

დალი ნიკოლაიშვილი

**გეოინფორმაციული
და ექსპერტული სისტემები**



**თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი, 2004**

ნაშრომში განხილულია გეოინფორმაციულ და ექსპერტულ სისტემებთან დაკავშირებული მრავალი საკითხი – პერსონალური კომპიუტერებისა და ინფორმატიკის განვითარების ისტორია, ახალი დისციპლინები, ძირითადი დებულებები და ცნებები, პრაქტიკული რჩევები გეოინფორმაციული სისტემების შექმნისა და სრულყოფისათვის, ტრადიციული და გეოინფორმაციული კარტოგრაფიის ცალკეული საკითხების შედარება-ანალიზი, სტანდარტული და სპეციალური გის-ების მაგალითები.

ნაშრომი განკუთვნილია დამხმარე სახელმძღვანელოდ გეოგრაფიის სპეციალობის სტუდენტებისათვის. ამასთან, იგი ინტერესს მოკლებული არ იქნება გეოინფორმატიკით დაინტერესებული მკითხველისათვის.

რედაქტორი პროფ. ნოდარ ელიზბარაშვილი

**რეცენზენტები: პროფ. რამინ გობეჯიშვილი
დოც. გულიკო ლიპარტელიანი**

**რეკომენდებულია დამხმარე სახელმძღვანელოდ
თსუ-ის მეთოდსაბჭოს მიერ**

შესავალი INTRODUCTION

ცნობილია, რომ ყოველ ათ წელიწადში ერთხელ ხდება ინფორმაციის გაორკეცება. კოლოსალური რაოდენობის ინფორმაცია სისტემატიზაციასა და, რაც მთავარია, პრაქტიკულ მოხმარებას საჭიროებს. ეს კი შეუძლებელია თანამედროვე კომპიუტერების გამოყენების გარეშე. სწორედ ამიტომ შეიჭრა ასე ფართოდ უკანასკნელ პერიოდში პერსონალური კომპიუტერები ადამიანთა საქმიანობის თითქმის ყველა სფეროში – მეცნიერებაში, სწავლების პროცესში, ბიზნესში, მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში, მომსახურებისა და მუნიციპალურ სამსახურებში, საპოლიციო და სამხედრო საქმეში და გეოგრაფიის ყველა სამეცნიერო დისციპლინაში. ამ პროცესის კვალდაკვალ წარმოიქმნა ახალი ცნებები, ტერმინები, კონცეფციები. კომპიუტერების გამოყენება ადამიანთა საქმიანობის მრავალ სექტრს მოიცავს: მონაცემთა სტატისტიკურ ანალიზს, სამეცნიერო კვლევებს, სასწავლო პროცესს, დაპროექტებას, დიზაინს და მრავალ სხვას. თანდათან კიდევ უფრო იზრდება კომპიუტერების გამოყენების დიაპაზონი. დასავლეთის ქვეყნებში უკვე დიდი ხანია კომპიუტერული ტექნიკა ფართოდ გამოიყენება სწავლების პროცესის ყველა დონეზე – დაწყებითი სასკოლოდან უმაღლესი განათლების ჩათვლით. საქართველოში კომპიუტერები გაცილებით უფრო გვიან დაინერგა. ჩვენში თითქმის არ არის გამოქვეყნებული ლიტერატურა გეოინფორმაციულ და ექსპერტულ სისტემებზე, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ცალკეულ სტატიებს.

ნაშრომში მრავალი ახალი ტერმინია, რომლებიც შეიძლება არც იყოს ორიგინალის ზუსტად ადეკვატური, ამიტომ ბევრგან მისიიიებულია შესაბამისი ინგლისური ტერმინებიც. გეოინფორმატიკა ახალი მეცნიერული დისციპლინაა, რომელიც გამუდმებით და საკმაოდ სწრაფად განიცდის განვითარებასა და სრულყოფას, ამიტომ გამუდმებით წარმოიქმნება მრავალი ახალი ტერმინი, რომელთა დეფინიციაც ინგლისურენოვან ლიტერატურაშიც არ არის სრულყოფილად ჩამოყალიბებული. ზუსტი ტერმინოლოგიური აპარატის შექმნა კი მეცნიერების

ამა თუ იმ დარგის განვითარების საწინდარია. ტერმინების გარკვეული ნაწილი უშუალოდ გეოინფორმატიკას განეკუთვნება, ნაწილი კი საერთოა მეცნიერების სხვადასხვა დარგისათვის, როგორიცაა კარტოგრაფია, ინფორმატიკა, კიბერნეტიკა, გამოყენებითი მეცნიერება და სხე.

ლექციების კურსი მომზადებულია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საქართველოს გეოგრაფიის კათედრაზე. კარტოგრაფიული ნაწილი მოამზადა დ. ნიკოლაიშვილმა, ხელით შექმნილი გრაფიკული გამოსახულებები – ნოდარ ნიკოლაიშვილმა.

ავტორი მადლობას უხდის თსუ კარტოგრაფია-გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის კათედრის გამგეს, პროფ. ნ. ბერუჩაშვილს, რომლის ლექცია-მოხსენებებმა დიდი დახმარება გაუწია ავტორს ნაშრომის მომზადებაში; თსუ საქართველოს გეოგრაფიის კათედრის გამგეს, პროფ. ნ. ელიზბარაშვილს – თანადგომისა და მუდმივი მხარდაჭერისათვის; GridTbilisi-ის თანამშრომლებს ზ. ჯინჭარაძესა და თ. ბაკურაძეს – ზოგიერთი ლიტერატურული წყაროს მოწოდებისათვის; გეოინფორმაციული ტექნოლოგიების სასწავლო-მეთოდური ცენტრის Geographics-ის დირექტორს მ. ხურციძეს – დისტანციურ ზონდირებასთან დაკავშირებული ტერმინების განმარტებების მოწოდებისათვის.

დამხმარე სახელმძღვანელო პირველად გამოდის ქართულ ენაზე. მრავალი სპეციფიკური ტერმინი პირველად ითარგმნა ინგლისურიდან და რუსულიდან, ამიტომ არ არის გამორიცხული ზოგიერთი ტერმინოლოგიური უზუსტობანი. ავტორი გულისხმობს მითილებს ყველა წინადადებასა და საქმნიან შენიშვნას.



პერსონალური კომპიუტერები გეოგრაფიაში **PERSONAL COMPUTER IN GEOGRAPHY**

პერსონალური კომპიუტერები დღეს ფართოდ გამოიყენება გეოგრაფიის ყველა სფეროში. განსაკუთრებით გამოიყენება პროგრამული პროდუქტების გარკვეული ნაწილი, რომლებიც გეოგრაფებს შორის პოპულარობით სარგებლობს. ეს ის პროგრამებია, რომლებიც მათემატიკური და სტატისტიკური თვალსაზრისით ახდენენ დიდი რაოდენობის ინფორმაციის დამუშავებას და ის პროგრამები, რომლებიც სივრცითი ინფორმაციის კვლევისა და გამოსახვის საშუალებას იძლევიან. სწორედ პროგრამების ეს ორი მთავარი თავისებურება განაპირობებს მათ ფართო გამოყენებას გეოგრაფიის ამა თუ იმ დარგში.

კომპიუტერები გეოგრაფიაში სხვადასხვა ასპექტში გამოიყენება. მართალია, კომპიუტერიზაცია შეეხო გეოგრაფიის ყველა დარგს, მაგრამ მისი გამოყენების თავისებურებანი გარკვეულწილად განსხვავებულია [Беруашвили Н., 1992]. კერძოდ, კომპიუტერული სისტემების ნაწილი გამოიყენება ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობისა და მისი ანთროპოგენური ცვლილებების შესასწავლად. იგი ფართოდ ინერგება გეოგრაფიის ცალკეული დისციპლინების – გეომორფოლოგიის, კლიმატოლოგიის, ჰიდროლოგიის, ნიადაგმცოდნეობის, ლანდშაფტების გეოფიზიკის, ეთოლოგიისა და გეოქიმიის კვლევებში. ამ შემთხვევაში კომპიუტერული სისტემების შექმნა ეფუძნება, უპირველესად, სხვადასხვა სახის გეოგრაფიული ხელსაწყო-მოწყობილობებისა და ხელოვნური თანამგზავრების მეშვეობით მიღებული ინფორმაციის სისტემატიზაციასა და ანალიზს. ამიტომ ხშირად ასეთი სისტემები მკაფიოდაა სპეციალიზებული და მხოლოდ გარკვეულ, კონკრეტულ ამოცანას (ან მეცნიერების დარგს) ემსახურება. შესაბამისად, შექმნილია ვიწროდარგობრივი კომპიუტერული სისტემები. თუმცა გეოგრაფიის ამა თუ იმ კონკრეტული საკითხების დამუშავებისათვის, სპეციალურად შექმნილი პროგრამების გარდა, გამოიყენება სტანდარტული პროგრამებიც. ვინაიდან აღნიშნული კომპიუტერული სისტემები კონკრეტულ ამოცანას ემსახურება, მათ ნაკლებად იყენებენ არაგეოგრაფიულ კვლევებში.

