოდელის შესაქმნელად დიდი სამუშაოები ჩატარდა, მაგრამ პრაქტიკული ამოცანების ამოსახსნელად მან ფართო გამოყენება მაინც ვერ ჰპოვა. ხელოვნური ინტელექტის პირველ სახელმძღვანელოებში აღწერილია ამ მოდელის საფუძველზე აგებული პროგრამები, ისინი

თამაშობენ თამაშებს "15", შაშს, ჭადრაკს, აგებენ "ჰანოის კოშკს".

- XX საუკუნის 60-იანი წლების დასაწყისი – ეს არის ევრისტიკული დაპროგრამების ეპოქა. ევრისტიკა არის თეორიულად დაუსაბუთებელი წესი, რომელიც საძიებო სივრცეში გადარჩევების რაოდენობის შემცირების საშუალებას იძლევა. ევრისტიკული დაპროგრამება მოქმედებების სტრატეგიის შემუშავებაა, უკვე მოცემული, ცნობილი ევრისტიკის საფუძველზე.

- 1963-1970 წლებში ამოცანების გადაწყვეტაში ჩაერთო მათემატიკური ლოგიკის მეთოდები. რობინსონმა შეიმუშავა რეზოლუციის მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა ავტომატურად დამტკიცდეს თეორემები საწყისი აქსიომების ნაკრების არსებობისას. რეზოლუციის მეთოდის საფუძველზე 1973 წელს ფრანგმა ალბერ კოლმერომ შექმნა ლოგიკური დაპროგრამების ენა PROLOG. დიდი რეზონანსი გამოიწვია ნიუელის, საიმონისა და შოუს პროგრამამ Logic Theorist (LT), რომელიც სასკოლო თეორემებს ამტკიცებდა. უნდა აღინიშნოს, რომ რეალური ამოცანების უმეტესობა არ დაიყვანება აქსიომების ნაკრებამდე და ადამიანი სამრეწველო ამოცანების ამოხსნისას კლასიკურ ლოგიკას არ იყენებს. ამის გამო ლოგიკურ მოდელებს უამრავ დადებით თვისებებთან ერთად, გადასაწყვეტი ამოცანების კლასის მიხედვით, მნიშვნელოვანი შეზღუდვებიც გააჩნია.

- ხელოვნური ინტელექტის ისტორია სავსეა დრამატული მოვლენებით. ერთ-ერთი მათგანი 1973 წელს მოხდა და ცნობილია "ლაიტჰილის მოხსენების" სახელწოდებით. ეს

მოხსენება მომზადებულ იქნა დიდ ბრიტანეთში სამეცნიერო კვლევების ბრიტანული საბჭოს დაკვეთით. ცნობილმა მათემატიკოსმა ლაიტჰილმა, რომელიც თავისი პროფესიული საქმიანობით არანაირად არ იყო დაკავშირებული ხელოვნურ ინტელექტთან, მოამზადა მოხსენება ხელოვნური ინტელექტის სფეროში მეცნიერული კვლევების და თანამედროვე მიღწევების შესახებ. მოხსენებაში აღნიშნული იყო გარკვეული მიღწევები ხელოვნური ინტელექტის სფეროში, თუმცა მათი დონე, საერთო შეფასება პრაქტიკული მნიშვნელობის თვალსაზრისით უარყოფითი იყო. ამ მოხსენებამ ევროპელი მკვლევარები რამდენიმე წლით უკან დასწია, რადგანაც ძალიან შემცირდა კვლევების დაფინანსება ხელოვნური ინტელექტის სფეროში.

- დაახლოებით ამ პერიოდისათვის ხელოვნური ინტელექტის განვითარებაში მნიშვნელოვანი ძვრები მოხდა ამერიკის შეერთებულ შტატებში, როდესაც აზროვნების უნივერსალური ალგორითმების ნაცვლად გაჩნდა სპეციალისტი-ექსპერტების კონკრეტული ცოდნის მოდელირების იდეა. აშშ-ში შეიქმნა ცოდნაზე დაფუძნებული პირველი კომერციული სისტემები ანუ ექსპერტული სისტემები. ხელოვნური ინტელექტის ამოცანების გადასაწყვეტად დაიწყო ახალი მიდგომის – ცოდნის წარმოდგენის განვითარება. შეიქმნა MYCIN და DENDRAL – პირველი ექსპერტული სისტემები მედიცინასა და ქიმიაში. მნიშვნელოვანი ფინანსური წვლილი შემოაქვს პენტაგონს, რომელიც აშშ-ს თავდაცვის სამინისტროს ახალ პროგრამას ხელოვნური ინტელექტის პრინციპებზე ადგენს.

- ამერიკელების წარმატებების შემდეგ, 70-იანი წლების ბოლოს, ასპარეზზე გამოდის იაპონია. იაპონია აცხადებს V თაობის მანქანების პროექტს, რომლებიც დაფუძნებული უნდა ყოფილიყვნენ ცოდნაზე. პროექტი გათვლილი იყო 10 წელიწადზე და აერთიანებდა საუკეთესო ახალგაზრდა სპეციალისტებს უმსხვილესი იაპონური კომპიუტერული კორპორაციებიდან. ამ სპეციალისტებისათვის შეიქმნა ახალი ინსტიტუტი ICOT, მათ მისცეს მოქმედებების სრული თავისუფლება, მხოლოდ წინასწარი შედეგების პუბლიკაციის უფლების გარეშე. პროექტის განხორციელების შედეგად შეიქმნა საკმაოდ მძლავრი სიმბოლური პროცესორი, რომელიც პროგრამულად ახდენდა PROLOG-ის მსგავსი ენის რეალიზებას. იაპონიაში გაჩნდა ხელოვნური ინტელექტის სფეროში მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების დიდი ჯგუფი, რომელთაც არსებით შედეგებს მიაღწიეს სხვადასხვა გამოყენებით ამოცანებში. XX საუკუნის 90-იან წლებში ხელოვნური ინტელექტის იაპონიის ასოციაცია უკვე 40000 ადამიანს ითვლიდა.

1990 წლებიდან დაწყებული ხორციელდება ხელოვნური ინტელექტის კომერციალიზაცია, იზრდება ყოველწლიური კაპიტალდაბანდება, იქმნება სამრეწველო ექსპერტული სისტემები, იზრდება ინტერესი თვითსწავლადი სისტემების მიმართ.

დღეისათვის ხელოვნური ინტელექტი ინფორმატიკის (computer science) ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიული და პრესტიჟული სფეროა.

## თავი 1. ინტელექტუალური სისტემები და ცოდნის წარმოდგენის პრობლემა

### ხელოვნური ინტელექტის სფეროში კვლევების ძირითადი მიმართულებები

ხელოვნური ინტელექტი ინფორმატიკის ერთ-ერთი მიმართულებაა, რომლის მიზანსაც წარმოადგენს ისეთი აპარატურულ-პროგრამული საშუალებების შემუშავება, რომლებიც ჩვეულებრივ მომხმარებელს საშუალებას აძლევს დასვას და გადაწყვიტოს ამოცანები, რომლებიც ტრადიციულად ინტელექტუალურად ითვლება. ხელოვნური ინტელექტის მიმართულებებს შორის რამდენიმე მათგანი მკვლევარებში დიდ ინტერესს იწვევს.

*ცოდნის წარმოდგენა და ცოდნაზე დაფუძნებული სისტემების შემუშავება (Knowledge-based systems), ცოდნის ინჟინერია (Knowledge Engineering).* ცოდნაზე დაფუძნებული სისტემები წარმოადგენენ ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებას. ის დაკავშირებულია ცოდნის წარმოდგენის მოდელების შემუშავებასა და ცოდნის ბაზების შექმნასთან, რომლებიც ექსპერტული სისტემების ბირთვს წარმოადგენენ.

*ხელოვნური ინტელექტის სისტემების პროგრამული უზრუნველყოფა (Software engineering for AI).* ამ მიმართულების ფარგლებში მუშავდება სპეციალური ენები, რომლებიც ორიენტირებულნი არიან ინფორმაციის სიმბოლურ

დამუშავებაზე – LISP, PROLOG, SMALLTALK და ა. შ. ამასთან დაკავშირებით იქმნება გამოყენებითი პროგრამების პაკეტები ანუ ხელოვნური ინტელექტის პროგრამული ინსტრუმენტები, მაგ. KEE, ARTS, G2. საკმაოდ პოპულარულია ასევე ე.წ. ცარიელი ექსპერტული სისტემების ანუ “გარსების” შექმნა (KAPPA, EXSYS, M1), რომელთა ცოდნის ბაზების შევსებაც შესაძლებელია კონკრეტული ცოდნით, სხვადასხვა გამოყენებითი სისტემების შექმნის გზით.

**ბუნებრივ-ენობრივი ინტერფეისების შემუშავება და მანქანური თარგმანი (Natural Language Processing).** XX საუკუნის 50-იანი წლებიდან დაწყებული ხელოვნური ინტელექტის სფეროში კვლევების პოპულარულ თემას წარმოადგენს კომპიუტერული ლინგვისტიკა და კერძოდ, მანქანური თარგმანი. მანქანური თარგმანის იდეა არც ისე მარტივი აღმოჩნდა, როგორც ეს მის პირველ მკვლევარებს თავიდან ეგონათ.

ინგლისური ენიდან რუსულ ენაზე თარგმანის პირველმა პროგრამამ სიტყვასიტყვით თარგმანზე დაფუძნებული თავდაპირველი მიდგომის არაეფექტურობა დაადასტურა. პროგრამის შემუშავებლები კიდევ დიდხანს ცდილობდნენ შეექმნათ პროგრამები მორფოლოგიური ანალიზის საფუძველზე. ასეთი მიდგომის უნაყოფობა დაკავშირებულია იმ ფაქტთან, რომ ადამიანს ტექსტის თარგმნა შეუძლია მხოლოდ მისი აზრის გაგების საფუძველზე. შემდეგში მანქანური თარგმნის სისტემები გართულდნენ და ამჟამად, გამოიყენება რამდენიმე უფრო რთული მოდელი:

- ეგრეთ წოდებული ”შუალედური ენების” გამოყენება, შედეგად ხორციელდება დამატებითი ტრანსლაცია; ”ორიგინალის საწყისი ენა – აზრის ენა – თარგმანის ენა”;
- ტექსტის ანალოგიური ფრაგმენტების და მათი თარგმანების ასოციაციური ძიება სპეციალურ ტექსტურ რეპოზიტორებში ან მონაცემთა ბაზებში;
- სტრუქტურული მიდგომა, რომელიც ანალიზის რამდენიმე ეტაპს გულისხმობს:
  1. მორფოლოგიური ანალიზი – სიტყვების ანალიზი ტექსტში;
  2. სინტაქსური ანალიზი – წინადადების შემადგენლობისა და სიტყვებს შორის გრამატიკული კავშირების ანალიზი;
  3. სემანტიკური ანალიზი – თითოეული წინადადების შემადგენელი ნაწილების შინაარსობრივი ანალიზი რაიმე საგნობრივად ორიენტირებული ცოდნის ბაზის საფუძველზე;
  4. პრაგმატული ანალიზი – წინადადების შინაარსის ანალიზი რეალურ კონტექსტში საკუთარი ცოდნის ბაზის საფუძველზე.

*ინტელექტუალური რობოტები (Robotics).* რობოტების შექმნის იდეა უკვე დიდი ხანია ახალი არ არის. სიტყვა ”რობოტი” გაჩნდა XX საუკუნის 20-იან წლებში. მისი ავტორია ჩეხი მწერალი კარლ ჩაპეკი, რომელმაც თავის მოთხრობაში რობოტები აღწერა.

რობოტები – ელექტროტექნიკური მოწყობილობებია, რომლებიც ადამიანის შრომის ავტომატიზაციისთვისაა განკუთვნილი.

პირობითად რობოტოტექნიკის შექმნასა და განვითარებაში შეიძლება რამდენიმე თაობა გამოიყოს:

I თაობა. რობოტები მართვის ხისტი სქემით. პრაქტიკულად ყველა თანამედროვე სამრეწველო რობოტი პირველ კატეგორიას მიეკუთვნება. ფაქტიურად, ესენი არიან დაპროგრამებადი მანიპულატორები.

II თაობა. ადაპტური რობოტები სენსორული მოწყობილობებით. არსებობს ასეთი რობოტების ნიმუშები, მაგრამ მრეწველობაში ისინი ჯერჯერობით იშვიათად გამოიყენება.

III თაობა. თვითორგანიზებადი ანუ ინტელექტუალური რობოტები. ეს რობოტოტექნიკის განვითარების საბოლოო მიზანია. ძირითადი გადაუჭრელი პრობლემები ინტელექტუალური რობოტების შექმნისას – ეს არის მანქანური ხედვის, ადეკვატური შენახვისა და სამგანზომილებიანი ვიზუალური ინფორმაციის დამუშავების პრობლემა.

#### ***სწავლება და თვითსწავლება (Machine Learning)***

ხელოვნური ინტელექტის აქტიურად განვითარებადი სფეროა. მოიცავს მოდელებს, მეთოდებსა და ალგორითმებს, რომლებიც ორიენტირებულია მონაცემების ანალიზისა და განზოგადების საფუძველზე ცოდნის ავტომატურ დაგროვებასა და ფორმირებაზე, მოიცავს სწავლებას მაგალითებზე,

ასევე ტრადიციულ მიდგომებს სახეთა ამოცნობის თეორიიდან.

უკანასკნელ წლებში ამ მიმართულებას მჭიდროდ უკავშირებენ მონაცემთა ანალიზის სწრაფად განვითარებად სისტემებს (Data Mining) და მონაცემთა ბაზებში კანონზომიერებების ძიებას (Knowledge Discovery).

**სახეთა ამოცნობა (Pattern Recognition).** სახეთა ამოცნობა, ტრადიციულად, ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთი მიმართულებაა, რომელიც ამჟამად პრაქტიკულად უკვე დამოუკიდებელ მეცნიერებადაა ქცეული. ამოცნობის პროცედურა უმეტესწილად იყენებს სპეციალურ მათემატიკურ პროცედურებსა და ფუნქციებს, ყოფს ობიექტებს კლასებად. ეს მიმართულება ახლოსაა მანქანურ სწავლებასთან და მჭიდროდაა დაკავშირებული ნეიროკიბერნეტიკასთან.

**კომპიუტერების ახალი არქიტექტურები (New Hardware Platforms and Architectures).** დღეისათვის ყველაზე თანამედროვე პროცესორები დაფუძნებულია ფონ ნეიმანის არქიტექტურაზე, რომელიც ჯერ კიდევ პირველი თაობის კომპიუტერებში გამოიყენებოდა. სიმბოლური დამუშავებისათვის ეს არქიტექტურა უკიდურესად არაეფექტურია. ამიტომაც უკვე ათეულობით წელია მრავალი სამეცნიერო კოლექტივისა და ფირმის ძალისხმევით მიმართული ისეთი აპარატურული არქიტექტურის შემუშავებაზე, რომელიც სიმბოლური და ლოგიკური მონაცემების დამუშავებას შეძლებს.

**თამაშები და მანქანური შემოქმედება.** ეს მიმართულება უკვე შეიძლება ისტორიის კუთვნილებად ჩაითვალოს. ხელოვნური ინტელექტის სფეროში კვლევების ადრეულ პერიოდში დიდი ყურადღება ეთმობოდა ინტელექტუალური თამაშების (ჭადრაკი, შაში, გო) კვლევას. პირველ პროგრამებს საფუძვლად უდევთ ერთ-ერთი ყველაზე ადრეული მიდგომა – აზროვნების ლაბირინთულ მოდელს პლუს ევრისტიკა. ამჟამად ეს უკვე კომერციული მიმართულებაა, რამდენადაც მეცნიერული თვალსაზრისით ითვლება, რომ ეს იდეები ჩიხში შევიდა. დღეისათვის ეს მიმართულება გულისხმობს ასევე კომპიუტერის მიერ მუსიკის, ლექსების, ზღაპრებისა და აფორიზმების შეთხზვას.

**სხვა მიმართულებები.** ხელოვნური ინტელექტი მეცნიერებაა, რომელიც ზღვისკენ მიმავალ გზაზე, მძლავრი მდინარის მსგავსად, გზადაგზა იერთებს მოსაზღვრე მეცნიერებების პატარ-პატარა ნაკადულებსა და მდინარეებს. ქვემოთ ჩამოთვლილია ხელოვნური ინტელექტის მხოლოდ ის მიმართულებები, რომლებიც პირდაპირ ან არაპირდაპირ არის დაკავშირებული სახელმძღვანელოს ძირითად თემატიკასთან - ექსპერტული სისტემების შექმნასა და გამოყენებასთან:

- გენეტიკური ალგორითმები;
- კოგნიტიური მოდელირება;
- ინტელექტუალური ინტერფეისები;
- დედუქციური მოდელები;
- მრავალაგენტური სისტემები;

- ონტოლოგიები;
- ცოდნის მენეჯმენტი;
- ლოგიკური დასკვნა;
- ფორმალური მოდელები;
- რბილი გამოთვლები და ა.შ.

### მონაცემები და ცოდნა

ინტელექტუალური სისტემების შესწავლისას ტრადიციულად ისმის კითხვა: რა არის ცოდნა და რით განსხვავდება ის ჩვეულებრივი მონაცემებისგან, რომელთაც ათეულობით წელია ამუშავებენ გამომთვლელი მანქანები?

მონაცემები წარმოადგენენ ცალკეულ ფაქტებს, რომლებიც ახასიათებენ ობიექტებს, პროცესებს და საგნობრივი სფეროს მოვლენებს, ასევე მათ თვისებებს.

ეგმ-ზე დამუშავებისას მონაცემები პირობითად გარდაქმნის შემდეგ ეტაპებს გადის:

1. D1 – მონაცემები, როგორც გაზომვებისა და დაკვირვებების შედეგი;
2. D2 – მონაცემები ინფორმაციის მატერიალურ მატარებლებზე (ცხრილები, პროტოკოლები, ცნობარები);
3. D3 – მონაცემთა მოდელები (სტრუქტურები), დიაგრამების, გრაფიკებისა და ფუნქციების სახით;
4. D4 – მონაცემები კომპიუტერში მონაცემების აღწერის ენაზე;

5. D5 – მონაცემთა ბაზები ინფორმაციის მანქანურ მატარებლებზე.

ცოდნა დაფუძნებულია ემპირიული გზით მიღებულ მონაცემებზე. ის წარმოადგენს ადამიანის გონებრივი მოქმედების შედეგს, რომელიც მიმართულია მისი პრაქტიკული საქმიანობის შედეგად მიღებული გამოცდილების განზოგადებისკენ.

ცოდნა გულისხმობს პრაქტიკული საქმიანობისა და პროფესიული გამოცდილების საფუძველზე მიღებულ საგნობრივი სფეროს კანონზომიერებებს (პრინციპები, კავშირები, კანონები), რომლებიც საშუალებას აძლევენ სპეციალისტებს დასვან და გადაწყვიტონ ამოცანები ამ სფეროში.

ეგმ-ზე დამუშავებისას ცოდნა, მონაცემების მსგავსად, გარდაქმნის სხვადასხვა ეტაპს გადის:

1. Z1 – ცოდნა ადამიანის მეხსიერებაში, როგორც აზროვნების შედეგი;
2. Z2 – ცოდნის მატერიალური მატარებლები (მაგალითად, წიგნები);
3. Z3 – ცოდნის ველი - საგნობრივი სფეროს ძირითადი ობიექტების, მათი ატრიბუტებისა და დამაკავშირებელი კანონზომიერებების პირობითი აღწერა;
4. Z4 – ცოდნის წარმოდგენის ენებზე აღწერილი ცოდნა (პროდუქციული ენები, სემანტიკური ქსელები, ფრეიმები);
5. Z5 – ცოდნის ბაზები ინფორმაციის მანქანურ მატარებლებზე.

მონაცემების შესანახად გამოიყენება მონაცემთა ბაზები. მათთვის დამასახასიათებელია დიდი მოცულობა და ინფორმაციის შედარებით მცირე ხვედრითი ღირებულება. ცოდნის შესანახად გამოიყენება ცოდნის ბაზები (შედარებით მცირე მოცულობის, მაგრამ საკმაოდ ძვირფასი ინფორმაციული მასივები). ცოდნის ბაზა ნებისმიერი ინტელექტუალური სისტემის საფუძველს წარმოადგენს.

შესაძლებელია ცოდნის კლასიფიკაცია შემდეგ ძირითად კატეგორიებად:

- ზედაპირული ცოდნა – ცოდნა საგნობრივ სფეროში ცალკეულ მოვლენებსა და ფაქტებს შორის არსებულ თვალსაჩინო ურთიერთკავშირებზე;
- ღრმა ცოდნა – მოცემულ საგნობრივ სფეროში მიმდინარე პროცესების ამსახველი აბსტრაქციები, ანალოგიები და სქემები. ასეთი ცოდნა ხსნის ამა თუ იმ მოვლენას და მისი გამოყენება შეიძლება ობიექტების ქცევის პროგნოზირებისათვის.

მაგალითი 1.1:

*ზედაპირული ცოდნა:* „თუ გტკივათ თავი, საჭიროა მიიღოთ ანალგინი“.

*ღრმა ცოდნა:* ფიზიოლოგის ან ექიმის ცოდნა თავის ტკივილის მიზეზებზე, თავის ტკივილის სახეებზე და მათი მკურნალობის მეთოდებზე.

თანამედროვე ექსპერტული სისტემა ძირითადად ზედაპირულ ცოდნასთან მუშაობს. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ მოცემული მომენტისთვის არ არსებობს უნივერსალური მეთოდიკა, რომელიც ცოდნის ღრმა სტრუქტურების

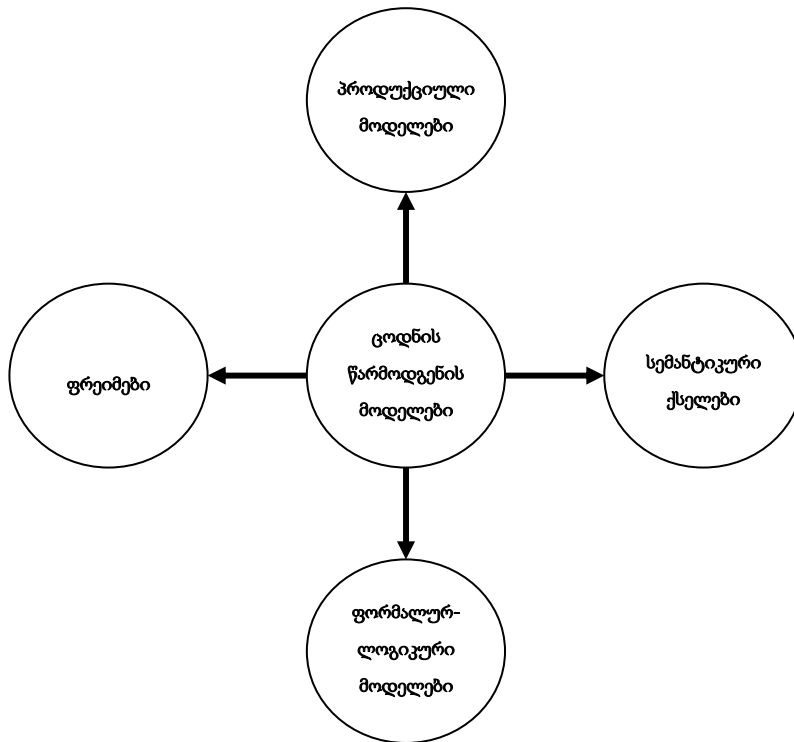
გამოვლენისა და მათთან მუშაობის საშუალებას იძლევა. ხელოვნური ინტელექტის სახელმძღვანელოებში ცოდნას ტრადიციულად ყოფენ პროცედურულ და დეკლარაციულ ცოდნად. თავდაპირველად ფართოდ იყენებდნენ პროცედურულ ცოდნას, ანუ ცოდნას, რომელიც ალგორითმებში იყო "შერეული". ისინი მონაცემების საშუალებით იმართებოდნენ და მათ შესაცვლელად პროგრამების მოდიფიკაცია იყო აუცილებელი. ხელოვნური ინტელექტის განვითარებასთან ერთად მონაცემების პრიორიტეტი თანდათან შეიცვალა და ცოდნის უმეტესმა ნაწილმა თავი მონაცემთა სტრუქტურებში (ცხრილები, სიები, მონაცემთა აბსტრაქტული ტიპები) მოიყარა ანუ გაიზარდა დეკლარაციული ცოდნის როლი. დღეისათვის ცოდნამ მიიღო სუფთა დეკლარაციული ფორმა. ცოდნად ითვლება ცოდნის წარმოდგენის ენაზე ჩაწერილი წინადადება, რომელიც მიახლოებულია ბუნებრივთან და გასაგებია არასპეციალისტისთვის.

### **ცოდნის წარმოდგენის მოდელები**

სხვადასხვა საგნობრივი სფეროსათვის ცოდნის წარმოდგენის ათეულობით მოდელი ან ენა არსებობს. მათი უმეტესობის დაყვანა შემდეგ კლასებამდე შეიძლება:

- პროდუქციული მოდელები;
- სემანტიკური ქსელები;
- ფრეიმები;
- ფორმალურ - ლოგიკური მოდელები.

სურ. 1-ზე ნაჩვენებია ცოდნის წარმოდგენის მოდე-  
ლები:



სურ. 1.1. ცოდნის წარმოდგენის მოდელები

**პროდუქციული მოდელი.** პროდუქციული მოდელი დაფუძნებულია წესებზე, ის საშუალებას იძლევა ცოდნა წარმოდგენილ იქნას "თუ (პირობა)/მაშინ (მოქმედება)" ტიპის წინადადების სახით.

”პირობა” (ანტეცედენტი) გულისხმობს რაიმე წინადადებას, რომლის მიხედვითაც ხორციელდება ძიება ცოდნის ბაზაში, ხოლო ”მოქმედება” (კონსეკვენტი) გულისხმობს იმ მოქმედების შესრულებას, რომლებიც სრულდება ძიების პროცესის წარმატებით დასრულების შემდეგ.

პროდუქციული მოდელი ექსპერტული სისტემის შემქმნელებს იზიდავთ მისი თვალსაჩინოების, ცვლილებების შეტანის და ლოგიკური დასკვნის მექანიზმის სიმარტივის გამო. არსებობს პროგრამული საშუალებების დიდი რაოდენობა, რომელიც ახორციელებს პროდუქციულ მიდგომას (ენა OPS 5; ”გარსები” ანუ ”ცარიელი” ექსპერტული სისტემები - EXSYS Professional, Kappa, ЭКСПЕРТ; ასევე ექსპერტული სისტემები, რომლებიც შექმნილია G2-ის მეშვეობით.

*სემანტიკური ქსელები.* სემანტიკური ქსელი – ეს არის ორიენტირებული გრაფი, რომლის წვეროებიც აღნიშნავს ცნებებს, ხოლო რკალები – მათ შორის დამოკიდებულებას. ცნების როლს ასრულებენ აბსტრაქტული ან კონკრეტული ობიექტები, დამოკიდებულება კი – შემდეგი ტიპის კავშირებს აღნიშნავს: ”ეს არის” („AKO – A-Kind-Of”, “is”), “აქვს ნაწილი” (“has part”), “ეკუთვნის”, “უყვარს”. სემანტიკური ქსელებისათვის დამახასიათებელია სამი ტიპის მიმართების აუცილებელი არსებობა:

- **კლასი** – კლასის ელემენტი (ყვავილი – ვარდი);
- **თვისება** – მნიშვნელობა (ფერი-ყვითელი);
- კლასის ელემენტის **ეგზემპლარი** (ვარდი – ჩაის ვარდი).

სემანტიკურ ქსელებში ცნებებს შორის უმეტესწილად შემდეგი სახის დამოკიდებულებები არსებობს:

- "ნაწილი – მთელი" ტიპის კავშირები ("ქვეკლასი – კლასი", "ელემენტი – სიმრავლე");
- ფუნქციონალური კავშირები (ჩვეულებრივ განი-საზღვრება ზმნებით "ქმნის", "გავლენას ახდენს"...);
- რაოდენობრივი კავშირები (მეტი, ნაკლები, ტოლი);
- სივრცითი (შორს, ახლოს, უკან, ქვეშ, ზემოთ. . .);
- დროითი (ადრე, გვიან, განმავლობაში . . .);
- ატრიბუტული კავშირები (თვისების ქონა, მნიშვნე-ლობის ქონა);
- ლოგიკური კავშირები (და, ან . . .);
- ლინგვისტური კავშირები და ა. შ.

გადაწყვეტილების მიღების პრობლემა სემანტიკური ქსელის ტიპის ცოდნის ბაზაში დაიყვანება ქსელის ფრაგ-მენტის პოვნის ამოცანაზე, რომელიც ბაზისადმი დასმული მოთხოვნის ამსახველ რაიმე ქვექსელს შეესაბამება.

მაგალითი 1. 2:

სურ. 1.2-ზე ნაჩვენებია სემანტიკური ქსელი, წვეროების სახით აქ გამოიყენება ცნებები: "ადამიანი", "ალექსი", "ფორდი", "ავტომობილი", "ფერი", "ტრანსპორტის სახეობა" და "ძრავა".

ცოდნის წარმოდგენის ასეთი მოდელი შემო-თავაზებულ იქნა ამერიკელი ფსიქოლოგის ქვილიანის მიერ. მის უპირატესობას ძირითადად წარმოადგენს ის, რომ სხვა მოდელებთან შედარებით უკეთ შეესაბამება თანამედროვე



ფრეიმი წარმოადგენს აბსტრაქტულ სახეს რაიმე სტერეოტიპული აღქმის წარმოსადგენად.

ფსიქოლოგიასა და ფილოსოფიაში ცნობილია აბსტრაქტული სახის ცნება. მაგ. ხმამაღლა სიტყვა “ოთახის” წარმოთქმა მსმენელებში წარმოქმნის ოთახის სახეს: “საცხოვრებელი ადგილი ოთხი კედლით, იატაკით, ჭერით, ფანჯრებითა და კარით”. ამ აღწერიდან არაფრის გამოტოვება არ შეიძლება (მაგალითად, თუ არ ვახსენებთ ფანჯარას, მაშინ ეს იქნება საკუჭნაო და არა ოთახი), მაგრამ მასში არის ე.წ. “ხვრელები” ანუ “სლოტები” - ეს არის ატრიბუტების შეუვსებელი მნიშვნელობები – მაგალითად, ფანჯრების რაოდენობა, კედლების ფერი, ჭერის სიმაღლე, იატაკის საფარი და ა.შ. ფრეიმების თეორიაში ოთახის ასეთ სახეს ოთახის ფრეიმი ეწოდება.

განასხვავებენ ფრეიმ-პროტოტიპებს, რომლებიც ინახება ცოდნის ბაზაში და ფრეიმ-ეგზემპლარებს, რომლებიც მოწოდებული მონაცემების საფუძველზე რეალური ფაქტიური სიტუაციების ასახვისთვის იქმნება. ფრეიმის მოდელი საკმაოდ უნივერსალურია. ის საშუალებას იძლევა სამყაროზე ცოდნის მთელი მრავალფეროვნება ქვემოთ ჩამოთვლილი რამდენიმე საშუალებებით გამოსახოს:

- ფრეიმები – *სტრუქტურები* გამოიყენება ობიექტების და ცნებების აღსანიშნავად (მაგ. გირაო, სესხი, ვექსილი);
- ფრეიმები – *როლები* (მენეჯერი, მოლარე, კლიენტი);
- ფრეიმები – *სცენარები* (მაგ. აქციონერთა შეკრება, ვიზიტი რესტორანში);

- ფრეიმები – *სიტუაციები* (განგაში, ავარია, მოწყობილობის სამუშაო რეჟიმი).

განვიხილოთ ფრეიმ-სცენარის მაგალითი ცნებისათვის "კომერცია".

დავუშვათ, გვაქვს ორი ფრეიმი:

1. A კომპანიას აქვს X პროდუქტი, B კომპანიას – Y ფული.

2. B კომპანიას სჭირდება X პროდუქტი, A კომპანიას – Y ფული.

კომერციული სტრატეგიის აღწერისათვის საჭიროა სცენარში ორი ფრეიმით აისახოს ვაჭრობის ძირითადი წესები, ე. ი. იმისათვის, რომ A კომპანიამ დააინტერესოს B კომპანია (იყიდოს რაც შეიძლება მეტი X პროდუქტი ან გადაიხადოს მეტი Y ფული), მან შემდეგი ტაქტიკა უნდა განახორციელოს:

- შესთავაზოს მეტი X პროდუქტი გადახდილ თანხაში;
- აუხსნას მყიდველს X პროდუქტის სარგებლობა;
- რეკლამა გაუწიოს თავის პროდუქტს;
- აფიქრებინოს B კომპანიას, რომ მისი პროდუქტით

სხვა კომპანიებიც არიან დაინტერესებულები და ა. შ.

ტრადიციულად, ფრეიმის სტრუქტურა შეიძლება წარმოდგენილ იქნას თვისებების სიის სახით:

(ფრეიმის სახელი:

(I სლოტის სახელი: I სლოტის მნიშვნელობა),

(II სლოტის სახელი: II სლოტის მნიშვნელობა),

...

(N სლოტის სახელი: N-ური სლოტის მნიშვნელობა).

ეს ჩანაწერი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას შემდეგი ცხრილის სახით:

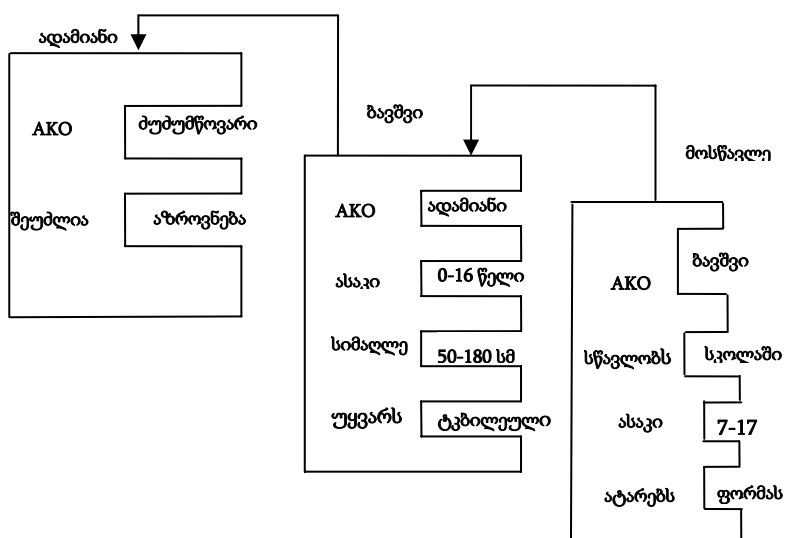
ფრეიმის სახელი			
სლოტის სახელი	სლოტის მნიშვნელობა	მნიშვნელობის მიღების ხერხი	მიერთებული პროცედურა

ცხრილში დამატებითი სვეტები განკუთვნილია სლოტის მიერ მისი მნიშვნელობის მიღების ხერხის აღსაწერად და ამა თუ იმ სლოტისათვის სპეციალური პროცედურების მისაერთებლად, რაც დაშვებულია ფრეიმების თეორიაში. სლოტის მნიშვნელობის სახით შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სხვა ფრეიმი, ასე იქმნება ფრეიმების ქსელი.

ფრეიმების თეორიის უმნიშვნელოვანეს თვისებას, რომელიც სემანტიკური ქსელების თეორიიდანაა აღებული, წარმოადგენს თვისებების მემკვიდრეობა. ფრეიმებშიც და სემანტიკურ ქსელებშიც მემკვიდრეობა ხორციელდება AKO კავშირებით (A-Kind-Of), რომელზეც ზემოთ უკვე ვისაუბრეთ. სლოტი AKO მიუთითებს იერარქიულად უფრო მაღალ დონეზე მდგომ ფრეიმზე, საიდანაც არაცხადად ხდება ანალოგიური სლოტების მნიშვნელობების მემკვიდრეობით მიღება.

მაგალითი 1.3:

ფრეიმების ქსელში (სურ. 1.3) ცნება „მოსწავლე“ მემკვიდრეობით იღებს “ბავშვი” და “ადამიანი” ფრეიმების თვისებებს, რომლებიც იერარქიის უფრო მაღალ დონეზე დგანან. მაგ. კითხვაზე “უყვარს თუ არა მოსწავლეს ტკბილეული”, პასუხი იქნება “დიახ”, რადგანაც ეს თვისება გააჩნია ყველა ბავშვს, რაც მითითებულია ფრეიმში “ბავშვი”. თვისებების მემკვიდრეობა შეიძლება იყოს ნაწილობრივი, მაგალითად, მოსწავლე ფრეიმ “ბავშვიდან” მემკვიდრეობით არ იღებს ასაკს, რადგანაც ის ნათლადაა მითითებული თავის საკუთარ ფრეიმში.



სურ. 1.3. ფრეიმების ქსელი

ფრეიმების, როგორც ცოდნის წარმოდგენის მოდელების, ძირითად უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ ისინი ადამიანის მეხსიერების ორგანიზაციის კონცეპტუალურ მოდელს გამოსახავენ. ფრეიმების ქსელებში ცოდნის წარმოდგენის სპეციალური ენები FRL (Frame Representation Language) და KRL (Knowledge Representation Language) სამრეწველო ექსპერტული სისტემების ეფექტურად აგების საშუალებას იძლევა. ფართოდაა ცნობილი ასევე ფრეიმზე ორიენტირებული სისტემები ANALYST, TRISTAN, ALTERID.

*ფორმალურ-ლოგიკური მოდელები* დაფუძნებულია პირველი რიგის პრედიკატების აღრიცხვაზე, როდესაც საგნობრივი სფერო ან ამოცანა აღიწერება აქსიომების ნაკრების სახით. I რიგის პრედიკატების აღრიცხვა სამრეწველო ექსპერტულ სისტემებში პრაქტიკულად არ გამოიყენება.

### **დასკვნის გამოტანის მექანიზმები**

ცოდნის წარმოდგენის მოდელებს შორის ყველაზე ფართო გავრცელება ჰპოვა პროდუქციულმა მოდელმა. პროდუქციული მოდელის გამოყენებისას ცოდნის ბაზა შედგება წესების ნაკრებისგან. პროგრამას, რომელიც მართავს წესების ნაკრებს, დასკვნის გამოტანის მანქანა ეწოდება.

დასკვნის გამოტანის მანქანა (წესების ინტერპრეტატორი) ორ ფუნქციას ასრულებს: ერთის მხრივ, მუშა მეხსიერებაში (მონაცემთა ბაზები) არსებული ფაქტების, ცოდნის ბაზის წესების განხილვა, მუშა მეხსიერებაში შეძლების-

დაგვარად ახალი ფაქტების დამატება და მეორეს მხრივ, წესების განხილვისა და გამოყენების მიმდევრობის განსაზღვრა. ეს მექანიზმი მართავს კონსულტაციის პროცესს, მომხმარებლებისათვის ინახავს ინფორმაციას მიღებული დასკვნების შესახებ და ითხოვს მათგან ინფორმაციას, როდესაც მორიგი წესის დასამუშავებლად მუშა მეხსიერებაში არასაკმარისი მონაცემები აღმოჩნდება.

ცოდნაზე დაფუძნებული სისტემების უმეტესობაში დასკვნის გამოტანის მექანიზმი წარმოადგენს მცირე მოცულობის პროგრამას და მოიცავს ორ კომპონენტს - ერთი ახორციელებს დასკვნის გამოტანას, ხოლო მეორე - ამ პროცესის მართვას.

დასკვნის კომპონენტის მოქმედება დაფუძნებულია *modus ponens* წესის გამოყენებაზე. ეს წესი მდგომარეობს შემდეგში: თუ ცნობილია, რომ A მტკიცება ჭეშმარიტია და არსებობს “თუ A, მაშინ B” სახის წესი, მაშინ B მტკიცებაც ასევე ჭეშმარიტია.

დასკვნის კომპონენტი უნდა ფუნქციონირებდეს საკმარისი ინფორმაციის არარსებობის დროსაც კი. მიღებული გადაწყვეტილება შეიძლება ზუსტი არ იყოს, მაგრამ სისტემა არ უნდა გაჩერდეს იმის გამო, რომ მას შესასვლელი ინფორმაციის რაღაც ნაწილი აკლია.

მმართველი კომპონენტი განსაზღვრავს წესების გამოყენების მიმდევრობას და ასრულებს ოთხ ფუნქციას:

1. შედარება – არსებულ ფაქტებთან წესის შესაბამისობის დადგენა;

2. არჩევა - თუ კონკრეტულ სიტუაციაში ერთბაშად რამდენიმე წესის გამოყენება შეიძლება, მაშინ მათგან აირჩევა მოცემული კრიტერიუმის მიხედვით ყველაზე შესაბამისი ერთი რომელიმე წესი (კონფლიქტის მოგვარება);
3. წესის ამუშავება - თუ წესის ნიმუში შედარების დროს დაემთხვა რაიმე ფაქტებს მუშა მეხსიერებიდან, მაშინ ეს წესი ამუშავდება.
4. მოქმედება - თუ წესის მარჯვენა ნაწილი შეიცავს მითითებას რაიმე მოქმედებაზე, მაშინ ის სრულდება.

პროდუქციის ინტერპრეტატორი ციკლურად მუშაობს. თითოეულ ციკლში ის განიხილავს ყველა წესს, რათა გამოავლინოს ისინი, რომლებიც ემთხვევა მოცემული მომენტისთვის ცნობილ ფაქტებს მუშა მეხსიერებიდან. შერჩევის შემდეგ წესი ამუშავდება, მისი უკანასკნელი ნაწილის შეტანა ხდება მუშა მეხსიერებაში და ციკლი ისევ მეორდება.

ერთ ციკლში მხოლოდ ერთი წესის ამუშავება შეიძლება. თუ რამდენიმე წესი აღმოჩნდა არსებული ფაქტების შესაბამისი, მაშინ ინტერპრეტატორი, განსაზღვრული კრიტერიუმის თანახმად, მაინც ერთადერთი წესის შერჩევას განახორციელებს. სწორედ ამ წესის ამუშავება მოხდება მოცემულ ციკლში.

ძიების შერჩეულ მეთოდზეა დამოკიდებული წესების ამუშავებისა და გამოყენების წესი. შერჩევის პროცედურა დაიყვანება ძიების მიმართულების განსაზღვრისა და მისი განხორციელების მეთოდზე.