გეოგრაფიაში კომპიუტერების გამოყენების მეორე სფერო უკავშირდება რუკების, ატლასების, ბლოკდიაგრამების, კარტოგრაფიული სლაიდ-ფილმებისა და დისკლექ-ფილმების, მონაცემთა ბაზებისა და ბანკების, გეონფორმაციული და ექსპერტული სისტემების შექმნა-დამუშავებას. ამიტომ ამ სფეროს უფრო მეტად აქვს ზოგადგეოგრაფიული დატირთვა. ხშირად ასეთ კომპიუტერულ სისტემებს არაგეოგრაფიულ საქმიანობაშიც იყენებენ – განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა სივრცითი ინფორმაციის დამუშავება და ორგანიზაცია.

კომპიუტერების (ელექტრობამოთვლელი მანქანების – ებმ) შექმნის ისტორია ***THE HISTORY OF CREATION OF COMPUTERS***

ატომური ენერგიის აღმოჩენისა და კოსმოსის ათვისების შემდეგ კომპიუტერები XX საუკუნის უდიდეს მიღწევადაა მიჩნეული, თუმცა მისი შექმნის იდეა გაცილებით ადრე წარმოიშვა. კომპიუტერის გამოგონებას წინ უსწრებდა მეცნიერების განვითარების საკმაოდ ხანგრძლივი ისტორია. მისი შექმნა, უპირველესად, დაკავშირებულია პრაქტიკულ გამოყენებასთან. კერძოდ, გაენთავისუფლებინა ადამიანი მრავალრიცხოვანი გამოთვლებისაგან და დაეჩქარებინა არითმეტიკული ოპერაციების შედეგების მიღება.

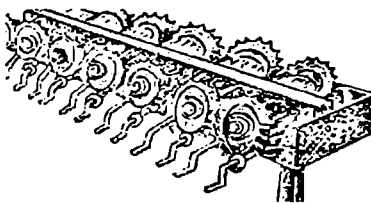
გამოთვლებისათვის ადამიანი უძველესი პერიოდიდან იყენებდა თელის სხვადასხვა საშუალებას, რომლებიც დროთა განმავლობაში იცვლებოდა და იხვეწებოდა. ადამიანი იყენებდა დაკვანძულ თოკებს, აბაკს (თანამედროვე საანგარიშოს „წინაპარს“), საანგარიშო ცხრილებს, ლოგარითმულ სახაზავს, სათელელ

¹ თაღლაპირველად კომპიუტერების ძირითადი დანიშნულება იყო არითმეტიკული ოპერაციების ავტომატიზაცია და განხორციელების სისწრაფე. სწორედ აქედან წარმოიქმნა ტერმინი „ელექტრობამოთვლელი მანქანა“, რომელიც შედარებით უფრო ფართოდ დამკვიდრდა რუსულენოვან ლიტერატურაში. მოგვიანებით, წარმოიშვა ინფორმაციის შენახვის, მისი სტატისტიკური და გრაფიკული დამუშავების აუცილებლობა. ნათელი გახდა, რომ ამ მანქანებს არაგამოთვლითი ამოცანების ამოხსნაც „შეუძლიათ“. სწორედ ამიტომ, ამჟამად შედარებით ნაკლებად გამოიყენებენ ტერმინს „ბამოთვლელი მანქანა“. გაცილებით ფართოდ გავრცელდა ტერმინი „კომპიუტერი“.

მანქანებს, კალკულატორებს და ა.შ. ისინი კომპიუტერების წინამორბედებად შეიძლება ჩაითვალოს¹. თვით კომპიუტერების შექმნა კი სამმა ტექნიკურმა სიახლემ განაპირობა. ესენია: ელექტრონული გადამრთველი (ტრანზისტორი), ინფორმაციის ციფრული კოდირება და ხელოვნური მეხსიერების მოწყობილობა (Имформатика в жизни США). მათი შექმნა და სრულყოფა დროის სხვადასხვა ინტერვალს მოიცავს, რომლის წინაპირობები ჯერ კიდევ შუა საუკუნეებიდან იწყება.

პირველი სათელელი მანქანა შუა საუკუნეებში გამოჩნდა. ცნობილია, რომ *ლეონარდო და ვინჩი* (XV-XVI სს) შეადგინა რიცხვების შემკრები მოწყობილობის სქემა (სურ. 1), ამიტომ, სამართლიანადაა იგი მიჩნეული არითმეტიკული გამომთვლელი მანქანის (თეორიულ) გამომგონებლად [ბერულაეა, 1988]. 1623 წელს გერმანელმა მათემატიკოსმა *ვილიამ შიკარდმა* შექმნა მექანიკური მოწყობილობა, რომელიც მიმატება-გამოკლების მათემატიკურ ოპერაციებს ასრულებდა 6(7)-ნიშნად რიცხვებზე [ძნელაძე, ცერცვაძე, 2001; Brader, 1994]. ეს იყო პირველი ავტომატური მოწყობილობა, რომელიც ეფუძნებოდა მექანიკური საათის პრინციპს და ახდენდა შეკრების ოპერაციას. თვით გამომგონებელმა ამ მანქანას „მაჯამებელი საათი“ (Calculating Clock) უწოდა [Имформатика, 2002; Brader, 1994].

XVII საუკუნეში ზღვაოსნობისა და ასტრონომიის ფართოდ



სურ. 1. ლეონარდო და ვინჩის სათელელი მოწყობილობის მოდელი.

განვითარების გამო შეიქმნა მათემატიკური ცხრილების სწრაფი და ზუსტი შედგენის აუცილებლობა. ამან წარმოშვა აზრი – შეექმნათ ისეთი მოწყობილობა, რომელიც შეამსუბუქებდა დიდი რაოდენობის ციფრებზე არითმეტიკული ოპერაციების ჩატარებას.

¹ ზოგიერთი ამ მოსაზრებას უარყოფს, ეინაიდან ზემოთ ჩამოთვლილი მოწყობილობები ვერ ახდენდნენ ავტომატურ გამოთვლებს, რაც ასე არსებითია კომპიუტერებისათვის [Имформатика, 2002].

1644 წელს ფრანგმა მექანიკოსმა *ბლეზ პასკალმა* შექმნა ერთ-ერთი პირველი მექანიკური გამომთვლელი არითმეტიკული (შემკრები) მანქანა „პასკალის თვალი“ („Pascaline“), რომლითაც ხდებოდა ციფრების მიმატება და გამოკლება 5-ნიშნად რიცხვებზე [Леонтьев, 2002]. იგი გაცილებით უფრო კომპაქტური იყო და მუშაობის პრინციპით განსხვავდებოდა შიკარდის მოწყობილობისაგან. პასკალი სამართლიანად ითვლება გამომთვლელი მანქანის გამომგონებლად [ქსე]. პასკალის მანქანას იყენებდნენ კომერციული მიზნებისათვის. ეს იყო მსოფლიოში პირველი მექანიკური მოწყობილობა, რომელიც სერიულად გამოდიოდა [Иформатика, 2002]. თუმცა ამ გამომგონებამ და მის შემდეგ ბევრმა სხვამ (თითქმის ორი საუკუნის განმავლობაში) მაინც ვერ შეძლო პრაქტიკაში ფართოდ დანერგვა. ამის მიზეზი არასწორად მოფიქრებული იდეა კი არ იყო, არამედ იმდროინდელი ტექნიკის დაბალი დონე, რომელიც ვერ უზრუნველყოფდა ხელსაწყოს ნორმალურ მუშაობას.

1673 წელს გერმანელმა მეცნიერმა *უილიამ გოტფრიდ ფონ ლაიბნიცმა* შეიმუშავა გამომთვლელი მოწყობილობა (მექანიკური კალკულატორი), არითმეტიკული მანქანა – არითმომეტრი (სურ. 2). მექანიზმი, რომლითაც ეს მოწყობილობა მუშაობდა, დღეს ცნობილია „ლაიბნიცის ბორბლების“ („Stepped Reckoner“) სახელწოდებით. იგი ასრულებდა მიმატებას, გამოკლებას, გამრავლებასა და გაყოფას. მოგვიანებით, გაჩნდა მანქანები, სადაც რიცხვები განისაზღვრებოდა კბილანებიანი ბორბლების მდებარეობით, ხოლო შეკრება – ამ მდებარეობის შეცვლით. პირველი ასეთი მანქანა 1790 წელს გამოიგონა გერმანელმა მესაათემ *ჰანმა*. ეს მანქანა 4 არითმეტიკულ მოქმედებას ასრულებდა [ქსე].



სურ. 2. ლაიბნიცის
არითმომეტრი.

XVIII საუკუნის განმავლობაში კიდევ სხვა მრავალი უფრო სრულყოფილი მოდელები შეიქმნა, მაგრამ გამოთვლითი ოპერაციების შესრულების მექანიკური პრინციპები იგივე რჩებოდა.

1804 წელს *ჯაკ კარდმა* პერფორირებული ქაღალდის ლენტების მეშვეობით პირველად მოახდინა მექანიკური მოწყობილობის დაპროგრამება (საფეიქრო დაზგაზე), რის შემდეგაც რჩებოდა მხოლოდ ერთი ნაბიჯი გამოთვლითი ოპერაციების პროგრამულ მართვამდე. და ეს ნაბიჯი XIX საუკუნის 30-იან წლებში გადადგა ინგლისელმა მათემატიკოსმა *ჩარლზ ბე-ბიჯმა* [Информатика, 2002]. მან წამოაყენა წინადადება ავტომატური გამოთვლითი სტრუქტურის – უნივერსალური გამოთვლელი მანქანის შექმნის შესახებ. ბებიჯმა მას „ანალიტიკური მანქანა“ („Analytical Engine“) უწოდა. აქ პირველად იქნა გამოყენებული ინფორმაციის ბრძანებებად და მონაცემებად დაყოფის პრინციპი. მანქანა რამდენიმე მოწყობილობას უნდა დაფუძნებოდა [ბერულავა, 1988]:

- ა მონაცემთა შენახვის მოწყობილობას, სადაც მოთავსებული უნდა ყოფილიყო ბრძანებები და მონაცემები (რიცხვების შესატანი „საწყობი“ – თანამედროვე დამხსოვებელი მოწყობილობის მსგავსი). აქ 100-ზე მეტი სიტყვა უნდა შენახულიყო.

- ა მონაცემთა დამუშავების მოწყობილობას, რომელსაც უნდა შეესრულებინა არითმეტიკული ოპერაციები („წისკილი“ – თანამედროვე პროცესორის მსგავსი). მანქანას უნდა მოეხდინა 40-ნიშნადი რიცხვების დამუშავება.

- ა მონაცემთა მართვის ბლოკს („მართვა“).

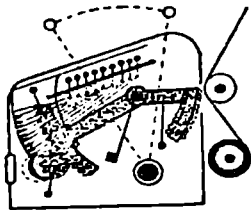
- ა მონაცემთა მიღების მოწყობილობას და სხვ.

მანქანის უპირატესობა მართვის ბლოკის არსებობაში მდგომარეობდა. ამასთან, ავტორის იდეით, იგი მაქსიმალურად ავტომატიზებული უნდა ყოფილიყო, რითაც დაჩქარდებოდა არითმეტიკული ოპერაციების შესრულების სიჩქარე. მანქანის ავტომატიზებული მუშაობა კი უნდა დაფუძნებოდა არა მარტო მონაცემების, ანამედ წინასწარ მომზადებული ბრძანებების თანამიმდევრობის დამახსოვრებას, რაც ღლეც ცნობილია გამოთვლელი მანქანის პროგრამული მართვის პრინციპის სახელწოდებით [გეარამია, ჩხაიძე, 1986]. იდეის ავტორს არ დასცალდა მისი რეალიზაცია, ვინაიდან ასეთი ტიპის მანქანის შექმნა იმდროისათვის ტექნიკურად საკმაოდ რთული იყო. მოძრავი მექანიკური დეტალები ამ იდეის განხორციელების საშუალებას არ

იძლეოდა. მხოლოდ ელექტრონული ელემენტების შექმნამ გახადა ეს შესაძლებელი. „ჩარლზ ბებიჯმა დროს გაუსწრო. საჭირო გახდა ტექნიკური განვითარების 100 წელი, რათა გამოსათვლელ მანქანას მზის სინათლე ენახა“ [სემუელი, 1973]. აღსანიშნავია ისიც, რომ ამა თუ იმ ამოცანის გადაჭრისათვის ჩ. ბებიჯმა პირველად გამოიყენა ხმოვანი სიგნალიზაცია, რაც ასე ჩვეულებრივი და აუცილებელია თანამედროვე კომპიუტერებისათვის. უდავოა ჩ. ბებიჯის როლი გამოთვლითი ტექნიკის განვითარებაში. ამაზე ისიც მეტყველებს, რომ მის მიერ წარმოდგენილი გამომთვლელი მანქანის კონსტრუქცია მეტ-ნაკლებად შენარჩუნებული აქვთ კომპიუტერების I, II და III თაობებს.

გამომთვლელი მანქანების დაპროგრამების საკითხი პირველად განიხილა ადა აეგუსტა ლაელისმა.¹ 1843 წელს მან შექმნა პირველი მანქანური პროგრამა, სადაც პირველად წამოაყენა იდეა გამოთვლითი ოპერაციების დაპროგრამებისათვის გამოყენებინათ პერფორირებული ბარათები [Иформатика, 2002]. სწორედ ეს თარიღი ითვლება მათემატიკური დაპროგრამების საწყისად. ა. ლაელისმა დასაბამი მისცა მრავალ ტერმინს, რომლებსაც დღესაც ფართო გამოყენება აქვს დაპროგრამების დარგებში [ბერულავა, 1988].

1884 წელს ამერიკელმა *იუჯინ ღორფელტმა* შექმნა მრავალ-თანრიგიანი კლავიშებიანი ამჯამავი მოწყობილობა – „კომპტომეტრი“, რომელსაც კომერციული საქმიანობის გარდა ამინდის ბიუროშიც იყენებდნენ. 1885 წელს ამერიკელმა მეცნიერმა *ჯ. ბეროუზმა* შექმნა მანქანა, რომელიც ახდენდა მონაცემების ჩაწერას ქაღალდზე (სურ. 3), ხოლო 1890 (1896)² წელს ამერიკელმა მეც-

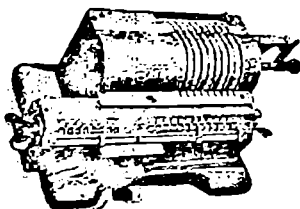


სურ. 3. ბეროუზის კლავიშებიანი არითმომეტრის ნაწილი.

¹ ჯორჯ გორდონ ბაირონის ქალიშვილი. მის სახელს ატარებს დაპროგრამების ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი ენა.

² სხვადასხვა წყაროში სხვადასხვა თარიღია მოცემული.

ნიერმა (წარმოშობით გერმანელმა) *პერმან პოლერიტმა* შექმნა პერფობარაციული კომპიუტერი. მონაცემების შენახვა პერფობარათზე ხდებოდა სტანდარტული კოდით, რაც პოლერიტის კოდის (Hollerith code) სახელწოდებითაა ცნობილი [კომპიუტერული ტერმინოლოგიის..., 2000; Филинов, 2001]. ეს კომპიუტერი მეტად

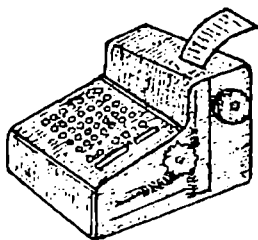


სურ. 4. არითმომეტრი „ფელიქსი“ (რუსული მოდელი).

წარმატებული გამოგონება აღმოჩნდა, რომელიც გამოიყენეს 1880 წელს აშშ-ში ჩატარებული მოსახლეობის აღწერის მონაცემების ანალიზისათვის¹. მოგვიანებით (1897), ამავე მიზნებისათვის იგი გამოიყენეს რუსეთშიც [Информатика в жизни США; ძნელაძე, ცერცვაძე, 2001].

გამომთვლელი მანქანების წარმოებას საფუძველი რუსეთშიც ჩაეყარა (სურ. 4). 1874-1890 წლებში *გ. ოდნერმა* შექმნა მანქანა, რომელიც, მოგვიანებით, სხვა ახალი მოდელების საფუძველად იქცა [ქსე; ძნელაძე, ცერცვაძე, 2001].

I მსოფლიო ომის წლებში შეიქმნა პირველი კლავიშებიანი საანგარიშო მანქანა, რომელიც მაჯამებელი ოპერაციების გარდა საკმაოდ სწრაფად ასრულებდა გამრავლებასა და გაყოფას (სურ. 5). 1919 წელს *ედვარდ კებერნმა* შეიმუშავა ციფრული მანქანა „ენიგმა“, რომელიც II მსოფლიო ომში გამოიყენა გერმანულმა სარდლობამ [Леоновец, 2002].



სურ. 5. პირველი კლავიშებიანი საანგარიშო მანქანა.

¹ სისტემის წარმატებამ საფუძველი ჩაუყარა ახალი კორპორაციის Hollerith Corporation-ის შექმნას. რომელიც მოგვიანებით IBM-ს შეუერთდა [კომპიუტერული ტერმინოლოგიის..., 2000].