დასკვნის გამოტანის სტრატეგიის შემუშავებისას მნიშვნელოვანია ორი საკითხის განსაზღვრა:

1. მდგომარეობის სივრცეში რომელი წერტილი უნდა მივიჩნიოთ საწყისად? ამ წერტილის არჩევაზე დამოკიდებული თუ რომელი მიმართულებით (პირდაპირი ან უკუმიმართულება) შესრულდება ძიება;
2. რომელი მეთოდების გამოყენებით შეიძლება გაიზარდოს გადაწყვეტილების მიღების ეფექტურობა? ეს მეთოდები განისაზღვრება გადარჩევის შერჩეული სტრატეგიის მიხედვით.

უკუ მიმართულებით დასკვნის გამოტანისას თავიდან რაიმე ჰიპოთეზის წამოყენება ხდება, შემდეგ გამოტანის მექანიზმი უკან ბრუნდება, გადადის ფაქტებზე, ცდილობს იპოვოს ის ფაქტები, რომლებიც დაადასტურებენ ამ ჰიპოთეზას. თუ ის სწორი აღმოჩნდება, მაშინ აირჩევა შემდგომი ჰიპოთეზა, რომელიც ახდენს პირველის დეტალიზებას და მის ქვემიზანს წარმოადგენს. შემდეგ ხორციელდება იმ ფაქტების მოძებნა, რომლებიც ადასტურებენ დაქვემდებარებული ჰიპოთეზის ჭეშმარიტებას.

პირდაპირი მიმართულებით დასკვნის გამოტანისას ცნობილი ფაქტების მიხედვით ხდება ამ ფაქტებიდან გამომდინარე დასკვნის ფორმირება.

არსებობენ მეთოდები, რომლებშიც დასკვნის გამოტანა ზემოთ აღნიშნული ორივე მეთოდის კომბინაციას ეფუძნება.

## სიღრმეში და სიგანეში ძიების მეთოდები

ისეთ სისტემებში, რომელთა ცოდნის ბაზებიც ასობით წესებს შეიცავენ, უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს დასკვნის გამოტანის რაიმე სტრატეგია, რომელიც გადაწყვეტილების მიღების დროის მინიმიზების საშუალებას იძლევა. ასეთ სტრატეგიებს მიეკუთვნება: ძიება სიღრმეში, ძიება სიგანეში, ქვეამოცანებად დაყოფა და ალფა-ბეტა ალგორითმი.

სიღრმეში ძიებისას მორიგი ქვემიზნის სახით აირჩევა ის, რომელიც შეესაბამება ამოცანის აღწერის უფრო დეტალურ დონეს. დიაგნოსტიკური სისტემა, რომელმაც ცნობილი სიმპტომების საფუძველზე ივარაუდა განსაზღვრული დაავადების არსებობა, გააგრძელებს გამოკითხვას ამ დაავადების სიმპტომების შესახებ, გამოთქმული მოსაზრების სრულად უარყოფამდე.

სიგანეში ძიებისას, სისტემა თავიდან გაანალიზებს მდგომარეობის სივრცეში ერთ დონეზე მყოფ ყველა სიმპტომს, მაშინაც კი, თუ ისინი სხვადასხვა დაავადებას ეხება და მხოლოდ შემდეგ გადავა მომდევნო დონის სიმპტომებზე.

ქვეამოცანებად დაყოფა გულისხმობს იმ ქვეამოცანების გამოყოფას, რომელთა ამოხსნაც შუალედური მიზნების მიღწევის საშუალებას იძლევა საბოლოო მიზნამდე მისაღწევ გზაზე.

ალფა-ბეტა ალგორითმის გამოყენებით შესაძლებელია მდგომარეობის სივრცის შემცირება არაკერსპექტიული შტოების წაშლით, რაც სწრაფსა და წარმატებულ ძიებას უზრუნველყოფს.

## არამკაფიო ცოდნა

ადამიანის ცოდნის ფორმალიზებისას მკვლევარებისათვის პრობლემას წარმოადგენდა ამ ცოდნის ტრადიციული მათემატიკური აპარატის საშუალებით აღწერა. არსებობს აღწერების მთელი კლასი, რომელიც ოპერირებს ობიექტების ხარისხობრივი მახასიათებლებით (ბევრი, ცოტა, ძლიერი, ძალიან ძლიერი და ა.შ.) ეს მახასიათებლები ჩვეულებრივ ბუნდოვანია და არ შეიძლება ერთმნიშვნელოვნად იყოს ინტერპრეტირებული, თუმცა ისინი მნიშვნელოვან ინფორმაციას შეიცავენ.

ადამიანს გააჩნია არაჩვეულებრივი უნარი მიიღოს სწორი გადაწყვეტილებები მაშინაც, როდესაც გადაწყვეტილების მისაღებად საჭირო ინფორმაცია არასრული ან ბუნდოვანია (არამკაფიოა). ადამიანის ასეთი უნარის მოდელირებისათვის შეიქმნა არამკაფიო სიმრავლების თეორია, რომლის დამფუძნებლადაც კალიფორნიის უნივერსიტეტის პროფესორი ლ. ზადე ითვლება. არამკაფიო სიმრავლის ცნების საშუალებით შეიქმნა ადამიანის ინტელექტუალური საქმიანობის იმ ასპექტების აღწერის მათემატიკური აპარატი, რომელიც დაკავშირებულია არამკაფიო და ბუნდოვან გამონათქვამებთან და მათგან მიღებულ გადაწყვეტილებებთან. ზადემ არამკაფიო ალგებრისა და არამკაფიო ლოგიკის ფორმალური აპარატი შეიმუშავა. მოგვიანებით ამ მიმართულებამ საფუძველი ჩაუყარა ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთ საინტერესო შტოს - რბილი გამოთვლები (Soft computing).

ზადემ შემოიტანა ლინგვისტური ცვლადის ცნება. ლინგვისტურია ცვლადი, რომლის მნიშვნელობაც განისაზღვრება რაიმე თვისების ვერბალური (სიტყვიერი) დახასიათების ნაკრებით.

### არამკაფიო ლოგიკის თეორიის საფუძვლები

დავუშვათ,  $A$  არის უნივერსალური სიმრავლე, ხოლო  $X$  – სიმრავლის ელემენტი,  $R$  –  $X$  ელემენტების რაღაც თვისება. მოცემული აღნიშვნებით ჩვეულებრივი სიმრავლე, რომლის ელემენტები აკმაყოფილებენ  $R$  თვისებას, აღიწერება გამოსახულებით:

$$A = \{X : X, \text{ რომელიც აკმაყოფილებს } R \text{ თვისებას}\} \quad (1.1)$$

სხვა სახით იგივე ფაქტი შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი გამოსახულებით:

$$A = \{X : \mu_R(X) = 1\} \quad (1.2)$$

სადაც  $\mu_R(X)$  წარმოადგენს მიკუთვნების მახასიათებელ ფუნქციას, რომელსაც შეუძლია ზოგადად მიიღოს მნიშვნელობები  $[0;1]$  შუალედიდან. გამოსახულება (1.2)-ის შემთხვევაში მიკუთვნების ფუნქცია ხისტად მიიღებს ერთის ტოლ მნიშვნელობებს, რაც ნიშნავს, რომ  $A$  სიმრავლეში შედის მხოლოდ ის ელემენტები (და არა სხვა რომელიმე), რომლებსაც გააჩნიათ  $R$  თვისება.

მაგალითად,  $A$  სიმრავლე შეიძლება იყოს გამხდარი ადამიანების ერთობლიობა, მაშინ ამ სიმრავლის დამატება წარმოადგენს მსუქანი ადამიანების სიმრავლეს. ეს სიმრავ-

ლევები შეიძლება აღიწეროს (1.2) გამოსახულების მიხედვით:

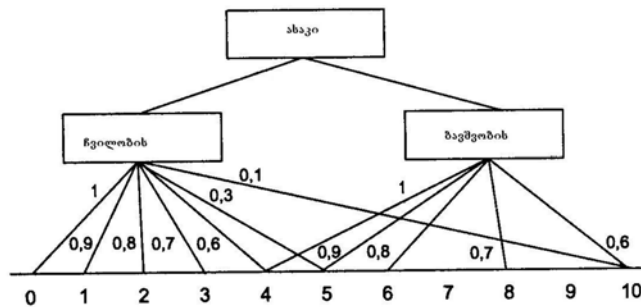
$$A = \{X : \mu_R(X) = 1\}; \quad \bar{A} = \{X : \mu_R(X) = 0\} \quad (1.3)$$

(1.3) გამოსახულებები წაიკითხება შემდეგნაირად: A სიმრავლე შედგება ისეთი X ელემენტებისაგან, რომლისთვისაც  $\mu_R(X)$  მიკუთვნების ფუნქცია ერთის ტოლია.  $\bar{A}$  სიმრავლე შედგება ისეთი ელემენტებისაგან, რომლებისთვისაც მიკუთვნების ფუნქცია  $\mu_R(X) = 0$ . ორივე შემთხვევაში, როგორც A სიმრავლე, ასევე  $\bar{A}$  სიმრავლე ჩვეულებრივ, მკაფიო სიმრავლეებს წარმოადგენენ.

არამკაფიო ეწოდება ისეთ A სიმრავლეს, რომელშიც მოიძებნება თუნდაც ერთი ელემენტი (მაგალითად, X), რომლის მიკუთვნების ფუნქცია აკმაყოფილებს პირობას:

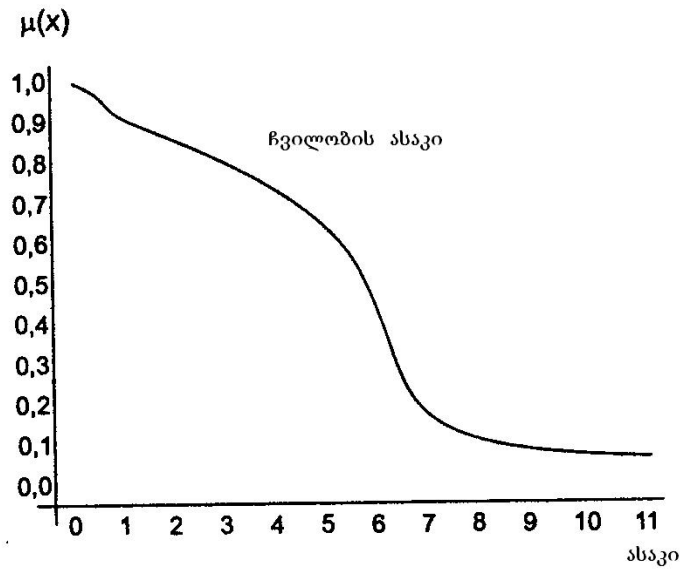
$$0 < \mu_R(X) < 1 \quad (1.4)$$

სურ. 1. 4-ზე ნაჩვენებია, ბაზური სკალის ერთი და იმავე მნიშვნელობები როგორ შეიძლება მონაწილეობდნენ სხვადასხვა არამკაფიო სიმრავლის განსაზღვრაში.



სურ. 1.4. არამკაფიო სიმრავლეების ფორმირება

სურ. 1.5-ზე აბსცისთა ღერძზე გადაზომილია ასაკი, ხოლო ორდინატთა ღერძზე გადაზომილია მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობები  $[0;1]$  შუალედიდან. სურათიდან ჩანს, რომ 6 თვემდე ასაკი მიკუთვნების მაღალი ხარისხით ( $m=1$ ) შეიძლება ჩვილობის ასაკად ჩაითვალოს. ოთხ წლამდე ასაკიც ასევე ჩვილობის ასაკად ითვლება, მაგრამ მიკუთვნების უფრო ნაკლები ხარისხით ( $0.5 < m < 0.9$ ), ათი წლის ასაკისთვის მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობა ნულს უახლოვდება.



სურ. 1.5. მიკუთვნების ფუნქციის გრაფიკი არამკაფიო სიმრავლისადმი "ჩვილობის ასაკი"

## თავი 2. ცოდნაზე დაფუძნებული სისტემების შემუშავება

### ექსპერტული სისტემების დანიშნულება

ექსპერტული სისტემები წარმოადგენს ადამიანის აზროვნების მოდელირების სფეროში ხანგრძლივი კვლევების შედეგს. სისტემა ინტელექტუალურია იმ შემთხვევაში, თუ მას გააჩნია ცოდნა და შეუძლია მისი გამოყენება, ცოდნის გარეშე არ არსებობს ინტელექტუალური სისტემა. ამოცანების ფართო კლასების გადაწყვეტის ზოგადი მეთოდების გამოყენებით უნივერსალური კომპიუტერული პროგრამების შემუშავებამ ხელოვნური ინტელექტის სისტემების შექმნის მიმართულებით არსებითი პრაქტიკული შედეგები ვერ მოიტანა. ნათელი გახდა ამ სფეროში ფორმალურ-მათემატიკური მეთოდების გამოყენების უკიდურესი შეზღუდულობა და ცოდნის წარმოდგენის და ძიების სხვადასხვა გზის შემუშავების აუცილებლობა. შედეგად მიღებულ იქნა პრინციპიალურად ახალი კონცეფცია - იმისათვის რომ სისტემა გავხადოთ ინტელექტუალური, მას უნდა გადავცეთ სპეციალური ცოდნა რაიმე საგნობრივი სფეროს შესახებ.

ექსპერტული სისტემა არის კომპიუტერის პროგრამა, რომელიც რეკომენდაციების შემუშავების ან პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით იყენებს ცოდნას განსაზღვრული საგნობრივი სფეროდან. ცოდნა გულისხმობს გარკვეულ ორგანიზაციასა და ინტეგრაციას - ცალკეული ცნობები (ინფორ-

მაციები) უნდა უკავშირდებოდეს ერთმანეთს და ქმნიდეს ჯაჭვს, რომელშიც ერთი რგოლი თავისკენ „ეწევა“ დანარჩენებს. საბოლოოდ, ამ ცოდნიდან უნდა გამომდინარეობდეს პრობლემის გადაწყვეტა ან რეკომენდაციების შემუშავება. ექსპერტული სისტემა არის პროგრამა, რომელიც ცვლის ექსპერტს ამა თუ იმ სფეროში. ექსპერტულ სისტემას შეუძლია მთლიანად აიღოს თავის თავზე ის ფუნქციები, რომელთა შესრულებაც ჩვეულებრივ მოითხოვს ადამიანი – სპეციალისტის გამოცდილებას ან შეასრულოს გადაწყვეტილების მიმღები ადამიანის ასისტენტის როლი. ექსპერტულმა სისტემამ უნდა იპოვოს ამოცანის ისეთი გადაწყვეტა, რომელიც არ იქნება იმაზე უარესი, რომელსაც შემოგვთავაზებს მოცემული საგნობრივი სფეროს სპეციალისტი. ექსპერტული სისტემის ტრადიციული პროგრამებისგან განსხვავება ჩანს ქვემოთ მოცემული ცხრილიდან:

ტრადიციული პროგრამები                      ექსპერტული სისტემები

მონაცემების დამუშავება	ცოდნის ინჟინერია
მონაცემების წარმოდგენა და გამოყენება	ცოდნის წარმოდგენა და გამოყენება
ალგორითმები	ევრისტიკა
განმეორებითი გავლა	ლოგიკური დასკვნა
მონაცემთა დიდი ბაზების დამუშავება	ცოდნის დიდი ბაზების დამუშავება

ექსპერტული სისტემა, გამოთვლითი ოპერაციების გარდა, ახორციელებს განსაზღვრული მოსაზრებებისა და დასკვნების ფორმირებას, იმ ცოდნაზე დაყრდნობით, რომელიც მას გააჩნია. სისტემაში ცოდნა წარმოდგენილია რაიმე სპეციალურ ენაზე და ინახება ცალკე პროგრამული კოდის სახით. პროგრამის ამ კომპონენტს ცოდნის ბაზას უწოდებენ.

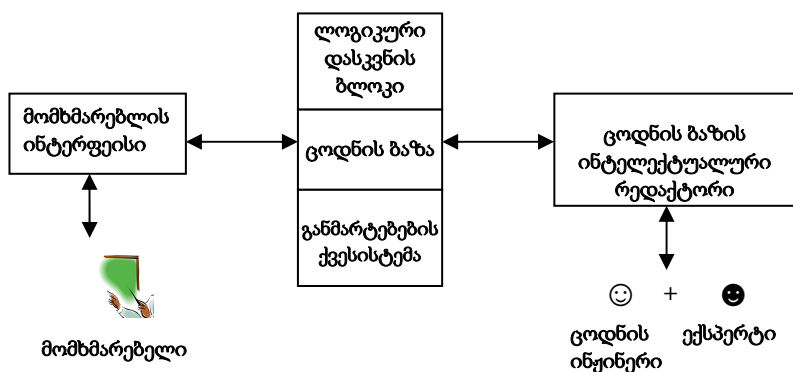
ექსპერტული სისტემები განკუთვნილია ამოცანების ფართო კლასის – არაფორმალიზებადი ამოცანების გადასაწყვეტად. ასეთი ამოცანები ჩვეულებრივ ხასიათდებიან:

- საწყისი მონაცემებისა და ცოდნის არაერთმნიშვნელოვნებით, არასრულობითა და წინააღმდეგობრივობით;
- შესაძლო გადაწყვეტათა დიდი რაოდენობით;
- დინამიკურად ცვლადი მონაცემებითა და ცოდნით.

ექსპერტული სისტემები მონაცემთა დამუშავების სისტემებისგან იმით განსხვავდება, რომ მათში ძირითადად გამოიყენება ცოდნის წარმოდგენის სიმბოლური (და არა რიცხვითი) ხერხები, სიმბოლური დასკვნა და გადაწყვეტილების ევრისტიკული ძიება (და არა ცნობილი ალგორითმის შესრულება). ექსპერტული სისტემის გადაწყვეტილებები ხასიათდება „გამჭვირვალობით“. გამჭვირვალობა წარმოადგენს სისტემის უნარს ახსნას, თუ რის საფუძველზეა მიღებული გადაწყვეტილება. ექსპერტულ სისტემას შეუძლია ახსნას, რატომაა ამოცანის სწორედ ასეთი გადაწყვეტა შემოთავაზებული და დაამტკიცოს მისი საფუძვლიანობა. გარდა ამისა, ექსპერტულ სისტემებს შეუძლიათ შეავსონ თავიანთი ცოდნა ექსპერტთან ურთიერთქმედების პროცესში.

## ექსპერტული სისტემის სტრუქტურა

ექსპერტული სისტემის ზოგადი სტრუქტურა ნაჩვენებია სურ. 2.1-ზე:



სურ. 2.1. ექსპერტული სისტემის სტრუქტურა

სურ. 2.1-ზე გამოსახული ბლოკები ნებისმიერი ექსპერტული სისტემის აუცილებელ კომპონენტს წარმოადგენს. რეალურ ექსპერტულ სისტემებს შეიძლება ბევრად უფრო რთული სტრუქტურა ჰქონდეთ.

ექსპერტული სისტემის ფუნქციონირების პროცესის წარმოდგენა შესაძლებელია შემდეგი სახით: მომხმარებელი, რომელსაც სურს საჭირო ინფორმაციის მიღება, მომხმარებლის ინტერფეისის მეშვეობით შეკითხვას უსვამს ექსპერტულ სისტემას; დასკვნის გამოტანის მექანიზმი ცოდნის ბაზის გამოყენებით მომხმარებელს აძლევს შესაბამის რეკო-

მენდაციას და განმარტების ქვესისტემის დახმარებით ხსნის თავისი მსჯელობის პროცესს.

**მომხმარებელი** – საგნობრივი სფეროს სპეციალისტი, რომლისთვისაც განკუთვნილია სისტემა. ჩვეულებრივ, მისი კვალიფიკაცია საკმარისად მაღალი არ არის და ამიტომაც მას თავის საქმიანობაში სჭირდება ექსპერტული სისტემის დახმარება.

**ცოდნის ინჟინერი (კოგნიტოლოგი, ინჟინერ - ინტერპრეტატორი, ანალიტიკოსი)** – ხელოვნური ინტელექტის სპეციალისტი, რომელიც შუალედური ბუფერის როლში გამოდის ექსპერტსა და ცოდნის ბაზას შორის.

**მომხმარებლის ინტერფეისი (დიალოგური კომპონენტი)** – პროგრამების კომპლექსი, რომელიც ახორციელებს ექსპერტულ სისტემასთან მომხმარებლის დიალოგს, როგორც ინფორმაციის შეტანის, ასევე შედეგების მიღების სტადიაზე.

**ცოდნის ბაზა** – სემანტიკური მოდელი, რომელიც აღწერს საგნობრივ სფეროს და საშუალებას იძლევა პასუხი იქნეს გაცემული ისეთ კითხვებზე საგნობრივი სფეროდან, რომლებზეც პასუხები ბაზაში ცხადი სახით არ არის. ცოდნის ბაზა წარმოადგენს ინტელექტუალური და ექსპერტული სისტემების ძირითად კომპონენტს.

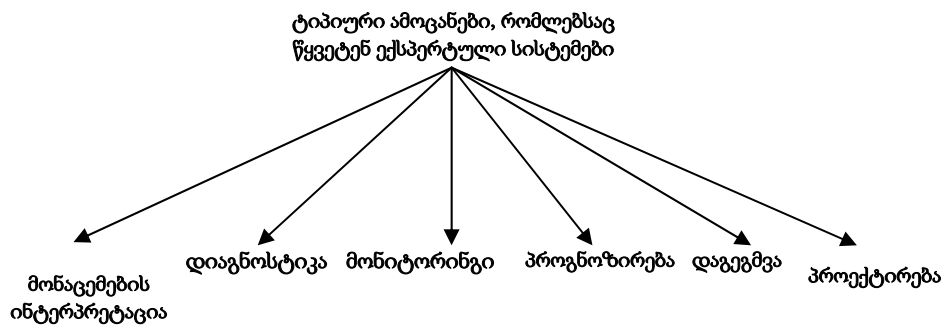
**გადაწყვეტილების მიმღები (დედუქციური მანქანა, დასკვნის მანქანა, ლოგიკური დასკვნის ბლოკი)** იყენებს საწყის მონაცემებსა და ცოდნას, აყალიბებს წესების ისეთ მიმდევრობას, რომელთა გამოყენებას საწყისი მონაცემების მიმართ ამოცანის გადაწყვეტამდე მივყავართ.

*განმარტებების ქვესისტემა (ამხსნელი კომპონენტი)*  
 ხსნის, როგორ მივიდა სისტემა ამოცანის ასეთ გადაწყვეტამდე და რა ცოდნა გამოიყენა მან ამისათვის. ეს უადვილებს ექსპერტს სისტემის ტესტირებას და ზრდის მომხმარებლის რწმენას მიღებული შედეგისადმი.

*ცოდნის ბაზის ინტელექტუალური რედაქტორი* – პროგრამა, რომელიც ცოდნის ინჟინერს საშუალებას აძლევს შექმნას ცოდნის ბაზა დიალოგურ რეჟიმში.

### ექსპერტული სისტემების კლასიფიკაცია

ექსპერტული სისტემების კლასიფიკაცია ყველაზე ხშირად ხორციელდება გადასაწყვეტი ამოცანების, რეალურ დროსთან კავშირის, ეგმ-ის ტიპისა და ინტეგრაციის ხარისხის მიხედვით; ექსპერტული სისტემები სხვადასხვა ტიპის ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება (სურ. 2.2):



სურ. 2.2. ტიპიური ამოცანები, რომლებსაც წყვეტენ ექსპერტული სისტემები

**მონაცემების ინტერპრეტაცია** – ინფორმაციის ანალიზი მისი შინაარსის განსაზღვრის მიზნით (მაგ. SPE - გამა-გლობულინის კონცენტრაციის განსაზღვრა სისხლში);

**დიაგნოსტიკა** – ინტერპრეტაციის შედეგებზე დაფუძნებული კლასიფიკაცია და უწყისივრობის (გაუმართაობის) ძიება ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში (მაგ.: კორონარული სისხლძარღვების შევიწროების დიაგნოსტიკისა და თერაპიის ექსპერტული სისტემა – ANGY; ბაქტერიული ინფექციების დიაგნოსტიკა - MYCIN);

**მონიტორინგი** – სიგნალების ინტერპრეტაციის უწყვეტი პროცესი და შეტყობინების გადაცემა სიტუაციებში, როდესაც საჭიროა უფრო მაღალი დონის სისტემის ან ადამიანის ჩარევა (მაგ.: ატომური რეაქტორის დისპეტჩერების დამხმარე ექსპერტული სისტემა REACTOR; ავარიული გადამწოდების კონტროლი ქიმიურ ქარხნებში – FALCON, VM – ავადმყოფის მდგომარეობაზე დაკვირვება ინტენსიური თერაპიის პალატაში);

**პროგნოზირება** – წარსულისა და ახლანდელი დროის მოდელის საფუძველზე მოვლენების პროგნოზირება (მაგ. ამინდის პროგნოზირება – სისტემა WILLARD, პროგნოზები ეკონომიკაში – ECON);

**დაგეგმვა** – სამოქმედო პროგრამის მომზადება, რომლის შესრულებაც აუცილებელია ფორმულირებული მიზნების მისაღწევად (მაგ. რობოტის ქცევის მოდელირება – STRIPS, ექსპერიმენტის დაგეგმვა – MOLGEN);

**პროექტირება** – დეტალური დოკუმენტაციის შემუშავება, რომელიც განკუთვნილია იმ ობიექტების შესა-

ქმნელად, რომლებიც აკმაყოფილებენ გარკვეულ სპეციფიურ მოთხოვნებს. XCON (R1) – აპარატურული საშუალებების ოპტიმალური კონფიგურაციის ამორჩევა.

ექსპერტული სისტემების გამოყენების სფეროებია: მედიცინა, მათემატიკა, გეოლოგია, კანონმდებლობა, ფინანსები, სამხედრო საქმე, ნავთობისა და გაზის მრეწველობა, ენერგეტიკა, ტრანსპორტი, ფარმაცევტული წარმოება, მეტალურგია, ქიმია, განათლება და ა. შ.

რეალურ დროსთან კავშირის მიხედვით განასხვავებენ სტატიკურ და დინამიკურ ექსპერტულ სისტემებს.

სტატიკური ექსპერტული სისტემები გამოიყენება ისეთ ამოცანებში, სადაც შესაძლებელია მხედველობაში არ იქნეს მიღებული ამოცანის ამოხსნის პერიოდში მიმდინარე ცვლილებები გარემომცველ სამყაროში. პირველი ექსპერტული სისტემები, რომლებმაც პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვეს, სტატიკური იყო. სტატიკური ექსპერტული სისტემების მაგალითია ავტომობილის გაუმართაობის დიაგნოსტიკის ექსპერტული სისტემა.

დინამიკური ექსპერტული სისტემა, განსხვავებით სტატიკურისგან, შეიცავს ორ დამატებით კომპონენტს: გარე სამყაროს მოდელირების ქვესისტემა და გარემომცველ სამყაროსთან კავშირის ქვესისტემა. ეს უკანასკნელი გარე სამყაროსთან კავშირს ამყარებს გადამწოდებისა და კონტროლერების მეშვეობით. დინამიკური ექსპერტული სისტემის მაგალითია მონიტორინგი რეანიმაციულ პალატებში.

ეგმ-ის ტიპის მიხედვით თანამედროვე ექსპერტული სისტემები შეიძლება დახასიათდეს შემდეგნაირად:

- ექსპერტული სისტემები სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი ამოცანებისათვის სუპერ ეგმ-ზე (CRAY, CONVEX და ა.შ.);
- ექსპერტული სისტემა სიმბოლურ პროცესორებზე და სერვერებზე (SUN, Silicon Graphics, APOLLON);
- ექსპერტული სისტემა მინი და სუპერმინი ეგმ-ზე (VAX, micro-VAX და ა.შ).
- ექსპერტული სისტემები პერსონალურ კომპიუტერებზე.

სხვა პროგრამებთან ინტეგრაციის ხარისხის მიხედვით ექსპერტული სისტემები იყოფა ავტონომიურ და ჰიბრიდულ სისტემებად.

ავტონომიური ექსპერტული სისტემები მომხმარებელთან მუშაობენ უშუალოდ კონსულტაციის რეჟიმში სპეციფიური "ექსპერტული" ამოცანებისათვის, რომელთა ამოსახსნელად არ მოითხოვება მონაცემთა დამუშავების ტრადიციული მეთოდების (გაანგარიშებები, მოდელირება და ა.შ.) გამოყენება.

ჰიბრიდული ექსპერტული სისტემები წარმოადგენენ პროგრამულ კომპლექსებს, რომლებიც ახდენენ გამოყენებითი პროგრამების სტანდარტული პაკეტებისა (მაგ. მათემატიკური სტატისტიკა, წრფივი დაპროგრამება ან მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები) და ცოდნით მანიპულირების საშუალებების აგრეგაციას.

## ექსპერტული სისტემების შემუშავება

ექსპერტული სისტემის შემუშავება არსებითად განსხვავდება ჩვეულებრივი პროგრამული პროდუქტის შექმნისგან. ექსპერტული სისტემის შესაქმნელად ტრადიციულ დაპროგრამებაში მიღებული მეთოდოლოგიის გამოყენება ახანგრძლივებს ექსპერტული სისტემის შექმნის პროცესს ან საერთოდ არ იძლევა დადებით შედეგს. ექსპერტული სისტემა გამოყენებული უნდა იქნეს მხოლოდ მაშინ, როდესაც სისტემის შექმნა შესაძლებელია და გამართლებულია, ასევე ცოდნის ინჟინერიის მეთოდები შეესაბამება გადასაწყვეტ ამოცანას. იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს ექსპერტული სისტემის შემუშავება მოცემული ამოცანისათვის, აუცილებელია შემდეგი მოთხოვნების ერთდროული შესრულება:

- არსებობენ მოცემული სფეროს ექსპერტები, რომლებიც ამოცანებს გაცილებით უკეთესად წყვეტენ, ვიდრე დამწყები სპეციალისტები;
- შესაძლებელია ცოდნის მიღება ექსპერტებისგან და მისი ცოდნის ბაზაში წარმოდგენა;
- აუცილებელი არ არის ამოცანა მოცემული იყოს ფორმალური სახით, მაგრამ აუცილებლად უნდა იყოს გამოყოფილი ძირითადი ცნებები, დამოკიდებულებები და ამოცანის გადაწყვეტის ცნობილი (თუნდაც ექსპერტისათვის) მეთოდები;
- ამოცანის რეალიზაციისათვის არსებობს პროგრამულ-ტექნიკური საშუალებების კომპლექსი.

ზოგჯერ შესაძლებელია ექსპერტული სისტემის გამოყენება მოცემული ამოცანისათვის, მაგრამ შეიძლება ეს სულაც არ იყოს გამართლებული. ექსპერტული სისტემის გამოყენება შეიძლება გამართლებული იყოს ერთ-ერთი შემდეგი ფაქტორის არსებობისას:

- ამოცანის გადაწყვეტა მოიტანს მნიშვნელოვან ეფექტს, მაგალითად, ეკონომიკურს;
- ადამიანი-ექსპერტის გამოყენება შეუძლებელია ან ექსპერტების არასაკმარისი რაოდენობის, ან სხვადასხვა ადგილზე ერთდროულად ექსპერტიზის ჩატარების აუცილებლობის გამო;
- ამოცანის გადაწყვეტა უნდა მოხდეს ადამიანისათვის სახიფათო გარემოში.

გადასაწყვეტი ამოცანა ამოხსნილი უნდა იყოს სიმბოლოების და არა რიცხვების მანიპულაციის გზით, როგორც ეს მიღებულია მათემატიკურ მეთოდებსა და ტრადიციულ დაპროგრამებაში.

ამოცანას უნდა ჰქონდეს ევრისტიკული და არა ალგორითმული ბუნება, ანუ მისი გადაწყვეტა უნდა მოითხოვდეს ევრისტიკული წესების გამოყენებას. ცხადია, ამოცანა საკმარისად რთული უნდა იყოს, რომ გაამართლოს ექსპერტული სისტემის შემუშავების დანახარჯები.

ექსპერტული სისტემის შემუშავებაში მონაწილეობენ:

- იმ პრობლემური სფეროს ექსპერტი, რომლის ამოცანაც უნდა ამოხსნას ექსპერტულმა სისტემამ;
- ცოდნის ინჟინერი (ანალიტიკოსი) – ექსპერტული სისტემის შემუშავების სპეციალისტი. მის მიერ

გამოყენებულ მეთოდებს (ტექნოლოგიას) უწოდებენ ცოდნის ინჟინერიის მეთოდებს (ტექნოლოგიას);

- პროგრამისტი.

უნდა აღინიშნოს, რომ ცოდნის ინჟინრების არარსებობა (მათი ჩანაცვლება პროგრამისტებით) ხშირად იწვევს წარუმატებლობას ექსპერტული სისტემის შექმნაში ან მნიშვნელოვნად ახანგრძლივებს ექსპერტული სისტემის შექმნის პროცესს. სისტემის შემუშავების პროცესში მიზანშეწონილია პოტენციური მომხმარებლების ჩართვა.

ექსპერტული სისტემების უმრავლესობა წარმოადგენს თანამშრომლობის ნაყოფს ექსპერტსა (მაგ. ექიმი, ქიმიკოსი, გეოლოგი, ინჟინერი) და ხელოვნური ინტელექტის სპეციალისტს შორის.

ექსპერტი იძლევა აუცილებელ ცოდნას საგნობრივ სფეროზე, აღწერს გადაწყვეტილების მიღების საკუთარ მეთოდებს და ახდენს ამ უნარ-ჩვევების დემონსტრირებას კარგად შერჩეულ მაგალითებზე.

ხელოვნური ინტელექტის სპეციალისტი ანუ ცოდნის ინჟინერი (Knowledge Engineer), როგორც ხშირად უწოდებენ ექსპერტული სისტემის შემქმნელებს, პასუხისმგებელია ამ ცოდნის რეალიზაციაზე პროგრამაში. პროგრამის ექსპერტულ უნარიანობას ამოწმებენ მისთვის საცდელი ამოცანების მიცემით. ექსპერტი კრიტიკული თვალთვლით უყურებს პროგრამას და მის ცოდნის ბაზაში შეაქვს აუცილებელი ცვლილებები. პროცესი მეორდება, სანამ პროგრამა არ მიაღწევს ქმედუნარიანობის მოთხოვნილ დონეს. ექსპერტი განსა-

ზღვრავს იმ ცოდნას (მონაცემებსა და წესებს), რომელიც ახასიათებს პრობლემურ სფეროს, უზრუნველყოფს ექსპერტულ სისტემაში შეტანილი ცოდნის სისრულესა და სისწორეს. ექსპერტი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ფიგურაა, რომლის პროფესიონალიზმი განსაზღვრავს ცოდნის ბაზის კომპეტენციის დონეს, მისთვის სასურველი თვისებებია: კეთილგანწყობა, მზადყოფნა იმისათვის, რომ საკუთარი გამოცდილება გაუზიაროს სხვას, ახსნის უნარი (პედაგოგიური ჩვევები). გარდა იმისა, რომ ექსპერტი უნდა იყოს მაღალკვალიფიციური სპეციალისტი არჩეულ საგნობრივ სფეროში, სასურველია ის იცნობდეს ხელოვნური ინტელექტისა და ექსპერტული სისტემების საფუძვლებს, რათა ეფექტურად განხორციელდეს ცოდნის ინჟინრის მიერ ექსპერტისგან ცოდნის მიღების პროცესი. ცოდნის ინჟინერი ექსპერტს ეხმარება ექსპერტული სისტემის მუშაობისათვის აუცილებელი ცოდნის გამოვლენასა და სტრუქტურირებაში, ახორციელებს იმ ინსტრუმენტული საშუალების ამორჩევას, რომელიც უკეთ შეესაბამება მოცემულ პრობლემურ სფეროს და განსაზღვრავს მასში ცოდნის წარმოდგენის ხერხებს.

ცოდნის ინჟინერს ურთიერთობა აქვს ცოდნის ყველა ფორმასთან: Z1 (ცოდნა ადამიანის მეხსიერებაში), Z2 (ცოდნა წიგნებში), Z3 (ცოდნის ველი), Z4 (ცოდნის მოდელი), Z5 (ცოდნის ბაზა).

მუშაობა Z1 დონეზე ცოდნის ინჟინრისგან მოითხოვს კოგნიტიური ფსიქოლოგიის ელემენტებისა და ადამიანის მეხსიერებაში ცნებებისა და პროცესების წარმოდგენის ხერ-

ხების ცოდნას, აზროვნების ორი ძირითადი - ლოგიკური და ასოციაციური მექანიზმის საშუალებით.

ტექსტების ანალიზი და შესწავლა (Z2 დონე) გულისხმობს ინჟინრის ფართო ზოგადმეცნიერულ მომადებას, რეფერირებისა და ტექსტების ანოტირების მეთოდების ცოდნას, სწრაფი კითხვის ჩვევებისა და ცოდნის ამოღების ტექსტოლოგიური მეთოდების ფლობას.

ცოდნის ველის შემუშავება (Z3 დონე) მოითხოვს ცოდნის წარმოდგენის მეთოდოლოგიის, სისტემური ანალიზის, შემეცნების თეორიის, კლასტერული და ფაქტორული ანალიზის ცოდნას.

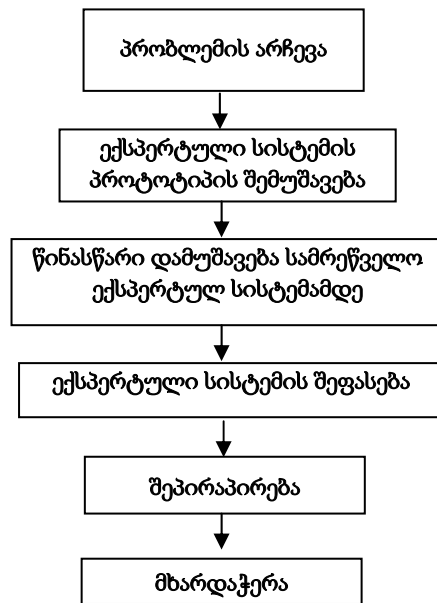
ფორმალიზებული აღწერის შემუშავება (Z4 დონე) გულისხმობს მათემატიკური ლოგიკის აპარატისა და ცოდნის წარმოდგენის თანამედროვე ენების ცოდნას. გარდა ამისა, ცოდნის ინჟინერი უნდა ფლობდეს ექსპერტული სისტემის შემუშავების მეთოდოლოგიას, სწრაფი პროტოტიპირების მეთოდების ჩათვლით.

ცოდნის ბაზების რეალიზაციაში (Z5) ცოდნის ინჟინერი მონაწილეობს პროგრამისტთან ერთად. ამისათვის მას სჭირდება კომპიუტერთან მუშაობის პრაქტიკული ჩვევები და შესაძლოა, დაპროგრამების ერთ-ერთი ენის ცოდნა.

## ექსპერტული სისტემების დაპროექტებისა და შემუშავების ტექნოლოგია

ექსპერტული სისტემა მუშაობს ცოდნის შეძენისა და ამოცანის გადაწყვეტის რეჟიმებში (სხვაგვარად მათ უწოდებენ შესაბამისად, კონსულტაციისა და ექსპერტული სისტემის გამოყენების რეჟიმებს). ცოდნის შეძენის რეჟიმში, ექსპერტი ექსპერტულ სისტემასთან ურთიერთობას ცოდნის ინჟინრის მეშვეობით ამყარებს. ამ რეჟიმში ექსპერტი იყენებს ცოდნის შეძენის კომპონენტს, ავსებს სისტემას ცოდნით, რაც საშუალებას აძლევს ექსპერტულ სისტემას ამოცანის გადაწყვეტის რეჟიმში დამოუკიდებლად, ექსპერტის გარეშე, გადაწყვიტოს ამოცანა. ექსპერტი პრობლემურ სფეროს აღწერს მონაცემებისა და წესების ერთობლიობის სახით. მონაცემები განსაზღვრავენ ობიექტებს, მათ მახასიათებლებსა და მნიშვნელობებს. წესები განსაზღვრავენ მონაცემებთან მანიპულირების ხერხებს. კონსულტაციის რეჟიმში ექსპერტულ სისტემასთან ურთიერთობას ახორციელებს საბოლოო მომხმარებელი, რომელსაც აინტერესებს შედეგი და (ან) მისი მიღების ხერხები. ექსპერტული სისტემის მომხმარებელი შეიძლება არ იყოს მოცემული პრობლემური სფეროს სპეციალისტი, ის ექსპერტულ სისტემას შედეგის მიღების მიზნით იყენებს. თუ მომხმარებელი საგნობრივი სფეროს სპეციალისტია, ასეთ შემთხვევაში მას თვითონაც შეუძლია მიიღოს შედეგი, მაგრამ ის ექსპერტულ სისტემას მიმართავს შედეგის მიღების პროცესის დაჩქარების, ექსპერტული სისტემისთვის რუტინული სამუშაოს გადა-

ბარების მიზნით. ექსპერტული სისტემის შექმნა ექვს ძირითად ეტაპს მოიცავს:



სურ. 2.3. ექსპერტული სისტემის შექმნის ეტაპები

ეტაპების მიმდევრობა მოცემულია მხოლოდ იდეალური პროექტის შექმნის პროცესზე ზოგადი წარმოდგენის მიღების მიზნით. რა თქმა უნდა, სურ. 2.3-ზე მოცემული მიმდევრობა სულაც არ წარმოადგენს ფიქსირებულს. სინამდვილეში, დამუშავების თითოეულმა ეტაპმა შეიძლება მოიტანოს ახალი იდეები, რომლებმაც შესაძლებელია გავლენა მოახდინონ წინა ეტაპზე მიღებულ გადაწყვეტილებებზე და გამოიწვიონ მათი ხელახალი დამუშავებაც კი.

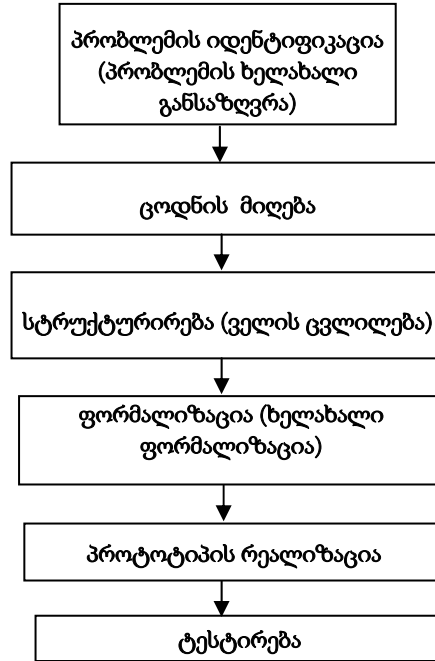
*პრობლემის არჩევის (განსაზღვრის) ეტაპი*, უპირველეს ყოვლისა, დაკავშირებულია იმ ამოცანების გააზრებასთან, რომლის გადაწყვეტაც მოუწევს ექსპერტულ სისტემას. მოცემული ეტაპის შედეგს წარმოადგენს პასუხი კითხვაზე, რა უნდა გაკეთდეს და რომელი რესურსების ამოქმედებაა აუცილებელი. იდენტიფიკაციის ეტაპზე ხორციელდება მიზნების გამოვლენა, განისაზღვრებიან ის ექსპერტები, რომლებთანაც მოხდება თანამშრომლობა ამოცანის გადაწყვეტაზე მუშაობისას და მომხმარებლების ტიპები.