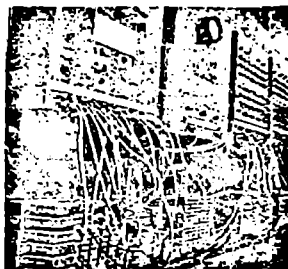
ნ. ბებიჯის იდეა, შეექმნა უნივერსალური გამომთვლელი მანქანა, რეალურად განხორციელდა 1944 (1945) წელს, როცა მის შეხედულებებზე დაყრდნობითა და ამერიკელი ფირმა IBM-ის მეშვეობით *ჰოვარდ გაუტუეი აიკენმა* შექმნა ავტომატური მართვის გამომთვლელი მანქანა – პირველი ელექტრონული კომპიუტერი ASCC Mark1 (Automatic Sequence-Controlled Calculator Mark 1, იგივე Harvard Mark1 – მარკი), რომლის მართვა ხდებოდა პერფოლენტებით. იგი 5 ტონას იწონიდა და შედგებოდა 750 ათასი ნაწილისაგან. მანქანა გამოიყენებოდა სამხედრო მიზნებისათვის, კერძოდ, საარტილერიო ცხრილების გამოსათვლელად [Леонтьев, 2002; Brader, 1994]. ამავე პერიოდშია (1943) შექმნილი რელეური გამომთვლელი მანქანა (*“Relay Interpolator”*) Model-1 (მოდელი 1, სემუელ უილიამი და ჯორჯ შტიბიცი – აშშ), ელექტრომექანიკურ-რელეებიანი ციფრული მანქანა PBM-1 (რემ-1, ნბესონოვი – სსრკ) და სხვ. ეს მანქანები შედარებით მეტი სწრაფქმედებით გამოირჩეოდნენ, მაგრამ პირველობა მათ მალე „დაუთმეს“ იმ მანქანებს, რომლებიც ეფუძნებოდნენ ელექტრონულ-ვაკუუმურ მილაკებს. სწორედ ეს მანქანებია მიჩნეული პირველ კომპიუტერებად და ამ პერიოდიდან იწყება მსჯელობა კომპიუტერული თაობების შესახებ.

XX საუკუნის დასაწყისის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიღწევად ითვლება ელექტრონულ-ვაკუუმური მილაკების შექმნა და მათი გამოყენება გამომთვლელი მანქანებისათვის. პირველი ასეთი ცდა (1939 წლის პროექტი) ეკუთვნის ამერიკელ (წარმოშობით ბულგარელ) ინჟინერს *ჯონ ვინსენტ ათანასოვს*, რომელმაც ბოლომდე ვერ განახორციელა ჩანაფიქრი. თუმცა სამართლიანად ითვლება იგი პირველი კომპიუტერის – ელექტრონული ციფრული გამომთვლელი მანქანის ავტორად [ბერულავა, 1988]. ეს იყო პირველი მანქანა, რომელიც გამოთვლებისათვის იყენებდა ვაკუუმურ მილაკებს [Brader, 1994]. მაგრამ გარკვეულ პერიოდამდე ეს ცნობილი არ იყო. ამიტომ ზოგიერთ ლიტერატურაში პირველ ავტორად მიჩნეულნი არიან ამერიკელი მეცნიერები: *ჯონ მოუჩლი* და *პრესპერ ეკერტი*, რომლებმაც 1942-43 წლებში შექმნეს I თაობის პირველი სრულ-

ყოფილი კომპიუტერი ენიაკი – ENIAC¹ (Electronic Numerical Integrator and Calculator – ელექტრონული ციფრული ინტეგრატორი და კალკულატორი)². ენიაკი 30 ტონას იწონიდა, მოიცავდა 18 000 ვაკუუმურ მილაკს, ეკავა დაახლოებით 90მ² ფართობი და მოიხმარდა 130-140 კვტ ელექტროენერგიას (სურ. 6). ელექტრომექანიკური რელეს ნაცვლად გამოთვლებისათვის გამოყენებული იყო ელექტრონული ლამფები [Информатика в жизни США; Леонтьев, 2002; Brader, 1994].

ენიაკს სხვადასხვა მიზნისათვის იყენებდნენ – ამინდის პროგნოზისათვის, კოსმოსური სხივების კვლევისათვის და სხვ. რეალურად სწორედ ამ დროიდან იწყება კომპიუტერების ერა, როცა ჩამოყალიბდა ეგზ-ის ძირითადი მოწყობილობები – არქიტექტურა. მოგვიანებით, იქმნება სხვა კომპიუტერებიც – დისეაკი (DYSEAK – DY Standards Electronic Automatic Computer), სეაკი (SEAK – Standards Electronic Automatic Computer) და სხვ.

კომპიუტერთა მოწყობილობების ძირითადი პრინციპები 1946 წელს ჩამოაყალიბა ცნობილმა მათემატიკოსმა ჯონ ფონ ნეიმანმა. ცხადია, ნებისმიერ კომპიუტერს (ანუ მის ცალკეულ კომპონენტს – ელემენტს) გააჩნია გამოყენების გარკვეული პერიოდი, ე.ი. საიმედოობის ზღვარი. ეს ელემენტები მწყობრიდან გამოდიან გარემო ფაქტორების (ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის, რა-



სურ. 6. ENIAC.

¹ თუმცა პირველი ელექტრონული კომპიუტერი ("Colossus") შექმნა ტომ ფლაუერმა 1943 წელს (დიდი ბრიტანეთი). იგი გაშიფრული იყო ნიუშენისა და ფლაუერის მიერ შექმნილი გერმანული ციფრული მანქანის გაშიფურისათვის. ეს უზარმაზარი მანქანა 1500 ელექტრონულ ლამფას მოიცავდა [Леонтьев, 2002; Brader, 1994]

² II მსოფლიო ომის პერიოდში გარკვეული „სტიმული“ წარმოიქმნა კომპიუტერების შესაქმნელად. მაგალითად, აშშ-ის არმიისათვის ასეთი „სტიმული“ იყო ბალისტიკური ცხრილების შედგენა და სწრაფი დამუშავება. ამისათვის კი უნდა შექმნილიყო ისეთი მოწყობილობა, რომელიც ამ პროცედურის განხორციელებას გააადვილებდა.

დიაციული ფონის, დენის ძაბვის სიხშირის ცვალებადობის) ზემოქმედებით. ამიტომ ჯ. ნეიმანმა სწორედ ამ კუთხით განიხილა მანქანა-ავტომატი და იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ მანქანის ელემენტების სინთეზის ბაზაზე უნდა შეიქმნას ისეთი სისტემა, რომელსაც გაცილებით მეტი „საიმედოობა“ ექნება, ვიდრე თვით ამ ელემენტებს, ე.ი. სისტემის ფუნქციონირება დამოკიდებული არ უნდა იყოს ელემენტების საიმედოობაზე. ნეიმანის მიერ გამოგონებული კომპიუტერის ყველაზე მნიშვნელოვანი თავისებურება ისაა, რომ მან შეიმუშავა კომპიუტერში პროგრამის შენახვისა და მისი მოქმედებაში მოყვანის ავტომატური სისტემა. მანამდე გამომოვლელი მანქანები ბრძანებებს ასრულებდნენ „გარედან“. კერძოდ, თითოეული რიცხვის მიმატებისათვის ოპერატორს ხელმეორედ „შეჰყავდა“ ბრძანება.

ნეიმანის პრინციპებზე დაყრდნობით, პირველი ელექტრონული ციფრული კომპიუტერი (EDSAK – ედსაკი) შექმნა 1949 წელს ინგლისელმა მეცნიერმა და კონსტრუქტორმა *მორის უილკისმა* (*უილკომმა*). ამავე წელს გამომოვლელი მანქანა (MECM – Малая электронная счетная машина) შეიქმნა საბჭოთა კავშირში – კიევში, ხოლო 1952 წელს – მოსკოვში (БЭСМ – Большая электронная счетная машина). ორივე ეს მანქანა შეიქმნა *ალ. ლებედევის* ხელმძღვანელობით, რომელიც საბჭოთა ელექტროგამომოვლელი ტექნიკის ფუძემდებლად ითვლებოდა. დღემდე შექმნილი თანამედროვე კომპიუტერების კონსტრუქცია, თავსებადია ნეიმანის მიერ შემოთავაზებულ არქიტექტურასთან. ამ არქიტექტურის მთავარი ელემენტებია: ცენტრალური პროცესორი, ძირითადი მეხსიერება და პერიფერიული (შეტანა-გამოტანის) მოწყობილობანი [კვიტაშვილი, ჩიტიაშვილი, 1990].

XX საუკუნის 50-იან წლებამდე შექმნილი კომპიუტერები საკმაოდ დიდი ზომის იყო. მათზე მუშაობა საკმაოდ რთული იყო. არ არსებობდა შუალედური რგოლი, რომელიც დამაკავშირებელი იქნებოდა მანქანასა და ადამიანს შორის. დროთა განმავლობაში მრავალი მანქანა შეიქმნა. შეუძლებელი გახდა ყველა მათგანის შესწავლა, ამიტომ შეიმუშავეს ალგორითმული ენები. იყო მცდელობა დაეახლოვებინათ მანქანის მუშაობის პრინციპი ბუნებრივ, სალაპარაკო ენასთან. მაგრამ ეს

არც ისე იოლი აღმოჩნდა, ვინაიდან მანქანური ენის წესები, სინტაქსი გაცილებით უფრო მკაცრია, ვიდრე სალაპარაკო ენისა. სწორედ ამიტომ XX საუკუნის 50-იან წლებში შექმნილ კომპიუტერებს უმთავრესად იყენებდნენ მხოლოდ ისეთ სამეცნიერო კვლევებში, რომლებსაც სუბსიდირებას სახელმწიფო უწყევდა. 60-იან წლების დასაწყისიდან კი იწყება მონაცემების დამუშავება კერძო ბიზნესის სექტორშიც [Информатика в жизни США].

განსაკუთრებულ მღწევად კომპიუტერულ სამყაროში მიჩნეულია პერსონალური კომპიუტერების შექმნა, ვინაიდან ამით საფუძველი ჩაეყარა მის ფართო გამოყენებას. პირველი პერსონალური კომპიუტერის გამომგონებელი არიან ამერიკელი სტუდენტები *ს. ჯობსი* და *ს. უოზნიაკოვი*, რომლებმაც 1976 წელს გახსნეს ფირმა Apple Computer, ხოლო 1977 წელს გამოუშვეს ფირმის პირველი კომპიუტერი Apple II (იგივე Apple I). იგი, ალბათ, პირველი კომპიუტერი იყო, რომელიც მიერთებული იყო ფერად მონიტორთან [ძნელაძე, ცერცვაძე, 2001; <http://www.computer-museum.ru>]. XX საუკუნის 70-იანი წლების შუა პერიოდიდან კომპიუტერულ სამყაროში 2 ფირმა ლიდერობდა: Apple და IBM. თავდაპირველად ლიდერობდა ფირმა Apple, რომელმაც გამოუშვა კომპიუტერები: Apple, Liza (ამ ფირმის ყველაზე ძვირად ღირებული კომპიუტერი) და Macintosh (განკუთვნილი საგამომცემლო საქმიანობისათვის და მიერთებული მოწყობილობით „მაუსი“ Mouse¹).

კომპიუტერი Apple-ის მეორე მოდელი იქცა ელექტრონული ინდუსტრიის პიონერად (სურ. 7). ეს მოდელი გაცილებით უფრო სრულყოფილი იყო და განთავსებული იყო შედარებით მცირე ზომის პლასტიკურ კორპუსში. პირველად პერსონალურ კომპიუტერს მიეცა სამომხმარებლო მოწყობილობის სახე. Apple 2-ის უპი-



სურ. 7. კომპიუტერი Apple.

¹ ეს მოწყობილობა პირველად გამოიყენა ამერიკულმა გიგანტურმა ქსეროასლების კორპორაციამ „ქსეროქსმა“ (Xerox).

რატესობა კიდევ იმაში მდგომარეობდა, რომ მომხმარებელს საშუალება მიეცა თვითონ შეემუშავებინა საკუთარი პროგრამა და კომპიუტერისათვის მიეერთებინა დამატებითი მოწყობილობები, რაც მანქანის მუშაობის შესაძლებლობებს ზრდიდა. ამიტომ ჩამოყალიბდა არაერთი კომპანია, სადაც ამზადებდნენ კომპიუტერულ პროგრამებს, დამატებითი კვების ბლოკებს და კომპიუტერთან მისაერთებელ სხვა მოწყობილობებს. ყოველივე ამან ხელი შეუწყო კიდევ კომპიუტერთა ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის შემდგომ განვითარებას.

მოგვიანებით, ფირმა Apple-მა ლიდერობა დაუთმო ფირმა IBM-ს. ამ უკანასკნელის წარმატების მთავარი მიზეზი კომპიუტერის შესაძლებლობების გაფართოებასა და მანქანური ოპერაციების განხორციელების სისწრაფეში მდგომარეობდა. მანამდე გამოშვებული კომპიუტერები სხვადასხვა მანქანურ ენაზე ფუნქციონირებდნენ და არ იყვნენ ერთმანეთთან თავსებადნი. ფირმა IBM-მა კი შეიმუშავა პროგრამული უზრუნველყოფის ისეთი სტანდარტი, რომელიც ფართოდ გავრცელდა კომპიუტერულ სამყაროში. დაიწყო ისეთი კომპანიების შექმნა, რომლებიც უშვებდნენ IBM-თან თავსებად კომპიუტერებს და მათ მოწყობილობებს. ამ კომპიუტერების წარმატების მეორე მიზეზი პერსონალური კომპიუტერების ტელეკომუნიკაციური შესაძლებლობების გამოყენებაში მდგომარეობდა. დღესაც, თანამედროვე კომპიუტერების უმეტესობა სწორედ ამ პრინციპით ჯგუფდება: IBM; IBM-ის „ორეულები“ (მასთან თავსებადები) და Apple.

კომპიუტერთა თაობები **COMPUTER GENERATION**

დროთა განმავლობაში იცვლებოდა კომპიუტერის მოწყობილობები, ელემენტთა ნაკრები, რასაც ელემენტურ ბაზას უწოდებენ. ამ ბაზის შეცვლის კვალდაკვალ მიმდინარეობდა კომპიუტერების გარეგნული ფორმისა და შესაძლებლობების ცვლა. ყოველ 10-12 წელიწადში ხდებოდა მკვეთრი ნახტომი კომპიუტერულ კონსტრუქციებში და ჩნდებოდა კომპიუტერების ახალი მოდელები, რომლებიც ძველს დევნიდნენ. აქედან

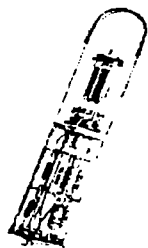
გამომდინარე, წარმოიქმნა ტერმინი კომპიუტერთა თაობები (Computer Generation, Generator). ფაქტობრივად, იგი არის იმ ტექნოლოგიების დონე, რომელიც გამოიყენება სისტემის კონსტრუირებისათვის [Dictionary of Computing, 1998]. კომპიუტერული თაობების ცვლა გულისხმობს კომპიუტერების ელემენტური ბაზის ცვლას, რაც თავისთავად იწვევდა ქარხნების ხელმეორედ გარდაქმნასა და ახალი ტექნოლოგიების შემუშავებას.

ამჟამად, კომპიუტერთა მხოლოდ 4 თაობა არსებობს (ცხრ. 1):

კომპიუტერების ნულოვანი თაობა (1940 წლამდე), რომელიც ეფუძნებოდა მექანიკურ მოწყობილობებს, ასრულებდა მარტივ არითმეტიკულ ოპერაციებს. ესენია: არითმომეტრები და მექანიკური სათვლელი მანქანები.

კომპიუტერების პირველი თაობა (First Generation – ტექნოლოგიების ყველაზე ადრეული ტიპი) შეიქმნა II მსოფლიო ომის წლებში (1943-1945), როცა საომარ მოქმედებათა წარმატებისათვის აუცილებელი გახდა სწრაფმოქმედი მოწყობილობების გამოყენება, რომლებიც ინფორმაციის დამახსოვრების, გამოთვლებისა და გადაწყვეტილების სწრაფი „მიღებით“ უნდა ყოფილიყვნენ გამორჩეულნი. ელექტრონული სკემების თითოეული ელემენტი წარმოდგენილი იყო ცალკეული დეტალების სახით. იგი აგებული იყო ელექტრონულ-ვაკუუმურ მილაკებზე – ტრიოდებზე.

მანქანის ელემენტებს შორის უმთავრესი იყო ვაკუუმური ელექტრონული ლამფები (valve), ვინაიდან სწორედ ვაკუუმი უზრუნველყოფდა ერთი ელექტროდიდან მეორისაკენ გამავალი ელექტრონების სიჩქარეს (სურ. 8). მაგრამ ელექტრონული ლამფები დიდი რაოდენობით სითბოს გამოჰყოფდნენ, რაც მძლავრი კონდიციონერებით მათი გაგრილების აუცილებლობას წარმოქმნიდა. თვით კომპიუტერი კი წარმოადგენდა დიდი რაოდენობის ლითონის



სურ. 8. ელექტრონული ლამფა.

უზარმაზარ კარადას, რომლებსაც ვრცელი დარბაზები ეკავათ, იწონიდნენ ასეულობით ტონას და ხარჯავდნენ დიდძალ ელექტროენერგიას. კომპიუტერები ნელმოქმედი იყო (5-10 ათასი ოპერაცია წამში). ეს კომპიუტერები მოთავსებული იყო სპეციალურ დაწესებულებებში (ცენტრებში) და მათზე მუშაობდნენ მხოლოდ სპეციალისტ-პროფესიონალები. რიცხვითი მონაცემები შეჰყავდათ პერფორატორებით. რთული იყო დაპროგრამების პროცესიც, რომელიც, ფაქტობრივად, ხელით ხორციელდებოდა საკომუტაციო დაფაზე სათანადო „წერტილების“ შეერთებით. ამასთან, აუცილებელი იყო გამოთვლის პროცესის უშუალო მართვა და მანქანის აგებულების კარგი ცოდნა.