ამოცანის იდენტიფიკაცია მდგომარეობს არაფორმალური (ვერბალური) აღწერის შედგენაში, რომელშიც მიეთითება: ამოცანის ზოგადი მახასიათებლები; ქვეამოცანები, რომლებიც მოცემული ამოცანის შიგნით გამოიყოფა; საკვანძო ცნებები (ობიექტები), მათი შემავალი (გამომავალი) მონაცემები. ამავე ეტაპზე, აუცილებელია ექსპერტული სისტემის შემუშავების შედეგად გაწეული ხარჯებისა და მოგების გაანგარიშება. დანახარჯებში იგულისხმება, უპირველეს ყოვლისა, ექსპერტული სისტემის შექმნაზე მომუშავე ჯგუფისთვის გადახდილი თანხა, ასევე შეძენილი პროგრამული ინსტრუმენტების ღირებულება, რომელთა დახმარებითაც ექსპერტული სისტემის შემუშავება უნდა მოხდეს.

ექსპერტული სისტემის შექმნისას, როგორც წესი, "სწრაფი პროტოტიპის" კონცეფცია გამოიყენება. ამ კონცეფციის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ სისტემის შემქმნელები უცებ არ ცდილობენ საბოლოო პროდუქტის შექმნას. საწყის ეტაპზე ისინი ქმნიან ექსპერტული სისტემის პროტოტიპს (პროტოტიპებს).

*პროტოტიპული სისტემა* წარმოადგენს ექსპერტული სისტემის შეკვეცილ ვერსიას, რომელიც დაპროექტებულია ფაქტებისა და კავშირების კოდირების, ექსპერტის მსჯელობის სტრატეგიის სისწორის შესამოწმებლად.

სურ. 2.4-ზე ნაჩვენებია ექსპერტული სისტემის პროტოტიპის შემუშავების ექვსი ეტაპი.



სურ. 2.4. ექსპერტული სისტემის პროტოტიპის შემუშავების ეტაპები

პროტოტიპმა უნდა აჩვენოს ცოდნის ინჟინერიის მეთოდების ვარგისიანობა მოცემული პრობლემის გადაწყვეტის

საქმეში. წარმატების შემთხვევაში ექსპერტი ცოდნის ინჟინრის დახმარებით აფართოებს პროტოტიპის ცოდნას პრობლემური სფეროს შესახებ. წარუმატებლობის შემთხვევაში შეიძლება საჭირო გახდეს მეორე პროტოტიპის შემუშავება ან სისტემაზე მომუშავე ჯგუფმა მიიღოს გადაწყვეტილება გამოყენებული მეთოდების უვარგისობის შესახებ. მეორე პროტოტიპის შემუშავებისას გადასაწყვეტად შემუშავებული ამოცანების წრე იზრდება. ყველა შენიშვნა და სურვილი გათვალისწინებული უნდა იქნეს სისტემის მეორე ვერსიის შემუშავებისას. ხშირად შეიძლება ამ უკანასკნელის შექმნა რამდენიმე თვიდან ერთ წლამდეც გაგრძელდეს. ეს დამოკიდებულია პრობლემის სირთულეზე. შესაძლოა, საჭირო გახდეს მესამე ვერსიის შექმნაც. თუ მეორე პროტოტიპმა წარმატებით გაიარა ტესტირება, მაშინ ის შეიძლება ჩაითვალოს სამრეწველო ექსპერტულ სისტემად.

ექსპერტული სისტემის პროტოტიპის შექმნისას **პრობლემის იდენტიფიკაციის** ეტაპზე ზუსტდება ამოცანა, იგეგმება ექსპერტული სისტემის პროტოტიპის შემუშავების გზები, განისაზღვრება:

- აუცილებელი რესურსები (დრო, ადამიანები, ტექნიკა და ა.შ.);
- ცოდნის წყაროები (წიგნები, დამატებითი ექსპერტები და ა.შ.);
- არსებული ანალოგიური ექსპერტული სისტემები;
- მიზნები (გამოცდილების გავრცელება, რუტინული მოქმედებების ავტომატიზაცია და ა.შ.);
- გადასაწყვეტი ამოცანების კლასები და ა.შ.

*ცოდნის მიღების* სტადიაში ექსპერტი ცოდნის ინჟინერს გადასცემს მოცემულ საგნობრივ სფეროსთან დაკავშირებულ ცოდნას. ამისათვის სხვადასხვა მეთოდი გამოიყენება: ტექსტების ანალიზი, დიალოგები, ექსპერტული თამაშები, ლექციები, დისკუსიები, ინტერვიუ და ა.შ.

*ცოდნის სტრუქტურირება (კონცეპტუალიზაცია)* – საგნობრივ სფეროზე ცოდნის არაფორმალური აღწერის შემუშავება გრაფის, ცხრილის, დიაგრამის ან ტექსტის სახით, რომელიც საგნობრივი სფეროს ძირითად კონცეფციებსა და ცნებებს შორის ურთიერთკავშირებს ასახავს. ასეთ აღწერას ცოდნის ველი ეწოდება. კონცეპტუალიზაციის ეტაპზე ტარდება პრობლემური სფეროს შინაარსობრივი ანალიზი, ვლინდება გამოყენებული ცნებები და მათი ურთიერთკავშირები, განისაზღვრება ამოცანის ამოხსნის მეთოდები. ეს ეტაპი მთავრდება საგნობრივი სფეროს მოდელის შექმნით. არსებობს საგნობრივი სფეროს მოდელის შექმნის ორი მეთოდი. ნიშან-თვისებების ანუ ატრიბუტული მეთოდი გულისხმობს, რომ ექსპერტისგან ინფორმაცია სამი კომპონენტის სახითაა მიღებული: ობიექტი – ატრიბუტი – ატრიბუტის მნიშვნელობა. გარდა ამისა, შესაძლებელია სწავლება. მაგალითად, (ტემპერატურა, პაციენტი1, 37.5) წარმოადგენს ფაქტს "იმ ავადმყოფის ტემპერატურა, რომელიც აღნიშნულია პაციენტი1-ით, ტოლია 37.5-ის". მეორე მეთოდი, რომელსაც ეწოდება სტრუქტურული (ანუ კოგნიტიური) ხორციელდება საგნობრივი სფეროს ელემენტების, მათი ურთიერთკავშირისა და სემანტიკური დამოკიდებულებების გამოყოფის გზით. საგნობრივი სფეროს აგების სტრუქ-

ტურული მეთოდი გულისხმობს ცოდნის შემდეგი ძირითადი კოგნიტიური ელემენტების გამოყოფას:

- ცნებები;
- ურთიერთკავშირები;
- მეტაცნებები;
- სემანტიკური დამოკიდებულებები.

საგნობრივი სფეროს ცნებებს უნდა გააჩნდეთ შემდეგი თვისებები: უნიკალურობა, სისრულე (საგნობრივი სფეროს სხვადასხვა პროცესის, ფაქტის, მოვლენის საკმარისად სრული აღწერა), სარწმუნოობა, არაწინააღმდეგობრიობა.

**ფორმალიზაციის** ეტაპზე, ცოდნის წარმოდგენის შერჩეული ენის საფუძველზე, საგნობრივი სფეროს კონცეფციების ფორმალიზებული წარმოდგენა ხორციელდება. ტრადიციულად ამ ეტაპზე გამოიყენება:

- ლოგიკური მეთოდები (I რიგის პრედიკატების გამოთვლა და ა.შ.);
- პროდუქციული მეთოდები;
- სემანტიკური ქსელები;
- ფრეიმები;
- ობიექტზე ორიენტირებული ენები;

ცოდნის ფორმალიზაცია ნიშნავს ცოდნის ბაზის შემუშავებას ცოდნის წარმოდგენის ენაზე, რომელიც, ერთის მხრივ, შეესაბამება ცოდნის ველის სტრუქტურას, მეორეს მხრივ კი საშუალებას იძლევა მოხდეს სისტემის პროტოტიპის რეალიზაცია პროგრამული რეალიზაციის მომდევნო სტადიაზე. სულ უფრო და უფრო ხშირად ამ

სტადიაში გამოიყენება ცოდნის წარმოდგენის ენების სიმბიოზი.

*რეალიზაციის* ეტაპის მიზანია ექსპერტული სისტემის ერთი ან რამდენიმე პროტოტიპის შექმნა. პროტოტიპის შემუშავება ხორციელდება ერთ-ერთი შემდეგი მეთოდის დახმარებით:

- დაპროგრამება ტრადიციულ ენებზე, მაგ. Pascal, C++ და სხვ.
- დაპროგრამება სპეციალიზებულ ენებზე, რომლებიც ხელოვნური ინტელექტის ამოცანებში გამოიყენება: LISP, FRL, SMALLTALK და ა. შ.
- ექსპერტული სისტემის შემუშავების ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენება;
- "ცარიელი" ექსპერტული სისტემების ანუ "გარსების" გამოყენება.

*ტესტირების* ეტაპზე ხორციელდება მთლიანად ექსპერტულ სისტემაში ცოდნის წარმოდგენის შერჩეული მეთოდის შეფასება. ცოდნის ინჟინერი არჩევს მაგალითებს, რომლებიც უზრუნველყოფს შემუშავებული ექსპერტული სისტემის ყველა შესაძლებლობის შემოწმებას.

როგორც აღინიშნა, ხშირად სისტემის მხოლოდ ერთი პროტოტიპის შექმნა საკმარისი არ არის. პროტოტიპიდან სამრეწველო ექსპერტულ სისტემამდე გადასასვლელად რამდენიმე ეტაპის გავლაა საჭირო: დემონსტრაციული პროტოტიპი → კვლევითი პროტოტიპი → მოქმედი პროტოტიპი → სამრეწველო სისტემა → კომერციული სისტემა.

სისტემა	აღწერა
ექსპერტული სისტემის დემონსტრაციული პროტოტიპი	სისტემა წყვეტს ამოცანების ნაწილს, ახდენს მიდგომის სიცოცხლისუნარიანობის შემოწმებას (რამდენიმე ათეული წესი და ცნება)
კვლევითი პროტოტიპი	სისტემა წყვეტს ამოცანების უმეტესობას, მაგრამ არამდგრადია და სრულად არ არის შემოწმებული (რამდენიმე ასეული წესი და ცნება)
მოქმედი პროტოტიპი	სისტემა საიმედოდ წყვეტს ყველა ამოცანას რეალურ მაგალითებზე, მაგრამ რთული ამოცანებისთვის დიდი დრო და მეხსიერება სჭირდება
სამრეწველო სისტემა	სისტემა უზრუნველყოფს გადაწყვეტილებების მაღალ ხარისხს მოთხოვნილი დროისა და მეხსიერების მინიმუმაციისას
კომერციული სისტემა	სამრეწველო სისტემა, ვარგისია გასაყიდად.

ცხრილი 2.1. პროტოტიპიდან სამრეწველო სისტემამდე

ექსპერტული სისტემის ვარგისიანობა მომხმარებლისთვის განისაზღვრება ძირითადად მასთან მუშაობის მოხერხებულობითა და იმით, რამდენად სასარგებლოა ის. ამ უკანასკნელში იგულისხმება ექსპერტული სისტემის უნარი დიალოგის მსვლელობისას განსაზღვროს მომხმარებლის მოთხოვნები, გამოავლინოს და თავიდან აიცილოს წარუმატებლობის მიზეზები მუშაობაში, ასევე დააკმაყოფილოს მომხმარებლის მითითებული მოთხოვნები (გადაწყვიტოს დასმული ამოცანა). ექსპერტულ სისტემასთან მუშაობის მოხერხებულობა გულისხმობს იმას, რომ სისტემასთან მომხმარებლის ურთიერთობა არ არის დამღლეელი და რომ ექსპერტული სისტემა მოქნილია (სისტემას აქვს უნარი გადაეწყოს სხვადასხვა მომხმარებელზე, ასევე შეუძლია მხედველობაში მიიღოს ცვლილებები ერთი და იგივე მომხმარებლის კვალიფიკაციაში), ასევე სისტემა მდგრადია (სისტემის უნარი, არ გამოვიდეს მწყობრიდან გამოუცდელი მომხმარებლის არასწორი მოქმედებებისას) შეცდომების მიმართ.

სამრეწველო ექსპერტული სისტემის დამუშავების ეტაპის შემდეგ საჭიროა განისაზღვროს მისი ეფექტურობა. *სისტემის შეფასება* შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა კრიტერიუმიდან გამომდინარე, რომელთა დაჯგუფებაც შემდეგი სახით შეიძლება:

- მომხმარებლების კრიტერიუმები (სისტემის მუშაობის "გამჭვირვალობა" და გასაგებობა, ინტერფეისების მოხერხებულობა და ა.შ.);

- მოწვეული ექსპერტების კრიტერიუმები (სისტემის მიერ შემოთავაზებული რჩევების შეფასება, მათი შედარება საკუთარ გადაწყვეტილებებთან, ახსნა-განმარტების ქვესისტემის შეფასება და ა.შ.
- ექსპერტული სისტემის შემქმნელი ჯგუფის წევრების კრიტერიუმები (რეალიზაციის ეფექტურობა, მწარმოებლურობა, საგნობრივი სფეროს შესახებ ცოდნის მოცულობა, არაწინააღმდეგობრიობა ცოდნის ბაზაში, ჩიხური სიტუაციების რაოდენობა, პროგრამების მგრძობიარობის ანალიზი ცოდნის წარმოდგენაში, წონით კოეფიციენტებსა და მონაცემებში უმნიშვნელო ცვლილებების შეტანისას).

ექსპერტული სისტემის შექმნის შემდეგ, ცოდნის ინჟინერი უნდა დარწმუნდეს იმაში, რომ ექსპერტმა, მომხმარებელმა და პერსონალმა სისტემის მომსახურება და გამოყენება იციან.

ძალიან მნიშვნელოვანია ექსპერტულ სისტემას შეეძლოს მუშაობა უჩვეულო გარემოში (მაგ. კავშირი გამზომ მოწყობილობებთან). ასეთი სისტემის მაგალითია სისტემა PUFF – ექსპერტული სისტემა ფილტვების დაავადებების დიაგნოსტიკისათვის. გამზომი მოწყობილობებიდან მიღებულ მონაცემებს ამუშავებს სისტემა და ბეჭდავს რეკომენდაციებს ექიმისთვის.

მეორე სისტემა, რომელიც ასევე კარგად ფუნქციონირებს თავის გარემოში, არის CAT-1 - ლოკომოტივების

დიზელების გაუმართაობის დიაგნოსტიკის ექსპერტული სისტემა.

ოსტატი, რომელსაც რემონტი ევალება, სისტემას ეკითხება დიზელის გაუმართაობის შესაძლო მიზეზებზე. სისტემა დაკავშირებულია ვიდეოდისკთან, რომლის დახმარებითაც ოსტატს შეუძლია ნახოს ვიზუალური განმარტებები და მინიშნებები, რომელიც მას დაეხმარება გაერკვიოს არსებული პრობლემის წარმოქმნის მიზეზებსა და მისი გადაწყვეტის გზებში. იმ შემთხვევაში, როდესაც ოპერატორი არ არის დარწმუნებული იმაში, როგორ აღმოფხვრას გაუმართაობა, სისტემა მას სთავაზობს სასწავლო მასალების ვიდეოტერმინალზე ჩვენებას.

ამგვარად, ექსპერტული სისტემის საშუალებით ოსტატს შეუძლია პრობლემის დიაგნოსტიკა, ტესტური პროცედურის პოვნა, ახსნა-განმარტების მიღება დისკლეიზე ტესტის ჩატარების შესახებ ან ინსტრუქციის მიღება იმაზე, თუ როგორ უნდა გაართვას თავი წარმოქმნილი პრობლემის გადაჭრას.

სისტემის ხელახალი კოდირებისას ისეთ ენაზე, მაგალითად, როგორცაა C, იზრდება მისი სწრაფქმედება, თუმცა მცირდება მოქნილობის ხარისხი. ეს მისაღებია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სისტემა ინახავს პრობლემური სფეროს მთელ ცოდნას და ეს ცოდნა არ შეიცვლება უახლოეს მომავალში. თუმცა თუ ექსპერტული სისტემა შექმნილია სწორედ იმის გამო, რომ პრობლემური სფერო იცვლება, მაშინ აუცილებელია სისტემის მხარდაჭერა მისი დამუშავების ინსტრუმენტულ გარემოში.

### თავი 3. ცოდნის ინჟინერიის თეორიული ასპექტები

#### ცოდნის ველი

ცოდნის ინჟინერია ხელოვნური ინტელექტის საკმაოდ ახალი მიმართულებაა, რომელიც გაჩნდა მაშინ, როდესაც პრაქტიკოსი მეცნიერები ცოდნის ფორმალიზაციისა და მოპოვების არატრივიალურ პრობლემას წააწყდნენ. დაიწყო სერიოზული კვლევები ცოდნის გამოვლენის ოპტიმალური სტრატეგიის შესამუშავებლად. ცოდნის მიღებისა და სტრუქტურირების ეტაპებზე ძირითად ცნებას წარმოადგენს ცოდნის ველი.

ცოდნის ველი საგნობრივი სფეროს ცნებებს შორის ურთიერთკავშირების და ამ სფეროს ძირითადი ცნებების პირობითი არაფორმალური აღწერაა, რომელიც სისტემიდან ავლენს ექსპერტის ცოდნას, გრაფის, დიაგრამის, ცხრილის ან ტექსტის სახით.

ცოდნის ველის ფორმირება ცოდნის სტრუქტურირების ეტაპზე ხდება. ცოდნის ველი, როგორც ფორმალიზაციისაკენ გადადგმული პირველი ნაბიჯი, წარმოადგენს ცოდნის მოდელს საგნობრივ სფეროზე იმ სახით, რომელშიც მისი წარმოდგენა შეძლო ანალიტიკოსმა თავის რაიმე "ენაზე". ვუწოდოთ ამ ენას L და განვიხილოთ მისი სასურველი თვისებები. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ამ ენის სტანდარტი ჯერ-

ჯერობით არ არსებობს, ამიტომ ცოდნის ინჟინერი იძულებულია თვითონ გამოიგონოს ის.

ამ ენაში, განსხვავებით ჩვეულებრივი სალაპარაკო ენისგან, რაც შეიძლება ნაკლები უზუსტობა უნდა იყოს. ნაწილობრივ, სიზუსტე მიიღწევა ცნებების უფრო მკაცრი განსაზღვრით. სიზუსტის იდეალს, რა თქმა უნდა, მათემატიკის ენა წარმოადგენს. L ენა იკავებს შუალედურ მდგომარეობას ბუნებრივ ენასა და მათემატიკის ენას შორის. მეორე მხრივ, სასურველია მასში არ იყოს გამოყენებული სხვა მეცნიერების ტერმინები ახლებური გაგებით. ეს ხშირად გაუგებრობას იწვევს. გარდა ამისა, L ენა უნდა იყოს სიმბოლური ან გრაფიკული ენა (სქემები, სურათები, პიკტოგრამები).

ცოდნის ველის აღწერის ენის შერჩევას არ უნდა დავავიწყდეს, რომ ფორმალიზაციის სტადიაზე აუცილებელია მისი შეცვლა მანქანურად-რეალიზებად ცოდნის წარმოდგენის ენაზე. რამდენიმე ასეთი ენა არსებობს, მათგან აღსანიშნავია სტრუქტურულ - ლოგიკური ენა SLL. თუმცა, მან ფართო გამოყენება ვერ ჰპოვა. გარკვეული აზრით, L ენის შექმნა ძალიან ახლოსაა მეცნიერების უნივერსალური ენების შემუშავების იდეასთან. XVII საუკუნეში უნივერსალური ენების შემუშავების ორი მიდგომა განიხილებოდა: კლასიფიკაციის ენებისა და ლოგიკურ-კონსტრუქციული ენების შექმნა. პირველს მიეკუთვნება პროექტები, რომლებიც ბეკონის იდეებიდან გამომდინარეობს - ეს არის ვილკინსისა და დალგარნოს ენები. მეორე მიდგომა დაკავშირებულია შემეცნების უნივერსალური მეთოდების გამოკვლევასთან. გაჩნდა მეცნიერება სახელწოდებით "სემიოტიკა". სემიოტიკა

შესწავლის ნიშნებსა და ნიშანთა სისტემებს (ბუნებრივ და ხელოვნურ ენებში). საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების წარმომადგენლებს ჯერ კიდევ ბოლომდე არა აქვთ გაცნობიერებული სემიოტიკის ღირსებები მხოლოდ და მხოლოდ იმის გამო, რომ საქმე აქვთ საკმაოდ მარტივ და "მყარ" საგნობრივ სფეროებთან. მათ ტრადიციული მათემატიკის აპარატი სავსებით აკმაყოფილებთ. ცოდნის ინჟინერიაში საკმარისი არ არის კლასიკური მათემატიკის აპარატის გამომსახველობითი ადეკვატურობა და დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნოტაციების ეფექტურობას.

სემიოტიკური მოდელების ენები, როგორც სიტუაციური მართვის ბუნებრივი განვითარება, ცოდნის ინჟინერიის ენასთან პირველ მიახლოებას წარმოადგენენ. სწორედ ნიშნების ცვალებადობისა და პირობითობის გამო არის შესაძლებელი ადამიანის რეალური მოღვაწეობის რთული სფეროებისადმი სემიოტიკური მოდელის გამოყენება. კონცეპტუალიზაციის სტადიაზე მთავარია ცოდნის ველის ბუნებრივი სტრუქტურის და არა ენის გამომსახველობითი შესაძლებლობების შენარჩუნება.

ნიშნისა და ნიშანთა სისტემის შესწავლაში სემიოტიკა სამ ძირითად ასპექტს გამოყოფს:

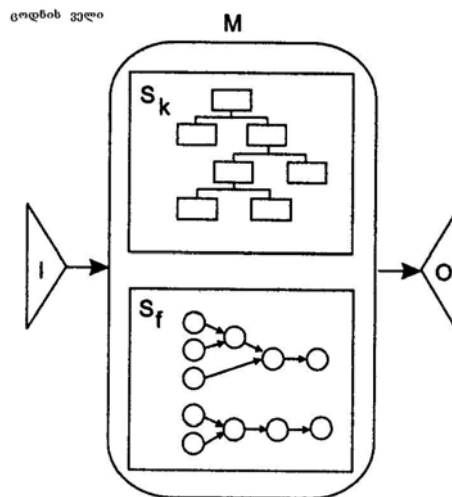
- სინტაქტიკა (ენის აგების წესების ერთობლიობა ან დამოკიდებულება ნიშნებს შორის);
- სემანტიკა (ენის ელემენტებსა და მათ მნიშვნელობებს შორის კავშირი ან დამოკიდებულება ნიშნებსა და რეალობას შორის);

- პრაგმატიკა (დამოკიდებულება ნიშნებსა და მათ მომხმარებლებს შორის).

### ცოდნის ველის სემიოტიკური მოდელი

ცოდნის ველი წარმოადგენს სემიოტიკურ მოდელს, რომელიც შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც გრაფი, ცხრილი, დიაგრამა, ფორმულა ან ტექსტი, ცოდნის ინჟინრის გემოვნებაზე და საგნობრივი სფეროს თავისებურებაზე დამოკიდებულებით. გარდა ამისა, პროგრამული უზრუნველყოფის თავისებურებამაც შეიძლება გამოიწვიოს არსებითი გავლენა ცოდნის ველის სტრუქტურის კომპონენტების შინაარსსა და ფორმაზე.

სურ. 3.1.-ზე ნაჩვენებია ცოდნის ველის კომპონენტები.



სურ. 3.1. ცოდნის ველის სტრუქტურა

*სინტაქსი.* ზოგადად, ცოდნის ველის სინტაქსური სტრუქტურა შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც

$$P = (I, O, M);$$

სადაც  $I$  - საწყისი მონაცემების სტრუქტურაა, რომელიც ექვემდებარება დამუშავებასა და ინტერპრეტაციას ექსპერტულ სისტემაში;

$O$  - გამოსასვლელი მონაცემების სტრუქტურა, ანუ სისტემის მუშაობის შედეგია;

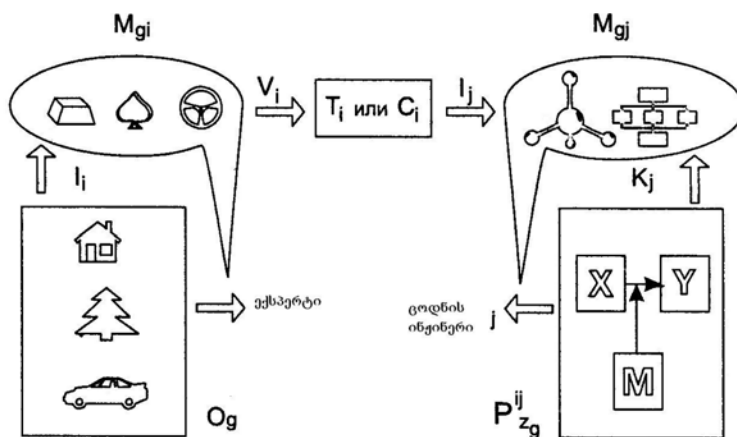
$M$  - საგნობრივი სფეროს მოდელია, რომლის საფუძველზეც ხორციელდება  $I$ -ს მოდიფიკაცია  $O$ -ში.

$I$  და  $O$  კომპონენტების ჩართვა განპირობებულია იმით, რომ მათი შემადგენელი ნაწილები და სტრუქტურა არაცხადი სახით ექსპერტის მეხსიერებაშია წარმოდგენილი.  $M$  მოდელი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც  $S_k$  კონცეპტუალური (ასახავს საგნობრივი სფეროს ცნებების სტრუქტურას) და  $S_f$  ფუნქციონალური სტრუქტურების (ახორციელებს ექსპერტის მსჯელობის სქემის მოდელირებას) ერთობლიობა:

$$M = (S_k, S_f).$$

*სემანტიკა.* სემანტიკა ნებისმიერი ფორმალური ენის წინადადებებს განსაზღვრულ მნიშვნელობებს ანიჭებს. სემანტიკა დამოკიდებულია საგნობრივი სფეროს თავისებურებებზე, მას პოლიმორფიზმის თვისება აქვს. ცოდნის ველის სემანტიკა შეიძლება ორ დონეზე იქნეს განხილული. პირველ  $P_{z_g}^i$  დონეზე არის ექსპერტის ცოდნის სემანტიკური

მოდელი  $i$  რაიმე  $O_g$  საგნობრივ სფეროზე. მეორე დონეზე ცოდნის ნებისმიერი ველი წარმოადგენს რაიმე ცოდნის მოდელს. პირველი დონის განხილვა კონკრეტული სფეროსგან მოწყვეტით მიზანშეწონილი არ არის, ამიტომ უფრო დაწვრილებით მეორეზე შევჩერდეთ. სქემა, რომელიც ასახავს დამოკიდებულებას რეალობასა და ცოდნის ველს შორის, ნაჩვენებია სურ. 3.2-ზე.



სურ. 3.2. "გაფუჭებული ტელეფონი" ცოდნის ველის ფორმირებისას

როგორც სურ. 3.2.-დან ჩანს,  $P_{z_g}^{ij}$  ეს არის "მეოთხე ტრანსლაციით" მიღებული შედეგი.

- პირველი ტრანსლაცია ( $I_i$ )- ეს არის  $O$  საგნობრივი სფეროს აღქმა და ინტერპრეტაცია  $g_i$  ექსპერტის მიერ. შედეგად ექსპერტის მეხსიერებაში წარმოიქმნება  $M_{gi}$  მოდელი, როგორც სინამდვილისა და ამ მოდელთან მუშაობის მისი პირადი გამოცდილების სემანტიკური რეპრეზენტაცია.
- მეორე ტრანსლაცია ( $V_i$ ) - ეს არის  $i$  – ური ექსპერტის გამოცდილების ვერბალიზაცია, როდესაც ის ცდილობს ახსნას თავისი  $S_i$  მსჯელობა და საკუთარი ცოდნა  $Z_i$  გადასცეს ცოდნის ინჟინერს.  $V_i$  ტრანსლაციის შედეგად წარმოიქმნება ან  $T_i$  ტექსტი, ან სიტყვიერი  $C_i$  შეტყობინება.
- მესამე ტრანსლაცია ( $I_j$ )- ეს არის  $T_i$  ან  $C_i$  შეტყობინებების აღქმა და ინტერპრეტაცია  $j$ -ური ცოდნის ინჟინრის მიერ. შედეგად ცოდნის ინჟინრის მეხსიერებაში წარმოიქმნება  $M_{gj}$  სამყაროს მოდელი.
- მეოთხე ტრანსლაცია ( $K_j$ ) - ეს არის  $M_{gj}$  მოდელის კოდირება და ვერბალიზაცია ცოდნის ველის  $P_{z_g}^{ij}$  ფორმაში.

ეს სქემა ძალიან გვაგონებს თამაშს "გაფუჭებული ტელეფონი"; ცოდნის ინჟინრის წინაშე ურთულესი ამოცანა დგას - მიაღწიოს  $M_{gj}$ -სა და  $P_{z_g}^{ij}$ -ს შორის მაქსიმალურ შესაბამისობას. რა თქმა უნდა, არ უნდა გვკონდეს იმის ილუ-

ზია, რომ  $P_{z_g}^{ij}$  ასახავს  $O_g$  - ს, რადგანაც ექსპერტის ცოდნის ბაზის აღქმა და გააზრება ხდება ცოდნის ინჟინრის მიერ. თუ ცოდნის ინჟინერს სხვა ცოდნის ინჟინრით შეცვლით, განსხვავებულ სურათს მიიღებთ.

**პრაგმატიკა.** პროგრამული უზრუნველყოფის სტრუქტურული ანალიზის ჩატარების ტექნოლოგია განიხილება როგორც სემიოტიკური მოდელის პრაგმატული შემადგენელი. მისი გამოყენებით, ცოდნის მიღების სტადიის შედეგების მიხედვით, ცოდნის ინჟინერს ცოდნის ველის შექმნა შეუძლია. ამგვარად, პრაგმატიკაში იგულისხმება ველების შემუშავებისა და გამოყენების პრაქტიკული ასპექტები. უფრო დაწვრილებით ეს საკითხები ქვემოთაა განხილული. უნდა აღინიშნოს, რომ ცოდნის ველი, მიუხედავად ცოდნის ინჟინრისა და ექსპერტის მცდელობისა, ყოველთვის იქნება რეალურად არსებული საგნობრივი სფეროს მხოლოდ "უფერული" ასლი, ჩვენი გარემომცველი სამყარო ხომ ასე ცვალებადი, რთული და მრავალფეროვანია და ის, რაც ჩვენს შემეცნებაში ინახება, ცუდად ექვემდებარება ვერბალიზაციას. ამასთან უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ კარგად მოფიქრებული და ჩამოყალიბებული ცოდნის ველის გარეშე შეუძლებელია შეიქმნას სამრეწველო ექსპერტული სისტემის ცოდნის ბაზა.

## ცოდნის მიღების სტრატეგიები

ცოდნის ველის ფორმირებისას უმნიშვნელოვანეს საკითხს წარმოადგენს ცოდნის მიღების პროცესი, როდესაც ხორციელდება ექსპერტის კომპეტენტურობის გადატანა ცოდნის ინჟინერზე.

ტერმინი "ცოდნის მიღება" (knowledge elicitation) გულისხმობს ექსპერტის მიერ ცოდნის ინჟინრისთვის განსაზღვრულ საგნობრივ სფეროზე ცოდნის გადაცემის პროცედურას, ცოდნის ინჟინრის მიერ ექსპერტის გამოკითხვის გზით.

ცოდნის მიღება ასევე შესაძლებელია ექსპერტის სპეციალურ პროგრამასთან ურთიერთქმედების გზით, რომლის მიზანსაც წარმოადგენს:

- რაიმე სისტემატური მეთოდის გამოყენებით მიიღოს ცოდნა ექსპერტისგან, მაგალითად, ამოახსნევიანოს მას ამოცანები და დააფიქსიროს მათი გადაწყვეტის შემოთავაზებული ხერხები.
- შეინახოს ამგვარი გზით მიღებული ცოდნა რაიმე შუალედური სახით;
- გარდაქმნას ცოდნა შუალედური წარმოდგენიდან იმ სახეში, რომელიც ვარგისი იქნება პროგრამაში პრაქტიკული გამოყენებისათვის.

ამ პროგრამის გამოყენების უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ ექსპერტისგან ცოდნის მიღების პროცესი მარტივდება, პროგრამა ცოდნის ინჟინერს მნიშვნელოვნად უმსუბუქებს შრომას. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ცოდნის ინჟინ-

რისა და ექსპერტის დიალოგი - უფრო ბუნებრივი ფორმას ექსპერტის მესხიერების ლაბირინთების შესასწავლად.

### **ცოდნის მიღების თეორიული ასპექტები**

რამდენადაც ცოდნის ინჟინერიის ძირითად პრობლემას ცოდნის მიღების პროცესი წარმოადგენს, აუცილებელია, რომ ცოდნის ინჟინერს კარგად ესმოდეს ამ პროცესების ბუნება და თავისებურებები. ცოდნის მიღების პროცედურაში სამი ძირითადი ასპექტი გამოიყოფა:

$A = \{A1, A2, A3\} = \{\text{ფსიქოლოგიური, ლინგვისტური, გნოსეოლოგიური}\}.$

*ფსიქოლოგიური ასპექტი.* ცოდნის მიღების სამი ასპექტიდან ყველაზე მნიშვნელოვანს ფსიქოლოგიური ასპექტი წარმოადგენს, რადგანაც ის განსაზღვრავს ცოდნის ინჟინრისა და ექსპერტის ურთიერთობის წარმატებასა და ეფექტურობას. ფსიქოლოგიური ასპექტი განსაკუთრებით გამოიყოფა იმიტომ, რომ ცოდნის მიღება სისტემის შემქნელებს შორის უშუალო ურთიერთობისას ხორციელდება.

ცნობილია, რომ ინფორმაციის დაკარგვის წილი საუბრისას საკმაოდ დიდია. ამასთან დაკავშირებით განვიხილოთ ცოდნის ინჟინრისა და ექსპერტის ურთიერთობის ინფორმატიულობის გაზრდის პრობლემა ფსიქოლოგიური ცოდნის გამოყენების ხარჯზე.

ცოდნის მიღებისას შეიძლება გამოიყოს ურთიერთობის მოდელის შემდეგი სტრუქტურული კომპონენტები:

- ურთიერთობის მონაწილეები (პარტნიორები);
- ურთიერთობის საშუალებები (პროცედურა);
- ურთიერთობის საგანი (ცოდნა).

ამ სტრუქტურის შესაბამისად გამოიყოფა ცოდნის მიღებისას წარმოქმნილი ფსიქოლოგიური პრობლემების სამი "შრე":

$A1 = \{S11, S12, S13\} =$  {კონტაქტური, პროცედურული, კოგნიტიური}.

პრაქტიკულად ყველა ფსიქოლოგი თვლის, რომ ნებისმიერ კოლექტიურ პროცესზე გავლენას ახდენს ის ატმოსფერო, რომელიც მონაწილეთა ჯგუფში არსებობს. ცნობილია ექსპერიმენტები, რომელთა შედეგები ერთხმად ადასტურებენ, რომ ხშირად კოლექტივში მეგობრული ატმოსფერო უფრო მეტ გავლენას ახდენს შედეგზე, ვიდრე ჯგუფის ცალკეული წევრების ინდივიდუალური თავისებურებანი.

ჯგუფის წევრებს შორის ურთიერთობაში თავსებადობის 100%-იანი გარანტიის პროგნოზირება შეუძლებელია. თუმცა შეიძლება მთელი რიგი ფაქტორების გამოყოფა, რომლებიც უდაოდ მოახდენენ გავლენას პროცედურის ეფექტურობაზე.

კონტაქტური შრის პრობლემატიკის შემუშავებამ შესაძლებელი გახადა პარტნიორების იმ პარამეტრების გამოვლენა, რომლებიც გავლენას ახდენენ ცოდნის მიღების პროცედურის შედეგებზე:

$S11 = \{s11\_i\} =$  {სქესი, ასაკი, პიროვნება, ტემპერამენტი, მოტივაცია და ა.შ.}

სქესის (s11\_1) და ასაკის (s11\_2) პარამეტრების მნიშვნელობები გავლენას ახდენენ კონტაქტის ეფექტურობაზე, მაგრამ ისინი არ წარმოადგენენ კრიტიკულს. კარგ შედეგს იძლევა ჰეტეროგენული წყვილების არსებობა (მამაკაცი/ქალი) და თანაფარდობა:

$$20 > (B_e - B_a) > 5$$

სადაც  $B_e$  - ექსპერტის ასაკია;  $B_a$  - ცოდნის ინჟინრის ასაკი;

პიროვნება (s11\_3) გულისხმობს ფსიქოლოგიური თვისებების მდგრად სისტემას, რომელიც ადამიანის ინდივიდუალობას ახასიათებს. s11\_3 = {კეთილგანწყობა, ანალიტიკურობა, კარგი მეხსიერება, ყურადღებიანობა, დაკვირვებულობა, წარმოსახვა, შთაბეჭდილების მოხდენის უნარი, დაჟინებულობა, გულდიაობა, მოსაზრებულობა}.

s11\_4 გულისხმობს ტემპერამენტის ოთხ კლასიკურ ტიპს: s11\_4 = {ქოლერიკი, სანგვინიკი, მელანქოლიკი, ფლეგმატიკი}.

ცნობილია, რომ ფლეგმატიკები და მელანქოლიკები შედარებით ნელა ითვისებენ ინფორმაციას და მათთან ფსიქოლოგიური კონტაქტის უზრუნველსაყოფად საუბრის სწრაფ ტემპში წარმართვა მიზანშეწონილი არ არის, ასევე არ არის საჭირო მათგან პასუხების სწრაფად მიღების მოთხოვნაც. თუმცა, განსხვავებით ქოლერიკებისგან, ფლეგმატიკები და მელანქოლიკები უკეთესად ითვისებენ ახალ ინფორმაციას. ქოლერიკებისათვის დამახასიათებელია ინფორმაციის ზედაპირული ათვისება. მელანქოლიკებს ხშირად შემცირებუ-

ლი აქვთ თვითშეფასება, ისინი მორცხვები არიან და საუბრისას საჭიროა მათი წახალისება.

ამოცანის კოლექტიურად გადაწყვეტის ეფექტურობაზე ასევე გავლენას ახდენს მოტივაცია (s11\_5). ექსპერტი ცოდნის ინჟინერს (ანალიტიკოსს) გადასცემს მსოფლიოში ერთ-ერთ ყველაზე ძვირადღირებულ პროდუქტს - ცოდნას. თუ ადამიანების ერთი ნაწილი თავის გამოცდილებას სხვებს სიამოვნებით უზიარებს, მეორე ნაწილს ხშირად არ სურს პროფესიული საიდუმლოებების გამხელა. ამის გამო, ძალიან მნიშვნელოვანია ექსპერტისთვის სხვადასხვა სახის სტიმულის (მათ შორის, რა თქმა უნდა, მატერიალურისაც) მიცემა.

S12 პროცედურული შრის პარამეტრები აღწერენ უშუალოდ ცოდნის მიღების პროცედურის ჩატარების პროცესს. ფაქტიურად, პროფესიული პარამეტრებია:

$S12 = \{s12\_i\}$  = {ურთიერთობის სიტუაცია (ადგილი, დრო, ხანგრძლივობა; მოწყობილობა (დამხმარე საშუალებები, განათებულობა, ავეჯი); პროფესიული ხერხები (ტემპი, სტილი, მეთოდები და ა.შ.)}.

განვიხილოთ პროცედურის ჩატარების ზოგადი კანონზომიერებები.

ურთიერთობის სიტუაცია (s12\_1) განისაზღვრება შემდეგი კომპონენტებით:

- s12\_1\_1 - სენსების ჩატარების ადგილი;
- s12\_1\_2 - სენსების ჩატარების ხანგრძლივობა;
- s12\_1\_3 - სენსების ჩატარების დრო.

ექსპერტსა და ცოდნის ინჟინერს შორის საუბარი უნდა განხორციელდეს უცხო პირების გარეშე. ექსპერტის სამუშაო ადგილი არ წარმოადგენს ყველაზე ოპტიმალურ ვარიანტს, რადგანაც შეიძლება ყურადღების გადატანა მოხდეს სატელეფონო ზარებზე, თანამშრომლებზე და ა.შ. დახშული სივრცის ატმოსფერო და განმარტობა მუშაობის ეფექტურობაზე დადებით გავლენას ახდენს.

ერთი სენსის ხანგრძლივობა (s12\_1\_2) ჩვეულებრივ არ აჭარბებს 1,5-2 საათს. უმჯობესია გასაუბრება მოხდეს დღის პირველ ნახევარში, 10-დან 12 საათამდე, თუ ექსპერტი "ჭოტია" (s12\_1\_3: დრო). ცნობილია, რომ პარტნიორების მიერ ურთიერთდაქანცვა საუბრისას დგება 20-25 წუთის შემდეგ, ამიტომაც სენსის დროს საჭიროა პაუზები.

მოწყობილობა (s12\_2) მოიცავს:

- s12\_2\_1 - დამხმარე საშუალებები;
- s12\_2\_2 - განათებულობა;
- s12\_2\_3 - ავეჯი.

დამხმარე საშუალებები (s12\_2\_1):

- ცოდნის მიღების პროცესის ეფექტურობის გაზრდის საშუალებები;
- შედეგების პროტოკოლირების საშუალებები.

ცოდნის მიღების პროცესის ეფექტურობის გაზრდის საშუალებებს, უპირველეს ყოვლისა, თვალსაჩინოებები მიეკუთვნება. ისეთი მეთოდები, როგორცაა თავისუფალი დიალოგი და თამაშები, საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს სლაიდები, ნახაზები, ნახატები.

შედეგების პროტოკოლირებისათვის გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

- საუბრის ჩაწერა ფურცელზე მისი მიმდინარეობისას; ამ მეთოდის ნაკლია ის, რომ ჩაწერა ხშირად ხელს უშლის საუბარს; გარდა ამისა, რთულია ყველაფრის ჩაწერა, სტენოგრაფიის ჩვევების არსებობის შემთხვევაშიც კი.
- დიქტოფონზე ჩაწერა ანალიტიკოსს ეხმარება გაანალიზოს სენსის მთელი მიმდინარეობა და საკუთარი შეცდომები; ამ მეთოდის ნაკლია ის, რომ ჩაწერისას ექსპერტმა შეიძლება თავი შეზოჭილად იგრძნოს;
- საუბრის მიმდინარეობის ჩაწერა საუბრის შემდეგ. ეს მეთოდი გამოდგება მხოლოდ ბრწყინვალე მეხსიერების ანალიტიკოსის შემთხვევაში.