ცხრილი 1.

კომპიუტერთა თაობები

ძირითადი მახასიათებლები	I თაობა	II თაობა	III თაობა	IV თაობა
1	2	3	4	5
აქტიური ფუნქციონირების წლები	1943-1945 (1950-1955)*	1950-1965 (1960-1965)*	1965-1970	1970-დან დღემდე
ტექნიკური საფუძველი (ელემენტური ბაზა)	ელექტრონული ლამპები (ელექტრონული მილაკები)	ტრანზისტორები (ნახევრადგამტარები)	ინტეგრალური მიკროსქემები	დიდი ინტეგრალური სქემები
სწრაფმოქმედება (არითმეტიკული ოპერაციების რაოდენობა წმ-ში)	5-15 ათასი	~1 მლნ	რამდენიმე მლნ	რამდენიმე ათეულ-ასეული მლნ
ოპერატიული მეხსიერება			70-80 ათ კილობაიტი	
წონა	ასეულობით ტონა	ასეულობით კგ		რამდენიმე კგ
ელექტროენერგიის ხარჯვა	ასეულობით კვტ	ათეულობით კვტ		1 ნათურის ტოლფასი

1	2	3	4	5
მონაცემების შეყვანა	პერფორბარათებით			კლავიატურით, მაუსით, ღიგითაიზერით
კომპიუტერების ტიპი (ფორმა)	ENIAC (აშშ) SEAK (აშშ) DYSEAK (აშშ) EDVAC (აშშ) Урал 1,2,4 (სსრკ) Минск 1 (სსრკ) М-20 (სსრკ) БЕСМ 1,2 (სსრკ) Стрела (სსრკ)	TRIDAC ¹ MECM (სსრკ) БЕСМ 4, 6, 7 (სსრკ) Урал 11, 14, 16 (სსრკ) Стрела (სსრკ) Минск 2,22,32 (სსრკ) Киев (სსრკ) Мир (სსრკ) М 220 Раздан 2 (სსრკ) IBM 1401, 7030 EDSAC (ინგლისი)	Bartough ² IBM 360 (აშშ) EC ЭВМ (გერმანია) პოლონეთი, სსრკ, უნგრეთი, ჩეხოსლოვაკია) CM 2.4 Электроника (სსრკ)	STAR (აშშ) Iliak (აშშ) საიბერი (აშშ) Эльбрус (სსრკ) IBM Pentium (აშშ) АГАТ (სსრკ) ДВК (სსრკ)
ზოგიერთი სხვა მახასიათებელი	პროგრამული უზუსტობანი	ალგორითმული ენები, პროგრამული უზრუნველყოფის ჩანასახი	დახვეწილი პროგრამული უზრუნველყოფა, ათეულ-ასეული მომხმარებლის ერთდროული უზრუნველყოფა	ლოგიკური ამოცანების გადაჭრა

* სხვადასხვა ავტორთან კომპიუტერთა თაობების პერიოდები განსხვავებულად არის მოცემული.

წყაროები: ბერულავა, 1988; მასლიუკოვი, 1990; Dictionary of Computing, 1998; გვარამია, ჩხაიძე, 1986.

¹ პირველი ტრანზისტორიანი კომპიუტერი.

² პირველი კომპიუტერი დაფუძნებული ინტეგრალურ სქემაზე.



სურ. 9. ტრანზისტორი.

კომპიუტერების მეორე თაობის (Second Generation) (1950-65) შექმნა დაკავშირებული იყო მცირეგაბარიტიანი ტრანზისტორების¹ (transistors) გამოგონებასთან (სურ. 9). ეს იწვევდა თვით კომპიუტერის ზომის (200-ჯერ ნაკლები ფართობი ეკავა, ვიდრე I თაობის კომპიუტერებს), სითბოს გამოყოფისა და ელექტროენერგიის ხარჯვის (იყენებდა 100-ჯერ ნაკლებს) შემცირებას. გაიზარდა კომპიუტერის

სწრაფმოქმედებაც (დაახლოებით მილიონი ოპერაცია წამში)², რაც დაკავშირებული იყო არა მარტო ტრანზისტორის მუშაობის სისწრაფესთან, არამედ კომპიუტერის მოწყობილობების მნიშვნელოვან მოდერნიზაციასთან. ტრანზისტორები ელექტრონული გადამრთველების ფუნქციას ასრულებდნენ. სწორედ მათმა გამოგონებამ გახადა შესაძლებელი შექმნილიყო პირველი მიკროკომპიუტერი და სხვა სახის გამომთვლელი მანქანები, რომლებიც სხვადასხვა სახის სამეცნიერო ამოცანებს ასრულებდნენ.

ამ თაობის კომპიუტერებისათვის პირველად გამოიყენეს ადამიანისა და კომპიუტერის დამაკავშირებელი რგოლი – ალგორითმული ენები (ალგოლი, ფორტრანი, კობოლი და სხვ.), რაც, ფაქტობრივად, წარმოადგენდა პროგრამული უს-

¹ ნახევრად გამტარ კრისტალზე დაფუძნებული ელექტრონული ხელსაწყო, რომელიც ახდენს ელექტრული რხევების გენერირებასა და გარდაქმნას. იგი გამოიგონეს 1947 წელს *უილიამ შოკლიმ, ჯონ ბარდინმა და უოლტერ ბრეტეინმა*, რომლებსაც 1956 წელს ნობელის პრემია მიენიჭათ.

² კომპიუტერების სწრაფმოქმედებაზე ერთი საინტერესო ფაქტიც მიუთითებს. XIX საუკუნეში ინგლისელმა მეცნიერმა *უილიამ შენსიმ* 707 ნიშნადი ციფრის სიზუსტით გამოთვალა π რიცხვი, რასაც იგი 20 წელზე მეტხანს მოუწია (XIX საუკუნის გამოთვლათა რეკორდი). კომპიუტერების შექმნამ კი ეს შრომატევადი საქმიანობა საკმაოდ გააიოლა. თანამედროვე კომპიუტერები მხოლოდ რამდენიმე საათში ანგარიშობენ π რიცხვს 500 000-ზე მეტი ნიშნადი ციფრის სიზუსტით. ამასთან, კომპიუტერული გამოთვლების საფუძველზე დადგინდა, რომ გამოთვლისას შენსიმ შეცდომა დაუშვა 520-ე ნიშანზე [გეარაძე, ჩხაიძე და სხვ., 1986].

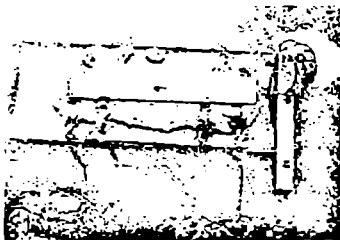
რუნველყოფის ჩანასახსაც. ამით გამარტივდა ადამიანის ურთიერთობა კომპიუტერთან. გაფართოვდა კომპიუტერების გამოყენების სფეროც, კერძოდ, სულ უფრო ხშირად მიმართავენ მას სტატისტიკური და ეკონომიკური ამოცანების ამოსახსნელად [გვარამია, ჩხაიძე, 1986].



სურ. 10. ჩიპი.

მესამე და მეოთხე თაობის კომპიუტერები გაცილებით მცირე ზომისაა, მაგრამ ისინი მეტი სიმძლავრით, სისწრაფით, მეხსიერებითა და საიმედოობით ხასიათდებიან. მოიხმარებენ ერთი ნათურის ტოლფას ელექტროენერგიას. სწორედ ამ კომპიუტერებმა შექმნეს საფუძველი მომხმარებელს თავისუფლად და იოლად „მიეღო“ მისთვის სასურველი სხვადასხვა სახის ინფორმაცია.

კომპიუტერების მესამე თაობა (Third Generation) (1965-1970) ეფუძნებოდა ინტეგრალურ სქემებს, ჩიპებს (Integrated Circuit – IC, Chip, Microchip). ჩიპი არის მინიატურულ ბლოკში მოთავსებულ ელემენტთა ერთობლიობა, რომელსაც პლანარული ტექნოლოგიების¹ მეშვეობით აქვს მრავალფენიანი ფირფიტების სახე (სურ. 10). კაჟის კრისტალზე, სკ-სმ-ზე განთავსებული იყო რამდენიმე ათეული მინიატურული ტრანზისტორი, კონდენსატორი, წინაღობა და სხვ., ე.ი. ერთ კრისტალზე წარმოდგენილი იყო ათასზე მეტი ელემენტი (სურ. 11). იგი წამში ასრულებდა რამდენიმე მილიონ ოპერაციას (ბეისიკის მანქანები). ეს კომპიუტერები ერთდროულად ასრულებდნენ სხვადასხვა სახის ოპერაციას, რაც დაკავშირებული იყო შემტან-გამომტანი



სურ. 11. პირველი ინტეგრალური სქემა (1958).