დღეისათვის ყველაზე გავრცელებულია პირველი ხერხი. ამასთან, აქ ყველაზე მეტია ცოდნის დაკარგვის საშიშროება, რადგანაც პასუხების ნებისმიერი ჩანაწერი - ეს უკვე ინტერპრეტაცია, ანუ საგნის სუბიექტური გაგებაა.

განათებულობის (s12\_2\_2) პარამეტრების მნიშვნელობები და ავეჯი (s12\_2\_3) დაკავშირებულია ექსპერტზე გარე ფაქტორების გავლენასთან.

ანალიტიკოსის პროფესიული ხერხები (s12\_3) შემდეგ პარამეტრებს მოიცავს:

- s12\_3\_1 - ტემპი;
- s12\_3\_2 - სტილი;
- s12\_3\_3 - მეთოდები.

ექსპერტის ინდივიდუალური ტემპისა (s12\_3\_1) და სტილის (s12\_3\_2) გათვალისწინება ანალიტიკოსს საშუალებას აძლევს შეამციროს ცოდნის მიღების პროცედურის დაძაბულობა. ტიპიურ შეცდომას წარმოადგენს ექსპერტისთვის საკუთარი ტემპისა და სტილის თავზე მოხვევა.

წარმატებაზე ასევე გავლენას ახდენს ცოდნის ინჟინრის მიერ წარმოთქმული ფრაზების სიგრძე. ეს ფაქტი დადგენილი იქნა ამერიკელი მეცნიერების - ლინგვისტ ინგვესა და ფსიქოლოგ მილერის მიერ აშშ-ს სამხედრო-საზღვაო ფლოტში ბრძანებების ცუდად აღქმის მიზეზების კვლევისას. გამოცდილი ლექტორები ლექციის ჩატარებისას ძირითადად მოკლე ფრაზებს იყენებენ, რაც ინფორმაციის დაკარგვას 20-30%-ით ამცირებს.

მეთოდების (s12\_3\_3) პარამეტრების მნიშვნელობები დაწვრილებით ქვემოთ იქნება განხილული.

კოგნიტიური (cognition - შემეცნება) მეცნიერებები იკვლევენ ადამიანის შემეცნებით პროცესებს მისი მოდელირების (ფსიქოლოგია, ნეიროფიზიოლოგია, ერგონომიკა, ცოდნის ინჟინერია) შესაძლებლობის პოზიციიდან. დღეისათვის მეტნაკლებად გამოკვლეულია ექსპერტის მეხსიერების სემანტიკური სივრცის შესწავლასთან, მისი შემეცნებითი სტრუქტურის რეკონსტრუქციასთან და მსჯელობის მოდელირებასთან დაკავშირებული კოგნიტიური შრის პრობლემები.

ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ კოგნიტიურ ადეკვატურობაზე:

$S13 = \{s13\_i\}$  = [კოგნიტიური სტილი, ცოდნის ველი და კონცეპტუალური მოდელის სემანტიკური რეპრეზენტატულობა].

კოგნიტიური სტილი ( $s13\_1$ ) გულისხმობს ამოცანის ამოხსნისა და სამყაროს შემეცნებისას იმ უპირატესი კრიტერიუმების ერთობლიობას, რომელიც სპეციფიკურია თითოეული ადამიანისათვის. კოგნიტიური სტილი განსაზღვრავს არა იმდენად მოქმედების ეფექტურობას, არამედ შედეგის მიღების გზებს. ეს არის შემეცნების ხერხი, რომელიც სხვადასხვა უნარების მქონე ადამიანებს საშუალებას აძლევს თავიანთ საქმიანობაში ერთნაირ შედეგებს მიაღწიონ. ეს არის ინდივიდუალური მიდგომებისა და საშუალებების სისტემა, რომლისკენაც მიისწრაფვის ადამიანი თავისი საქმიანობის ორგანიზების მიზნით.

ცოდნის ინჟინრისათვის სასარგებლოა საკუთარი და ასევე, ექსპერტის კოგნიტიური სტილის შესწავლა და პროგნოზირება. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კოგნიტიური სტილის ისეთი მახასიათებლები, როგორცაა:

- $s13\_1\_1$ - (ველზე დამოკიდებულება - ველზე დამოუკიდებლობა);
- $s13\_1\_2$  - (იმპულსურობა - რეფლექსურობა);
- $s13\_1\_3$  - (რიგიდულობა - მოქნილობა);
- $s13\_1\_4$ - (კოგნიტიური ეკვივალენტობა).

ველზე დამოუკიდებლობა საშუალებას აძლევს ადამიანს აქცენტი გადაიტანოს პრობლემის მხოლოდ იმ ასპექტებზე, რომლებიც აუცილებელია კონკრეტული ამოცანის

ამოსახსნელად და უკუაგდოს ყველაფერი ზედმეტი. ასეთ შემთხვევაში არ არსებობს დამოკიდებულება ფონზე ან ამოცანის გარემომცველ ხმაურის ველზე. გარდა იმისა, რომ თვითონ ანალიტიკოსს უნდა ჰქონდეს ა13\_1\_1 პარამეტრის მაღალი მნიშვნელობა, ველზე დამოუკიდებელი ექსპერტის არსებობაც ძალიან სასურველია.

იმპულსურობა გულისხმობს გადაწყვეტილების სწრაფად მიღებას (ხშირად მისი საკმარისად დასაბუთების გარეშე), რეფლექსურობა კი მისი საწინააღმდეგო ცნებაა, როდესაც გადაწყვეტილების მიღება დაფიქრებისა და ლოგიკური მსჯელობის შემდეგ ხდება. ამგვარად, სასურველია რომ როგორც ცოდნის ინჟინერი, ასევე ექსპერტი რეფლექსურები იყვნენ.

მოქნილობა ახასიათებს ადამიანის უნარს, შეიცვალოს საკუთარი აზრი სიტუაციის ცვლილებასთან ერთად. რიგიდული ადამიანები არ არიან მიდრეკილნი შეიცვალონ საკუთარი წარმოდგენები და აღქმის სტრუქტურა. ცხადია, თუ ექსპერტს კიდევ შეუძლია თავს უფლება მისცეს იყოს რიგიდული (რაც დამახასიათებელია ერთ პრობლემაზე დიდხანს მომუშავე სპეციალისტებისათვის), ცოდნის ინჟინრისთვის ყოვლად დაუშვებელია მოქნილობის უნარის არქონა.

კოგნიტიური ეკვივალენტობა ახასიათებს ადამიანის უნარს განასხვავოს ცნებები და დაყოს ისინი კლასებად და ქვეკლასებად.

სემანტიკური რეპრეზენტატულობა გულისხმობს მიდგომას, რომელიც გამორიცხავს ექსპერტისთვის ცოდნის წარ-

მოდგენის რომელიმე მეთოდის (მაგალითად, პროდუქციული ან ფრეიმული) თავზე მოხვევას და აიძულებს ცოდნის ინჟინერს შექმნას ექსპერტის სამყაროს მოდელი, როგორც არაფორმალური მეთოდების, ასევე მათემატიკური აპარატის გამოყენებით. სემანტიკური რეპრეზენტატულობის პრობლემა ორიენტირებულია ცოდნის ველისა და კონცეპტუალური მოდელის კოგნიტიური ადეკვატურობის მიღწევაზე.

**ლინგვისტური ასპექტი.** ლინგვისტური (A2) ასპექტი ენობრივი პრობლემების გამოკვლევას ეხება, რადგანაც ენა წარმოადგენს ურთიერთობის ძირითად საშუალებას ცოდნის მიღების პროცესში.

ცოდნის ინჟინერიაში შეიძლება გამოიყოს ლინგვისტური პრობლემის სამი შრე:  $A2 = \{S21, S22, S23\}$  = [“საერთო კოდი”, ცნებების სტრუქტურა, მომხმარებლის ლექსიკონი].

“საერთო კოდი” წყვეტს იმ პრობლემებს, რომლებიც შეიძლება წარმოიქმნას ექსპერტის მიერ ცოდნის ინჟინრისთვის გაუგებარი პროფესიული ტერმინოლოგიის გამოყენების დროს. “საერთო კოდი” მოიცავს შემდეგ კომპონენტებს:

$S21 = \{s21\_i\}$  = {სამეცნიერო ტერმინოლოგია; სპეციალური ცნებები პროფესიული ლიტერატურიდან; საყოფაცხოვრებო ენის ელემენტები; ერთობლივი მუშაობის დროს ფორმირებული ნეოლოგიზმები; პროფესიული ჟარგონი და ა.შ.}

V1-ით და V2-ით ავლნიშნოთ ენები, რომლებზეც შესაბამისად საუბრობენ ანალიტიკოსი და ექსპერტი. V1 და V2 ენებს შორის განსხვავება განაპირობებს სწორედ იმ "ენობრივი ბარიერის" წარმოქმნას, რომელიც წარმოიშობა ცოდნის ინჟინრისა და ექსპერტის საუბრისას.

ანალიტიკოსის ენა V1 სამი კომპონენტისაგან შედგება:

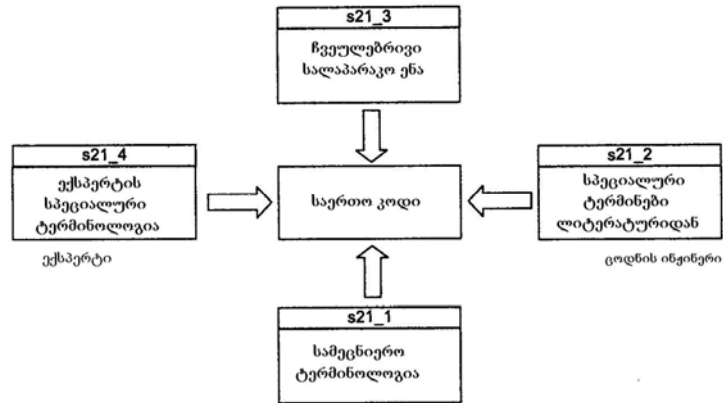
- s21\_1 - სამეცნიერო ტერმინოლოგია, რომელშიც მას ზედაპირული თეორიული ცოდნა გააჩნია;
- s21\_2 - საგნობრივი სფეროს ტერმინები, რომელიც მან სპეციალური ლიტერატურიდან ამოკრიფა;
- s21\_3 - საყოფაცხოვრებო სალაპარაკო ენა, რომელსაც იყენებს ანალიტიკოსი.

ექსპერტის ენა V2 შემდეგი კომპონენტებისაგან შედგება:

- s21\_1 - სამეცნიერო ტერმინოლოგია;
- s21\_2 -სპეციალური ტერმინოლოგია, რომელიც მიღებულია საგნობრივ სფეროში;
- s21\_3 - საყოფაცხოვრებო ენა;
- s21\_4 - ექსპერტის მიერ მუშაობის პროცესში შექმნილი ნეოლოგიზმები ანუ მისი პროფესიული ჟარგონი.

თუ ჩავთვლით, რომ საყოფაცხოვრებო და ზოგადმეცნიერული ენები ორივე მოსაუბრისთვის დაახლოებით ერთნაირია (თუმცა ექსპერტისთვის მეორე კომპონენტის რეალური მოცულობა ბევრად დიდია), მაშინ რაიმე საერთო ენა ან კოდი, რომელიც პარტნიორებმა აუცილებლად უნდა გამოიმუშაონ ერთობლივად წარმატებული მუშაობისათვის,

იქმნება იმ ნაკადებისაგან, რომელიც წარმოადგენილია სურ. 3.3.-ზე.



სურ. 3.3. "საერთო კოდის" სტრუქტურა

შემდგომში ეს საერთო კოდი გარდაიქმნება რაიმე სემანტიკურ ქსელად, რომელიც წარმოადგენს საგნობრივი სფეროს ცოდნის ველის პირველსახეს. საერთო კოდის გამომუშავება იწყება ანალიტიკოსის მიერ ყველა იმ ტერმინის ამოწერითა და მნიშვნელობის დაზუსტებით, რომელთაც ექსპერტი იყენებს. ფაქტიურად ეს საგნობრივი სფეროს ლექსიკონის შედგენის პროცესია. შემდეგ ტერმინების დაჯგუფება და სინონიმების ამორჩევა ხდება. საერთო კოდის შემუშავება სრულდება საგნობრივი სფეროს ტერმინების შედგენით მათი შინაარსის მიხედვით წინასწარი დაჯგუფებით. ეს ცოდნის სტრუქტურირების პირველ ეტაპს წარმოადგენს.

ცნებების სტრუქტურის ფორმირების თავისებურებები განპირობებულია ადამიანის მეხსიერებაში ცნებებს შორის ურთიერთკავშირითა და სემანტიკური ქსელის არსებობით, რომელიც ცალკეულ ტერმინებს აერთიანებს ფრაგმენტებად, ფრაგმენტებს გარდაქმნის სცენარებში და ა.შ. ცნებების იერარქიული ქსელის აგება, ეგრეთ წოდებული "ცოდნის პირამიდა" მნიშვნელოვან როლს წარმოადგენს ინტელექტუალური სისტემების პროექტირებაში.

ხელოვნური ინტელექტისა და კოგნიტიური ფსიქოლოგიის სპეციალისტების უმრავლესობა თვლის, რომ მეხსიერებისა და ბუნებრივი ინტელექტის ძირითადი თავისებურებაა ყველა ცნების ერთ რაიმე ქსელში დაკავშირებულობა. ამიტომაც, ცოდნის ბაზის შემუშავებისათვის საჭიროა არა ლექსიკონი, არამედ "ენციკლოპედია", რომელშიც ყველა ტერმინი იქნება ახსნილი და იქნება ასევე ორგანიზებული კავშირები სხვა ტერმინებთან.

ანალიტიკოსისა და ექსპერტის გულმოდგინე მუშაობისას იწყება ცნებების იერარქიის განხილვა, რომლებზეც ქვემოთ გვექნება საუბარი. ასეთ სტრუქტურებს უმნიშვნელოვანესი გნოსეოლოგიური და დიდაქტიკური მნიშვნელობა აქვთ და უკანასკნელ პერიოდში მათ მიმართ იყენებენ ტერმინს "ონტოლოგიები". უნდა აღინიშნოს, რომ ეს იერარქიული ორგანიზაცია კარგად ეთანხმება უნივერსალური საგნობრივი კოდის თეორიას, რომლის თანახმადაც აზროვნებისას გამოიყენება არა ენობრივი კონსტრუქციები, არამედ მათი კოდები რაიმე აბსტრაქციის სახით.

აბსტრაქციების იერარქია - ეს არის გლობალური სქემა, რომელიც შეიძლება საფუძვლად დაედოს ნებისმიერი საგნობრივი სფეროს ცოდნის სტრუქტურის კონცეპტუალურ ანალიზს. იერარქიის ლინგვისტური ეკვივალენტი არის ცნებების იერარქია, რომელიც აუცილებელია აგებულ იქნეს ცოდნის ინჟინრის მიერ ფორმირებულ ცნებების სტრუქტურაში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ლექსიკონისა და ცნებების სტრუქტურის შედგენა ცოდნის ინჟინრისგან მოითხოვს ლინგვისტურ "აღლოს", ტერმინებით მანიპულირების უნარსა და მდიდარ ლექსიკურ მარაგს. რაც უფრო მდიდარი და გამომსახველობითია საერთო კოდი, მით უფრო სრულია ცოდნის ბაზა.

ექსპერტული სისტემის შემმუშავებლების წინაშე, როგორც წესი, ყოველთვის წარმოიშობა ექსპერტული სისტემის მომხმარებელთან მეგობრული ინტერფეისის შესაქმნელად მომხმარებლის ლექსიკონის (S23) ფორმირების პრობლემა. საჭირო ხდება საერთო კოდის ლექსიკონის დამატებითი დამუშავება, რათა სისტემის ნებისმიერი მომხმარებლისთვის გასაგები იყოს ის ენა, რომელზეც მას ექსპერტული სისტემა "ესაუბრება".

**გნოსეოლოგიური ასპექტი.** გნოსეოლოგია ფილოსოფიის ერთ-ერთი განშტოებაა, რომელიც დაკავშირებულია შემეცნების თეორიასთან ანუ ადამიანის შემეცნებაში სინამდვილის ასახვასთან. ცოდნის ამოღების გნოსეოლოგიური ასპექტი (A3) აერთიანებს ახალი სამეცნიერო ცოდნის

მიღების მეთოდოლოგიურ პრობლემებს, რადგანაც ცოდნის ბაზის შექმნისას ექსპერტი ხშირად პირველად ახდენს რაიმე კანონზომიერების ფორმულირებას. ცოდნის ინჟინერია, როგორც მეცნიერება, თუ შეიძლება ასე ითქვას, ორმაგად გნოსეოლოგიურია - თავიდან რეალობა აისახება ექსპერტის შემეცნებაში, შემდეგ ექსპერტის გამოცდილებისა და ცოდნის ინტერპრეტაცია ცოდნის ინჟინრის შემეცნებაში ხდება. ამ უკანასკნელის საფუძველზე ხდება მესამე ინტერპრეტაციის - ექსპერტული სისტემის ცოდნის ველის აგება. შემეცნების პროცესი ადამიანის შემეცნებაში მიმართულია გარემომცველი სამყაროს შიგა რეპრეზენტაციის შექმნისაკენ.

შემეცნებას ხშირად თან ახლავს ახალი ცნებებისა და თეორიების შექმნა. ზოგჯერ ექსპერტი ანალიტიკოსთან საუბრისას ახალი ცოდნის ფორმულირებას ახდენს. ცოდნის ასეთი გენერაცია სასარგებლოა თვით ექსპერტისთვისაც, რომელსაც ამ მომენტამდე გააზრებული არ ჰქონდა საგნობრივი სფეროს მთელი რიგი დამოკიდებულებები და კანონზომიერებები. ანალიტიკოსს ამ შემთხვევაში შეიძლება დაეხმაროს სისტემური მეთოდოლოგიის ინსტრუმენტული საშუალებები. ეს მეთოდოლოგია აიძულებს მას ააგოს შემდეგი სახის გნოსეოლოგიური ჯაჭვი: ფაქტი→განზოგადებული ფაქტი→ემპირიული კანონი→თეორიული კანონი. ყოველთვის ვერ ხერხდება ამ ჯაჭვის ბოლო რგოლამდე მიღწევა, მაგრამ თვითონ ამ რგოლისკენ სწრაფვაც გარკვეულ შედეგებს იძლევა. ასეთი მიდგომა კარგად შეესაბამება თვით ცოდნის სტრუქტურას, რომელსაც ორი დონე გააჩნია:

1. ემპირიული (დაკვირვებები, მოვლენები);

2. თეორიული (კანონები, აბსტრაქციები, განზოგადებები).

უნდა აღინიშნოს, რომ თეორია არა მხოლოდ სამეცნიერო ცოდნის მწყობრი სისტემაა, არამედ ახალი ცოდნის წარმოქმნის გარკვეული საშუალებაცაა. მეცნიერულობის ძირითად მეთოდოლოგიურ კრიტერიუმებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა მეცნიერულად ჩაითვალოს როგორც ახალი ცოდნა, ასევე მისი მიღების გზები, მიეკუთვნება:

$A3 = \{S31, S32, S33\}$  = {შიგა შეთანხმებულობა, სისტემურობა, ობიექტურობა, ისტორიზმი}.

ემპირიული ცოდნის ძირითად მასახიათებლებს წარმოადგენენ:

$S31 = \{s31\_i\}$  = {მოდალურობა, წინააღმდეგობრიობა, არასრულობა}.

ერთი შეხედვით შიგა შეთანხმებულობის კრიტერიუმები არ შეესაბამება იმ რეალურ მახასიათებლებს, რომლებიც ცოდნას  $s31\_i$  შრის თვალსაზრისით აღწერენ. ემპირიული ცოდნის ეს მახასიათებლები ხაზს უსვამენ მის "სხვადასხვაგვარ წყობას" - ძალიან ხშირად ფაქტები არ შეესაბამება ერთმანეთს, განსაზღვრებები ერთმანეთს ეწინააღმდეგება, კრიტერიუმები დიფუზურია და ა.შ. ანალიტიკოსს, რომელმაც იცის ემპირიული ცოდნის თავისებურებები, ამ ნაკლოვანებების მაქსიმალურად გამოსწორება უწევს.

ცოდნის მოდალურობა ( $s31\_1$ )ნიშნავს სხვადასხვა კატეგორიაში მისი არსებობის შესაძლებლობას, კანონზომიერ-

რებათა ერთი ნაწილი შესაძლებელია, მეორე აუცილებელია და ა.შ. გარდა ამისა, ხშირად საჭიროა ერთმანეთისაგან მოდალურობის მნიშვნელობის ისეთი სხვადასხვა ელფერის გარჩევა, როგორცაა:

- ექსპერტმა იცის, რომ...;
- ექსპერტი ფიქრობს, რომ ...;
- ექსპერტს უნდა, რომ...;
- ექსპერტი თვლის, რომ... .

ემპირიული ცოდნის შესაძლო წინააღმდეგობრიობა (ა31\_2) დიალექტიკის კანონებიდან გამომდინარე ბუნებრივი შედეგია და მისი გადაჭრა ყოველთვის არ უნდა ხდებოდეს ცოდნის ველში, პირიქით, სწორედ წინააღმდეგობა წარმოადგენს ამოსავალ წერტილს ექსპერტის მსჯელობაში.

არასრულობა (ა31\_3) დაკავშირებულია საგნობრივი სფეროს სრულად აღწერის შეუძლებლობასთან. ანალიტიკოსის ამოცანა მდგომარეობს ამ არასრულობის "სისრულის" გარკვეული ჩარჩოებით შემოსაზღვრაში, სხვა სიტყვებით, ანალიტიკოსმა უნდა შეავიწროვოს საგნობრივი სფეროს საზღვრები ან უნდა შემოიტანოს ისეთი შეზღუდვები და დამკვეთები, რომლებიც პრობლემას გაამარტივებენ.

სისტემურობა (ა32) გულისხმობს, რომ ნებისმიერ ობიექტს გააჩნია მრავალდონიანი იერარქიული ორგანიზაცია, ნებისმიერი პროცესი და მოვლენა შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც უფრო წვრილი ქვესიმრავლეების (ნიშნები, დეტალები) სიმრავლე და პირიქით, ნებისმიერი ობიექტი შეიძლება (და საჭიროა) განხილულ იქნას როგორც განზო-

გადების უფრო მაღალი კლასის ელემენტები. მაგალითად, ცოდნის სტრუქტურირებისადმი სისტემური მიდგომა მისი იერარქიული ორგანიზაციის დანახვის საშუალებას იძლევა.

განვიხილოთ ობიექტურობის (S33) კრიტერიუმი. შემეცნების პროცესი ღრმად სუბიექტურია, ის მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული შემცნობი ობიექტის თავისებურებებზე. უფრო კორექტულია საუბარი გაგების სიღრმეზე, ვიდრე ცოდნის ობიექტურობაზე. რაიმეს გაგება რთული და არაერთმნიშვნელოვანი პროცესია, რომელიც ადამიანის შემეცნების სიღრმეებში ხორციელდება და მოითხოვს მისი ყველა ინტელექტუალური და ემოციური უნარის მობილიზაციას. ანალიტიკოსმა მთელი ძალისხმევა სწორედ პრობლემის კარგად გააზრებაზე უნდა მიმართოს.

ფსიქოლოგიაში ცნობილია კვლევის შედეგები, რომლებიც ადასტურებენ ფაქტს, რომ ადამიანები, რომლებიც სწრაფად და წარმატებით ხსნიან ინტელექტუალურ ამოცანებს, დროის დიდ ნაწილს ამოცანის გაგებაზე ხარჯავენ, მაშინ როცა სხვები სწრაფად იწყებენ ამოცანის ამოხსნას და ძალიან ხშირად ვერ პოულობენ მას.

ისტორიზმის (S34) კრიტერიუმი დაკავშირებულია განვითარებასთან. აწმყოს შეცნობა მისი წარმომშობი წარსულის შეცნობას გულისხმობს. თუმცა ექსპერტული სისტემების დიდი უმრავლესობა ცოდნის "ჰორიზონტალურ" ჭრილს დროის მხედველობაში მიღების გარეშე იძლევა, ცოდნის ინჟინერმა პროცესები ყოველთვის უნდა განიხილოს დროის მდინარეების გათვალისწინებით, როგორც წარსულთან, ასევე

მომავალთან კავშირში. მაგალითად, ცოდნის ველისა და ცოდნის ბაზის სტრუქტურის კორექცია შესაძლებელი უნდა იყოს როგორც ექსპერტული სისტემის შემუშავების, ასევე მისი ექსპლუატაციის დროს.

{S3i} პარამეტრები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ცოდნის ინჟინრის პოზიციიდან აღწერილი ეტაპების მიმდევრობით:

1.  $E\_1$ : ფაქტების აღწერა და განზოგადება;

ცოდნის მიღების პროცესში პროტოკოლების სრულად წარმოება, მათზე პუნქტუალური და გულმოდგინე მუშაობა უკვე ნიშნავს შემეცნების პირველი ეტაპის წარმატებით შესრულებას, ასევე ფაქტების განზოგადებისათვის მასალების არსებობას.

2.  $E\_2$ : ლოგიკური და მათემატიკური კავშირების დადგენა, კანონების დედუქცია და ინდუქცია;

ექსპერტის მსჯელობის რეკონსტრუქციისას, ცოდნის ინჟინერი ძირითადად ეყრდნობა აზროვნების ორ პოპულარულ თეორიას - ლოგიკურსა და ასოციაციურს. ასოციაციური თეორია ნაკლებად ცნობილი და პოპულარულია, თუმცა ლოგიკური თეორიის მსგავსად, ისიც შორეულ წარსულში იღებს სათავეს. ცნობილი ამერიკელი ფიზიკოსი რიჩარდ ფეინმანი თავის ნაშრომში "ლექციები ფიზიკაში" აღნიშნავს, რომ ფიზიკაში ძველებურად, უპირატესობა ენიჭება ცოდნის აგების არა ბაბილონურ, არამედ ბერძნულ მეთოდს. ცნობილია, რომ ძველი აღმოსავლეთის მათემატიკოსებს რთული გამოთვლების შესრულება შეეძლოთ, მაგრამ

მათი ფორმულები ლოგიკურად არ იყო დაკავშირებული. ამის საწინააღმდეგოდ, ბერძნული მათემატიკა დედუქციურია (მაგალითად, ევკლიდეს "საწყისები").

ცოდნის ინჟინერი იყენებს ტრადიციული ლოგიკის ოპერაციებს და გამოყოფს მათ ექსპერტის მსჯელობის სქემაში. ეს ოპერაციებია:

- განსაზღვრება;
- შედარება და განსხვავება;
- ანალიზი;
- აბსტრაგირება;
- განზოგადება;
- კლასიფიკაცია;
- კატეგორიზაცია;
- მსჯელობა;
- დასკვნა;
- სილოგიზმების შედგენა და ა.შ.

ასოციაციის თეორია წარმოადგენს აზროვნებას, როგორც ზოგადი ცნებებით დაკავშირებულ იდეების ჯაჭვს. ასეთი აზროვნების ძირითად ოპერაციებს წარმოადგენენ:

- ასოციაციები, რომლებიც სხვადასხვა კავშირის საფუძველზე მიიღება;
- წარსული გამოცდილების გახსენება;
- ჩვეული ("ავტომატური") რეაქციები და სხვა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ორი თეორიით არ ამოიწურება ფსიქოლოგიური სკოლის მთელი მრავალფეროვნება. ცოდნის ინჟინერიისათვის განსაკუთრებით საინტერესო შეიძლება იყოს გეშტალტ-ფსიქოლოგია. მის ერთ-ერთ დამ-

ფუძნებელს წარმოადგენს ცნობილი გერმანელი ფსიქოლოგი ვერტგეიმერი. გეშტალტი (გერმ. Gestalt) გულისხმობს აღქმის მთლიანობის პრინციპს, როგორც აზროვნების საფუძველს. გეშტალტ-ფსიქოლოგები ცდილობენ ყველაფერში გამოყოფონ რაიმე მთლიანი სახე ან სტრუქტურა, როგორც გარემომცველი სამყაროს პროცესებისა და მოვლენების გაგების საფუძველი. ეს თეორია ახლოსაა ფრეიშტაინისა და ობიექტური მიდგომის თეორიასთან და მიმართულია ღრმა ცოდნის მიღებისკენ. ცოდნის სხვადასხვა ფრაგმენტის გამოვლენისას ცოდნის ინჟინერმა არ უნდა დაივიწყოს მთავარი - ფრაგმენტის გეშტალტი, რომელიც გავლენას ახდენს დანარჩენ კომპონენტებზე და აერთიანებს მათ რაიმე სტრუქტურულ ერთეულში. გეშტალტი შეიძლება იყოს მთავარი პრინციპი ან იდეა, ექსპერტის ჰიპოთეზა ან რწმენა რომელიმე კონცეფციის სიმლიერისადმი. ამ პრინციპის ფორმულირება ექსპერტის მიერ, როგორც წესი, ძალიან იშვიათად ხდება. ცოდნის ინჟინრის მოვალეობას სწორედ ექსპერტის ამ ძირითადი გეშტალტის გამოვლენა წარმოადგენს.

3. *E*<sub>3</sub>: იდეალიზებული მოდელის აგება;

ისეთი მოდელის ასაგებად, რომელიც ასახავს სუბიექტის წარმოდგენას საგნობრივ სფეროზე, აუცილებელია სპეციალიზებული ენა. ამ ენის დახმარებით შესაძლებელია სამყაროს იმ იდეალიზებული მოდელების აღწერა და კონსტრუირება, რომლებიც აზროვნების პროცესში წარმოიქმნება. ემპირიული საგნობრივი სფეროებისათვის ასეთი ენა ჯერ შემუშავებული არ არის. ცოდნის ველი, რომელსაც ანალი-

ტიკოსი ნახევრად ფორმალიზებულად აღწერს, შეიძლება იყოს ასეთი ენის შექმნისკენ გადადგმული პირველი ნაბიჯი.

ნებისმიერი შემეცნებითი ასახვა თავის თავში მოიცავს პირობითობას, ანუ გამარტივებასა და იდეალიზაციას. აუცილებელია, ცოდნის ინჟინერი ფლობდეს ისეთ სპეციფიკურ გნოსეოლოგიურ ხერხებს, როგორცაა იდეალიზაცია და აბსტრაგირება.

### 3. E\_4: მოვლენების ახსნა და პროგნოზირება.

თუ ექსპერტის ცოდნის გამოვლენის სისტემა სრული და ობიექტურია, მაშინ მის საფუძველზე შეიძლება პროგნოზების გაკეთება, ასევე შესაძლებელია ნებისმიერი მოვლენის ახსნა მოცემული საგნობრივი სფეროდან. ჩვეულებრივ, ცოდნის ბაზებისათვის დამახასიათებელია კომპონენტების ფრაგმენტულობა და მოდულურობა. ეს ყველაფერი საშუალებას არ იძლევა შეიქმნას რეალურად ინტელექტუალური სისტემები, რომლებიც ადამიანის მსგავსად შეძლებდნენ ახალი კანონზომიერებების გამოვლენას და იმ შემთხვევების ახსნას, რომელიც ბაზაში ნათლად არ არის მითითებული. გამონაკლისს წარმოადგენენ სწავლადი სისტემები, რომლებიც ახალი ცოდნის გენერაციასა და "წინასწარმეტყველებაზე" არიან ორიენტირებული.

შემოთავაზებული მეთოდოლოგია საშუალებას აძლევს ანალიტიკოსს თავი დააღწიოს ტრადიციულ შეცდომებს, რომელთაც მივყავართ არასრულობამდე, წინააღმდეგობამდე და ცოდნის ბაზის ფრაგმენტულობამდე.

### **ცოდნის სტრუქტურირების თეორიული ასპექტები**

ცოდნის მიღებისა და სტრუქტურირების სტადიების დაყოფა საკმაოდ პირობითია. კარგი ცოდნის ინჟინერი, ექსპერტისგან ცოდნის მიღების შემდეგ მალევე იწყებს მუშაობას ცოდნის სტრუქტურირებასა და ცოდნის ველის ფორმირების საკითხებზე.

სტრუქტურირების მეთოდოლოგია ახლოსაა რთული სისტემების თანამედროვე თეორიასთან.

*იერარქიული მიდგომა.* რთული სისტემების დაპროექტება და ინფორმაციის სტრუქტურირების მეთოდები ტრადიციულად იერარქიულ მიდგომას იყენებდნენ, როგორც ფორმალურად აღწერილი სისტემის დონეებად (ბლოკებად ან მოდულებად) დანაწევრების მეთოდოლოგიურ ხერხს. იერარქიის უფრო მაღალ დონეებზე გამოიყენება მეტნაკლებად დეტალიზებული წარმოდგენები, რომლებიც ასახავენ დასაპროექტებელი სისტემის მხოლოდ ყველაზე ზოგად მახასიათებლებსა და თავისებურებებს. მომდევნო დონეებზე დეტალიზების ხარისხი იზრდება, ამასთან სისტემა განიხილება არა როგორც მთლიანი, არამედ ცალკეულ ბლოკების სახით.

მართვის ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემების თეორიაში ასეთ მიდგომას ბლოკურ-იერარქიული ეწოდება. ბლოკურ-იერარქიული მიდგომის ერთ-ერთი უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ დიდი მოცულობის რთული ამოცანა იყოფა მცირე მოცულობის მიმდევრობით ამოსახსნელი ამოცანების ჯგუფებად.

## სტრუქტურირების ტრადიციული მეთოდოლოგიები

რთული სისტემების დაპროექტებისადმი არსებული მიდგომები შეიძლება ორ დიდ კლასად დაიყოს:

- სტრუქტურული (სისტემური) მიდგომა ან ანალიზი, რომელიც დაფუძნებულია ალგორითმული დეკომპოზიციის იდეაზე, სადაც სისტემის თითოეული მოდული ასრულებს საერთო პროცესის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ეტაპს.
- ობიექტური მიდგომა, რომელიც დაკავშირებულია არა პროცესების, არამედ ობიექტების დეკომპოზიციასა და გამოყოფასთან. ამასთან, თითოეული ობიექტი განიხილება როგორც განსაზღვრული კლასის ეგზემპლარი.

*სტრუქტურულ ანალიზში* შემუშავებულია დაპროექტებისათვის საჭირო გამომსახველობითი საშუალებების დიდი რაოდენობა, მათ შორის გრაფიკული: მონაცემთა ნაკადების დიაგრამები (DFD – data-flow diagrams), სტრუქტურირებული ლექსიკონები, სისტემების სპეციფიკაციების ენები, ისრიანი დიაგრამები “ობიექტი – კავშირი” (ERD – entity-relationship diagrams), მდგომარეობის დიაგრამები, ალგორითმების ბლოკ-სქემები, პროექტების მართვის საშუალებები (PERT-დიაგრამები, ჰანტის დიაგრამები და ა.შ.).

ასეთი საშუალებების სიმრავლე და გარკვეული აზრით, სიჭარბეც კი აიხსნება იმით, რომ თითოეულმა საგნობრივმა სფერომ, რომელიც სტრუქტურულ მიდგომას იყენებდა რო-

გორც მოდელირების უნივერსალურ საშუალებას, საკუთარი ტერმინოლოგია შემოიტანა, რომელიც ყველაზე მეტად შესაბამებოდა კონკრეტული სფეროს სპეციფიკას.

რადგანაც ცოდნის ინჟინერია პროგრამული უზრუნველყოფების ფართო კლასს ეხება (ეს არის “რბილი” პროგრამული უზრუნველყოფა), წარმოიქმნება სტრუქტურირების საკმარისად უნივერსალური ენის შემუშავების ამოცანა.

ობიექტური (ობიექტზე – ორიენტირებული) მიდგომა, რომელიც წარმოიშვა, როგორც დიდი პროგრამული პროდუქტების დაპროგრამების ტექნოლოგია, დაფუძნებულია შემდეგ ძირითად ელემენტარულ ცნებებზე: ობიექტები; კლასები, როგორც ობიექტები; იერარქიები თვისებების მემკვიდრეობით; ინკაფსულაცია, როგორც წვდომის შეზღუდვის საშუალება; მეთოდები და პოლიმორფიზმი.

ობიექტზე ორიენტირებულ მიდგომას აქვს პირობითი აღნიშვნების საკუთარი სისტემა და სირთულის მაღალი ხარისხის მქონე სისტემების დასაპროექტებლად ლოგიკური და ფიზიკური მოდელების მრავალფეროვან ნაკრებს გვთავაზობს. ამასთან, ეს სისტემები კარგადაა სტრუქტურირებული, რაც მათი ადვილად მოდიფიკაციის საშუალებას იძლევა.

დაპროგრამების ობიექტზე ორიენტირებული ენების ფართო გავრცელება ამ მიდგომის სიცოცხლისუნარიანობისა და პერსპექტიულობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია.

**ობიექტურ-სტრუქტურული მიდგომა.** ქვემოთ წარმოდგენილია ამ მიდგომის ძირითადი პოსტულატები.

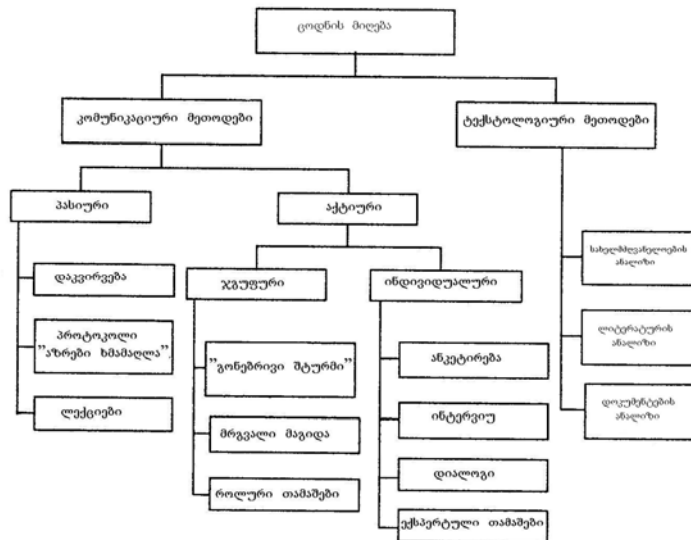
1. სისტემურობა (ურთიერთკავშირი ცნებებს შორის);
2. აბსტრაგირება (ცნებების არსებითი მახასიათებლების გამოვლენა);
3. იერარქია (რანჟირება აბსტრაქციის მოწესრიგებულ სისტემებად);
4. ტიპიზება (ცნებების კლასის გამოყოფა ქვეკლასებში თვისებების ნაწილობრივი მემკვიდრეობითობით);
5. მოდულურობა (ამოცანის დაყოფა ქვეამოცანებად);
6. ნოტაციების თვალსაჩინოება და სიმარტივე.

ობიექტურ-სტრუქტურული მიდგომა გულისხმობს ზემოთ ჩამოთვლილი პოსტულატების ინტეგრირებულ გამოყენებას ინტელექტუალური სისტემების ცოდნის ბაზების შემუშავების ყველა სტადიაზე.

## თავი 4. ცოდნის ინჟინერიის ტექნოლოგიები

### ცოდნის პრაქტიკულად მიღების მეთოდების კლასიფიკაცია

მესამე თავში დაწვრილებითაა განხილული ცოდნის ინჟინერიის თეორიული ასპექტები, თუმცა ნათლად არ არის განსაზღვრული, რა სახის პრაქტიკული მეთოდებითაა შესაძლებელი ექსპერტისგან ცოდნის მიღება. არსებობს ცოდნის მიღების დაახლოებით 15-მდე არაავტომატიზებული და 20-ზე მეტი ცოდნის ავტომატიზებული გზით შექმნისა და ფორმირების მეთოდები. სურ. 4.1-ზე ნაჩვენებია ექსპერტისგან ცოდნის პრაქტიკული გზით მიღების სხვადასხვა მეთოდი.



სურ. 4.1. ცოდნის მიღების მეთოდების კლასიფიკაცია

თავის მხრივ, კომუნიკაციური მეთოდები შეიძლება ორ ჯგუფად დაიყოს: აქტიური და პასიური. პასიური მეთოდი გულისხმობს, რომ ცოდნის მიღების პროცედურის დროს წამყვანი როლი ექსპერტს ენიჭება, ცოდნის ინჟინერი კი მხოლოდ ექსპერტის მსჯელობის პროტოკოლირებას ახდენს გადაწყვეტილების მისაღებად მისი რეალური მუშაობის დროს ან იწერს იმას, რის მოთხოვნასაც ლექციის სახით ექსპერტი საჭიროდ მიიჩნევს. აქტიურ მეთოდებში, პირიქით, ინიციატივა მთლიანად ცოდნის ინჟინრის ხელში გადადის, რომელიც სხვადასხვა მეთოდის საშუალებით იღებს ცოდნას ექსპერტისგან (თამაშები, დიალოგები, საუბრები მრგვალ მაგიდასთან და ა.შ.).

აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, რომ აქტიური და პასიური მეთოდების მონაცვლეობით გამოყენება ცოდნის მიღების ერთი სეანსის ფარგლებშიც კი შეიძლება ხდებოდეს. მაგალითად, თავდაპირველად შედარებით მცირე გამოცდილების მქონე ცოდნის ინჟინერმა შეიძლება პასიური მეთოდების გამოყენებით სცადოს ცოდნის მიღება, ექსპერტის უფრო ახლოს გაცნობის შემდეგ კი მას შეუძლია აიღოს ინიციატივა და ”შეტევაზე” გადავიდეს.

ერთი შეხედვით, პასიური მეთოდები საკმაოდ მარტივია, მაგრამ სინამდვილეში ისინი ცოდნის ინჟინრისგან ანალიტიკური აზროვნების მაღალ დონესა და ექსპერტისგან მიღებულ ცოდნაში მნიშვნელოვანი ფრაგმენტების გამოვლენას მოითხოვენ. თუმცა უნდა ითქვას ისიც, რომ უკუკავშირის არარსებობა (ცოდნის ინჟინრის პასიურობა) მნიშვნელოვნად ამცირებს ამ მეთოდების ეფექტურობას, რითაც

აიხსნება ჩვეულებრივ, მათი დამხმარე როლი აქტიური მეთოდების გამოყენების დროს.

ექსპერტების რაოდენობის მიხედვით, აქტიური მეთოდები შეიძლება ორ ჯგუფად დაიყოს. თუ ექსპერტების რაოდენობა ერთზე მეტია, მაშინ თითოეულთან ინდივიდუალური კონტაქტების სერიის გარდა, მიზანშეწონილია საგნობრივ სფეროზე ჯგუფური განხილვების მეთოდების გამოყენებაც. ასეთი ჯგუფური მეთოდები ხშირად იწვევენ დისკუსიის მონაწილეთა ცოდნის საკმაოდ არატრივიალური ასპექტების გამოვლენას. თუმცა, უნდა ითქვას, რომ დღეისათვის ინდივიდუალური მეთოდები მაინც წამყვან როლს ინარჩუნებენ ცოდნის მიღების პროცესში.

განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია თამაშები. ასეთი მიდგომა ფართოდაა გამოყენებული სოციოლოგიაში, ეკონომიკაში, მენეჯმენტში, პედაგოგიაში ხელმძღვანელების, მასწავლებლების, ექიმებისა და სხვა სპეციალისტების მოსამზადებლად.

მეთოდის შერჩევაზე სამი ფაქტორი ახდენს გავლენას:

- ცოდნის ინჟინრის პიროვნული თავისებურებები;
- ექსპერტის პიროვნული თავისებურებები;
- საგნობრივი სფეროს მახასიათებლები.

ადამიანები ფსიქოლოგიური მახასიათებლების მიხედვით შეიძლება სამ ტიპად დაიყოს:

- მოაზროვნე (შემეცნებითი ტიპი);
- მოსაუბრე (ემოციურ-კომუნიკაციური ტიპი);
- პრაქტიკოსი (პრაქტიკული ტიპი).

მოაზროვნეები ორიენტირებულნი არიან ინტელექტუალურ სამუშაოზე, სწავლაზე, თეორიულ განზოგადებებზე და ფლობენ კოგნიტიური სტილის ისეთ მახასიათებლებს, როგორცაა ველზე დამოუკიდებლობა და რეფლექსურობა.

მოსაუბრეები გულდია, კონტაქტური ადამიანები არიან, რომლებიც მზად არიან თანამშრომლობისათვის.

პრაქტიკოსები საუბარს მოქმედებას ამჯობინებენ, კარგად ახდენენ სხვათა ჩანაფიქრის რეალიზებას, მიმართულები არიან სამუშაოს შედეგიანობაზე.

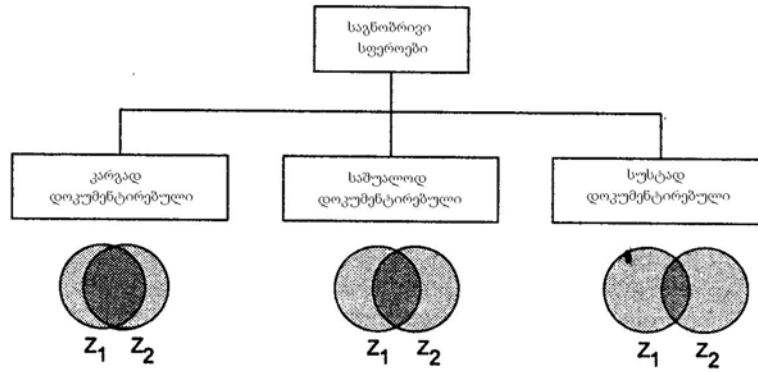
საგნობრივი სფეროს დასახასიათებლად შესაძლებელია შემდეგი სახის კლასიფიკაციის შემოთავაზება:

- კარგად დოკუმენტირებული;
- საშუალოდ დოკუმენტირებული;
- სუსტად დოკუმენტირებული.

ეს კლასიფიკაცია დაკავშირებულია  $Z_1$  და  $Z_2$  სახის ცოდნის (იხ. თავი 1) თანაფარდობასთან, სადაც  $Z_1$  ექსპერტის ცოდნაა, ხოლო  $Z_2$  - მოცემული კონკრეტულ სფეროს შესახებ წიგნებში მატერიალიზებული "ზოგადი" ცოდნაა. თუ საგნობრივ სფეროს ცოდნას წარმოვადგენთ როგორც  $Z_1$  და  $Z_2$ -ის გაერთიანებას, მაშინ შემოთავაზებული კლასიფიკაციის წარმოდგენა შესაძლებელია სურ. 4.2-ზე მოცემული სახით.

გარდა ამისა, საგნობრივი სფეროები შეიძლება დაიყოს ცოდნის სტრუქტურირებადობის კრიტერიუმის მიხედვით. სტრუქტურირებადობა გულისხმობს თეორიული გააზრების, ძირითადი კანონზომიერებებისა და პრინციპების გა-

მოვლენის ხარისხს მოცემულ საგნობრივ სფეროში და თუმცა ექსპერტული სისტემები ტრადიციულად გამოიყენება სუსტად სტრუქტურირებულ საგნობრივ სფეროებში, ამჟამად უკვე შეიმჩნევა ექსპერტული სისტემების დანერგვის სფეროების გაფართოების ტენდენცია.



სურ. 4.2. საგნობრივი სფეროების კლასიფიკაცია

ცოდნის სტრუქტურირების ხარისხის მიხედვით საგნობრივი სფეროები შეიძლება იყვნენ:

- კარგად სტრუქტურირებული – მკაფიო აქსიომატიზაციით, მათემატიკური აპარატის ფართო გამოყენებითა და ჩამოყალიბებული ტერმინოლოგიით;
- საშუალოდ სტრუქტურირებული – განსაზღვრული ტერმინოლოგიით, განვითარებადი თეორიით, მოვლენებს შორის ცხადი ურთიერთკავშირებით.

- სუსტად სტრუქტურირებული – არამკაფიო განსაზღვრებებით, მდიდარი ემპირიკით, დიდი რაოდენობის “თეთრი ლაქებით”.

მოცემულ პარაგრაფში განხილული ცოდნის მიღების მეთოდების და საგნობრივი სფეროების კლასიფიკაცია დაეხმარება ცოდნის ინჟინერს, ექსპერტისგან ცოდნის მიღების მიზნით მკაფიოდ განსაზღვროს თავისი საგნობრივი სფერო და შეუსაბამოს მას შესაბამისი მეთოდი ან მეთოდების ჯგუფი. თუმცა, ძალიან ხშირად შეიძლება მოხდეს ისე, რომ ცოდნის ინჟინერმა პრაქტიკულად მუშაობის პროცესში აღმოაჩინოს, რომ მაგალითად, მის მიერ კარგად დოკუმენტირებულად მიჩნეული სფერო თურმე სუსტად ყოფილა დოკუმენტირებული, დაკვირვების მეთოდი კი სასწრაფოდ თამაშების მეთოდით უნდა შეიცვალოს. ასეთია ექსპერტული ცოდნის მიღების პროცესის რეალური სირთულეები.

### **კომუნიკაციური მეთოდები**

სურ. 4.1-ზე ნაჩვენები კლასიფიკაციის შესაბამისად, დაწვრილებით განვიხილოთ კომუნიკაციური მეთოდების ორივე სახე: პასიური და აქტიური.

**პასიური მეთოდები.** ტერმინმა ”პასიური” არ უნდა შექმნას იმის ილუზია, რომ ის ”აქტიური” მეთოდების საწინააღმდეგო მნიშვნელობითაა შემოღებული. რეალურად პასიური მეთოდები ცოდნის ინჟინრისგან არანაკლებ ძალის-

ხმევას მოითხოვენ, ვიდრე ისეთი აქტიური მეთოდები, როგორცაა თამაშები და დიალოგი.

ცოდნის მიღების პასიური მეთოდების გამოყენებისას ცოდნის მიღების პროცედურაში წამყვანი როლი ექსპერტს ენიჭება, ცოდნის ინჟინერი მხოლოდ აფიქსირებს ექსპერტის მსჯელობას გადაწყვეტილების მიღების შესახებ.

სურ. 4.1.-ზე ნაჩვენები კლასიფიკაციის თანახმად პასიურ მეთოდებს განეკუთვნება:

- დაკვირვებები;
- პროტოკოლის "აზრები ხმამაღლა" ანალიზი;
- ლექციები.

დაკვირვების პროცესში ცოდნის ინჟინერი იმყოფება უშუალოდ ექსპერტთან მისი პროფესიული მოღვაწეობის დროს. ცოდნის მიღების პროცესისთვის მომზადებისას საჭიროა ექსპერტს განემარტოს დაკვირვების მიზანი და ეთხოვოს თავისი მოქმედებების მაქსიმალურად კომენტირება.

სეანსის დროს ანალიტიკოსი (ცოდნის ინჟინერი) იწერს ექსპერტის ყველა მოქმედებას, მის რეპლიკებსა და განმარტებებს. შესაძლებელია ასევე ვიდეოჩანაწერის გაკეთებაც. ამ მეთოდის განხორციელებისას აუცილებელ პირობად ითვლება ის, რომ ანალიტიკოსი არ უნდა ჩაერიოს ექსპერტის მუშაობაში, განსაკუთრებით პირველ ხანებში.

არსებობს დაკვირვებების წარმოების ორი სხვადასხვა სახე:

- დაკვირვება რეალურ პროცესზე;
- დაკვირვება პროცესის იმიტაციაზე.

თავდაპირველად ცოდნის ინჟინრისთვის სასარგებლოა რეალურ პროცესზე დაკვირვება, იმისათვის, რომ უფრო ღრმად ჩასწვდეს საგნობრივ სფეროს და ჩაინიშნოს გადაწყვეტილების მიღების პროცესის ყველა თავისებურება. ეს აუცილებელია მომხმარებლის ეფექტური ინტერფეისის დასაპროექტებლად. დაკვირვება ანალიტიკოსს საგნობრივი სფეროს კარგად "დანახვის" საშუალებას აძლევს.

პროცესის იმიტაციაზე დაკვირვებისას ექსპერტი ნაკლებად დამაბულია, ვიდრე რეალური პროცესის დროს, როდესაც მას "ორ ფრონტზე" უწევს ერთდროულად მუშაობა - ეწევა პროფესიულ საქმიანობას და თან ახდენს შესრულებული სამუშაოს დემონსტრირებას. ამ შემთხვევაში ნაკლი და უპირატესობა ერთმანეთს ემთხვევა, სწორედ ექსპერტის ნაკლებმა დამაბულობამ შეიძლება ცუდად იმოქმედოს შედეგზე. რადგანაც სამუშაოს იმიტაცია ხდება, ექსპერტის მიერ მიღებული გადაწყვეტილებაც შეიძლება ნაკლები პასუხისმგებლობის გრძნობით იქნეს მიღებული.

დაკვირვება პროცესის იმიტაციაზე ტარდება იმ შემთხვევებშიც, როდესაც გარკვეული მიზეზების გამო შეუძლებელია მოხდეს რეალურ პროცესზე დაკვირვება (მაგალითად, ექიმმა-ფსიქიატრმა, პროფესიული ეთიკის თანახმად, პაციენტის მიღებისას უცხო პირის დასწრება შეიძლება აკრძალოს).

დაკვირვების სეანსები ცოდნის ინჟინრისგან შეიძლება მოითხოვდეს:

- სტენოგრაფიის ტექნიკის ცოდნას ექსპერტის მოქმედების დასაფიქსირებლად დროის რეალურ მასშტაბში;
- ქრონომეტრაჟის მეთოდიკასთან გაცნობას საწარმოო პროცესის დროში მკაფიო სტრუქტურირებისათვის;
- "თვალეზით კითხვის" ჩვევების გამომუშავება, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ეს გულისხმობს შესტების, მიმიკისა და ურთიერთობის არავერბალური კომპონენტებისადმი დაკვირვების უნარს;
- საგნობრივი სფეროს სერიოზული წინასწარი გაცნობა, რადგანაც "უკუკავშირის" არარსებობის გამო ზოგჯერ შეიძლება ექსპერტის მოქმედებაში ბევრი რამე იყოს გაუგებარი.

ამრიგად, დაკვირვება არის ექსპერტული სისტემის შემუშავების საწყის ეტაპზე ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდი. ჩვეულებრივ, ის გამოიყენება არა დამოუკიდებლად, არამედ სხვა მეთოდებთან ერთობლიობაში.

"აზრები ხმამაღლა" მეთოდის პროტოკოლირება დაკვირვებისგან განსხვავდება იმით, რომ ექსპერტს სთხოვენ არა მხოლოდ განახორციელოს თავისი მოქმედებებისა და გადაწყვეტილებების კომენტირება, არამედ ახსნას კიდევ, როგორ იქნა ეს გადაწყვეტილება მიღებული. ექსპერტის მსჯელობისას ცოდნის ინჟინერი ყველა მის სიტყვას იწერს, ამასთან ზოგჯერ მნიშვნელოვანია პაუზებისა და შორისდებულების ჩანიშვნაც კი. ამ მიზნით დიქტოფონის გამოყენება ხშირად კამათის საგანი ხდება, რადგანაც ასეთ

შემთხვევებში, ექსპერტები თვლიან, რომ მათ მიმართ ნდობის ხარისხი მაღალი არ არის. ეს გარკვეულწილად ცუდად აისახება ექსპერტისა და ცოდნის ინჟინრის მომავალ ურთიერთობაზე.

ძირითადი სიძნელე ხმამაღლა გამოთქმული აზრების პროტოკოლირებისას მდგომარეობს იმაში, რომ ადამიანებს ხშირად უჭირთ ახსნან მათი ფიქრების მიმდინარეობა. თუმცა, არსებობენ ადამიანები, რომლებიც მიდრეკილნი არიან რეფლექსიისადმი, მათთვის მსგავსი სამუშაოს შესრულება რთული არ არის. შესაბამისად, ასეთ შემთხვევაში, რეფლექსურობა ექსპერტისთვის ძალიან სასურველი თვისება იქნება.

მიღებული პროტოკოლების გაშიფრვას ცოდნის ინჟინერი დამოუკიდებლად ახორციელებს. მათში კორექტივების შეტანა ცოდნის მიღების შემდეგ სეანსებზე ხდება. ხმამაღლა გამოთქმული აზრების წარმატებით ჩატარებული პროტოკოლირება ცოდნის მიღების ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს, რადგანაც ასეთ შემთხვევაში ექსპერტი სრულ თავისუფლებას გრძნობს, მას ხელს არავინ არ უშლის დასკვნებისა და მსჯელობის ჩატარების პროცესში. ექსპერტების უმეტესობისათვის ეს ყველაზე სასიამოვნო და მოსაწონი ხერხია.

ცოდნის გადაცემის ერთ-ერთ ყველაზე ძველ მეთოდს ლექცია წარმოადგენს. ექსპერტული სისტემების შექმნისას, ცოდნის მიღების ეტაპზე მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ ის, რამდენად კარგად შეუძლია ექსპერტს ლექციის წაკითხვა, არამედ ცოდნის ინჟინრისგან ამ ლექციის ყურადღებით

მოსმენისა და გათავისების უნარიც. რა თქმა უნდა, შესაძლებელია ექსპერტი იყოს ის ადამიანი, რომელსაც ლექცია, თავისი სპეციალობიდან გამომდინარე, არასოდეს ჰქონდეს წაკითხული. ასეთ შემთხვევაში, ცოდნის მისაღებად ლექციის წაკითხვის მეთოდის გამოყენება შეიძლება არც იყოს მიზანშეწონილი. თუ ექსპერტს სწავლების გამოცდილება აქვს, მაშინ ლექცია ცოდნის ინჟინრისთვის ცოდნის მიღების ერთ-ერთ საუკეთესო საშუალებად შეიძლება იქცეს. ლექციის წაკითხვისას ექსპერტს თვითგამოხატვისათვის თავისუფლების მაღალი ხარისხი გააჩნია. ამასთან, აუცილებელია ექსპერტისთვის ლექციის თემისა და ამოცანის ფორმულირება. მაგალითად, ლექციების ციკლის თემა შეიძლება იყოს "დიაგნოზის დასმა - ფილტვების ანთება", კონკრეტული ლექციის თემა - "მსჯელობა რენტგენოგრამის ანალიზის მიხედვით", ამოცანა - ასწავლოს მსმენელებს ექსპერტის მიერ ჩამოთვლილი ნიშნების მიხედვით ფილტვების ანთების დიაგნოზის დასმა და პროგნოზის გაკეთება. გამოცდილი ლექტორი თავისი ცოდნის სტრუქტურირებას და მსჯელობის მსვლელობის გააზრებას ლექციამდე ახდენს. ცოდნის ინჟინრისგან კი, ასეთ სიტუაციაში მოითხოვება მხოლოდ ლექციების ყურადღებით ჩაწერა და ბოლოს აუცილებელი კითხვების დასმა. ლექციების კარგად ჩაწერა გულისხმობს იმას, რომ ცოდნის ინჟინერმა შეძლოს მნიშვნელოვანი საკითხებისა და გააზრებული წინადადებების ჩაწერა და მათი განზოგადება.

ლექციის მსვლელობისას დასმული კარგი კითხვები ეხმარება როგორც ლექტორს, ასევე მსმენელსაც. სერიო-

ზული და საქმიანი კითხვები მნიშვნელოვნად ამაღლებენ ცოდნის ინჟინრის ავტორიტეტს ექსპერტის თვალში.

როგორც წესი, დღის განმავლობაში ტარდება ორი ლექცია - 40-დან 50 წუთამდე ხანგრძლივობით, 5 ან 10 წუთიანი შესვენებით. მთელი კურსი შეიძლება განისაზღვროს ორიდან ხუთ ლექციამდე ამა თუ იმ კონკრეტული საგნობრივი სფეროს სპეციფიკიდან და სირთულიდან გამომდინარე.

*აქტიური ინდივიდუალური მეთოდები.* დღეისათვის ყველაზე გავრცელებულია ექსპერტული ცოდნის მიღების აქტიური ინდივიდუალური მეთოდები:

- ანკეტირება;
- ინტერვიუ;
- თავისუფალი დიალოგი;
- თამაშები ექსპერტთან.

ამ მეთოდების გამოყენებისას აქტიურ როლს ასრულებს ცოდნის ინჟინერი, რომელიც სცენარებს წერს და ექსპერტისგან ცოდნის მიღების სეანსებს ხელმძღვანელობს. ექსპერტთან თამაშები არსებითად განსხვავდება დანარჩენი სამი მეთოდისგან. ანკეტირების, ინტერვიუსა და თავისუფალი დიალოგის მეთოდები ერთმანეთის მსგავსია და განსხვავდება მხოლოდ თავისუფლების იმ ხარისხით, რომელიც ცოდნის ინჟინერმა ცოდნის მიღების სეანსის ჩატარებისას შეიძლება საკუთარ თავს მიანიჭოს.

ანკეტირების მეთოდი ყველაზე უფრო სტანდარტიზებულ სახეს ატარებს. ამ შემთხვევაში ცოდნის ინჟინერი

წინასწარ ადგენს კითხვარს და იყენებს მას ექსპერტების გამოსაკითხად.

ანკეტირების პროცედურა შეიძლება ჩატარდეს ორი ხერხით:

1. ანალიტიკოსი (ცოდნის ინჟინერი) კითხვებს სვამს ხმამაღლა და ანკეტასაც თვითონ ავსებს ექსპერტის პასუხების მიხედვით;
2. ექსპერტი დამოუკიდებლად ავსებს ანკეტას ცოდნის ინჟინრისგან წინასწარი ინსტრუქციების მიღების შემდეგ.

ანკეტირების მეთოდის არჩევა დამოკიდებულია კონკრეტულ პირობებზე (მაგალითად, ანკეტის გაფორმება, მისი სირთულე, ექსპერტის მზადყოფნა). მეორე ხერხი მაინც უფრო მიზანშეწონილად ითვლება, რადგანაც ასეთ შემთხვევაში ექსპერტი პასუხების მოფიქრებისას დროში შეზღუდული არ არის.

ანკეტის შესადგენად არსებობს რამდენიმე ზოგადი რეკომენდაცია. ეს რეკომენდაციები უნივერსალურია და არ არის დამოკიდებული საგნობრივ სფეროზე. ანკეტებთან მუშაობის ყველაზე მეტი გამოცდილება დაგროვებულია სოციოლოგიასა და ფსიქოლოგიაში, ამიტომაც რეკომენდაციების ნაწილი სწორედ ამ სფეროებიდანაა აღებული:

- ანკეტა არ უნდა იყოს მონოტონური და ერთგვაროვანი. იმისათვის რომ ანკეტა მოსაწყენი და დამღლევი არ იყოს, ხშირად საჭიროა კითხვების ფორმის ვარიაცია, თემატიკის შე-

ცვლა, იუმორით ან თამაშის ელემენტებით გაჯერებული კითხვების დასმა;

- ანკეტა მორგებული უნდა იყოს ექსპერტის სასაუბრო ენაზე;
- მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ ზოგჯერ კითხვები გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე, საჭიროა კითხვების მიმდევრობის კარგად მოფიქრება.
- ცნობილია, რომ ანკეტაში ხშირად არის ზედმეტი კითხვები, მათი ნაწილი აუცილებელია - ეს არის ეგრეთ წოდებული საკონტროლო კითხვები, მეორე ნაწილი კი მინიმუმზე უნდა იყოს.

მაგალითი 4.1.

ანკეტაში ზედმეტი კითხვის არსებობის სადემონსტრაციოდ მოვიყვანოთ ფრაგმენტი ანკეტიდან:

”B12. თვლით თუ არა, რომ ანგინის მკურნალობა ეფექტურია ერითრომინის გამოყენებით?”

”B13. ჩვეულებრივ, ერითრომინის რა დოზებით გამოყენებას უწევთ რეკომენდაციას?”

B12 კითხვაზე უარყოფითი პასუხის შემთხვევაში B13 კითხვა ზედმეტია. კითხვების სიჭარბის თავიდან აცილების მიზნით შესაძლებელია B12 კითხვის გართულება:

”B12. იყენებთ თუ არა თქვენ ერითრომინს ანგინის სამკურნალოდ და თუ იყენებთ, რა დოზებით?”

- ანკეტა შედგენილი უნდა იყოს "კარგი მანერების" წესის სრული დაცვით. ტექსტი უნდა იყოს გასაგები და კითხვები დასმული უნდა იყოს მაქსიმალურად თავაზიანი ფორმით.

ინტერვიუ გულისხმობს ცოდნის ინჟინრისა და ექსპერტის ურთიერთობის სპეციფიკურ ფორმას, რომელშიც ინჟინერი საგნობრივ სფეროზე ცოდნის მიღების მიზნით ექსპერტს უსვამს წინასწარ მომზადებულ კითხვებს. ინტერვიუს ადების ყველაზე მეტი გამოცდილება ჟურნალისტიკასა და სოციოლოგიაში არსებობს. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ჟურნალისტებიც და სოციოლოგებიც ხშირად საუბრობენ ამ სფეროში თეორიული და პრაქტიკული კვლევების უკმარისობაზე.

ინტერვიუ ძალიან ახლოსაა ანკეტირების იმ ხერხთან, როდესაც ანალიტიკოსი თვითონ ავსებს ანკეტას და მასში ექსპერტის პასუხები შეაქვს. ინტერვიუს ძირითადი განსხვავება ანკეტირებისგან მდგომარეობს იმაში, რომ ის საშუალებას აძლევს ანალიტიკოსს გამოტოვოს კითხვების გარკვეული რაოდენობა სიტუაციისგან დამოკიდებულებით, ჩართოს ახალი კითხვები ანკეტაში, შეცვალოს ტემპი და ა.შ. გარდა ამისა, ინტერვიუს პირობებში ანალიტიკოსს მეტი შესაძლებლობა უჩნდება დაინტერესოს ექსპერტი და ამით გაზარდოს ცოდნის მიღების პროცედურის ეფექტურობა. ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ინტერვიუს ჩატარებისას კითხვების სწორად შერჩევას. მართალია, ცოდნის ინჟინრებს იშვიათად შეაქვთ ეჭვი საკუთარ უნარში, კარგად დასვან და შეარჩიონ კითხვები, მაგრამ სინამდვილეში ეს მარტივი საქმე

სულაც არ არის. მათემატიკური ლოგიკის სპეციალური განშტოება კი არსებობს - კითხვების ლოგიკა.

ყველა კითხვითი წინადადება შეიძლება ორ ტიპად დაიყოს:

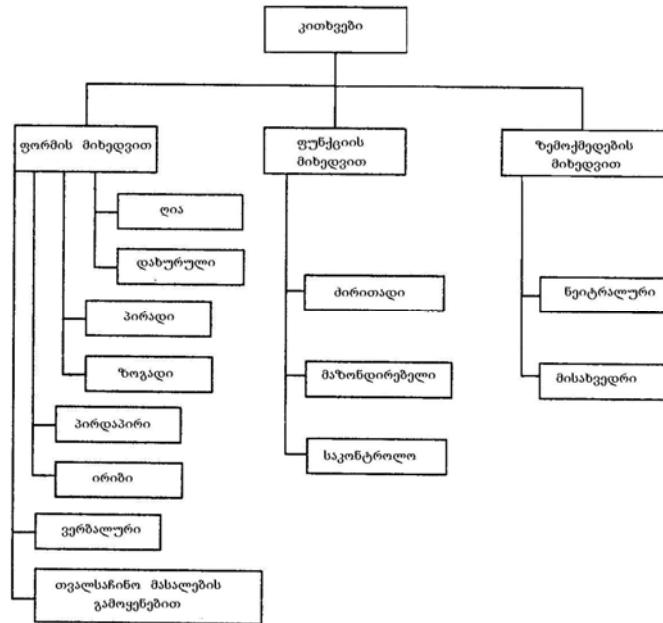
- კითხვები, რომლებიც განუსაზღვრელობას შეიცავენ ("შეიძლება თუ არა ანტიბიოტიკების დიდი რაოდენობით შეყვანამ ანაფილაქსიური შოკი გამოიწვიოს?");
- კითხვები არასრული ინფორმაციით ("რა შემთხვევაშია აუცილებელი დილაკის ჩართვა?"). ასეთი კითხვები ხშირად იწყება სიტყვებით "რა", "ვინ", "როდის", "სად" და ა.შ.

კითხვების კლასიფიკაციას ახდენენ ფორმის, ფუნქციისა და ზემოქმედების მიხედვით (სურ. 4.3).

ღია ეწოდება ისეთ კითხვას, რომელიც პასუხის გაცემისას ექსპერტს სრულ თავისუფლებას ანიჭებს ("შეგიძლიათ აგვიხსნათ, რა გზით იქნება უმჯობესი ფილტვების ანთების შემთხვევაში მაღალი ტემპერატურის დაგდება?").

დახურული ტიპის კითხვის შემთხვევაში ექსპერტი ირჩევს ერთ-ერთს სავარაუდო პასუხების ნაკრებიდან. ("მიუთითეთ, ანგინის დროს რა საშუალებებს უწევთ რეკომენდაციას: ა) ანტიბიოტიკები; ბ) კომპრესები; გ) ინჰალაცია"). დახურული კითხვების დამუშავება მათი შემდგომი ანალიზისას ადვილია, მაგრამ ისინი "ფარავენ" ექსპერტის მსჯელობის მსვლელობას და მისი პასუხები მხოლოდ წინასწარ განსაზღვრული მიმართულებით მიჰყავთ. ინტერვიუს ჩატარებისას უმჯობესია ღია და დახურული ტიპის

კითხვების მონაცვლეობა. განსაკუთრებით გულმოდგინედ უნდა იქნეს მოფიქრებული დახურული ტიპის კითხვები, მათ შესადგენად საგნობრივი სფეროს კარგად ცოდნა საჭირო.



სურ. 4.3. კითხვების კლასიფიკაცია

პირადი ხასიათის შეკითხვა ექსპერტის პირად გამოცდილებას ეხება.

ზოგადი ხასიათის კითხვები მიმართულია საგნობრივი სფეროს ყველაზე გავრცელებული და საზოგადოდ მიღებული კანონზომიერებების გამოსავლენად.

არსებობენ აგრეთვე პირდაპირი და ირიბი კითხვები. დასმული კითხვის ფორმას, კონკრეტული სიტუაციიდან გამომდინარე, ცოდნის ინჟინერი განსაზღვრავს.

ვერბალური შეკითხვები ზეპირი შეკითხვების კატეგორიას განეკუთვნება. კითხვები თვალსაჩინო მასალების გამოყენებით ინტერვიუს უფრო საინტერესოს ხდის და ექსპერტის დადლილობასაც ამცირებს.

ფუნქციების მიხედვით კითხვების დაყოფა ძირითად, მაზონდირებელ და საკონტროლო კითხვებად დაკავშირებულია იმასთან, რომ ხშირად ცოდნის გამოსავლენად ინტერვიუს ძირითადი შეკითხვები საკმარისი არ არის. სხვადასხვა მიზეზის გამო ექსპერტი ზოგჯერ ამომწურავ პასუხებს არ ან ვერ იძლევა. ასეთ შემთხვევაში ანალიტიკოსი იყენებს მაზონდირებელ კითხვებს, რომელთაც ექსპერტის მსჯელობა საჭირო მიმართულებით მიჰყავთ. მაგალითად, თუ არ "იმუშავა" ძირითადმა კითხვამ "რა პარამეტრები განსაზღვრავენ ლიზინის ფერმენტაციის პროცესის დასრულებას?" - ანალიტიკოსი მაზონდირებელი კითხვების დასმას იწყებს: "ფერმენტაციის პროცესი ყოველთვის 72 საათს გრძელდება? როგორ უნდა გავიგოთ, თუ ის უფრო ადრე დასრულდება? თუ ფერმენტაცია უფრო დიდხანს გაგრძელდება, მაშინ რა აიძულებს მიკრობიოლოგს არ დაასრულოს პროცესი 72-ე საათზე?" და ა.შ.

საკონტროლო კითხვები გამოიყენება ინტერვიუს საშუალებით ადრე მიღებული ინფორმაციის სანდოობის და ობიექტურობის შესამოწმებლად.

გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი ტიპის კითხვებისა, არსებობს კიდევ ნეიტრალური და მისახვედრი ტიპის კითხვები. ნეიტრალური ტიპის კითხვის დასმა გულისხმობს, რომ კითხვა ნეიტრალურ ხასიათს უნდა ატარებდეს და არ უნდა მიუთითებდეს ინტერვიუერის დამოკიდებულებაზე მოცემულ თემასთან. მისახვედრი კითხვები კი, პირიქით, აიძულებენ რესპოდენტს (ამ შემთხვევაში, ექსპერტს) კარგად მოუსმინოს და მხედველობაშიც კი მიიღოს ინტერვიუერის პოზიცია.

ინტერვიუში კარგი იქნება ასევე შემდეგი ტიპის კითხვების ჩართვა:

- კონტაქტური (ექსპერტსა და ანალიტიკოსს შორის უფრო თბილი ურთიერთობის ჩამოსაყალიბებლად);
- ბუფერული (ინტერვიუს ცალკეული თემების ერთმანეთისგან გასამიჯნად);
- ასოციაციური (პრაქტიკიდან ცალკეული შემთხვევების გასახსენებლად);
- მაპროვოცირებელი (სპონტანური, მოუმზადებელი პასუხების მისაღებად).

ინტერვიუს ხარისხზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ კითხვების შემდეგი ძირითადი მახასიათებლები:

- კითხვის ენა (გასაგებობა, ლაკონურობა, ტერმინოლოგია);
- კითხვების მიმდევრობა (ლოგიკური მიმდევრობა და არამონოტონურობა);
- კითხვების კარგად დასმა (ეთიკა, თავაზიანობა);

თავისუფალი დიალოგი არის ცოდნის მიღების ისეთი მეთოდი, როდესაც ექსპერტსა და ცოდნის ინჟინერს შორის საუბრისას არ არსებობს რაიმე მკაცრად რეგლამენტირებული გეგმა და კითხვარი. ამგვარი განსაზღვრება სულაც არ ნიშნავს, რომ თავისუფალი დიალოგისთვის მომზადება საჭირო არ არის. პირიქით, ამ მეთოდის ერთი შეხედვით თავისუფალი და მსუბუქი ფორმა მაღალ პროფესიულ და ფსიქოლოგიურ მომზადებას მოითხოვს.

*აქტიური ჯგუფური მეთოდები.* ცოდნის მიღების ჯგუფურ მეთოდებს განეკუთვნება როლური თამაშები, რამდენიმე ექსპერტის მონაწილეობით დისკუსია "მრგვალ მაგიდასთან" და "გონებრივი შტურმი". ჯგუფური მეთოდების ძირითადი ღირსებაა რამდენიმე ექსპერტისგან ცოდნის ერთდროულად მიღების შესაძლებლობა. ჯგუფური მეთოდები ნაკლებად პოპულარულია ინდივიდუალურთან შედარებით. ეს მათი ორგანიზების სირთულითაა გამოწვეული.

მრგვალი მაგიდის მეთოდი გულისხმობს არჩეული საგნობრივი სფეროდან რაიმე პრობლემის განხილვას, რომელშიც მონაწილეობას იღებს თანაბარი უფლების მქონე რამდენიმე ექსპერტი. თავდაპირველად მონაწილეები აზრს რიგრიგობით გამოთქვამენ, შემდეგ გადადიან თავისუფალ დისკუსიაზე. მონაწილეთა რიცხვი, როგორც წესი, სამიდან შვიდამდე მერყეობს.

ექსპერტისგან ცოდნის მისაღებად ზემოთ აღწერილი ზოგადი რეკომენდაციების უმეტესობა შეესაბამება მოცემულ მეთოდსაც. თუმცა, არსებობს სპეციფიკური რეკომენდა-

ციებიც, რომლებიც შეეხება ადამიანის მოქმედებას ჯგუფში მუშაობის დროს. პირველ რიგში, "მრგვალი მაგიდის" მომზადება ცოდნის ინჟინრისგან მოითხოვს დამატებით ძალისხმევას, როგორც ორგანიზაციულ (შეხვედრის ორგანიზება, შესაბამისი ადგილისა და დროის შერჩევა და ა.შ.) ასევე ფსიქოლოგიურ ასპექტში (იუმორის გრძნობა, კონფლიქტების მოგვარების უნარი და ა.შ.). მეორეს მხრივ, მონაწილეთა უმეტესობა იქნება "ფასადის ეფექტის" გავლენის ქვეშ. სხვა ექსპერტებზე კარგი შთაბეჭდილების დატოვების სურვილი შეიძლება იმდენად დიდი იყოს, რომ ამან იმოქმედოს ზოგადად საუბრის მსვლელობაზე.

მრგვალ მაგიდასთან საუბრის მსვლელობა უმჯობესია ჩაწერილი იქნეს, შედეგების გაშიფვრისას კი მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული "ფასადის ეფექტიც" და მონაწილეთა შორის ურთიერთობებიც.

დისკუსიის ამოცანაა კოლექტიურად, სხვადასხვა თვალსაზრისის შეჯერების შედეგად მოხდეს საგნობრივი სფეროს საკამათო ჰიპოთეზების გამოკვლევა. კამათის მეტი სიმწვავისათვის "მრგვალ მაგიდასთან" იწვევენ სხვადასხვა თაობისა და განსხვავებული სამეცნიერო მიმართულებების წარმომადგენლებს.

სამეცნიერო საკითხებზე აზრთა გაცვლა გამოცვლას კაცობრიობის ისტორიაში (ანტიკური საბერძნეთი, ინდოეთი) დიდი ტრადიციები აქვს. ჩვენამდე მოაღწია საკამათო საკითხების განხილვის თაობაზე ლიტერატურულმა ძეგლებმა (მაგალითად, პროთაგორეს "კამათის ხელოვნება", სოფისტების შრომები), რომელთაც საფუძველი ჩაუყარეს

დიალექტიკას (დიალექტიკა ბერძნული სიტყვაა და ქართულად კამათის ხელოვნებას ნიშნავს). თვითონ სიტყვა დისკუსიაც (ლათინური სიტყვაა და ქართულად კვლევას ნიშნავს) შეიცავს მინიშნებას იმაზე, რომ ეს მეცნიერული შემეცნების მეთოდია და არა უბრალოდ კამათი (შედარებისათვის, ბერძნული სიტყვა polemikos - მებრძოლი, მტრული).

დისკუსიის დაწყებამდე ძალიან კარგი იქნება, წამყვანი დარწმუნდეს რომ ყველას სწორად ესმის ამოცანა. ასევე კარგი იქნება რეგლამენტის დადგენა. დისკუსიის მსვლელობისას წამყვანმა ყურადღება უნდა მიაქციოს იმას, რომ ემოციურმა და მოლაპარაკე ექსპერტებმა საუბრის თემა უნებურად არ შეცვალონ და ერთმანეთის პოზიციების კრიტიკა დაუსაბუთებელი არ იყოს.

აქტიურ ჯგუფურ მეთოდებს იყენებენ როგორც ტრადიციული ინდივიდუალური მეთოდების (დაკვირვება, ინტერვიუ და ა.შ) დამატებას ექსპერტების აზროვნებისა და მოქმედების აქტივაციისათვის.

”გონებრივი შტურმი” ექსპერტის შემოქმედებითი აზროვნების გააქტიურების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდია. სხვა მეთოდები (სინექტიკა, საკონტროლო კითხვების მეთოდი) უფრო იშვიათად გამოიყენება მათი ნაკლები ეფექტურობის გამო.

პირველად ”გონებრივი შტურმი” გამოყენებულ იქნა 1939 წელს აშშ-ში ოსბორნის მიერ, როგორც ახალი იდეების წარმოშობის საშუალება კრიტიკის აკრძალვის პირობებში. ცნობილია, რომ კრიტიკისადმი შიში ხელს უშლის შემოქმედებით აზროვნებას, ამიტომაც შტურმის ძირითადი იდეაა

სპეციალისტების ჩაკეტულ ჯგუფში იდეების გენერირების პროცედურის განცალკევება ანალიზისა და გამოთქმული იდეების შეფასების პროცესისგან.

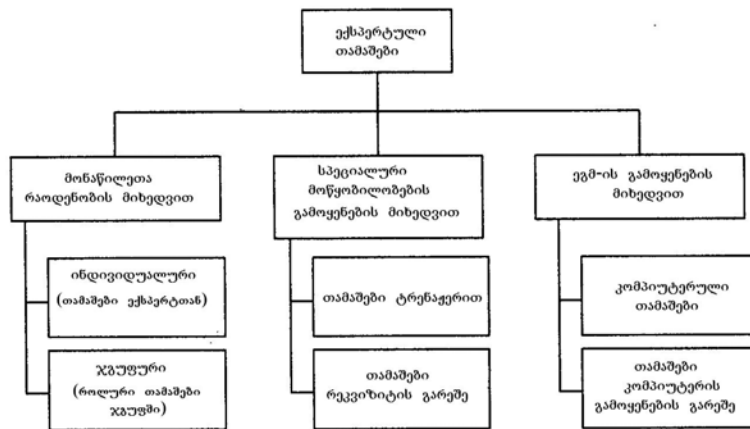
როგორც წესი, შტურმი დიდხანს არ გრძელდება (40 წუთამდე). მონაწილეებს (დაახლოებით 10-მდე) მოცემულ თემაზე შეუძლიათ გამოთქვან ნებისმიერი იდეა (იუმორის შემცველი, ფანტასტიკური, მცდარი). კრიტიკა გონებრივი შტურმის დროს აკრძალულია. ჩვეულებრივ, 50-ზე მეტი იდეის გამოთქმა ხდება. იდეის ჩამოსაყალიბებლად მონაწილეებს 2 წუთამდე დრო ეძლევათ. შემდგომი ანალიზისას აღმოჩნდება, რომ დაახლოებით იდეების 10-15% თუ იქნება გონივრული. შედეგებს აფასებს ექსპერტთა ის ჯგუფი, რომელიც იდეების გენერაციაში არ მონაწილეობს.

დღეისათვის მეცნიერებისა და ტექნიკის ყველა სფეროში პრაქტიკულად მტკიცდება თამაშების საშუალებით რეალური სიტუაციების მოდელირების ნაყოფიერება. ისინი ავითარებენ ლოგიკურ აზროვნებას და იწვევენ ინტერესს ექსპერტებში.

სურ. 4.1-ზე მოყვანილი კლასიფიკაციის თანახმად, არსებობს ინდივიდუალური და ჯგუფური ექსპერტული თამაშები. ექსპერტული თამაშების კიდევ უფრო დაწვრილებითი კლასიფიკაცია ნაჩვენებია სურ. 4.4-ზე.

ექსპერტთან თამაშის დროს ცოდნის ინჟინერი თავის თავზე იღებს რაიმე როლს. მაგალითად, ცოდნის ინჟინერმა და ექსპერტმა შეიძლება შესაბამისად გაინაწილონ მოსწავლისა და მასწავლებლის როლები. ცოდნის ინჟინერი ექსპერტის თვალწინ ასრულებს დავალებას (მაგალითად, წერს

ფსიქოდიანოსტიკურ დასკვნას), ექსპერტი კი ასწორებს "მოსწავლის" შეცდომებს.



სურ. 4.4. ექსპერტული თამაშების კლასიფიკაცია

ძირითადი რჩევები, რაც ცოდნის ინჟინერს შეიძლება მიეცეს ინდივიდუალური თამაშების ჩატარების დროს:

- ითამაშეთ გაბედულად, თვითონ მოიფიქრეთ თამაშები;
- თუ ექსპერტს არა აქვს თამაშის განწყობა მოცემულ მომენტში, ნუ აიძულებთ მას ჩაერთოს თამაშში;
- არასოდეს დაივიწყოთ თამაშის მიზნები;
- ითამაშეთ მხიარულად;
- არ გააგრძელოთ თამაში ძალიან დიდხანს და გახსოვდეთ, რომ ასეთ შემთხვევაში თამაში ექსპერტისთვის შეიძლება მოსაწყენი და დამღლევი აღმოჩნდეს.

ჯგუფურ თამაშებში, როგორც წესი, რამდენიმე ექსპერტი იღებს მონაწილეობას. ასეთი თამაშებისთვის წინასწარ ხდება სცენარების შედგენა და როლების განაწილება. რადგანაც ჩვენს შემთხვევაში ცოდნის ინჟინერი რეჟისორიცაა და სცენარისტიც, თამაშების ფორმის შერჩევასა და ჩატარებაში მას სრული თავისუფლება ენიჭება. თამაშების სწორად ჩატარების შედეგად შესაძლებელია ექსპერტული სისტემის ცოდნის ბაზის პროტოტიპის შექმნა.

ჩვეულებრივ, თამაშში მონაწილეობას იღებს სამიდან ექვს ექსპერტამდე, თუ მათი რაოდენობა მეტია, მაშინ შეიძლება ისინი დაიყონ რამდენიმე ერთმანეთის კონკურენტ ჯგუფად. შეჯიბრის ელემენტის შემოტანა თამაშს უფრო საინტერესოს ხდის: ვისი დიაგნოზი აღმოჩნდება უფრო ახლოს ჭეშმარიტებასთან, ვისი გეგმა ანაწილებს უფრო რაციონალურად რესურსებს, ვინ უფრო სწრაფად აღმოაჩენს უწყსივრობას ტექნიკურ ბლოკში და ა.შ.