¹ტექნოლოგიური პროცესების ერთობლიობა, რომელიც გაიზარდა ნახევრად გამტარი ხელსაწყოების ჯგუფური დაშლადებისათვის. ეს ამცირებს ხელსაწყოების პარამეტრების გაფანტვასა და ზრდის ხელსაწყოების გამოსადგობას [ქსე, 1984].

მოწყობილობის, კერძოდ, დისპლეის (display) გამოგონებასთან. გაცილებით უფრო დახვეწილი იყო პროგრამული უზრუნველყოფა. გარდა ამისა, შესაძლებელი გახდა ერთ კომპიუტერთან (ან კომპიუტერულ სისტემასთან) რამდენიმე ათეულ-ასეული მომხმარებლის პარალელური, ერთდროული მუშაობა დისპლეურ-დიალოგურ რეჟიმში. ამ თაობის კომპიუტერების შექმნის ლიდერი იყო კონკურენტი ფირმები Apple და IBM. ეს უკანასკნელი დღესაც ყველაზე პოპულარულია. ამავე თაობას მიეკუთვნება: EC IBM-ის ეგმ-ის მოდიფიკაციები (გდრ, პოლონეთი, სსრკ, უნგრეთი, ჩეხოსლოვაკია).

კომპიუტერების მეოთხე თაობა (Fourth Generation) (დაახლოებით 1970 წლიდან დღემდე) მარტივი არქიტექტურის მქონეა, რომელიც იყენებს დიდ ინტეგრალურ სქემას (LSI – Large Scale Integration), სადაც კაჟის (ნახევრად გამტარის) ერთ კრისტალზე ათეულ-ათასობით ელემენტია მოთავსებული¹. XX საუკუნის ერთ-ერთ უდიდეს მიღწევადაც სწორედ ეს ითვლება. ასეთ ერთკრისტალიან პროცესორს ეწოდა მიკროპროცესორი (Microprocessor, MP, MPU)². მისი მეშვეობით შესაძლებელი

¹ ინტეგრალური სქემის შემქმნელები არიან: ჯეკ კიბლი და რობერტ ნოისი. არსებობს სხვადასხვა სახის ინტეგრალური სქემა.

ინტეგრალური სქემის სახეები		ელემენტების რაოდენობა 1 კრისტალზე
მცირე ზომის	Small Scale Integration - SSE	< 10
საშუალო	Medium Scale Integration - MSI	10 – 100
დიდი ზომის	Large Scale Integration - LSI	100 – 5 000
ძლიერ დიდი	Very Large Scale Integration - VLSI	5000 – 50000
ულტრადიდი	Ultra Large Scale Integration - ULSI	> 100000

² მიკროპროცესორი, ცენტრალური პროცესორი, ინტეგრალური სქემა ანუ ჩიპი – კომპიუტერის ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტი. აგი ერთი მიკროსქემის სახითაა წარმოდგენილი. პირველი მიკროპროცესორი (Intel 40045) შეიქმნა 1971 (1972) წელს კორპორაციაში Intel Ted (მარშთან ედვარდი) პოუის ხელმძღვანელობით. თავდაპირველად იგი გამოიზნული იყო მიკროკალკულატორებისათ-

გახდა ერთ სქემაზე მოთავსებულიყო კომპიუტერის ყველა ელექტრონული მოწყობილობა (სურ. 12). ამან მეტად გაამარტივა კომპიუტერის კონსტრუქცია. მიკროპროცესორი წამში ასრულებს რამდენიმე ათეულ-ასეულ მილიონ ოპერაციას, ხსნის ლოგიკურ ამოცანებს. სწორედ ამ პრინციპებზე მუშაობს თანამედროვე სუპერმანქანები და პერსონალური კომპიუტერები. მეოთხე თაობის კომპიუტერებია – Star (სტარი – აშშ), Iliak (ილიაკი – აშშ), (საიბერი – აშშ), Эвмрск (ელბრუსი – სსრკ) და სხვ. წინამორბედებთან შედარებით მეოთხე თაობის მანქანები გაცილებით მეტი სამედიოობითა და სწრაფმოქმედებით გამოირჩევიან.



სურ. 12. თანამედროვე ინტეგრალური სქემა.

ამჟამად მიმდინარეობს ექსპერიმენტული მუშაობა მეხუთე თაობის (Fifth Generation) კომპიუტერების შექმნისათვის, რომელიც უნდა ეფუძნებოდეს ზედიე ინტეგრალურ სქემებს (VLSI – Very Large Integration) – ძლიერ ფართო ფუნქციური შესაძლებლობებით. ამ თაობის კომპიუტერების ყველაზე მთავარი განმასხვავებელი თავისებურება უნდა იყოს ინტელექტუალური ინტერფეისის, ე.ი. ხელოვნური ინტელექტის არსებობა. დასმული ამოცანის ამოხსნისათვის მან თვითონ უნდა მიიღოს „გადაწყვეტილება“ და ამით შეასრულოს „გონებრივი“ ფუნქცია.

ვის, რომელიც ერთ-ერთმა იაპონურმა ფირმამ შეუკეთა. ეს ფირმა გაკორდა და გამოგონება კორპორაციის საკუთრებაში გადავიდა. სწორედ აქედან იწყება (XX საუკუნის 80-იანი წლების დასაწყისიდან) პერსონალური კომპიუტერების ეპოქა, როცა ფირმა Intel-ის მიკროპროცესორის ხარჯზე გამოვიდა ლეგენდარული კომპიუტერი IBM PC [Леоныс, 2002; Прохдаков, Телушхыჩ, 2002].

1949 წელს ამერიკის შეერთებულ შტატებში გავრცელდა ინფორმაცია მფრინავი თევზის გამოჩენის შესახებ, რომელმაც კატასტროფა განიცადა. იმასაც ამბობდნენ, რომ ამოუცნობი სხეულიდან ამოღებული სამართავი მოწყობილობების საფუძველზე შეიქმნაო მიკროპროცესორი [Леоныс, 2002]. ცხადია, ეს ამბავი ნაკლებად არის რეალობა. მაგრამ ერთი კი უდავოა, მიკროპროცესორების გამოგონებამ გადატრიალება მოახდინა კომპიუტერულ სამყაროში.

ცია, ე.ი. კომპიუტერი უნდა მუშაობდეს ლოგიკური დასკვნების მიღების პრინციპზე. ამისათვის კომპიუტერს აუცილებელი „ცოდნის“ გარკვეული მარაგი უნდა გააჩნდეს. ეს კომპიუტერები უნდა მოიცავდეს აგრეთვე, საუბრის გაგებისა და სახეების გამოცნობის სისტემებს [ძნელაძე, ცერცვაძე, 2001]. მეხუთე თაობის მანქანები რამდენიმე პროცესორიანი იქნება, რაც მონაცემების პარალელურად დამუშავების საშუალებას მოგვცემს. თითოეულ პროცესორს სპეციფიკური ფუნქცია ექნება „დაკისრებული“. ამასთან, ინფორმაცია კომპიუტერს უნდა მიეწოდებოდეს ბუნებრივ ენაზე. სწორედ მანქანურ ენებსა და ბუნებრივ ენებს შორის დიდმა სხვაობამ – სემანტიკურმა ხარვეზმა წარმოიქმნა ამ თაობის კომპიუტერების შექმნის აუცილებლობა [Чернышов, 1990]. კომპიუტერის მიერ „გონებრივი“ ფუნქციის შესრულების იდეა კარგა ხნის წინ წარმოიქმნა. ა. სემუელი (IBM ფირმის საკვლევი ცენტრი) წერდა, რომ თანამედროვე მანქანა მხოლოდ ბრძანებით წინადადებებს აღიქვამს და მონასავით იქცევა: ასრულებს ბრძანებას, მაგრამ არ შეუძლია მისცეს შეკითხვები, შესთავაზოს თავისი ინფორმაცია, იმსჯელოს, წინააღმდეგია თუ იწონებს შერჩეულ მეთოდს. სემუელი ვარაუდობდა, რომ XX საუკუნის 90-იან წლებში უკვე გადაწყვეტილი იქნებოდა მანქანების „სწავლების“ პრობლემა [სემუელი, 1973]. მაგრამ ეს პროგნოზი არ მართლდა.