თამაშის გარემოს შექმნა ცოდნის ინჟინრისგან ფანტაზიის კარგ უნარსა და საქმისადმი შემოქმედებით მიდგომას მოითხოვს. როლური თამაშები, როგორც წესი, წინასწარ მომზადებას საჭიროებენ. ცოდნის ინჟინერმა თამაშის წესების ინსტრუქცია უნდა შეიმუშაოს. თუმცა, მთავარი მაინც ის არის, რომ ექსპერტი კარგად ჩაერთოს თამაშში და მისგან ბუნებრივად და ძალდაუტანებლად მოხდეს ცოდნის ინჟინრის მიერ იმ სპეციფიკური ცოდნის მიღება, რომლის გამოყენებითაც მომავალში სრულყოფილი ექსპერტული სისტემა უნდა შეიქმნას.

თამაში ტრენაჟერის საშუალებით ბევრად უფრო ახლოსაა არა თამაშებთან, არამედ რეალობასთან მიახლოებულ სიტუაციებში იმიტაციური სავარჯიშოების შესრულებასთან. ტრენაჟორები ფართოდ გამოიყენება სასწავლო პროცესში (მაგალითად, მფრინავების ან ატომური სადგურების ოპერატორებისთვის). ექსპერტისგან ცოდნის მისაღებად ტრენაჟორების გამოყენება ისეთი ცოდნის გამოვლენის საშუალებას იძლევა, რომელიც ექსპერტს მხოლოდ რეალურ სიტუაციაში მოხვედრისას ახსენდება და რომელიც ამ კონკრეტული სიტუაციიდან გამოსვლის შემდეგ მისი მეხსიერებიდან გამოდის.

ექსპერტული კომპიუტერული თამაშების გამოყენება შესაძლებელია ცოდნის მიღების პროცესის წარმატებით განსახორციელებლად. თუმცა, ასეთი თამაშების შემუშავება და პროგრამული რეალიზაცია დროითი და ფულადი რესურსების მნიშვნელოვან დანახარჯებს მოითხოვს.

### **ტექსტოლოგიური მეთოდები**

ტექსტოლოგიური მეთოდების ჯგუფი აერთიანებს ცოდნის მიღების მეთოდებს, რომლებიც დაფუძნებულია სახელმძღვანელოებიდან, მონოგრაფიებიდან, სტატიებიდან და პროფესიული ცოდნის სხვა მატარებლებიდან ტექსტების შესწავლაზე. ზუსტი მნიშვნელობით ტექსტოლოგიური მეთოდები არ განეკუთვნება ტექსტოლოგიას - მეცნიერებას, რომელიც ფილოლოგიის წიაღში წარმოიშვა ლიტერატურულ-

ლი ტექსტების კრიტიკულად წაკითხვის მიზნით. ამჟამად ტექსტოლოგიამ გააფართოვა თავისი საზღვრები მონათესავე მეცნიერებების ასპექტების ჩართვის გზით. ეს მეცნიერებებია გერმენევტიკა (მეცნიერება უძველესი ტექსტების (ბიბლია, ანტიკური ეპოქის ხელნაწერები) სწორად განმარტების შესახებ), სემიოტიკა, ფსიქოლინგვისტიკა და ა.შ.

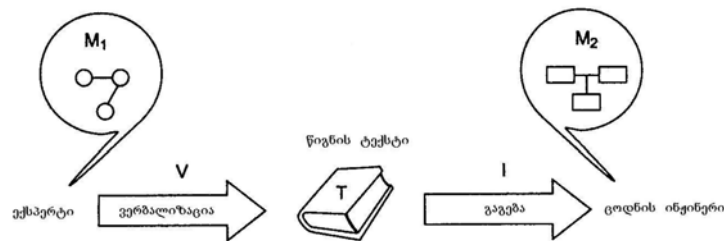
ცოდნის მიღების ტექსტოლოგიური მეთოდები ტექსტოლოგიის ძირითად დებულებებს იყენებს, თუმცა პრინციპულად განსხვავდება ამ მეცნიერებაში არსებული მეთოდოლოგიებისგან, პირველ რიგში, განსხვავებულია შესასწავლი დოკუმენტების სახე (პროფესიული, სპეციალური ლიტერატურა და არა მხატვრული), მეორე მხრივ, ტექსტოლოგიური მეთოდები კონკრეტული პროფესიული ცოდნის მისაღებად მკაცრი პრაგმატიზმით ხასიათდება.

ტექსტებიდან ცოდნის მიღების ამოცანა ტექსტის შინაარსის გაგებას და გააზრებას გულისხმობს. ბუნებრივ ენაზე დაწერილი ტექსტი მხოლოდ აზრის მატარებელს წარმოადგენს, ავტორის ჩანაფიქრი და აზრი კი მეორად სტრუქტურაში დევს (ტექსტის აზრობრივი სტრუქტურა ანუ ტექსტის მაკროსტრუქტურა).

სურ. 4.5-ზე წარმოდგენილია სპეციალური ტექსტებიდან ცოდნის მიღების სქემა. შესაძლებელია ორი სახის აზრობრივი სტრუქტურის გამოყოფა:  $M_1$  -აზრი, რომლის ტექსტში ჩადებასაც ცდილობდა ავტორი, ეს სამყაროს მისეული მოდელია;  $M_2$  -აზრი, რომელსაც ჩაწვდა ცოდნის ინჟინერი

$I$  ინტერპრეტაციის პროცესში.  $T$  არის  $M_1$ -ის სიტყვიერი გადმოცემა ანუ ვერბალიზაციის შედეგი.

პროცესის სირთულე მდგომარეობს  $M_1$ -სა და  $M_2$ -ის მიერ წარმოქმნილი ცოდნის დამთხვევის პრინციპულ შეუძლებლობაში. ამის მიზეზი არის ის, რომ  $M_1$  წარმოიქმნება ავტორის წარმოდგენების, ინტერესების, გამოცდილებისა და ზოგადი განათლების მთელი ერთობლიობის ხარჯზე, რომლის მხოლოდ მცირე ნაწილი თუ ჰპოვებს ასახვას  $T$  ტექსტში. შესაბამისად,  $M_2$ -ც წარმოიქმნება  $T$  ტექსტის ინტერპრეტაციის შედეგად, რა თქმა უნდა, ცოდნის ინჟინრის სამეცნიერო და ზოგადი განათლების საფუძველზე. ასეთ შემთხვევაში, ცხადია, არ არის რთული იმის მიხვედრა, რომ ერთი და იგივე ტექსტიდან ორი ცოდნის ინჟინერი ორ სხვადასხვა  $M_1^i$  და  $M_2^i$  მოდელს მიიღებს.



სურ. 4.5. სპეციალური ტექსტებიდან ცოდნის მიღების სქემა

ექსპერტული სისტემის შექმნის საწყის, ცოდნის მიღების ეტაპზე სისტემის შემმუშავებლების წინაშე დგას  $M_1$  და  $M_2$ -ის მაქსიმალური ადეკვატურობის მიღწევის ამოცანა. ეს საკმაოდ რთული ამოცანაა, რადგანაც რაიმეს გაგება ყოველთვის გულისხმობს ორი - საკუთარი და სხვისი აზრების სინთეზს.

დაწვრილებით განვიხილოთ, რა წყაროები ასაზრდოებენ  $M_1$  მოდელს, რის შედეგადაც წიგნის ტექსტი იქმნება. ზოგადად, ნებისმიერი სამეცნიერო ტექსტი შემდეგი კომპონენტებისაგან შედგება: დაკვირვებათა მასალები (ავღნიშნოთ ისინი  $\alpha$ -თი), სამეცნიერო ცნებების სისტემა ( $\beta$ ), ავტორის სუბიექტური შეხედულებები ( $\gamma$ ), ზოგადი ფრაზები ( $\delta$ ), ტექსტები სხვა სამეცნიერო წყაროებიდან ( $\theta$ ). ყველა ეს კომპონენტი გარკვეულ  $L$  ენობრივ გარემოშია მოქცეული. ყოველივე ზემოთ თქმული შეიძლება შემდეგნაირად ჩაიწეროს:  $T = (\alpha, \beta, \gamma, \delta, \theta)_L$ .

ცოდნის მიღებისას ანალიტიკოსს, რომელიც ტექსტის ინტერპრეტაციას ახდენს, ამ ტექსტის ზემოთ ჩამოთვლილ კომპონენტებად დეკომპოზიციის ამოცანის გადაწყვეტა უწევს, ცოდნის ბაზის რეალიზებისათვის მნიშვნელოვანი ფრაგმენტების გამოყოფის მიზნით. გარდა ამისა, სამეცნიერო და სპეციალური ტექსტების ინტერპრეტაციის სირთულე კიდევ იმაშიც მდგომარეობს, რომ მნიშვნელობა აქვს რა კონტექსტში განიხილება მოცემული ტექსტი. განასხვავებენ მიკრო და მაკროკონტექსტს. მიკროკონტექსტი ტექსტის უახლოესი არეა. ასე, მაგალითად, წინადადება აზრს იძენს აზრ-

ცის კონტექსტში, აბზაცი შესაბამისი თავის კონტექსტში და ა.შ. მაკროკონტექსტი საგნობრივ სფეროსთან დაკავშირებული ცოდნის მთელი სისტემაა. სხვა სიტყვებით, ნებისმიერი ცოდნა აზრს იძენს რაიმე მეტაცოდნის კონტექსტში.

ტექსტის გაგება წარმოადგენს  $M_1$  სემანტიკური სტრუქტურის აღდგენას  $M_2$  მოდელის ფორმირების პროცესში. ტექსტის გაგების ძირითად მომენტებს წარმოადგენს:

- მთლიანი ტექსტის შინაარსზე წინასწარი ჰიპოთეზის წამოყენება;
- გაუგებარი სიტყვების (სპეციალური ტერმინოლოგიის) მნიშვნელობის განსაზღვრა (მთელიდან ნაწილისკენ);
- ტექსტის შინაარსზე (ცოდნაზე) ზოგადი ჰიპოთეზის წარმოშობა;
- ზოგადი ჰიპოთეზის გავლენით ტერმინების დაზუსტება და ტექსტის ცალკეული ფრაგმენტების ინტერპრეტაცია;
- ტექსტის რაიმე აზრობრივი სტრუქტურის ფორმირება ცალკეულ მნიშვნელოვან სიტყვებსა და ფრაგმენტებს შორის შიგა კავშირების დამყარების, ასევე იმ აბსტრაქტული ცნებების წარმოქმნის ხარჯზე, რომლებიც ცოდნის კონკრეტული ფრაგმენტების განზოგადებას ახდენენ;
- ზოგადი ჰიპოთეზის კორექტირება ტექსტში შემავალ ცოდნის ფრაგმენტთან მიმართებაში (ნაწილიდან მთელისკენ);

- ძირითადი ჰიპოთეზის მიღება ანუ  $M_2$ -ის ფორმირება.

ტექსტის გაგების პროცესში აუცილებლად უნდა აღინიშნოს როგორც დედუქციური (მთელიდან ნაწილისკენ), ასევე ინდუქციური (ნაწილიდან მთელისკენ) კომპონენტების არსებობა.

ტექსტის ანალიზის დროს მნიშვნელოვანია ტექსტის ცალკეულ ელემენტებსა და ცნებებს შორის შიგა კავშირების გამოვლენა. ტრადიციულად გამოყოფენ ტექსტში კავშირის ორ სახეს - ექსპლიციტურს (ცხადი კავშირები) და იმპლიციტურს (ფარული კავშირები). სწორედ იმპლიციტური კომპონენტები იწვევენ სირთულეებს ტექსტის გაგებაში.

ამგვარად, იმ ადამიანის შემეცნებაში, რომელმაც ტექსტი უნდა აღიქვას, ტექსტის სემანტიკური სტრუქტურა წარმოიქმნება ენაზე, სამყაროზე, ასევე იმ საგნობრივ სფეროზე ზოგადი ცოდნის დახმარებით, რომელსაც ეს ტექსტი ეძღვნება.

სპეციალური ტექსტების წასაკითხად ანალიტიკოსის მომზადება შეიძლება ექსპერტთან ერთად შესაბამისი ლიტერატურის შერჩევით. ეს შეიძლება იყოს სახელმძღვანელოები, მონოგრაფიებიდან ცალკეული თავები, პოპულარული გამოცემები და ა.შ. მხოლოდ გარკვეული ბაზისური ცოდნის მიღების შემდეგაა მიზანშეწონილი სპეციალური ტექსტების კითხვა.

ამგვარად,  $M_2$  მოდელის (ტექსტის შინაარსის) ფორმირების პროცესზე გავლენას ახდენს:

- $(\alpha, \beta, \gamma, \theta)$  კომპონენტების ამოღება ტექსტიდან;
- ანალიტიკოსის წინასწარი ცოდნა ( $\omega$ ) საგნობრივი სფეროს შესახებ;
- ანალიტიკოსის ზოგადი მეცნიერული ერუდიცია ( $\epsilon$ );
- ანალიტიკოსის პირადი გამოცდილება ( $\phi$ ).

$$M_2 = [(\alpha, \beta, \gamma, \theta), \omega, \epsilon, \phi]$$

ინტერპრეტაციის პროცესი საკმაოდ რთული პროცესია, რომელიც ფორმალიზაციას არ ექვემდებარება. მასზე არსებით გავლენას ახდენენ ისეთი სუფთა ინდივიდუალური კომპონენტები, როგორცაა შემეცნების კოგნიტიური სტილი, ინტელექტუალური მახასიათებლები და ა.შ.

სურ. 4.1-ზე ნაჩვენებია იყო ტექსტოლოგიური მეთოდების სამი ტიპი:

- სპეციალური ლიტერატურის ანალიზი;
- სახელმძღვანელოების ანალიზი;
- დოკუმენტების (მეთოდიკების) ანალიზი.

სამივე მეთოდი არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისგან, მათში სპეციალური ცოდნის კონცენტრაციის ხარისხით, ასევე სპეციალური და ფონური (ზოგადი) ცოდნის თანაფარდობით. ყველაზე მარტივი მეთოდია სახელმძღვანელოების ანალიზი, რომელშიც როგორც წესი, მწყობრადაა გადმოცემული საგნობრივი სფეროს ძირითადი ცნებები, არსი, თავისებურებები და მახასიათებლები. გაცილებით რთულია სპეციალური ლიტერატურისა და დოკუმენტების ანალიზი, რადგანაც იგულისხმება, რომ მკითხველი გარკვეულწილად უკვე იცნობს მოცემულ საგნობრივ

სფეროს. ამიტომაც რეკომენდებულია სამივე ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდის კომბინირებული გამოყენება.

ქვემოთ მოცემულია ცოდნის მიღებისა და სტრუქტურირების მიზნით ტექსტის ანალიზის ერთ-ერთი შესაძლო პრაქტიკული მეთოდი.

ტექსტიდან ცოდნის მიღების ალგორითმი:

1. საგნობრივი სფეროს გაცნობის მიზნით ლიტერატურის საბაზისო სიის შედგენა და ამ სიის მიხედვით ცოდნის მიღება მოცემულ საგნობრივ სფეროზე;
2. ტექსტის არჩევა, საიდანაც ცოდნის მიღება უნდა მოხდეს;
3. ტექსტის პირველი გაცნობა (სწრაფად, ზერეღედ გადაკითხვა). უცნობი სიტყვების მნიშვნელობის გასაგებად სპეციალისტებისგან კონსულტაციის მიღება ან სპეციალური ცნობარების გამოყენება;
4. ტექსტის მაკროსტრუქტურაზე პირველი ჰიპოთეზის ფორმირება;
5. ტექსტის ყურადღებით წაკითხვა, მნიშვნელოვანი (საკვანძო) სიტყვების ამოწერა;
6. საკვანძო სიტყვებს შორის კავშირების განსაზღვრა, ტექსტის მაკროსტრუქტურის შემუშავება გრაფის ან "შეკუმშული" ტექსტის (რეფერატი) სახით;
7. ცოდნის ველის ფორმირება ტექსტის მაკროსტრუქტურის საფუძველზე.

### სტრუქტურირების უმარტივესი მეთოდები

ზემოთ განხილული ცოდნის მიღების მეთოდები წარმოადგენენ ცოდნის სტრუქტურირებისათვის უშუალო მომზადებას.

#### *ალგორითმი ახალბედა ცოდნის ინჟინრებისათვის.*

ცოდნის ველის ფორმირებისათვის, უმარტივესი პრაგმატული მიდგომის სახით დამწყები ცოდნის ინჟინრებისთვის შეიძლება შემოთავაზებული იყოს შემდეგი ალგორითმი (სურ. 4.6):

1.  $\{X\}$  შესასვლელი და  $\{Y\}$  გამოსასვლელი მონაცემების განსაზღვრა. ეს აუცილებელია, რადგანაც ის განსაზღვრავს მოძრაობის მიმართულებას ცოდნის ველში -  $X$  -დან  $Y$  -კენ. გარდა ამისა, შესასვლელი და გამოსასვლელი მონაცემების სტრუქტურა არსებით გავლენას ახდენს ცოდნის ველის ფორმასა და შინაარსზე. ამ ეტაპზე განსაზღვრება შეიძლება მკაფიო არ იყოს, მომავალში ის დაზუსტდება.

2. ტერმინების ლექსიკონის და გასაღების სიტყვების ნაკრების შედგენა. ამ ეტაპზე ხორციელდება ცოდნის მიღების სეანსების ყველა პროტოკოლის ტექსტუალური ანალიზი, ხდება ყველა იმ მნიშვნელოვანი სიტყვის ამოწერა, რომლებიც აღნიშნავენ ცნებებს, მოვლენებს, პროცესებს, საგნებს, მოქმედებებს და ა.შ. ამასთან, აუცილებელია ტერმინების მნიშვნელობებში გარკვევა. ძალიან მნიშვნელოვანია ლექსიკონის გააზრებულად შედგენა.

3. ობიექტებისა და  $\{A\}$  ცნებების გამოვლენა. ამ ეტაპზე ტერმინების სრული ნაკრები იქმნება.

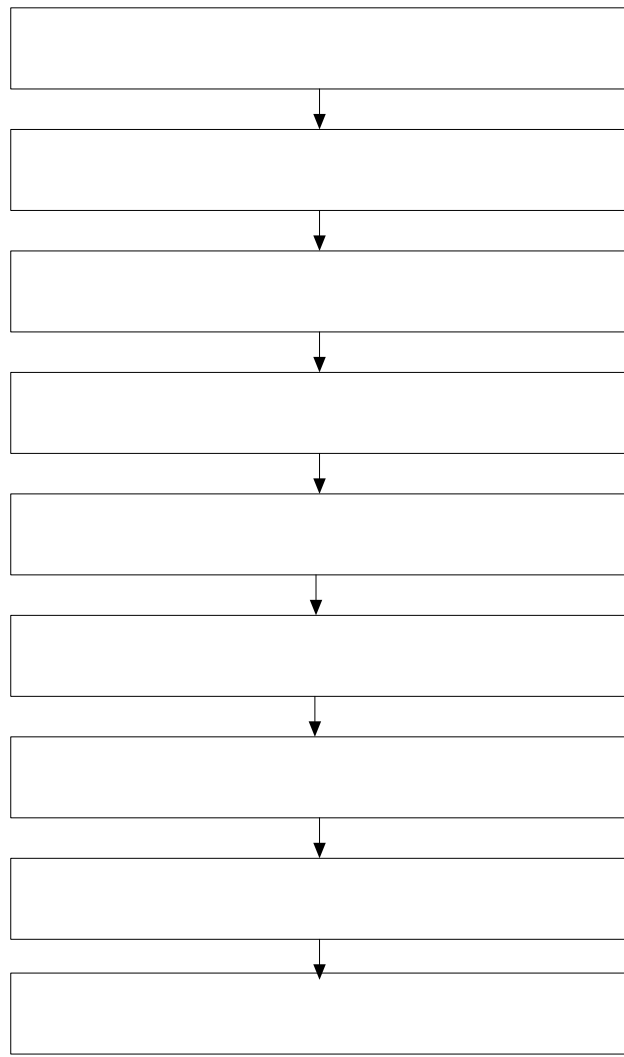
4. ცნებებს შორის კავშირების გამოვლენა. სამყაროში ყველაფერი დაკავშირებულია, მაგრამ იმის განსაზღვრა, თუ როგორ არის ეს კავშირები მიმართული, რა უფრო ახლოსაა და რა უფრო შორს, ამ ეტაპზეა აუცილებელი.

5. მეტაცნებების გამოვლენა და ცნებების დეტალიზაცია. წინა ნაბიჯზე მიღებული კავშირები საშუალებას აძლევს ცოდნის ინჟინერს მოახდინოს ცნებების სტრუქტურირება.

6. ცოდნის პირამიდის აგება. ცოდნის პირამიდის ცნება გულისხმობს ცნებების იერარქიულ კიბეს, რომელზე აღმასვლაც ნიშნავს გაგების გაღრმავებას და ცნებების აბსტრაქციის (განზოგადების) დონის ამღვლეებას. დონეების რაოდენობა პირამიდაში დამოკიდებულია საგნობრივი სფეროს თავისებურებებზე, ექსპერტებისა და ცოდნის ინჟინრების პროფესიონალიზმზე.

7. ცნებებს შორის დამოკიდებულება ვლინდება როგორც პირამიდის თითოეული დონის შიგნით, ასევე დონეებს შორის. ფაქტიურად ამ ეტაპზე სახელები ენიჭებათ იმ კავშირებს, რომელთა გამოვლენაც ხდება 4 და 5 ნაბიჯზე, ასევე აღინიშნება მიზეზ-შედეგობრივი, ლინგვისტური, დროითი და სხვა სახის დამოკიდებულებები.

8. გადაწყვეტილების მიღების სტრატეგიის ( $S_i$ ) განსაზღვრა. გადაწყვეტილების მიღების სტრატეგიის განსაზღვრა ანუ მსჯელობის ჯაჭვის გამოვლენა, აკავშირებს ადრე ფორმირებულ ყველა ცნებას და დამოკიდებულებას ცოდნის ველის დინამიკურ სისტემაში.



ასვლელი და გამოსა  
განსაზ

ტერმინების ლექს

ექტების, ცნებებისა  
გამოვ

ცნებებს შორის კავში

სურ. 4.6. ცოდნის სტრუქტურირების სტადიები

მეტაცნებების გამოვ  
დეტალ

ცოდნის პირა

მიმართებების (დამ  
განსაზ

გადაწყვეტილების მ

თუმცა, პრაქტიკაში ასეთი ალგორითმის გამოყენებას გარკვეული გაუთვალისწინებელი სირთულეები შეიძლება ახლდეს თან. ეს სიმნელები დაკავშირებულია შეცდომებთან ცოდნის მიღების სტადიაში და სხვადასხვა საგნობრივი სფეროს ცოდნის თავისებურებებთან, ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელია სტრუქტურირების სხვა მეთოდების გამოყენება. ამასთან, ცოდნის სტრუქტურირების სხვადასხვა ეტაპზე (სურ. 4.6) შესაძლებელია სხვადასხვა მეთოდის გამოყენება.

**სტრუქტურირების სპეციალური მეთოდები.** ზემოთ განხილული ალგორითმის გამოყენებისას, ცოდნის ინჟინერის მიხედვით შესრულების სხვადასხვა ეტაპზე სტრუქტურირების სპეციალური მეთოდების გამოყენება შეიძლება დასჭირდეს. ერთ-ერთი ასეთი მეთოდია ობიექტების, ცნებების და მათი ატრიბუტების გამოვლენის მეთოდები.

ცნება ანუ კონცეპტი წარმოადგენს რაიმე კლასის საგნების განზოგადებას მათი სპეციფიური ნიშნების მიხედვით. ასე, მაგალითად, ცნება "ავტომობილი" აერთიანებს სხვადასხვა საგნების სიმრავლეს, მაგრამ ყველა ამ საგანს აქვს ოთხი ბორბალი, ძრავა და სხვა უამრავი დეტალი, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხდეს ტვირთის გადაზიდვა ან ადამიანების გადაყვანა. არსებობს საგნობრივი სფეროს ცნებების გამოვლენის სხვადასხვა მეთოდი. ამასთან მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ ცნებების, არამედ მათი ნიშან-თვისებების გამოვლენაც. ამავე ეტაპზე განისაზღვრება საგნობრივი სფეროს ინტენსიონალები და ექსტენსიონალები.

ინტენსიონალი არის ის ძირითადი ცნებები და მიმართებები, რომლებიც ახასიათებენ ობიექტების, საგნებისა და მოვლენების სიმრავლეს. ექსტენსიონალი არის ცნებებისა და მიმართებების ამ სიმრავლის თითოეული ელემენტის კონკრეტული მახასიათებლები.

თუ  $A$  რეალური ობიექტების გამოყოფის ამოცანა დაკავშირებულია მხოლოდ ექსპერტისა და ცოდნის ინჟინრის დაკვირვებისა და ლინგვისტურ უნარებთან, მაშინ  $B$  მეტაცნების განსაზღვრა მათგან მოითხოვს განზოგადებისა და კლასიფიკაციის ოპერაციების ჩატარების ცოდნას, რომლებიც არასოდეს არ ითვლებოდა ტრივიალურად.

სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ მრავალი ცნებისათვის პრაქტიკულად შეუძლებელია არაერთმნიშვნელოვნად განისაზღვროს მათი ნიშან-თვისებები, ეს დაკავშირებულია ადამიანის მეხსიერებაში ცნებების რეპრეზენტაციის სხვადასხვა ფორმასთან.

ცნებების გამოვლენის მეთოდებია:

- ტრადიციული, რომელიც დაფუძნებულია სახეთა ამოცნობისა და კლასიფიკაციის მათემატიკურ აპარატზე;
- არატრადიციული, რომელიც დაფუძნებულია ცოდნის ინჟინერიის მეთოდოლოგიაზე.

ცნებებს შორის კავშირების გამოვლენა ცოდნის ბაზის შემუშავებისას ცოდნის ინჟინრებს ხშირად სერიოზულ თავსატეხს უჩენს. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ცოდნა მეხსიერებაში წარმოადგენს არა ცალკეულ ფრაგმენტებს, არამედ გარკვეულ დაკავშირებულ სტრუქტურებს.

ხელოვნური ინტელექტის თეორიაში უკანასკნელ პერიოდში უფრო და უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა ცოდნის სტრუქტურების ურთიერთკავშირს. ასე, მაგალითად, შენკისა და ბირნბაუმის ნაშრომში შემოტანილია სცენარის (script), როგორც ცოდნის წარმოდგენის რაიმე სტრუქტურის, ცნება. სცენარის საფუძველს შეადგენს მეხსიერების კონცეპტუალური ორგანიზაცია (მკო) და მეტა მკო-ები - რაიმე განმაზოგადებელი სტრუქტურები.

სცენარი, თავის მხრივ, იყოფა ფრაგმენტებად ანუ სცენებად (chunks). კავშირი ფრაგმენტებს შორის შეიძლება იყოს დროითი ან სივრცითი, ფრაგმენტებს შიგნით - სიტუაციური, ასოციაციური, ფუნქციონალური და ა.შ.

ასეთი კავშირების გამოვლენის ყველა მეთოდი შეიძლება ორ ჯგუფად დაიყოს:

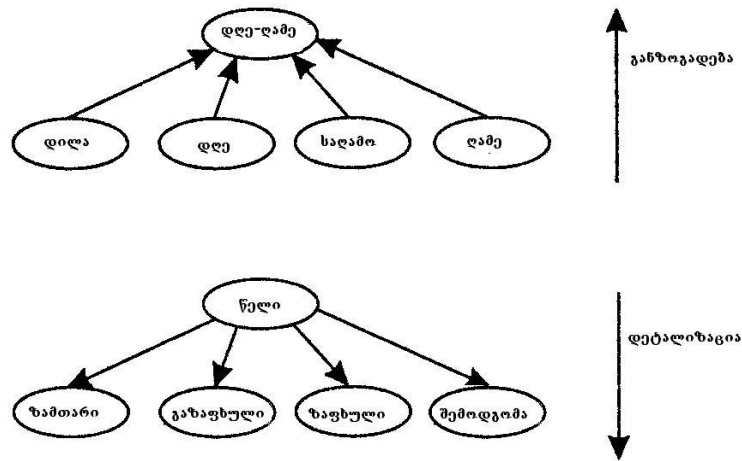
- ფორმალური;
- არაფორმალური (დაფუძნებულია ექსპერტთან დამატებით მუშაობაზე).

კავშირების გამოვლენის არაფორმალურ მეთოდებს ცოდნის ინჟინერი იგონებს იმისათვის, რათა ექსპერტი აიძულოს მიუთითოს ცნებებს შორის ცხადი და არაცხადი კავშირები. მას შემდეგ, რაც მოხდება ცნებებს შორის კავშირების განსაზღვრა, ყველა ცნება იშლება ჯგუფებად. ასეთი სახის ჯგუფები წარმოადგენენ მეტაცნებებს, რომელთათვისაც სახელების მინიჭება ხორციელდება სტრუქტურირების პროცესის შემდგომ სტადიაში.

მეტაცნებების წარმოქმნის ანუ ცნებების ჯგუფის ინტერპრეტაციის წარმოქმნის პროცესი ისევე როგორც მისი

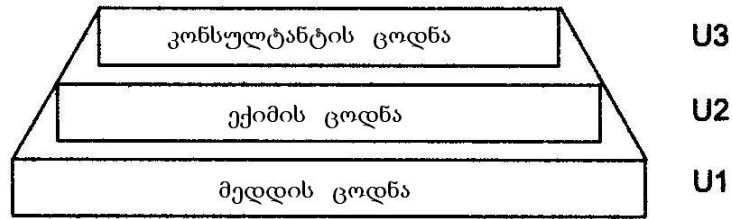
საწინააღმდეგო პროცედურა - ცნებების დეტალიზაცია, პრინციპულად არ ექვემდებარება ფორმალიზაციის ოპერაციას. ისინი მოითხოვენ ექსპერტების მაღალ კვალიფიკაციას.

სურ. 4.7-ზე ნაჩვენებია განზოგადების სქემები და დეტალიზაცია ტრივიალურ მაგალითებზე და ამ ამოცანის გადაწყვეტა ერთი შეხედვით სულაც არ ჩანს რთული, მაგრამ რეალური საგნობრივი სფეროებისათვის ეს საკმაოდ შრომატევადი პროცესია. მიუხედავად იმისა, ფორმალური თუ არა-ფორმალური მეთოდებითაა გამოვლენილი ცნებები ან ცნებების დეტალები, მათი ინტერპრეტაცია (სახელების მინიჭება) ყოველთვის არაფორმალური პროცესია, რომელშიც ცოდნის ინჟინერი ექსპერტს სთხოვს დაარქვას სახელი ცნებების რაიმე ჯგუფს ან ცალკეულ ნიშან-თვისებას. სამწუხაროდ, ეს ყოველთვის როდი ხერხდება.



სურ. 4.7. ცნებების დეტალიზაცია და განზოგადება

ცოდნის პირამიდის აგების მეთოდები აუცილებლად მოიცავს თვალსაჩინო მასალების (სურათები, სქემები და ა.შ.) გამოყენებას. ცოდნის პირამიდის აგება შეიძლება დაფუძნებული იყოს საგნობრივი სფეროს ბუნებრივ იერარქიაზე, მაგალითად, დაკავშირებული იყოს საწარმოს ორგანიზაციულ სტრუქტურასთან ან სპეციალისტების კომპეტენტურობის დონესთან (სურ. 4.8).



სურ. 4.8. ცოდნის პირამიდა

როგორც სურ. 4.6-დან ჩანს, ცნებებს შორის კავშირების გამოვლენა ხდება ცოდნის სტრუქტურირების პროცესის მეოთხე სტადიაზე. ეს კავშირები შემდგომში ცოდნის პირამიდის მისაღებად გამოიყენება. მეშვიდე სტადიაში ხდება კავშირებისათვის სახელების მინიჭება, რითაც განისაზღვრება დამოკიდებულებები (მიმართებები) ცნებებს შორის. გარდა უნივერსალური (სივრცითი, დროითი, მიზეზ-შედეგობრივი) მიმართებებისა, არსებობენ ამა თუ იმ საგნობრივი სფეროსათვის დამახასიათებელი სპეციფიკური მიმართებებიც.

## **ცოდნის ავტომატიზებულიად შეძენის პერსპექტივები**

განვიხილოთ ცოდნის მიღებისა და სტრუქტურირების პრობლემისადმი ავტომატიზებული მიდგომა, რომელსაც ტრადიციულად ცოდნის შეძენას უწოდებენ (knowledge acquisition). რადგანაც ინტელექტუალური სისტემების შექმნისას განსაკუთრებულ სირთულეს წარმოადგენს დაპროექტების საწყისი ეტაპი (საგნობრივი სფეროს ანალიზი, ცოდნის მიღება და მისი სტრუქტურირება) ბოლო პერიოდში ექსპერტული სისტემების შემქმნელების მთელი ძალისხმევა მიმართულია ამ ეტაპზე ცოდნის ინჟინრისა და ექსპერტის ინსტრუმენტულ-პროგრამული მხარდაჭერისკენ.

*ცოდნის შეძენის სისტემების ევოლუცია.* ცოდნის ავტომატიზებულიად შეძენის სისტემების პირველი თაობა XX საუკუნის 80-იან წლებში გამოჩნდა. ცნობილი სისტემებია: TEIRESIAS, SIMER+MIR, АРИАДНА. ისინი წარმოადგენენ ე.წ. "ცარიელი" (სისტემები, რომელთა ცოდნის ბაზებიდანაც ცოდნა არის ამოღებული) ექსპერტული სისტემების შევსების საშუალებებს. ასეთი სისტემების შემქმნელები თვლიდნენ, რომ ექსპერტის პირდაპირი დიალოგი კომპიუტერთან ბევრად შეამცირებდა ექსპერტისგან ცოდნის მიღების პროცესის ხანგრძლივობას. თუმცა ცოდნის შეძენის სისტემების დანერგვისა და შექმნის პრაქტიკულმა გამოცდილებამ აჩვენა ასეთი მიდგომის არასრულყოფილება.

პირველი თაობის ცოდნის ავტომატიზებულიად შეძენის სისტემების ძირითადი ნაკლოვანებები:

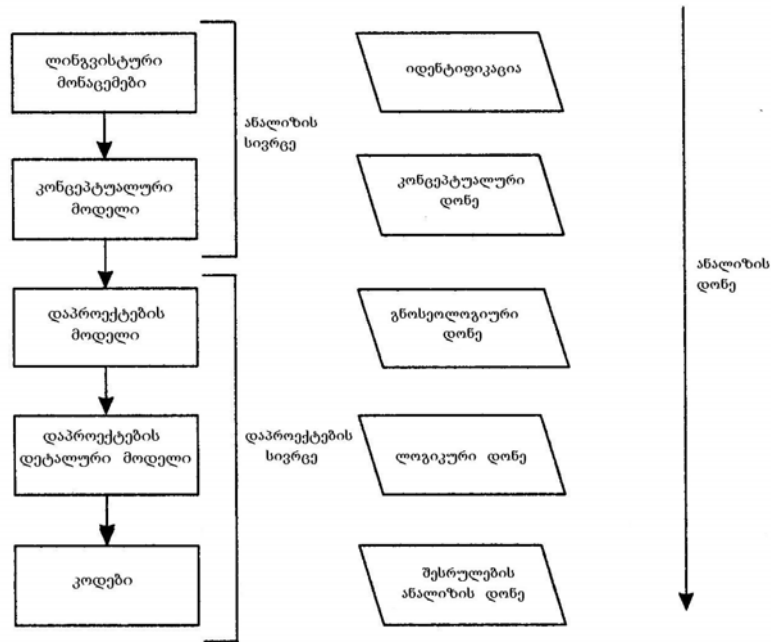
- ცოდნის მიღებისა და სტრუქტურირების მეთოდების სუსტად დამუშავება;
- სისტემაში ჩაშენებული ცოდნის წარმოდგენის მოდელის მოდიფიკაციის სირთულე;
- შეზღუდვები საგნობრივ სფეროზე.

ამგვარად, პირველი თაობის ცოდნის ავტომატიზებულიად შექმნის სისტემების შემუშავების ტრადიციული სქემა ასეთია: კონკრეტული ექსპერტული სისტემის შექმნა → ცოდნის ბაზის დაცარიელება → ცოდნის ავტომატიზებულიად შექმნის სისტემის დამუშავება ცოდნის ბაზის ხელახლა შესავსებად → ახალი ცოდნის ბაზის ფორმირება სხვა ექსპერტული სისტემისთვის.

ცოდნის შექმნის სისტემების მეორე თაობა XX საუკუნის 80-იანი წლების ბოლოს გამოჩნდა და ორიენტირებული იყო უფრო ფართო მოდელურ მიდგომაზე. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭებოდა საგნობრივი სფეროს წინასწარ დეტალურ ანალიზს. ევროპაში დიდი გამოყენება ჰპოვა KADS მეთოდოლოგიამ (Knowledge Acquisition and Documentation Structuring), რომელსაც საფუძვლად უდევს ინტერპრეტაციული მოდელი. ეს მოდელი საშუალებას იძლევა ცოდნის მიღების, სტრუქტურირებისა და ფორმალიზაციის პროცესები განხილულ იქნეს როგორც ლინგვისტური ცოდნის "ინტერპრეტაცია" სხვა წარმოდგენებსა და სტრუქტურებში.

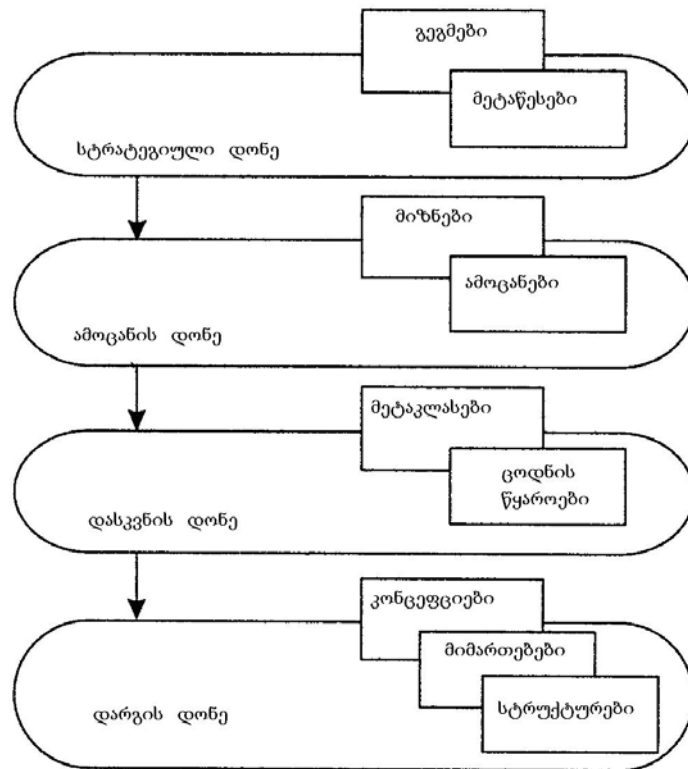
**KADS - მეთოდოლოგია.** სურ. 4.9-ზე ნაჩვენებია ცოდნის გარდაქმნის პროცესი, KADS მეთოდოლოგიის თანახმად. ეს პროცესი შედგება ანალიზის (იდენტიფიკაცია - კონცეპ-

ტულიზაცია - გნოსეოლოგიური დონე - ლოგიკური დონე - შესრულების ანალიზის დონე) და დაპროექტების ეტაპებისგან.



სურ. 4.9. KADS მეთოდოლოგია

ანალიზის შედეგს წარმოადგენს ექსპერტიზის კონცეპტუალური მოდელი, რომელიც ოთხი დონისაგან შედგება (დარგის დონე - დასკვნის დონე - ამოცანის დონე - სტრატეგიული დონე). შემდგომში ეს მოდელი დაპროექტების სამდონიან მოდელად გარდაიქმნება (სურ. 4.10).



სურ. 4.10. KADS-ის ძირითადი მოდელები

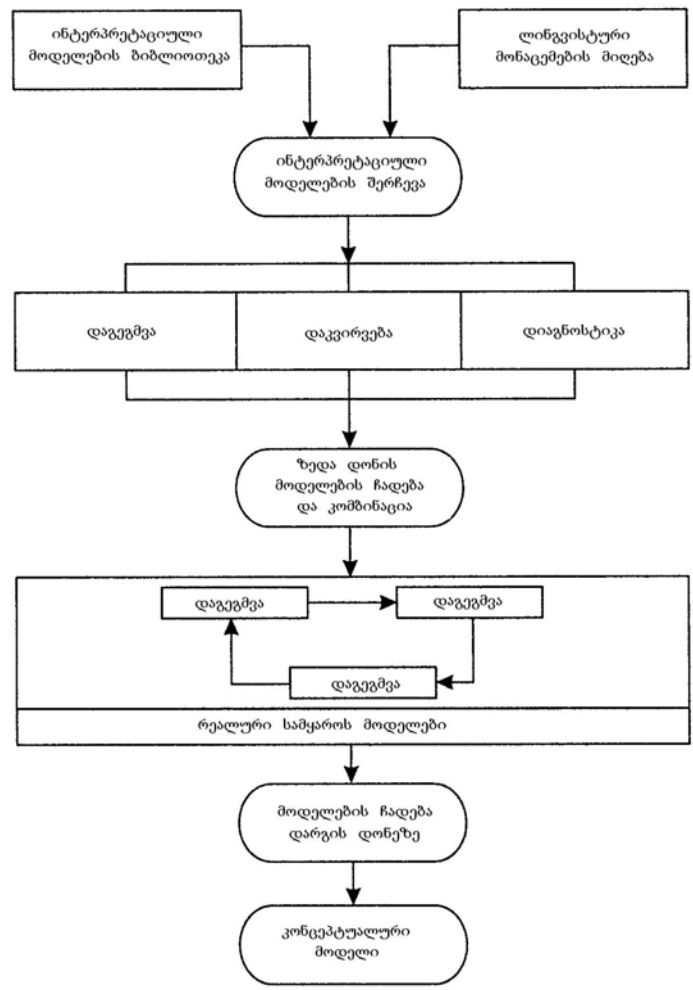
რეალური ამოცანების გადაწყვეტისას KADS იყენებს ინტერპრეტაციული მოდელების ბიბლიოთეკას, რომლებიც აღწერენ ისეთ ზოგად ექსპერტულ ამოცანებს, როგორიცაა დიაგნოსტიკა, მონიტორინგი და ა.შ., საგნობრივი სფეროს ობიექტებით კონკრეტული გავსების გარეშე. ინტერპრეტაციული მოდელი წარმოადგენს კონცეპტუალურ მოდელს დარ-

გის დონის გარეშე. მიღებული ლინგვისტური მონაცემების საფუძველზე ხორციელდება შერჩევა, კომბინაცია და მოდელის ზედა დონეების ჩადება (დასკვნის და ამოცანის დონეები), რომლებიც ივსებიან კონკრეტული ობიექტებითა და ატრიბუტებით დარგის დონიდან და საბოლოოდ წარმოადგენენ განსახილველი ამოცანის კონცეპტუალურ მოდელს. სურ. 4.11-ზე წარმოდგენილია KADS-ის სასიცოცხლო ციკლი.

KADS მეთოდოლოგიების პროგრამული მხარდაჭერის პირველი სისტემები წარმოდგენილია KADS Power Tools ინსტრუმენტული საშუალებების ნაკრებით. ამ ნაკრებში შედიან შემდეგი სისტემები: PED პროტოკოლების რედაქტორი (Protocol Editor); ცნებების რედაქტორი (Concept Editor); CME კონცეპტუალური მოდელების რედაქტორი (Conceptual Model Editor) და ა.შ.

პროტოკოლების რედაქტორი წარმოადგენს პროგრამულ საშუალებას, რომელიც ცოდნის ინჟინერს ეხმარება კონკრეტულ საგნობრივ სფეროზე ცოდნის ანალიზი განახორციელოს ლინგვისტურ დონეზე. ამ შემთხვევაში ცოდნასთან მუშაობისას საწყის მასალას წარმოადგენენ ტექსტები (პროტოკოლები) - ექსპერტთან ინტერვიუს ჩანაწერები, პროტოკოლები "აზრები ხმამაღლა" და სხვა ნებისმიერი ტექსტი, რომელსაც საყურადღებოდ მიიჩნევს ცოდნის ინჟინერი. პროტოკოლების რედაქტორი რეალიზებულია როგორც ჰიპერტექსტური სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს გასაანალიზებელ ტექსტში ფრაგმენტების გამოყოფას, მათ შორის კავშირების დადგენას, დაჯგუფებასა და

ანოტირებას. ფრაგმენტების სიგრძე შეიძლება ნებისმიერი იყოს – ცალკეული სიტყვიდან მთლიან პროტოკოლამდე. ფრაგმენტებმა შესაძლებელია ერთმანეთი გადაფარონ.



სურ. 4.11. KADS-ის სასიცოცხლო ციკლი

ფრაგმენტებს შორის შესაძლებელია შემდეგი ტიპის კავშირების არსებობა:

- ანოტაცია (კავშირი პროტოკოლის ფრაგმენტსა და რაიმე ტექსტს შორის, რომელიც შემოტანილია ცოდნის ინჟინრის მიერ ამ ფრაგმენტის სპეციფიკაციისათვის);
- ჯგუფის წევრი (კავშირი ფრაგმენტსა და ფრაგმენტების ჯგუფის სახელს შორის; ფრაგმენტების ჯგუფში გაერთიანება ცოდნის ინჟინრის პროტოკოლების სტრუქტურირების საშუალებას აძლევს. ფრაგმენტების ჯგუფებს უნიკალური სახელები ენიჭებათ).
- სახელდებული სტრუქტურა (კავშირი ორ ფრაგმენტს შორის, კავშირის სახელის ამორჩევა ცოდნის ინჟინრის მიერ ხდება);
- შემეცნებითი კავშირი (სახელდებული კავშირი ფრაგმენტსა და ცნებას შორის; ჩვეულებრივ გამოიყენება იმ შემთხვევაში, თუ ფრაგმენტი ცნების განმარტებას შეიცავს);

ცნებების რედაქტორი ცოდნის ინჟინრს ეხმარება საგნობრივი ცოდნის ორგანიზებაში, ცნებების ნაკრებისა და მათი დამაკავშირებელი მიმართებების სახით. თითოეულ ცნებას აქვს სახელი და შეიძლება ჰქონდეს ატრიბუტებიც. თითოეულ ატრიბუტს შეიძლება ჰქონდეს მნიშვნელობა. კონკრეტულად რომელი ატრიბუტები იქნეს გამოყენებული, ამას საგნობრივი სფეროს სპეციფიკის გათვალისწინებით ცოდნის ინჟინერი განსაზღვრავს. ცნებების

რედაქტორის გამოყენებით ცოდნის ინჟინერს შეუძლია შემოიტანოს ნებისმიერი მიმართება ცნებებს შორის და შექმნას იერარქიული სტრუქტურები.

**ცოდნის ავტომატიზებულად შექმნის სისტემების მესამე თაობა.** ცნობილი სისტემებია KEATS, NEXPERT-OBJECT, MACAO. ამ სისტემებში დაპროექტებისას აქცენტი ექსპერტიდან გადატანილია ცოდნის ინჟინერზე. ახალი ცოდნის შექმნის სისტემები ანალიტიკოსისათვის წარმოადგენენ პროგრამულ საშუალებებს, ისინი არიან უფრო რთული და მოქნილი პირველი და მეორე თაობის სისტემებთან შედარებით. თუმცა, თანამედროვე სისტემები ნაწილობრივ მაინც არიან იმ ნაკლოვანებების მატარებლები, რომლებიც წინა თაობის სისტემებს გააჩნიათ. ამ ნაკლოვანებების დიდი ნაწილი ცოდნის ბაზების დაპროექტების თეორიული კონცეფციის არარსებობითაა გამოწვეული.

### **ცოდნის შექმნის ავტომატიზებული სისტემები**

ცოდნის მიღების პროგრამული საშუალებების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი პრობლემების ორი ჯგუფის გამოვლენის საშუალებას იძლევა:

- მეთოდოლოგიური პრობლემები;
- ტექნოლოგიური პრობლემები.

**მეთოდოლოგიური პრობლემები.** ძირითადი პრობლემა, რომელსაც ექსპერტული სისტემების შემმუშავებლები მათი შექმნის პირველივე ეტაპიდან აწყდებიან, ეს არის ცოდ-

ნის მიღებისა და სტრუქტურირების პროცესების თეორიული ბაზისის არარსებობა. ეს პრობლემა, თავის მხრივ, ახალ კითხვებსა და კაზუსებს წარმოშობს ინტელექტუალური სისტემების შექმნის ყველა ეტაპზე. საკმაოდ დეტალურად დამუშავებული KADS მეთოდოლოგიაც კი, რომელიც ზემოთაა აღწერილი, უამრავ ზედმეტ წვრილმანს შეიცავს. ქვემოთ ჩამოთვლილია არსებული პრობლემებიდან ყველაზე ზოგადი:

- შესაბამისი ამოცანების არჩევის კრიტერიუმების არამკაფიოობა;
- ცოდნის მიღების პროცესების თეორიული ასპექტების სუსტი დამუშავება (ფილოსოფიური, ლინგვისტური, ფსიქოლოგიური, პედაგოგიური, დიდაქტიკური და სხვა ასპექტები), ასევე ცოდნის მიღების პროცესების დასაბუთებული კლასიფიკაცია;
- ცოდნის სტრუქტურირების პროცედურის ერთიანი თეორიული ბაზისის არარსებობა;
- ცოდნის წარმოდგენის მოდელების მათემატიკური ბაზისის არასრულყოფილება;
- პროგრამული საშუალებების ამორჩევის და ტესტირების პროცედურების ემპირიულობა.

**ტექნოლოგიური პრობლემები.** ტექნოლოგიური პრობლემების დიდი ნაწილი გამოწვეულია იმ მეთოდოლოგიური პრობლემების არსებობით, რომლებიც ზემოთაა აღწერილი. ყველაზე სერიოზულ ტექნოლოგიურ პრობლემებს წარმოადგენენ:

- ცოდნის ინჟინერიის ცალკეულ მეთოდებსა და ხერხებს შორის კონცეპტუალური მთლიანობისა და შეთანხმებულობის არარსებობა;
- ცოდნის ინჟინერიის სფეროში კვალიფიციური სპეციალისტების უკმარისობა ან არარსებობა;
- ცოდნის მიღების მეთოდების დიდი რაოდენობის (200-ზე მეტი) მიუხედავად, ცოდნის მიღების სეანსების ჩატარების მეთოდური მასალებისადმი მიუწვდომლობა;
- ცოდნის სტრუქტურირების მეთოდების არასრულლობა;
- პროგრამული საშუალებების დაბალი ადაპტურობა, საგნობრივ სფეროსა და მომხმარებელზე ინდივიდუალური მორგების არარსებობა;
- პროგრამული საშუალებების სუსტი გრაფიკული შესაძლებლობები, კოგნიტიური და ერგონომიული ფაქტორების მხედველობაში არასაკმარისად მიღება;
- ექსპერტული სისტემების დანერგვის სირთულე, რაც გამოწვეულია პერსონალის ფსიქოლოგიური პრობლემებითა და ამოცანის გადაწყვეტის ახალი ტექნოლოგიის მიუღებლობით.

***ავტომატიზებული სტრუქტურირებული ინტერვიუ.***

პირველად სტრუქტურირებული ინტერვიუ გამოყენებულ იქნა სისტემა TEIRESIAS-ის შექმნისას, ახალი წესებისა და ცნებების ფორმირების მიზნით. წარუმატებლობის შემთხვევაში კონსულტაციის (ან ტესტირების) რეჟიმში სისტემა

სთავაზობს ექსპერტს გამოეყოს წარუმატებლობის მიზეზები. შედეგად მიღებული კონტექსტი საშუალებას აძლევს სისტემას ჩამოაყალიბოს გარკვეული "მოლოდინები", რომლებიც ახასიათებენ ახალი წესის შინაარსს. ამ წესის შემოტანა ხდება ექსპერტის მიერ, წარუმატებლობის თავიდან ასაცილებლად.

სისტემა ROGET (შეიქმნა 1985 წელს) წარმოადგენს ცოდნის ინჟინრის პროგრამული სისტემით შეცვლის პირველ მცდელობას ცოდნის შეძენის საწყის ეტაპზე. ეს სისტემა ესაუბრება ექსპერტს, როგორც ცოდნის ინჟინერი და ცდილობს გაიგოს, კონცეპტუალურად როგორ შეიძლება იყოს ორგანიზებული ექსპერტული ცოდნა.

სისტემა MOLE-ში ცოდნის შეძენა ხორციელდება ორ ეტაპად: პირველ ეტაპზე გამოიყენება სტრუქტურირებული ინტერვიუ და ექსპერტს (ან ცოდნის ინჟინერს) დაევალება შეადგინოს საგნობრივი სფეროს ცნებების სია და განსაზღვროს მათ შორის კავშირები. მეორე ეტაპზე სრულდება ცოდნის კონტექსტური შეძენა, როგორც ეს სისტემა TEIRESIAS-ში ხდება.

სისტემა ორი ნაწილისაგან შედგება: საგნობრივი ცოდნის ბაზის ინტერპრეტატორი და ცოდნის შეძენის ქვესისტემა. ეს უკანასკნელი გულისხმობს როგორც ცოდნის ბაზების თავდაპირველ შევსებას, ასევე მათ გამართვასა და დაზუსტებას. სისტემის ცოდნის ბაზის ინტერპრეტატორი ორიენტირებულია დიაგნოსტიკური ამოცანების კლასზე.

MOLE-ის ცოდნის ბაზაში თავიდანვე არსებობს ცოდნა იმის შესახებ, თუ კოგნიტიური სტრუქტურების რა ტიპებია

აუცილებელი დასკვნის გამოსატანად და როგორ უნდა მოხდეს ამა თუ იმ ტიპის ცოდნის ამოცნობა ექსპერტის მიერ მოწოდებულ ინფორმაციაში. MOLE ექსპერტისგან ითხოვს იმ ობიექტების სიას, რომლებიც ასრულებენ ჰიპოთეზებისა და დაკვირვებების როლს. გარდა ამისა, ექსპერტმა უნდა მიუთითოს, "დაკვირვება - ჰიპოთეზა" და "ჰიპოთეზა - ჰიპოთეზა" წყვილებიდან რომელია ასოციაციურად დაკავშირებული.

ცოდნის მიღების ამ ეტაპის შედეგს წარმოადგენს ობიექტების ქსელი. შემდეგ MOLE ცდილობს მიიღოს დამატებითი ინფორმაცია ობიექტის ტიპზე (დაკვირვებაა თუ მასზე დასკვნა უნდა გაკეთდეს), ასოციაციური კავშირის ბუნებაზე (ცოდნის რომელი ტიპი უდევს საფუძვლად ასოციაციას - ამხსნელი, პროგნოზირებადი თუ სხვა), ასოციაციური კავშირის მიმართულებაზე, ასოციაციური კავშირის "ძალის" რიცხობრივ შეფასებაზე. თუმცა MOLE-ს "ესმის", რომ ექსპერტს ყოველთვის არ შეუძლია ასეთი ინფორმაციის მოწოდება. ამიტომაც ამ ეტაპზე MOLE მოლოდინის სტრატეგიას იყენებს: ის ცდილობს ექსპერტის შეტყობინებიდან თავისი მოლოდინის საფუძველზე. გამოიტანოს საჭირო ინფორმაცია.

MOLE-ის ცოდნის ბაზის თავდაპირველი ფორმირების ეტაპზე ასოციაციურ კავშირებს რიცხვითი კოეფიციენტები ენიჭებათ. ითვლება, რომ თითოეული დაკვირვება ახსნილი უნდა იყოს რაიმე ჰიპოთეზის საშუალებით.

ცოდნის შექმნის სისტემა SALT 1987 წელს შეიქმნა კარნეგი მელონის უნივერსიტეტში. ის წარმოადგენს ცოდნის

შემდგომად სისტემას კონსტრუირების ამოცანებისათვის. სისტემა SALT მუშავდებოდა იმ დაშვებით, რომ ამ ამოცანის გადაწყვეტა განხორციელდებოდა შეზღუდვების ნაბიჯ-ნაბიჯ გავრცელების მეთოდით.

შეზღუდვების ნაბიჯ-ნაბიჯ გავრცელების მეთოდით კონსტრუირების ამოცანის გადასაწყვეტად აუცილებელია შემდეგი ტიპის ცოდნა:

- პარამეტრების მნიშვნელობების დადგენის პროცედურები;
- შეზღუდვების შემოწმების პროცედურები;
- პარამეტრების მნიშვნელობების კორექციის პროცედურები თითოეული მაკორექტირებელი მოქმედების "ფასის" მითითებით.

მნიშვნელოვანია, რომ ამ ცოდნის გამოყენებით შეიძლება აღმოჩნდეს ერთიანი და არაწინააღმდეგობრივი ცოდნის ბაზის შედგენა.

ექსპერტისთვის, როგორც წესი, უდიდეს სირთულეს წარმოადგენს მიმდევრობით, ნაბიჯ-ნაბიჯ აღწეროს ყველა თავისი მოქმედება პროექტის დამუშავებისას. სისტემა SALT-თან მუშაობისას ექსპერტს ამ პროცესის აღწერა არ სჭირდება.

სისტემა KNACK 1989 წელს შეიქმნა კარნეგი მელონის უნივერსიტეტში. KNACK წარმოადგენს ინსტრუმენტს ექსპერტული სისტემის შესაქმნელად და სხვადასხვა სახის პროექტის შეფასებისა და გაუმჯობესების საშუალებას იძლევა. ერთადერთ ცოდნას, რომელიც თავიდანვე არის ჩაშენებული KNACK სისტემაში, წარმოადგენს ზოგადად ცოდნა პროექტების შეფასებაზე. ცხადია, ეს ზოგადი ცოდნა არ არის

დამოკიდებული კონკრეტული პროექტის შინაარსზე. ყველა დანარჩენი ცოდნის შექმნა ხდება სისტემის მიერ დოკუმენტების ანალიზისა და დიალოგის საფუძველზე.

*ცოდნის მიღების ინტეგრირებული გარემო.* ცოდნის მიღების ინტეგრირებული გარემო AQUINAS წარმოადგენს პროგრამული საშუალებების ნაკრებს სხვადასხვა ტიპის ექსპერტული ცოდნის განსხვავებული მეთოდებით მისაღებად. სისტემა AQUINAS-ის შემადგენლობაში შედის:

- სისტემა Dialog Manager ახალბედებისთვის პროგრამასთან მუშაობის დასახმარებლად;
- ცოდნის სხვადასხვა იერარქიული სტრუქტურების კონსტრუირების საშუალებები;
- არაზუსტი ცოდნის მიღების, წარმოდგენისა და გამოყენების საშუალებები;
- მონაცემთა ბაზის ტესტირებისა და კორექციის საშუალებები;
- რამდენიმე ექსპერტთან მუშაობის საშუალებები;
- ცოდნის ბაზის ავტომატურად შევსებისა და კორექციის საშუალებები.

სისტემა Dialog Manager-თან ურთიერთქმედების სამი რეჟიმი არსებობს:

- ავტომატური, რომლის დროსაც Dialog Manager ცოდნის მიღების პროცესს მთლიანად თავის თავზე იღებს;
- დამხმარე, რომლის დროსაც ექსპერტს ეძლევა რეკომენდაციები მისი შემდგომი მოქმედების

შესახებ, მაგრამ მას შეუძლია ისინი არ გაითვალისწინოს;

- ექსპერტის მოქმედებაზე დაკვირვების რეჟიმი.

ცოდნის მიღების ინტეგრირებული გარემო KITTEN (Knowledge Initiation & transfer Tools for Experts and Novices) AQUINAS-გან განსხვავდება იმით, რომ KITTEN-ში ელემენტებისა და კონსტრუქტორების მიღება ტექსტიდან ხდება, გარდა ამისა, არსებობს პროცედურები, რომლებიც ახორციელებენ ექსპერტის მიერ გადაწყვეტილი ამოცანების გაანალიზებას და ამის საფუძველზე პროდუქციული წესების გენერირებას.

ცოდნის შეძენის პირდაპირი მეთოდების მიმოხილვის დასასრულს უნდა აღინიშნოს ის პრობლემები, რომელთაც ეს მეთოდები ვერ წყვეტენ:

- ცოდნის შეძენის პირდაპირი მეთოდები ვერ უზრუნველყოფენ სისტემის წარმატებით მუშაობას სისტემასა და ექსპერტს შორის შუამავლის გარეშე.
- აღწერილი მეთოდების ავტონომიური გამოყენება ვერ წყვეტს ცოდნის ინჟინერიის ისეთ პრობლემებს, როგორცაა ცოდნაში გარკვეული "სიცარიელების" აღმოფხვრა, "ღრმა", არავერბალური ცოდნის გამოვლენა;
- ცოდნის შეძენის ფაზა იდეოლოგიურად და თეორიულად ვერ უკავშირდება ცოდნის ინჟინერიის მომდევნო ფაზებს.

*ცოდნის შექმნა ტექსტებიდან.* როგორც ზემოთ უკვე აღინიშნა, ტექსტში ცოდნის გამოვლენის არაავტომატიზებული მეთოდებიც კი საკმაოდ სუსტადაა დამუშავებული. იმ მცირე შემთხვევებშიც კი, როდესაც ავტომატიზებული მეთოდები გამოიყენება, როგორც წესი, საუბარია ლექსიკურ-სემანტიკური ანალიზის მეთოდებზე, ასევე ტექსტის გაგების მოდელებზე. ყველაზე ცნობილია ტექსტის ლინგვისტურ დონეზე გაგების მოდელები. მათზე დაფუძნებული სისტემები უმეტეს შემთხვევაში ორი ნაწილისაგან შედგება: პირველი - მორფოლოგიური და სინტაქსური ანალიზი; მეორე - სემანტიკური ანალიზი, რომელიც იყენებს პირველი ნაწილის მუშაობის შედეგებს, ასევე ინფორმაციას ლექსიკონიდან ან ცნობარიდან ტექსტის ფორმალიზებული სახის ასაგებად. პირველი პრობლემა, რომელიც ტექსტიდან ცოდნის ავტომატური მიღებისას წარმოიშობა, ეს არის ტექსტის ელემენტების თვისებების გამოვლენა ამ ელემენტების ობიექტურ მოდელთან დასაკავშირებლად. ტექსტის ანალიზის არსებული სისტემების მეორე თავისებურებაა საგნობრივი სფეროს ლექსიკონის გამოყენება მორფოლოგიური ანალიზისათვის, სახელებისა და სიტყვათა შეთანხმებების გამოყოფისათვის. თუმცა იმავდროულად საგნობრივი სფეროს ლექსიკონის წინასწარი შექმნის მოთხოვნა ართულებს ამოცანას და ამცირებს მიღებული სისტემის უნივერსალობის ხარისხს.

ტექსტის გაგება სემანტიკურ დონეზე გულისხმობს არა მხოლოდ ლინგვისტური, არამედ ლოგიკური დამოკიდებულებების გამოვლენას ენობრივ ობიექტებს შორის. სემან-

ტიკურ დონეზე ტექსტის გაგების მიდგომებს შორის უნდა გამოვყოთ "აზრი-ტექსტი" ტიპის მოდელები. ამ მოდელში შემოთავაზებულია სემანტიკური წარმოდგენა სემანტიკური გრაფის, ასევე ტექსტის კომუნიკაციური სტრუქტურის აღწერის საფუძველზე.

სისტემაში KRITON ტექსტის ანალიზი გამოიყენება წიგნებიდან, ინსტრუქციებიდან, დოკუმენტებიდან კარგად სტრუქტურირებული ცოდნის გამოსავლენად. კონტენტ ანალიზზე დაფუძნებული პროტოკოლური ანალიზის მეთოდი გამოიყენება პროცედურული ცოდნის გამოსავლენად. ეს მეთოდი რამდენიმე ეტაპისაგან შედგება:

1. პროტოკოლი იყოფა სეგმენტებად იმ პაუზების საფუძველზე, რომელსაც აკეთებს ექსპერტი ჩაწერის პროცესის მიმდინარეობის დროს;
2. სეგმენტების სემანტიკური ანალიზი, გამონათქვამების ფორმირება თითოეული სეგმენტისათვის;
3. ტექსტიდან გამოიყოფა ოპერატორები და არგუმენტები;
4. გამონათქვამებში ცვლადების გამოსავლენად ცოდნის ბაზაში ხორციელდება ძიება ნიმუშის მიხედვით;
5. მტკიცებები დალაგდება პროტოკოლში მათი გამოჩენის შესაბამისად.

სისტემა TAKT-ში (Tool for Acquisition of Knowledge from Text) იგულისხმება, რომ ტექსტის წინადადებების წინასწარი მომზადება ხდება ტექსტური ანალიზატორის მუშაობის დაწყებამდე. ანალიზის შედეგად გამოიყოფა ობიექტები, პროცესები და კაუზალური ხასიათის დამოკიდებულებები.

## თავი 5. ცოდნის ინჟინერიის გამოყენებითი ასპექტები

### ცოდნის ლატენტური სტრუქტურები და სემანტიკური სივრცეები

ცოდნის შექმნის სისტემების უმეტესობა ამარტივებს ცოდნის ბაზის ფორმირების რთულსა და შრომატევად პროცესს და ექსპერტთან პირდაპირ დიალოგს ახორციელებს. თუმცა, ცოდნის ამგვარად გამოვლენილი სტრუქტურები ხშირად ექსპერტის ცოდნის ზედაპირულ ნაწილს ასახავს.

ექსპერტული ცოდნის ღრმა ფენებში ჩაწვდომა ფსიქოსემანტიკის მეთოდების გამოყენებით შეიძლება. ფსიქოსემანტიკა იკვლევს შემეცნების სტრუქტურებს ცოდნის ინდივიდუალური სისტემების მოდელირებისა და შემეცნების იმ კატეგორიალური სტრუქტურების გამოვლენის მეშვეობით, რომლებიც შეიძლება არ იყვნენ შემეცნებული (ლატენტური, იმპლიციტური ან ფარული)

ექსპერიმენტული ფსიქოსემანტიკის ძირითად მეთოდს წარმოადგენს სუბიექტური სემანტიკური სივრცეების რეკონსტრუქციის მეთოდი. ამ შემთხვევაში ფსიქოსემანტიკა მჭიდროდაა გადაჯაჭვული ფსიქოლინგვისტიკასა და ლინგვისტურ სემანტიკასთან. თუმცა, ლინგვისტური მეთოდები ძირითადად მიმართულია ტექსტის ანალიზზე, მისი მოტივებისა და აზრის გამოვლენაზე.

ფსიქოლინგვისტური მეთოდები უშუალოდ გამოსაცდელი პირისადრია მიმართული. მათი უმეტესობა დაკავშირებულია სუბიექტური სკალირების სხვადასხვა ფორმასთან. გამოსაცდელი პირის წინაშე დგას ამოცანა, შეაფასოს "ცოდნის მსგავსება" რაიმე გრადუირებული სკალის მეშვეობით, მაგალითად, 0-დან 5-მდე ან 0-დან 9-მდე. ამ შემთხვევაში მკვლევარი იღებს რიცხვით ფორმაში წარმოდგენილ სტანდარტიზებულ მონაცემებს, რომელთა სტატისტიკურად დამუშავება მარტივია.

ფსიქოსემანტიკა ხელოვნური ინტელექტის სპეციალისტების მიერ თავიდანვე იქნა შეფასებული, როგორც პერსპექტიული ინსტრუმენტი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ექსპერტის ცოდნის ღრმა სტრუქტურების ფსიქოლოგიური მოდელის რეკონსტრუქცია. ცოდნის კონცეპტუალური ანალიზისას ექსპერტის სემანტიკური სივრცის სტრუქტურა შეიძლება ჩაითვალოს ცოდნის ველის ფორმირების საფუძვლად. ამასთან, სემანტიკური სივრცის ცალკეული პარამეტრები შეესაბამებიან ველის სხვადასხვა კომპონენტებს.

სემანტიკური სივრცეების აგებას, როგორც წესი, საფუძვლად უდევს სტატისტიკური პროცედურა (მაგალითად, ფაქტორული ანალიზი, მრავალგანზომილებიანი სკალირება ან კლასტერული ანალიზი). ცოდნის ველის ენაზე რომ ვთქვათ, ეს არის აბსტრაქციის უფრო მაღალი დონის კონცეპტების აგება. სემანტიკური სივრცის გეომეტრიული ინტერპრეტაციისას თითოეული ნიშანთვისების მნიშვნელობა

გამოსახება როგორც წერტილი ან ვექტორი მოცემული კოორდინატებით  $n$ -განზომილებიან სივრცეში.

გამოსაცდელი პირების გამოცდილებისა და პროფესიული კომპეტენტურობის მიხედვით მნიშვნელოვნად შეიძლება ვარიირებდეს სივრცის განზომილება და მასში პირველადი ცნებების განთავსების წესი. სემანტიკური სივრცეების ეს თვისება შეიძლება გამოყენებული იყოს სწავლების პროცესში, კონტროლის ეტაპზე, ასევე მომხმარებლების ტესტირებისას.

თუმცა, ამ შემთხვევაში აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ ორი კვალიფიციური სპეციალისტის სემანტიკური სივრცე შეიძლება სხვადასხვა იყოს, რადგანაც მათ აღქმის ინდივიდუალური თავისებურებები გააჩნიათ. ამის გამო, ყოველთვის არ არის შესაძლებელი ექსპერტისა და დამწყები სპეციალისტის სემანტიკური სივრცეების ფორმალური შედარება. საჭიროა წინასწარ იქნეს შესწავლილი რამდენიმე სპეციალისტის სემანტიკური სივრცე და შემდეგ განხორციელდეს მათი შედარება.

კუკისა და მაკდონალდის ნაშრომში მსგავსი ექსპერიმენტია აღწერილი. მიღებულ იქნა გამოცდილი მფრინავ-გამანადგურებლისა და ახალბედა პილოტის ცოდნის კონიტიური სტრუქტურები. ამისათვის გამოიყენებოდა ორი მეთოდი: მრავალგანზომილებიანი სკალირება (ალგორითმი MDS – Alscal) და ქსელური სკალირება შეწონილი კავშირებით (ალგორითმი Pathfinder). ორივე ალგორითმი დაფუძნებულია ფსიქოლოგიური სიახლოვის შეფასების გამოყენებაზე. გამოცდილი და ახალგაზრდა პილოტი აფა-

სებდნენ ფრენასთან დაკავშირებული 30 ცნების ყველა შესაძლო შეთანხმებათა წყვილს, ისე რომ თითოეულ წყვილს ენიჭებოდა 0-დან 9-მდე ქულა, სადაც 0 აღნიშნავდა ცნებებს შორის კავშირის ყველაზე სუსტ ხარისხს, ხოლო 9 - ყველაზე ძლიერს. შემდგომში ამ შეფასებების დამუშავება ხდებოდა სკალირების ორივე ალგორითმის გამოყენებით.

MDS ალგორითმის თანახმად, რაიმე ცნების ამსახველი თითოეული კონცეპტი, თავსდება  $k$ -განზომილებიან სივრცეში იმგვარად, რომ წერტილებს შორის დაშორება ასახავდეს შესაბამისი კონცეპტების ფსიქოლოგიურ სიახლოვეს. ალგორითმი Pathfinder აგებს სემანტიკურ ქსელს. რკალები შეიძლება იყოს ორიენტირებული (არასიმეტრიული დამოკიდებულება) ან არაორიენტირებული (სიმეტრიული დამოკიდებულება). ორივე მეთოდი უზრუნველყოფს დიდი მოცულობის მონაცემების შეკუმშვას. თუმცა ეს ალგორითმები განკუთვნილია გამოსაკვლევი სტრუქტურის სხვადასხვა თვისების გამოსავლენად. თუ ალგორითმში Pathfinder მნიშვნელოვანია კონცეპტებს შორის ლოკალური დამოკიდებულება, ალგორითმი MDS უზრუნველყოფს კონცეპტების მეტრიზებული სივრცის თვისებების უფრო ფართო გაგებას.

ექსპერიმენტის შედეგად გაირკვა, რომ მიღებული კონიტიური სტრუქტურები ერთნაირი გამოცდილების მქონე მფრინავ-გამანადგურებლებისთვის მსგავსი აღმოჩნდა, მაგრამ განსხვავებული იყო გამოსაცდელი პირების სხვადასხვა ჯგუფისათვის. ექსპერიმენტის ავტორებმა აღმოაჩინეს, რომ მფრინავ-გამანადგურებლისათვის დამახასია-

თებელი კოგნიტიური სტრუქტურის მიხედვით, შეიძლება დავადგინოთ, ახალბედაა თუ გამოცდილია პილოტი. განხილული სამუშაოს პირდაპირი გაგრძელება იყო საჰაერო ბრძოლის მართვის ექსპერტული სისტემა ACES.

თითქმის ყველა ექსპერიმენტის დროს ერთი კანონზომიერება გამოვლინდა: სემანტიკური სივრცის განზომილება პროფესიული დონის ამალღებასთან ერთად მცირდება, რადგანაც ზოგადად, შემეცნების პროცესი განზოგადებასთანაა დაკავშირებული.

სემანტიკური სივრცის აგება ჩვეულებრივ სამ ძირითად ეტაპს მოიცავს:

1. სემანტიკური მსგავსების შეფასების შესაბამისი მეთოდის შერჩევა და გამოყენება. ამ ეტაპზე ექსპერიმენტში მონაწილე გამოსაცდელმა პირებმა წარდგენილი ნიშნების ზოგადობა რაიმე სკალის მიხედვით უნდა შეაფასონ;
2. სემანტიკური სივრცის სტრუქტურის აგება მიღებული მსგავსების მატრიცის მათემატიკური ანალიზის საფუძველზე. ამ ეტაპზე, განზოგადების ხარჯზე მცირდება გამოსაკვლევი ცნებების რაოდენობა;
3. გამოყოფილი ფაქტორული სტრუქტურების, კლასტერების ან ობიექტების ჯგუფის იდენტიფიკაცია და ინტერპრეტაცია. ამ ეტაპზე აუცილებელია აზრობრივი ეკვივალენტების მოძებნა.

### **მრავალგანზომილებიანი სკალირების მეთოდები**

დღეისათვის ცნობილია გამოყენებითი პროგრამული პაკეტები, რომლებიც მრავალგანზომილებიანი სკალირების მეთოდებს იყენებენ. ასეთი ტიპის პაკეტების მაგალითია: KELLY, MADONNA, MEDIS.

მრავალგანზომილებიანი სკალირება წარმოადგენს მათემატიკურ ინსტრუმენტს, რომელიც განკუთვნილია გასაანალიზებელ ობიექტებს შორის კავშირებისა და დამოკიდებულებების შესახებ მონაცემების დასამუშავებლად, ამ ობიექტების კოორდინატთა სივრცეში წერტილის სახით წარმოდგენის მიზნით. მრავალგანზომილებიანი სკალირება წარმოადგენს გამოყენებითი სტატისტიკის ერთ-ერთ ნაწილს, სამეცნიერო დისციპლინას, რომელიც ახორციელებს ცნებების, მათემატიკური მეთოდებისა და მოდელების შემუშავებასა და სისტემატიზებას, რომლებიც განკუთვნილია სტატისტიკური მონაცემების შესაგროვებლად, სტანდარტულად ჩასაწერად და დასამუშავებლად მათი ლაკონური წარმოდგენის, ინტერპრეტაციის, სამეცნიერო და პრაქტიკული დასკვნების მიღების მიზნით.

ტრადიციულად, მრავალგანზომილებიანი სკალირება სამი ტიპის ამოცანის გადასაწყვეტად გამოიყენება:

1. ლატენტური (ფარული, უშუალოდ არადაკვირვებადი) ცვლადების ინტერპრეტაცია და ძიება;
2. გასაანალიზებელი ობიექტების სისტემის გეომეტრიული კონფიგურაციის ვერიფიკაცია ლატენტური ცვლადების საკოორდინატო სივრცეში;

3. მონაცემების საწყისი მასივის შეკუმშვა მათი ინფორმაციულობის მინიმალური დანაკარგებით.

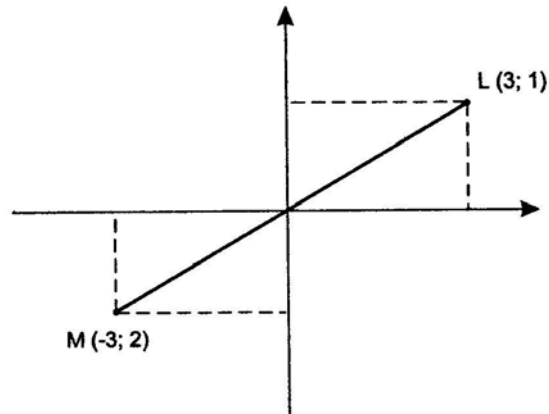
მიუხედავად იმისა, თუ რა ამოცანა დგას კონკრეტულ შემთხვევაში, მრავალგანზომილებიანი სკალირების მეთოდის წინაშე, ის გამოიყენება როგორც საწყისი მონაცემების თვალსაჩინო წარმოდგენის (ვიზუალიზაციის) ინსტრუმენტი. მრავალგანზომილებიანი სკალირება ფართოდ გამოიყენება ანთროპოლოგიაში, პედაგოგიაში, ეკონომიკასა და სოციოლოგიაში.

მოცემული მიდგომის საფუძველს წარმოადგენს სუბიექტური სკალირების ინტერაქტიული პროცედურა, როდესაც გამოსაცდელმა პირმა (ექსპერტმა) უნდა შეაფასოს მსგავსება სხვადასხვა ელემენტებს შორის რაიმე გრადულირებული სკალის მეშვეობით (მაგალითად, 0-დან 9-მდე, ან -2-დან +2-მდე მნიშვნელობების მინიჭებით). ასეთი პროცედურის განხორციელების შემდეგ ანალიტიკოსს უკვე ხელთ აქვს რიცხობრივად წარმოდგენილი სტანდარტიზებული მონაცემები, რომელთა დამუშავებაც შესაძლებელია გამოყენებითი პროგრამების არსებული პაკეტების მეშვეობით. ეს პროგრამები ახდენენ უფრო მაღალი დონის აბსტრაქციის მქონე კონცეპტების ფორმირების ალგორითმების რეალიზებას და აგებენ სემანტიკური სივრცის გეომეტრიულ ინტერპრეტაციას ევკლიდეს კოორდინატთა სისტემაში.

მრავალგანზომილებიან სკალირებაში მონაცემთა ძირითად ტიპს წარმოადგენს ორ  $(i, j)$  ობიექტს შორის სიახლოვის ზომა -  $d_{ij}$ . თუ სიახლოვის ზომა ისეთია, რომ  $d_{ij}$ -ის

ყველაზე დიდი მნიშვნელობა შეესაბამება ყველაზე მსგავსი ობიექტების წყვილს, მაშინ  $d_{ij}$  - მსგავსების ზომას, საწინააღმდეგო შემთხვევაში კი - განსხვავების ზომა.

მრავალგანზომილებიანი სკალირება იყენებს მანძილის ცნებას გეომეტრიაში, როგორც ცნებების მსგავსებისა და განსხვავების ანალოგიას (სურ. 5.1).



სურ. 5.1. მანძილი ევკლიდურ მეტრიკაში

იმისათვის, რომ ობიექტა  $(a, b)$  წყვილებზე განსაზღვრული  $d$  ფუნქცია ევკლიდურ მანძილს წარმოადგენდეს, ის უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ოთხ აქსიომას:

$$d(a, b) \geq 0,$$

$$d(a, a) = 0,$$

$$d(a, b) = d(b, a),$$

$$d(a, b) + d(b, c) \geq d(a, c).$$

ევკლიდური მანძილის გამოსათვლელი ფორმულის თანახმად, ორ  $i$  და  $j$  ობიექტს შორის განსხვავების ზომა  $k$  ნიშანთვისების მნიშვნელობებით, იქნება  $X_{ik}$  და  $X_{jk}$  :

$$\delta_{ij} = d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^K (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

ცოდნის ინჟინერიაში გამოყენებული ანალიზის სხვა მეთოდების (იერარქიული კლასტერული ანალიზი, ფაქტორული ანალიზი) მრავალგანზომილებიანი სკალირების მეთოდთან შედარებისას უმეტესწილად უპირატესობას მრავალგანზომილებიანი სკალირების მეთოდს ანიჭებენ იმის გამო, რომ ის თვალსაჩინო რაოდენობრივი კოორდინატული წარმოდგენის საშუალებას იძლევა.

### **მეტაფორების გამოყენება ცოდნის “ფარული”**

#### **სტრუქტურების გამოსავლენად**

მიუხედავად იმისა, რომ ფსიქოსემანტიკისა და ცოდნის ინჟინერიის ამოცანები ერთი შეხედვით ძალიან ჰგვანან ერთმანეთს, ისინი არსებითად განსხვავდება როგორც თეორიულად, ასევე პრაქტიკულად. მთავარი განსხვავება მაინც ისაა, რომ ცოდნის ინჟინერია საბოლოო ჯამში მსჯელობის მოდელის (ცოდნის ველის ფუნქციონალური სტრუქტურა  $S_f$ , მენტალური სივრცის დინამიური შემადგენელი) გამოვლენას ისახავს მიზნად, მაშინ როდესაც ფსიქოსემანტიკა ცდილობს მენტალური სივრცე ევკლიდური სივრცის სახით წარმოადგინოს, რითაც საშუალებას იძლევა ხილული გახდეს ობიექტების მეხსიერებაში “ურ-

თიერთგანლაგების” სტატუკური სტრუქტურა ( $S_k$  კონცეპტუალური სტრუქტურა). ამასთან დაკავშირებით, უნდა აღინიშნოს ფსიქოსემანტიკის მეთოდების ნაკლოვანებებიც ცოდნის ინჟინერიის თვალსაზრისით:

1. რადგანაც ფსიქოსემანტიკურ ექსპერიმენტს საფუძვლად უდევს წარდგენილ სტიმულებს შორის სუბიექტური მანძილების გაზომვის პროცედურა, ამიტომ ასეთი ექსპერიმენტის დამუშავების შედეგები, როგორც წესი, იყენებენ გეომეტრიულ ინტერპრეტაციას – ევკლიდურ სივრცეს განზომილებების მცირე რაოდენობით (უმეტესწილად – ორგანზომილებიანს). მეხსიერების მოდელის ასე ძალიან გამარტივებამ შეიძლება არაადეკვატური ცოდნის ბაზის მიღება გამოიწვიოს.
2. გამოყენებითი პროგრამული პაკეტების უმეტეს ნაწილში გათვალისწინებული არ არის სემანტიკური სივრცის დონეებად დაყოფა, რაც ექსპერიმენტის გეგმაში ჩართულ ცნებების ზოგადობის სხვადასხვა ხარისხს ასახავს. შედეგად მიღებული ცნებების კლასტერები, რომლებიც სივრცულადაა იზოლირებული სკალირების გეომეტრიულ მოდელში, ატარებს ტაქსონომიურად არაერთგვაროვან ხასიათს და ძნელად ექვემდებარება ინტერპრეტაციას.
3. ერთადერთი მიმართება, რომელსაც ავლენს ფსიქოსემანტიკის პროცედურა, ეს არის “შორს –

ახლოს”, რაიმე სკალის მიხედვით. ცოდნის ბაზის დაპროექტებისა და აგებისათვის მიმართებების გამოვლენა ერთი რიგით უფრო რთულ ამოცანას წარმოადგენს, ვიდრე ცნებების გამოვლენა. ამიტომაც სკალირებისა და კლასტერიზაციის შედეგად მიღებული სემანტიკური სივრცეების შემდგომი დამუშავება აუცილებელია.

შექმნილი მდგომარეობიდან ერთ-ერთ გამოსავალს წარმოადგენს საგნობრივი სფეროს კონკრეტული ობიექტების – სტიმულების გაფართოება მეტაფორების სამყაროდან რაიმე აბსტრაქტული ობიექტების დამატების ხარჯზე. ისინი ექსპერტ-გამომცდელს აიძულებს გასცდეს ობიექტურობის ჩარჩოებს და სუბიექტური წარმოდგენების სამყაროში გადავიდეს. როგორც წესი, ხშირად ეს სამყარო უფრო მეტ გავლენას ახდენს ექსპერტის მსჯელობასა და გადაწყვეტილების მიღების მოდელზე, ვიდრე ტრადიციული სწორი შეხედულებები.

ქვემოთ აღწერილია მეთოდი, რომელიც ექსპერტის პროფესიული გამოცდილების ფარული, სუბიექტური სტრუქტურების გამოვლენის საშუალებას იძლევა.

კოგნიტიურ ფსიქოლოგიაში მიღებული შედეგების უმეტესობა ამტკიცებს, რომ ადამიანის (მათ შორის ექსპერტისაც) ფორმალური ცოდნა სამყაროზე (კერძოდ, იმ საგნობრივ სფეროზე, რომელშიც ის ექსპერტს წარმოადგენს) და მისი პირადი გამოცდილება არ შეიძლება არსებობდნენ იზოლირებულად, ისინი ქმნიან ერთიან, სტაბილურ სტრუქტურას. ამ სტრუქტურას ხშირად უწოდებ-

ბენ სამყაროს მოდელს ან სურათს. სამყაროს მოდელის ძირითადი თვისებაა ის, რომ მისი სტრუქტურა არაცნობიერში დევს.

ადამიანის სამყაროს მოდელის შესწავლა კოგნიტიური ფსიქოლოგიის, ფსიქოსემანტიკისა და სხვა მონათესავე დისციპლინების ამოცანას წარმოადგენს. შეუძლებელია მითითებულ იქნეს ის საზღვარი, რომლის მიღმაც ცოდნა (რომლის ფორმალიზება და მიღება შეიძლება ექსპერტისგან) გამოცდილებაში გადადის (ანუ ის, რაც ხდება ექსპერტის უნიკალური, განუყოფელი საკუთრება).

შესაძლებელია შემდეგი სამი დონის გამოყოფა:

1. ცოდნა, რომელიც განკუთვნილია ვიღაცისთვის გადასაცემად (მაგალითად, ლექციის გზით);
2. ცოდნა, რომელიც გამოიყენება პრაქტიკაში;
3. გამოცდილება ანუ ცოდნა, რომელიც უფრო ღრმა, არაცნობიერ დონეზე დევს. ეს ცოდნა პასუხისმგებელია ექსპერტის მიერ ინტუიტიურად მიღებულ გადაწყვეტილებებზე.

ფსიქოსემანტიკური ექსპერიმენტის კლასიკური მეთოდიკა საშუალებას არ იძლევა მისი შედეგებიდან ინტუიტიური დონე გამოიყოს.

ცოდნის მიღების მეთოდების უმეტესობა ორიენტირებულია ცოდნის ვერბალურ ან ვერბალიზებად დონეებზე. აუცილებელია ირიბი მეთოდი, რომელიც ორიენტირებული იქნება პრაქტიკული გამოცდილების ფარული უპირატესობების მინიჭების გამოვლენაზე. ასეთ მეთოდს წარმოადგენს მეტაფორული მიდგომა. მეტაფორული მიდგომა, რომელიც

პირველად აღწერილ იქნა სუფთა ლინგვისტური (უფრო მოგვიანებით პრაქტიკული ფსიქოლოგიის) პოზიციებიდან შეიცვალა და სხვა სახით იქნა გამოყენებული ცოდნის ინჟინერიაში. მაგალითად, დაპროგრამების ენების ობიექტური შედარების ექსპერიმენტებში გამოყენებულ იქნა ორი მეტაფორული "სამყარო" - ცხოველთა სამყარო და ტრანსპორტის სამყარო. ამ მიდგომის ფარგლებში ექსპერიმენტულად დადასტურდა შემდეგი თეზისების ჭეშმარიტება:

- მეტაფორა მუშაობს როგორც ფილტრი, შედარების ადეკვატური ობიექტის შერჩევის მეშვეობით ის გამოყოფს ძირითადი ობიექტის განსაზღვრულ თვისებებს;
- მეტაფორა მიზნად ისახავს არა რაიმე ინფორმაციის მოწოდებას მოცემულ ობიექტზე, არამედ მიუთითებს მის მიმართ განსაზღვრულ დამოკიდებულებაზე;
- ძირითადი ობიექტის (მაგალითად, დაპროგრამების ენა) მიმართ სუბიექტურ ძვრას თან ახლავს ასევე ძვრა შედარების ობიექტის (მაგალითად, კონკრეტული ცხოველი) აღქმაში. ასეთი მიდგომის დროს შედარების ობიექტი არის არა უბრალოდ "ლომი", როგორც ფაუნის წარმომადგენელი, არამედ ძალის, მოხერხებულობისა და ძლევამოსილების განსახიერება.

ექსპერიმენტის ჩატარებისას გამოყენებულ იქნა სისტემა MEDIS. ეს სისტემა საშუალებას იძლევა დაიგეგმოს, ჩატარდეს და დამუშავდეს ნებისმიერი ფსიქოსემანტიკური

ექსპერიმენტის მონაცემები. მრავალგანზომილებიანი სკალირების კლასიკური პარადიგმის გარდა, სისტემა MEDIS რეპერტუარული ბადეების ტესტის ზოგიერთ შესაძლებლობასაც მოიცავს. კერძოდ, ის ორი სახის სტიმულთან (ელემენტები და კონსტრუქტები) მუშაობის საშუალებას იძლევა. რეპერტუარული ბადეების კლასიკური ტესტისგან განსხვავებით, სისტემა MEDIS-ში კონსტრუქტები მონოპოლარულია. ბუნებრივია, საბაზო ინვენტარის არჩევამ არსებითი გავლენა იქონია მეთოდის ექსპერიმენტულ რეალიზაციაზე. საგნობრივი სფეროს სახით არჩეულ იქნა დაპროგრამების ენის სამყარო. ბაზური ცნებების სივრცეში ჩართულ იქნა რამდენიმე მეტნაკლებად პოპულარული დაპროგრამების ენა, რომლებიც მიეკუთვნება ქვემოთ ჩამოთვლილი კლასებიდან ერთ-ერთს:

- ხელოვნური ინტელექტის ენები;
- ტრადიციული პროცედურული ენები;
- ეგრეთ წოდებული "მაკროენები", რომელთა რეალიზება ჩვეულებრივ ხდება ოპერაციული სისტემების გარსებში, ტექსტურ რედაქტორებში და ა.შ.

მეტაფორული სივრცეების სახით არჩეულ იქნა ცხოველთა და ტრანსპორტის სამყაროები. ექსპერიმენტის პირველ ეტაპზე თითოეული რესპოდენტი ასრულებდა ელემენტების კლასიკურ წყვილ-წყვილად სუბიექტურ სკალირებას. კითხვაზე "აქვთ თუ არა რაიმე საერთო მოცემულ დაპროგრამების ენებს?", რესპოდენტებს შესთავაზეს, ქვემოთ

ჩამოთვლილი ალტერნატივებიდან აერჩიათ ერთ-ერთი პასუხი.

- |       |   |                                  |
|-------|---|----------------------------------|
| დიახ! | 1 | ობიექტები ძალიან ახლოსაა         |
| დიახ  | 2 | ობიექტებს რაღაც საერთო აქვთ      |
| ???   | 3 | განუსაზღვრელი პასუხი             |
| არა   | 4 | ობიექტები განსხვავებულია         |
| არა!  | 5 | ობიექტები სავსებით შეუთავსებელია |

ამ ეტაპის მონაცემები (თითოეული რესპოდენტისთვის ცალ-ცალკე) დამუშავდა მრავალგანზომილებიანი სკალირების მეთოდებით. ასეთი დამუშავების შედეგს წარმოადგენს მცირე განზომილების მქონე ევკლიდური სივრცე, რომელშიც განსხვავების საწყისი შეფასებები წარმოდგენილია წერტილებს შორის გეომეტრიული მანძილებით. რაც უფრო უკეთესად შეესაბამება ეს მანძილები საწყის განსხვავებებს, მით უფრო ადეკვატურად ითვლება მთლიანობაში დამუშავების შედეგი. ამასთან, მანძილებისა და პასუხების რიცხვითი კოდების ზუსტად დამთხვევა, აუცილებელს არ წარმოადგენს. უფრო მნიშვნელოვანს წარმოადგენს საწყისი შეფასებების მიმართ მანძილების რანგული შესაბამისობა. იდეალურ შემთხვევაში, იმ წერტილებს შორის დაშორებები, რომლებიც შეესაბამება "დიახ!" პასუხებს საწყის მონაცემებში, უნდა იყოს უფრო მცირე იმ მანძილებთან შედარებით, რომელიც შეესაბამება "დიახ" პასუხებს.

მოსალოდნელია, რომ უმეტეს შემთხვევაში ცოდნის გამოვლენილ ლატენტურ სტრუქტურებს შეუძლიათ

მთლიანად გადაატრიალონ ცოდნის ინჟინრის წარმოდგენა საგნობრივ სფეროზე და მას შესაძლებლობა მისცეს მნიშვნელოვნად გააღრმავოს ცოდნის ბაზა.

### **რეპერტუარული ბადეების მეთოდი**

კოგნიტიური ფსიქოლოგიის მეთოდებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს რეპერტუარული ბადეების მეთოდს (repertory grid).

რეპერტუარული ბადე უმრავლეს შემთხვევებში წარმოადგენს მატრიცას, რომლის შევსებაც ხდება გამოსაცდელი პირის ან ექსპერიმენტატორის მიერ კვლევის ან საუბრის პროცესში. მატრიცის სვეტს შეესაბამება ობიექტების (ელემენტების) განსაზღვრული ჯგუფი. ობიექტები შეიძლება იყვნენ ადამიანები, საგნები, ცნებები, მიმართებები, ბგერები, ფერი და ა.შ. მატრიცის სტრიქონები წარმოადგენენ კონსტრუქტებს - ბიპოლარულ ნიშანთვისებებს, პარამეტრებს, სკალებს, ალტერნატიულ საპირისპირო მიმართებებს.

კონსტრუქტები ან უშუალოდ მოიცემა მკვლევარის მიერ ან გამოსაცდელი პირისთვის ხორციელდება მათი გამოვლენა სპეციალური მეთოდებისა და პროცედურების გამოყენებით.

კონსტრუქტი წარმოადგენს რაიმე ნიშანს ან თვისებას, რომლის მიხედვითაც ორი ან რამდენიმე ობიექტი ერთმანეთის მსგავსია და შესაბამისად, განსხვავებულია მესამე ან რამდენიმე სხვა ობიექტისგან.

კონსტრუქტების შესაძლებლობები შეზღუდულია. მათი გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ გარკვეული ობიექტების მიმართ. ამან თავისი ასახვა ჰპოვა კონსტრუქტის "ვარგისობის დიაპაზონის" ცნებაში. ინგლისელი ფსიქოლოგები ფრანსელი და ბანისტერი "ვარგისობის დიაპაზონის" წესს რეპერტუარული ბადეების მეთოდის განმასხვავებელ ნიშნად მიიჩნევენ. ვარგისობის დიაპაზონი გულისხმობს ადამიანის სამყაროზე წარმოდგენის სფეროს. ფსიქოლოგიურად გააზრებული შედეგი მიიღება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ რეპერტუარულ ბადეებში გამოყენებული ელემენტები მოხვდება გამოსაცდელი პირის კონსტრუქტების "ვარგისობის დიაპაზონში".

კონსტრუქტები იზოლირებულები არ არიან, ისინი ურთიერთქმედებენ, ამასთან მათი ურთიერთქმედება შემთხვევითი კი არ არის, არამედ ერთიან სისტემურ ხასიათს ატარებს.

რეპერტუარული ბადის შევსებისას გამოსაცდელმა პირმა უნდა შეაფასოს თითოეული ობიექტი თითოეული კონსტრუქტის მიხედვით.

განსაზღვრება "რეპერტუარული" ნიშნავს, რომ ელემენტების შერჩევა ხდება განსაზღვრული წესების მიხედვით ისე, რომ ისინი შეესაბამებოდნენ რომელიმე ერთ სფეროს, ყველანი ერთად კი აზრობრივად (შინაარსობრივად) იყვნენ დაკავშირებული პიესაში როლების რეპერტუარის ანალოგიურად.

უნდა აღინიშნოს, რომ რეპერტუარული ბადე ყოველთვის არ წარმოადგენს მატრიცას: მასში სტრიქონებისა

და სვეტების გადაკვეთის ადგილას აუცილებელი არ არის რიცხვი იყოს მოთავსებული, გარდა ამისა, სტრიქონებს შეიძლება სხვადასხვა სიგრძე ჰქონდეთ.

რეპერტუარული ბადეები ფაქტიურად წარმოადგენს სტრუქტურირებული ინტერვიუს სპეციფიკურ ნაირსახეობას. მეორე ადამიანთან საუბრისას ხდება მისი კონსტრუქტების სისტემის გამოკვლევა. საუბრის მიმდინარეობის დროს ნელ-ნელა ხდება იმის გარკვევა, როგორ ხედავს ის სამყაროს, რა რასთან არის დაკავშირებული, რა რისგან გამომდინარეობს, რა არის მისთვის მნიშვნელოვანი და რა არა, როგორ აფასებს ის სხვა ადამიანებს, მოვლენებსა და სიტუაციებს. რეპერტუარული ბადეების მეთოდის ძალიან მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მისი ორიენტირებულობა გამოსაცდელი პირის კონსტრუქტების გამოვლენაზე, მასზე გარედან ზეწოლა და მეორე პირის მხრიდან საკუთარი კონსტრუქტების თავზე მოხვევა არ ხდება.

რეპერტუარული ბადეების მოქნილობა და ეფექტურობა, მიღებული ინფორმაციის ხარისხი და რაოდენობა ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს წარმოადგენს, რის გამოც ეს მეთოდი ხშირად გამოიყენება ამოცანათა ფართო წრის გადასაწყვეტად ადამიანის პრაქტიკული მოღვაწეობის ისეთ სფეროებში, როგორცაა პედაგოგიკა, სოციოლოგია, მედიცინა, რეკლამა და დიზაინი.

## კონსტრუქტების გამოვლენის მეთოდები

კონსტრუქტების გამოვლენის ერთ-ერთ მეთოდს წარმოადგენს მინიმალური კონტექსტის მეთოდი, რომლის დროსაც ელემენტების დაჯგუფება ხდება ისე, რომ თითოეულ ჯგუფში სამი ელემენტი თავსდება. ეს არის სწორედ ის მინიმალური რაოდენობა, რომელიც მსგავსებისა და განსხვავების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

გამოსაცდელ პირს მთელი სიიდან წარედგინება სამი ელემენტი. მან უნდა დაასახელოს რომელიმე მნიშვნელოვანი თვისება, რომლის მიხედვითაც ორი მათგანი ერთმანეთის მსგავსია და შესაბამისად, განსხვავდება მესამისგან. მას შემდეგ, რაც ექსპერიმენტატორი პასუხს ჩაიწერს, გამოსაცდელი პირისგან მოითხოვება კონკრეტულად ჩამოყალიბოს რაში მდგომარეობს მესამე ელემენტის განსხვავება დანარჩენი ორისგან. გამოსაცდელ პირს წარედგინება ელემენტების იმდენი ტრიადა, რამდენსაც ექსპერიმენტატორი საჭიროდ ჩათვლის. რაიმე სპეციფიკური წესი არ არსებობს. ყველაფერი დამოკიდებულია გამოსაკვლევი კონსტრუქტების რაოდენობაზე.

მაგალითი 5.1. დავუშვათ, გამოსაცდელ პირს წარედგინა ტრიადა "ვაშლი - მსხალი - ფორთოხალი". რესპოდენტი გამოყოფს ორ მსგავს ობიექტს - "ვაშლი და მსხალი", ასევე გამოყოფს იმ მნიშვნელოვან თვისებას, რომელიც ვაშლს და მსხალს ფორთოხლისგან განასხვავებს. ეს თვისება შეიძლება იყოს ვაშლზე და მსხალზე ალერგიული რეაქციის არარსებობა გამოსაცდელი პირისათვის. მე-

სამე ობიექტის დანარჩენი ორისაგან განმასხვავებელი თვისება ალერგიულობა იქნება. ამრიგად, გამოვლინდა პიროვნული კონსტრუქტი "ალერგიულობა/ალერგიის არარსებობა".

არსებობს კონსტრუქტების გამოვლენის სხვა მეთოდებიც, რომლებიც ასევე ტრიადებს იყენებენ: მიმდევრობითი, თვითიდენტიფიკაციისა და როლური პერსონიფიკაციის მეთოდები. ამ ორ უკანასკნელ მეთოდში ტრიადაში ჩართულია „მე თვითონ“ ელემენტი.

კონსტრუქტების გამოსავლენად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ორი ელემენტიც, ზოგჯერ იყენებენ სამზე მეტ ელემენტსაც.

### **რეპერტუარული ბადეების ანალიზი**

რეპერტუარული ბადეების ანალიზი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი პარამეტრების (ღრმა კონსტრუქტები) გამოვლენისა და კონსტრუქტების ერთიანი ქვესისტემის აგების საშუალებას იძლევა.

კონსტრუქტების დასაჯგუფებლად შესაძლებელია კლასტერული ანალიზის გამოყენება. ერთეულოვანი რეპერტუარული ბადის ანალიზისას იქმნება ორი მატრიცა – ერთი ელემენტისათვის, მეორე – კონსტრუქტისათვის. კლასტერები განისაზღვრება ამ მატრიცებში უდიდესი მნიშვნელობების ამორჩევით, მანამ სანამ ყველა ელემენტი და კონსტრუქტი კლასტერულ ხეში არ აღმოჩნდება ჩართული. პროგრამა ასრულებს ექსპერტის კონსტრუქტების

სისტემის იერარქიულ კლასტერიზაციას და წარმოადგენს მისგან მიღებულ ცოდნას.

საკმაოდ ხშირად წარმოიქმნება სიტუაცია, როდესაც საჭიროა რამდენიმე რეპერტუარული ბადის შედარება. რეპერტუარული ბადეების სერიების ანალიზი, რომელთა შევსებაც დროის სხვადასხვა მომენტში ერთი და იმავე ადამიანის მიერ ხორციელდება, კონსტრუქტებისა და შეფასებების დინამიკისთვის თვალის მიდევნების საშუალებას იძლევა. ასევე შესაძლებელია ადამიანის მდგომარეობის ცვლილების ტრაექტორიის აგება მისი საკუთარი სუბიექტური სკალის სისტემაში.

სისტემური კონსტრუქტების წყვილის ანალიზი გამოიყენება ადამიანებს შორის თანხმობისა და გაგების გაზომვის მიზნით. ამისათვის მოცემულ საკითხზე სხვადასხვა შეხედულების მქონე ორი ექსპერტი ავსებს ბადეებს. ამასთან, თითოეული მათგანი მეორისგან დამოუკიდებლად ირჩევს ელემენტებს, გამოავლენს კონსტრუქტებს და აფასებს მათ. ამის შემდეგ თითოეული ექსპერტი აკეთებს თავისი ბადის ორ ცარიელ ასლს, ისე რომ ტოვებს ელემენტებსა და კონსტრუქციებს მათი შეფასებების მნიშვნელობების გარეშე. ორივე ბადე ივსება პარტნიორების მიერ. ამასთან ერთი ივსება ისე, როგორც ეს თვით მის შემსვებს წარმოუდგენია, ხოლო მეორე ისე, როგორც პირველი ექსპერტის წარმოდგენით შეავსებდა მეორე ექსპერტი. ბადეების წყვილის შედარება ორ ადამიანს შორის თანხმობისა და გაგების მიღწევას უწყობს ხელს.

არსებობს ორი ბადის შედარების სამი ხერხი:

1. საერთო ელემენტების მქონე ბადეების გადაბმა და მათი შემდგომი დამუშავება ერთი დიდი ბადის სახით;
2. ეს გზა მოითხოვს ორი ბადის არსებობას ელემენტებისა და კონსტრუქტების ერთი და იმავე სახელებით და აჩვენებს მათ შორის განსხვავებებს ერთი და იგივე დასახელების მქონე ობიექტებს შორის მანძილის გაზომვით. შედეგად ხდება ერთსა და იმავე სახელებსა და კონსტრუქტებზე დაფუძნებულ ბადეებს შორის განსხვავების გამოვლენა;
3. ეს გზაც იყენებს ელემენტებისა და კონსტრუქტების ერთი და იგივე სახელების მქონე ორ ბადეს, პოულობს იმ ელემენტებსა და კონსტრუქტებს, რომლებიც ყველაზე მეტად იცვლება და შლის მათ ბადიდან. ამგვარად განისაზღვრება ბაზური ელემენტები და კონსტრუქტები.

სისტემური კონსტრუქტების ჯგუფის ანალიზისას რეპერტუარული ბადეების სერიის ანალიზი ხორციელდება. ეს ბადეები მიიღება იმ ადამიანების ჯგუფისგან, რომლებიც ერთნაირ ელემენტებს იყენებენ. ერთმანეთს დარდება თითოეული წყვილი და ხდება “ჯგუფური ქსელის” ჩვენება, რომელიც ასახავს ჯგუფის შიგნით მსგავსი კონსტრუქტების კავშირებს. იქმნება ბადე, რომელიც ჯგუფების უმრავლესობისთვის გასაგებ კონსტრუქტებს გამოხატავს. შემდგომი ანალიზისას, თითოეული

კონსტრუქტი, რომელიც არ გამოიყენება ჯგუფის ფარგლებში, ფასდება სხვა კონსტრუქტებთან კავშირის სიძლიერის მიხედვით.

### **ავტომატიზებული მეთოდები**

ქვემოთ განხილულია რეპერტუარული ბადეების მეთოდის საფუძველზე შემუშავებული რამდენიმე ცნობილი მეთოდი და ცოდნის შექმნის სისტემა.

რეპერტუარული ბადეების ავტომატიზებული გზით შექმნა და ექსპერტებისგან კონსტრუქტების მიღება პირველად რეალიზებული იყო სისტემა PLANET-ში. PLANET-ის შემდგომ განვითარებას წარმოადგენს ინტეგრირებული გარემო KITTEN, რომელსაც ცოდნის მიღების უამრავი მეთოდის მხარდაჭერა გააჩნია. სისტემა ETS-ში გამოიყენებოდა რეპერტუარული ბადეების მეთოდი საგნობრივი სფეროს ცნებების სისტემის გამოსავლენად. ETS-ის მომდევნო თაობას წარმოადგენს სისტემა NeoETS და ექსპერტული ცოდნის მისაღებად განკუთვნილი ინტეგრირებული გარემო AQUINAS.

ცნობილია ექსპერტული სისტემის პროტოტიპების დიდი რაოდენობა, რომელთა შესაქმნელადაც ETS გამოიყენებოდა. მათ შორისაა:

1. ექსპერტული სისტემის შემქმნელებისთვის ინსტრუმენტული საშუალებების შერჩევის კონსულტანტი;

2. კონსულტანტი დაპროგრამების ენებთან დაკავშირებით;
3. გეოლოგიური მონაცემების ანალიზატორი;
4. ფორტრანის გამართვის მრჩეველი პროგრამა;
5. კონსულტანტი მონაცემთა ბაზის სისტემების მართვაში და ა.შ.

ETS ურთიერთქმედებს ექსპერტთან დიალოგურ რეჟიმში, იღებს მისგან ინტერვიუს და ეხმარება ცოდნის ბაზის გაანალიზებაში. ETS-ის არქიტექტურაში შეიძლება შემდეგი ქვესისტემების გამოყოფა: ელემენტების მიღება; კონსტრუქტების გამოვლენა; რეპერტუარული ბადეების აგება; იმპლიკაციური კავშირების გრაფის აგება; პროდუქციული წესების გენერაცია; ცოდნის ბაზის ტესტირება; ცოდნის ბაზის კორექცია; ცოდნის ბაზის გენერაცია ექსპერტული სისტემის შექმნის სხვადასხვა ინსტრუმენტული საშუალებებისთვის.

დიაგნოსტიკურ სისტემა MORE-ში პირველად იქნა გამოყენებული ინტერვიუს სხვადასხვა სტრატეგია: ჰიპოთეზების დიფერენციაცია, სიმპტომების განსხვავება, სიმპტომური განპირობებულობა, გზების დაყოფა და ა.შ.

სიმპტომების დიფერენციაციის სტრატეგია მიმართულია იმ სიმპტომების ძიებაზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჰიპოთეზების უფრო ზუსტ განსხვავებას. ყველაზე უფრო მძლავრია ის სიმპტომები, რომლებიც ერთი დიაგნოსტიკური მოვლენის დროს გამოვლინდება. სიმპტომური განპირობებულობის სტრატეგია მიმართულია ნეგატიური სიმპტომების გამოვლენაზე, რომელთა არარსე-

ბობასაც უფრო მეტი დიაგნოსტიკური წონა აქვს, ვიდრე არსებობას. გზების დაყოფის სტრატეგია უზრუნველყოფს სიმპტომური მოვლენების მოძებნას, რომლებიც უკვე ნაპოვნი სიმპტომისკენ მიმავალ გზაზე დევს. თუ ასეთი სიმპტომი არსებობს, მაშინ მას ნაპოვნი სიმპტომზე მეტი დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა ექნება.

სისტემა KRITON-ში ცოდნის მისაღებად ორი წყარო გამოიყენება: ექსპერტი მის მიერ პრაქტიკაში მიღებული ცოდნით; წიგნებში, დოკუმენტებსა და ინსტრუქციებში არსებული ცოდნა (ეს ცოდნა კარგადაა სტრუქტურირებული). პირველი წყაროდან ცოდნის მიღებისას სისტემაში გამოიყენება ინტერვიუს მეთოდი, რომელიც იყენებს რეპერტუარული ბადეების სტრატეგიას.

### **ცოდნის მენეჯმენტი**

ცნება "ცოდნის მენეჯმენტი" (KM – Knowledge Management) გამოჩნდა XX საუკუნის 90-იან წლებში მსხვილ კომპანიებში, ინფორმაციის დამუშავების პრობლემის აქტუალობის ზრდასთან ერთად. განსაკუთრებით რთულია კომპანიის სპეციალისტების მიერ დაგროვებული ცოდნის დამუშავება. ძალიან ხშირად საწარმოს ერთი ნაწილი იმეორებს მეორე ნაწილის მიერ შესრულებულ სამუშაოს, მხოლოდ იმიტომ, რომ რთულია იმ ცოდნის მოძებნა და გამოყენება, რომელიც საწარმოს სხვა ნაწილებში არსებობს. სხვადასხვა კომპანია ამ საკითხის გადაწყვეტას სხვა-

დასხვანაირად ცდილობს და მიზნად ისახავს გაზარდოს ცოდნის დამუშავების ეფექტურობა.

KM-სისტემების დასანერგად სხვადასხვა სახის ტექნოლოგია გამოიყენება:

- ელექტრონული ფოსტა;
- ბაზები და მონაცემთა საცავები (Data Warehouse);
- ჯგუფური მხარდაჭერის სისტემები;
- ბროუზერები და საძიებო სისტემები;
- კორპორატიული ქსელები და ინტერნეტი;
- ექსპერტული სისტემები და ცოდნის ბაზები; ინტელექტუალური სისტემები.

ცოდნის მენეჯმენტი წარმოადგენს პროცესების ერთობლიობას, რომლებიც მართავენ ცოდნის შექმნას, გავრცელებას, დამუშავებასა და გამოყენებას საწარმოს შიგნით.

KM სისტემების შემუშავების აუცილებლობა განპირობებულია შემდეგი მიზეზებით:

- საწარმოს თანამშრომლები საკმაოდ დიდ დროს ხარჯავენ საჭირო ინფორმაციის მოსაძებნად;
- უმეტეს შემთხვევებში არ ან ვერ ხორციელდება წამყვანი და კვალიფიციური თანამშრომლების გამოცდილების გაზიარება სხვებისთვის;
- ფასეული ინფორმაცია მოთავსებულია უზარმაზარი რაოდენობის დოკუმენტებსა და მონაცემებში, რომელთანაც წვდომა გართულებულია.

- ადრე დაშვებული შეცდომები მეორდება წინა გამოცდილების იგნორირებისა და არასაკმარისად ინფორმირებულობის გამო.

KM სისტემების მნიშვნელობა ასევე განპირობებულია იმით, რომ ცოდნა რომელიც არ გამოიყენება და არ იზრდება, საბოლოო ჯამში უსარგებლოდ და მოძველებულად იქცევა და პირიქით, ცოდნა რომელიც ვრცელდება და გამოიყენება, ხშირად ახალ ცოდნას წარმოშობს.

### **კორპორატიული მეხსიერება**

ცოდნის მენეჯმენტის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ცნებას წარმოადგენს კორპორატიული მეხსიერება (corporate memory), რომელიც ადამიანის მეხსიერების მსგავსად მიღებული გამოცდილების გამოყენებისა და შეცდომების გამეორების თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა.

კორპორატიული მეხსიერება აფიქსირებს დიდი მოცულობის ინფორმაციას კომპანიის სხვადასხვა წყაროდან და ინახავს მას. ისინი წარმოდგენილია სხვადასხვა ფორმით (მონაცემთა ბაზები, დოკუმენტები, ცოდნის ბაზები).

კორპორატიულ მეხსიერებას ხშირად ყოფენ ორ დონედ (ე.წ. ცხადი და არაცხადი ცოდნა).

დონე 1. მატერიალური ან ცხადი ინფორმაციის დონე - მონაცემები და ცოდნა, რომელთა პოვნაც შესაძლებელია ორგანიზაციის დოკუმენტებში შეტყობინების, წერილების, სტატიების, ცნობარების, პატენტების, ნახაზების, ვიდეო და

აუდიო ჩანაწერების, პროგრამული უზრუნველყოფის და ა.შ. სახით.

დონე 2. პერსონალური ანუ ფარული ინფორმაციის დონე - პერსონალური ცოდნა, რომელიც განუყოფლადაა დაკავშირებული ინდივიდუალურ გამოცდილებასთან.

ინფორმაციის ორივე ტიპი თანაბრად მნიშვნელოვანია კორპორატიული მეხსიერების სტრუქტურაში.

KM სისტემების შემუშავებისას შეიძლება გამოიყოს შემდეგი ძირითადი ეტაპები:

1. *დაგროვება*. ორგანიზაციაში ინფორმაციის სტიქიური და უსისტემო დაგროვება.

2. *ცოდნის მიღება*. ექსპერტული სისტემების შექმნის საწყის ეტაპზე ექსპერტული ცოდნის მიღების იდენტური პროცესი. ეს ერთ-ერთი ყველაზე რთული და შრომატევადი პროცესია. მის წარმატებაზე ბევრადაა დამოკიდებული სისტემის მომავალი სიცოცხლისუნარიანობა.

3. *სტრუქტურირება*. ამ ეტაპზე გამოიყოფა ძირითადი ცნებები, ასევე ხდება ინფორმაციის წარმოდგენის სტრუქტურის შემუშავება;

4. *ფორმალიზაცია*. სტრუქტურირებული ინფორმაციის წარმოდგენა მანქანური დამუშავების (მონაცემებისა და ცოდნის აღწერის ენები) ფორმატში.

5. *მომსახურება*. ფორმალიზებული მონაცემებისა და ცოდნის კორექტირება: დამატება, განახლება, მოძველებული ინფორმაციის წაშლა, ცოდნის ფილტრაცია მომხმარებლის-თვის საჭირო ინფორმაციის მოსაძებნად.

## OMIS სისტემები

ცოდნის მენეჯმენტის ავტომატიზებული სისტემები ანუ OMIS სისტემები (Organizational Memory Information Systems) განკუთვნილია საწარმოს მიერ ცოდნის დარღვევისა და მართვისათვის.

OMIS ხშირად იყენებს დამხმარე საცნობარო სისტემებს, ეგრეთ წოდებულ helpdesk-ებს.

OMIS-ის ძირითადი ფუნქციებია:

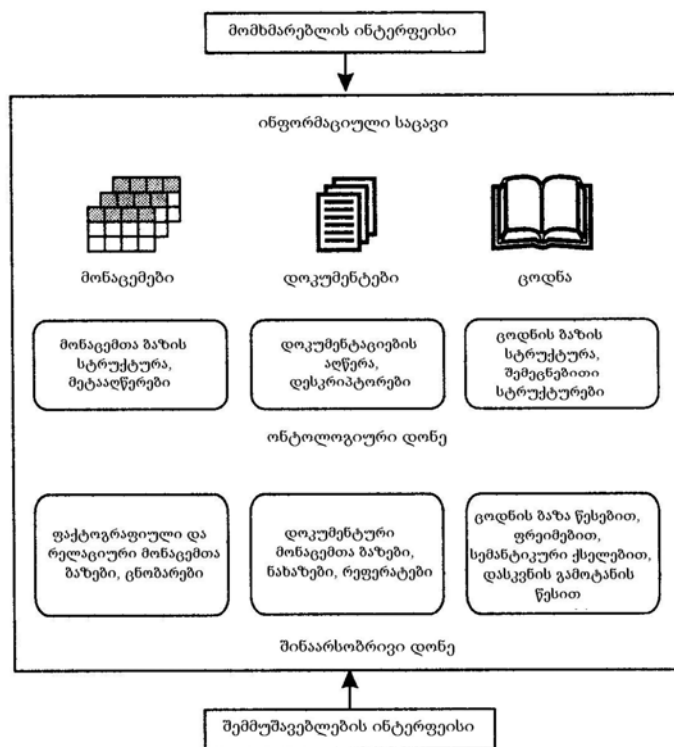
- სხვადასხვა წყაროებიდან ინფორმაციის შეგროვება და სისტემატური ორგანიზაცია ინფორმაციის ცენტრალიზებულ საცავში.
- არსებულ ავტომატიზებულ სისტემებთან ინტეგრაცია, რაც ტექნიკურ დონეზე ნიშნავს, რომ კორპორატიული მეხსიერება ინტერფეისის მეშვეობით უშუალოდ დაკავშირებული უნდა იყოს იმ ინსტრუმენტულ საშუალებებთან, რომლებიც ამჟამად ორგანიზაციებში გამოიყენება (მაგალითად, ტექსტური რედაქტორები, ელექტრონული ცხრილები, სისტემები და ა.შ.)
- მოთხოვნისა (პასიური ფორმა) და აუცილებლობის შემთხვევაში (აქტიური ფორმა) საჭირო ინფორმაციით უზრუნველყოფა. კორპორატიულ მეხსიერებას შეუძლია შეახსენოს კომპანიის თანამშრომლებს სასარგებლო ინფორმაციის შესახებ და იყოს კომპეტენტური პარტნიორი ამოცანების ერთობლივად გადაწყვეტის საქმეში.

OMIS-ის საბოლოო მიზანი მდგომარეობს იმაში, რომ კომპანიის თანამშრომლებისათვის ცოდნა მისაწვდომი იყოს ყოველთვის, როდესაც ეს მათ სჭირდებათ. ამისათვის OMIS ახორციელებს ცოდნის გავრცელებისადმი აქტიურ მიდგომას, რომელიც ეყრდნობა არა მომხმარებლების მოთხოვნას, არამედ ავტომატურად უზრუნველყოფს ამოცანის გადასაწყვეტად სასარგებლო ცოდნის მიღებას. დასრულებული სისტემა უნდა მოქმედებდეს, როგორც მომხმარებლის ინტელექტუალური თანამემწე. OMIS შეიცავს განმარტებების ქვესისტემას, რომელიც საშუალებას იძლევა პასუხი იქნეს გაცემული კითხვებზე: "რატომ?" და "რატომ არა?". უბრალო მონაცემთა ბაზაში ან ჰიპერტექსტურ სისტემაში მომხმარებლებმა ასეთ კითხვებზე პასუხის გასაცემად საჭირო ინფორმაცია უშუალოდ უნდა მოძებნონ, ამისათვის კი საჭიროა დიდი რაოდენობის პოტენციურად საჭირო ინფორმაციის ფილტრაცია.

OMIS გარდა იმისა, რომ გასცემს ინფორმაციას, ყოველთვის მზადაა მისი მომხმარებლებისგან ახალი ინფორმაციის მისაღებად.

სურ. 5.2.-ზე წარმოდგენილია OMIS-ის არქიტექტურა. სისტემის ბირთვს წარმოადგენს ინფორმაციის საცავი (Information Depository). სურათი ასევე წარმოდგენას იძლევა ინფორმაციის ზოგიერთ სახეზე, რომელსაც კორპორატიული მენეჯერებმა მოიცავს.

მონაცემთა საცავი ძირითადად რაოდენობრივ ინფორმაციას შეიცავს, ცოდნის საცავი კი ხარისხობრივი მასალის შენახვაზეა ორიენტირებული.



სურ. 5.2. OMIS-ის არქიტექტურა

OMIS-ის პროგრამულ ინსტრუმენტულ საშუალებებს შორის ცნობილია KARAT და LOTUS NOTES. თუმცა, დღეისათვის ინტერნეტის განვითარებასთან ერთად, KM სისტემები სულ უფრო და ხშირად იყენებენ ვებ-ტექნოლოგიებს.

## OMIS-ის შემუშავების თავისებურებები

რადგანაც კორპორატიული მეხსიერების სისტემების შემუშავება უპირველეს ყოვლისა პროგრამული პროექტის შექმნას გულისხმობს, მისთვისაც შეიძლება იმ ტრადიციული ტექნოლოგიების მისადაგება, რომელსაც დიდი პროგრამული სისტემების შექმნისას იყენებენ.

ნებისმიერი პროგრამული პროექტის შექმნისას პირველ ეტაპს წარმოადგენს მოთხოვნების ანალიზი. ანალიზის პროცესი გულისხმობს პასუხი გაეცეს კითხვებს:

- რა ამოცანის (ამოცანების) გადაწყვეტაა საჭირო?
- რა ინფორმაციაა აუცილებელი ამ ამოცანის გადასაწყვეტად?
- რა სახის მხარდაჭერას ამჯობინებენ მომხმარებლები?
- რამდენია სისტემის შემუშავებაზე დანახარჯები?
- რა სახის ცვლილებებია მოსალოდნელი მომავალში?

ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული:

1. **ადამიანური ფაქტორი.** აუცილებელია სისტემის მომხმარებლების მიზნებისა და რეალური მოთხოვნების გათვალისწინება;
2. **ღირებულებითი ანალიზი.** პირველ რიგში, პროექტის ბირთვი ორიენტირებული უნდა იყოს კრიტიკულ პროცესებზე, როდესაც არ არსებობს საკმარისი დონის ინფორმაციული მხარდაჭერა. მეორე მხრივ,

არ არის საჭირო საწყისი სისტემის დიდი რაოდენობის მომსახურებებით გადატვირთვა.

3. **ცოდნის ევოლუცია.** ელექტრონული მხარდაჭერა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ სფეროებში, რომლებიც სწრაფ ცვლილებებს განიცდიან. OMIS სისტემებში ხშირად იყენებენ ცოდნის დამუშავების სხვადასხვა ახალ ტექნოლოგიას, რომლებიც დაკავშირებულია მონაცემების ანალიზის გზით ახალი ცოდნის მიღებასთან. მაგალითად ცოდნის აღმოჩენა (Knowledge Discovery) და მონაცემთა მოპოვება (Data Mining).
4. **კონტენტისადმი მგრძობიარობა** სისტემისათვის გასაგები უნდა იყოს მოთხოვნის კონტენტი. მაგალითად, მას უნდა შეეძლოს ერთმანეთისაგან გაარჩიოს "ცხოველების გამრავლება" და "დოკუმენტების გამრავლება".
5. **მოქნილობა.** სისტემას სხვადასხვა ფორმაში და სხვადასხვა თემაზე უნდა შეეძლოს ცოდნის დამუშავება;
6. **ინტელექტუალურობა.** სისტემამ უნდა დააგროვოს ინფორმაცია მის მომხმარებლებზე და იმ ცოდნაზე, რომელსაც ის მუშაობის დროს იღებს. ამგვარად, დროთა განმავლობაში ხდება მომხმარებლებისადმი ცოდნის "შეგნებულად" მიწოდების შესაძლებლობის სრულყოფა.

ამჟამად არსებობს მნიშვნელოვანი ინტერესი KM სისტემების მიმართ სამრეწველო კომპანიების მხრიდან. ისინი

აცნობიერებენ კორპორატიული მეხსიერების მაღალ გამოყენებით პოტენციალს ინფორმაციის დამუშავების პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად.

#### ლიტერატურა:

1. ო. ვერულავა, ჯ. რამსდენი, რ. ჩოგოვაძე, თ. თოდუა, ლ. ვერულავა, ო. თავდიშვილი. ხელოვნური ინტელექტის საფუძვლები. სახელმძღვანელო. ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2007;
2. Russell, Stuart J., Norvig Peter, Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.), Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003;
3. Сотник С. Экспертные системы. <http://omgis.omskreg.ru/intellect/f26.htm>;
4. გ. ჩოგოვაძე, გ. სურგულაძე. ო. შონია. მონაცემთა და ცოდნის ბაზების აგების თეორიული საფუძვლები. გამომცემლობა "განათლება", თბილისი, 1996;
5. Negnevitsky M., Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems. Addison Wesley. 2005
6. Adeli H. Knowledge Engineering. McGraw-Hill Publishing Company, N.Y. 1994;
7. Гаврилова Т., Хорошевский В. Базы знаний интеллектуальных систем. Питер, 2000.
8. Turban E., J. Aronson E., Liang T. Decision Support Systems and Intelligent Systems (7th Edition). Prentice-Hall. 2004;

9. Kendal, Simon & Green, Malcolm An Introduction to Knowledge Engineering. Springer. 2007;
10. Rossi F., Biehl M., Angulo C. Progress in modeling, theory, and application of computational intelligence. International Journal of Neurocomputing, 71 (7-9). 2008;
11. J. Javier Samper, Vicente R. Tomás, Eduardo Carrillo, Rogério Patricio Chagas do Nascimento: Visualization of Ontologies to Specify Semantic Descriptions of Services. IEEE Transactions, Vol.20, #1, 2008;
12. Qiang Yang, Jie Yin, Charles X. Ling, Rong Pan: Extracting Actionable Knowledge from Decision Trees. IEEE Transactions, Vol.19, #1, 2007;
13. Liming Chen, Nigel R. Shadbolt, Carole A. Goble: A Semantic Web-Based Approach to Knowledge Management for Grid Applications. IEEE Transactions, Vol.19, #1, 2007;
14. Jackson, P. and I. Moulinier. Natural Language Processing for Online Applications: Text Retrieval, Extraction & Categorization. Amsterdam: John Benjamins, 2002.
15. Guus Schreiber, Hans Akkermans, Anjo Anjewierden, Robert de Hoog, Nigel Shadbolt, Walter Van de Velde and Bob Wielinga. Knowledge Engineering and Management: The Common KADS Methodology, MIT Press. 2000.
16. Carroll S. Situational Awareness - Turning Data Into Knowledge. Journal of Electronic Defense, 1999.
17. Buchanan B, Bobrow D, Davis R., McDermott J, Shortliffe E. Knowledge-based systems, Annual Review of Computer Science, 4. 1989;

18. Feigenbaum, E., Barr, A. and Cohen, P., The Handbook of AI, vol 4, AddisonWesley, 1989.
19. Wiig K. Application of Knowledge Management in Public Administration. Proceedings of the International Symposium Building Policy Coherence. Taipei, Taiwan: 2000.
20. Wiig K. Acting Effectively through Knowledge Management. Proceedings European Business Information Conference (ebic99), London: TFPL Ltd., 1999.
21. Shortliffe, E.H. Computer-Based Medical Consultations: MYCIN, Elsevier/North Holland, New York, 1976.
22. Adeli, H. and Balasubramanyam, K.V., Expert Systems for Structural Design - A New Generation, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.

## იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 26.03.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად  
16.04.2009. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 12.  
ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,  
კოსტავას 77