იაპონელი სპეციალისტები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ მთლიანად შეეცვალებოდა კომპიუტერის ტრადიციული არქიტექტურა და კომპიუტერი აეგოთ სრულიად ახალ პრინციპებზე, კერძოდ, ცოდნის დამუშავების პრინციპებზე. არსებობს მოსაზრება, რომ Pentium ტიპის კომპიუტერი მეხუთე თაობას მიეკუთვნება, მაგრამ რეალურად იგი მხოლოდ მეოთხე თაობის ძალზე სრულყოფილი ვარიანტია.¹

¹მეხუთე თაობის კომპიუტერების შექმნით დაინტერესებულია არაერთი ორგანიზაცია და ფირმა. ამასთან დაკავშირებით შეიქმნა კიდევ სპეციალური პროექტები. ამ კუთხით განსაკუთრებით ფართო სამუშაოები ჩატარდა იაპონიაში, სადაც მისი შექმნა ნაგარაუდევო იყო 1990 წლისათვის და სახელმწიფო ფინანსების დიდი ნაწილი სწორედ ამ მიმართულებით დააბანდეს, მაგრამ უშედეგოდ, მაშინ როცა აშშ-ში უფრო მეტად მუშაობდნენ მეოთხე

დღეს საკმაოდ რთულია იმის პროგნოზი, თუ რის საფუძველზე იქნება აგებული მეექვსე თაობის კომპიუტერები. თუმცა, მაინც არსებობს გარკვეული მონახაზი. კერძოდ, სპეციალისტთა ნაწილი მიიჩნევს, რომ ეს კომპიუტერები აგებული იქნება მოდელირების ნეირონულ ბიოლოგიურ სისტემაზე [ძნელაძე, ცერცვაძე, 2001], ან სამგანზომილებიან ინტეგრალურ სქემაზე, ზოგიერთის აზრით კი, ისინი ოპტიკური კომპიუტერები იქნება.

ტექნოლოგიური თვალსაზრისით, მომავალი თაობის კომპიუტერებმა უნდა გააგრძელონ ელემენტური ბაზის განვითარება:

- ელექტრონული ლამფები.
- ტრანზისტორები.
- ინტეგრალური სქემები.
- დიდი ინტეგრალური სქემები.
- ზედიდი ინტეგრალური სქემები.
- მოდელირების ნეირონული ბიოლოგიური სისტემები (ჩიპები), სამგანზომილებიანი ინტეგრალური სქემები, ოპტიკური კომპიუტერები.

კომპიუტერთა კლასიფიკაცია **CLASSIFICATION OF COMPUTERS**

კომპიუტერი (computer) – ინგლისურად ნიშნავს „გამომთვლელს“. იგი ისეთი ელექტრონული მოწყობილობაა, რომელსაც უნარი შესწევს დაიმახსოვროს სხვადასხვა სახის (რიცხვითი, ანბანური, გრაფიკული) მონაცემები, ავტომატურად შეასრულოს მათზე გარკვეული ოპერაციები, სასურველ ფორმატში მიაწოდოს მომხმარებელს ინფორმაცია (ან სიგნალი). მისი მთავარი თავისებურებაა ინსტრუქციების საკუთარი ნაკრების დამახსოვრება.

თაობის მანქანების სრულყოფასა და სერიულ გამოშვებაზე, რაშიც მათ დიდ შედეგებსაც მიაღწიეს. სწორედ ამ ფაქტით ხსნიან კომპიუტერიზაციის თანამედროვე ეტაპზე აშშ-ის უპირატესობას იაპონიასთან შედარებით.

კომპიუტერები მრავალგვარი არსებობს. ისინი განსხვავებულია ფუნქციური შესაძლებლობებით, კონფიგურაციით, მართვისა და სხვა მახასიათებლების მიხედვით. არსებობს კომპიუტერების კლასიფიკაციის მრავალი სისტემა.

მართვის პრინციპებისა და მონაცემთა შეტანის მეთოდების მიხედვით კომპიუტერები 3 კლასად იყოფა:

- ☞ *კლავიშებიანი კომპიუტერები* – ინფორმაციის შეტანა ხდება ბერკეტებითა და კლავიშებით, მართვა კი ხორციელდება ხელით.
- ☞ *პერფორაციული კომპიუტერები* – ინფორმაციის შეტანა ხდება პერფორატორებით (Perforated tape), მონაცემები იწერება ნაწერტებიან ბარათზე (digit punch), მართვა კი – საკომპუტაციო დაფაზე ელექტრონული სქემების აწყობის მეშვეობით. მათ მიეკუთვნება I თაობის კომპიუტერები.
- ☞ *ელექტრონული გამოთვლელი მანქანები* – ინფორმაციის შეტანა ხდება პერფოლენტებით, პერფორატორებით, მაგნიტური ლენტებით, მაგნიტური დისკოებით. მართვა ხორციელდება წინასწარ შედგენილი პროგრამის მეშვეობით.

ძირითადი ელემენტების ტიპის მიხედვით კომპიუტერები სამ ჯგუფში ერთიანდება:

- *მექანიკური მოქმედების კომპიუტერები* – შემსრულებელი მექანიზმის მოქმედება ხორციელდება ხელით.
- *ელექტრო-მექანიკური მოქმედების კომპიუტერები* – შემსრულებელი მექანიზმის მოქმედება ხორციელდება ელექტროძრავის მეშვეობით. მათ მიეკუთვნებათ ელექტრო-მაგნიტური და რელეიანი კომპიუტერები.
- *ელექტრონული მოქმედების კომპიუტერები* – მუშაობს ელექტრონული მილაკების, ნახევრად გამტარების, ტრანზისტორების, ინტეგრალური სქემების საფუძველზე.

ელემენტური ბაზის (ელექტრონული მილაკების, ტრანზისტორების, ინტეგრალური სქემების და ა.შ.) მიხედვით არსებობს სხვადასხვა ტიპის კომპიუტერები, რომლებიც შეესაბამებიან კომპიუტერთა თაობებს.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით კომპიუტერები ერთიანდება 3 კლასში:

- ანალოგური მოქმედების კომპიუტერები (Analog Computer, Analogue Computer) – უწყვეტი მოქმედების კომპიუტერები, რომლებიც მონაცემებს ანალოგურ ფორმატში¹ ამუშავებენ. ეს ისეთი სისტემებია, სადაც ერთი ფიზიკური სიდიდე (დროის ინტერვალი, ძაბვა, ელექტრული წინაღობა) გამოიყენება მეორის გასასზომად. ეს პრინციპი უფრო მეტად ძველ კომპიუტერებში გამოიყენებოდა, ციფრული მანქანების შექმნამდე. პირველი ანალოგური კომპიუტერი 1930 წელს შექმნა *ვანერ ბუშმა* (აშშ). თვით I და II თაობის კომპიუტერებისათვისაც (მაგალითად, ენიაკისათვის) გამოყენებული იყო ინფორმაციის კოდირების ციფრული და არა ანალოგური პრინციპი, ე.ი. მონაცემები ინახებოდა კოდირებული რიცხვების სახით და მუშავდებოდა ოპერაციებით ამ რიცხვებზე და არა ფიზიკური პარამეტრების გაზომვებით. თუმცა, ანალოგური კომპიუტერები ზოგჯერ დღესაც გამოიყენება. მაგალითად, II მსოფლიო ომში იგი გამოიყენეს ბომბების ჩამოგდების მექანიკური მოწყობილობის ნაცვლად. ეს იყო ბომბების სროლის „კომპიუტერი, რომელიც ბომბის ჩამოგდების დროს განსაზღვრავდა მიღებული ინფორმაციის (სამიზნის გამოჩენისა და სხვათა) მიხედვით. ამჟამად კი ამ კომპიუტერებს იყენებენ სხვადასხვა წყაროებიდან შემოსული კოლოსალური რაოდენობის ინფორმაციის სწრაფი დამუშავების საჭიროებისას.

ციფრული კომპიუტერები (Digital Computer) – დისკრეტული მოქმედების კომპიუტერები, რომლებიც ამუშავებენ და გადასცემენ ინფორმაციას ციფრულ ფორმატში.² არსებობს ელექტრონულ-ციფრული კომპიუტერები (Electronic Digital

¹ ანალოგური მონაცემი (analogical data, analogue data) გულისხმობს უწყვეტ ცვალებად სიგნალს, რაც ციფრული მონაცემის საპირისპიროა. მონაცემთა ანალოგური ფორმა გულისხმობს მათ წარმოდგენას, შენახვასა და გადაცემას მუდმივად ცვალებადი ფიზიკური სიდიდეებით – დროის ინტერვალთ, დენით, ძაბვით, მობრუნების კუთხით და ა.შ.

² ციფრული მონაცემი წარმოდგენილია დისკრეტულ (ჩვეულებრივ ბინარულ, ორობით) ფორმატში.

Computer), რომლებიც აგებულია ელექტრონული ნაწილებით (კომპონენტებით). მის მთავარ საფუძველს ქმნის ცენტრალური დამუშავების ერთეული (CPU – Central Processing Unit), ძირითადი მეხსიერება (main store), გარე მეხსიერება (backing storage, backing store), შეტანა-გამოტანის მოწყობილობა (input-output device).

ანალოგურ-ციფრული კომპიუტერები (Analogical-Digital Computer) – კომბინირებული მოქმედების მანქანები, რომლებიც ამუშავებენ, როგორც ციფრულ, ისე ანალოგურ ფორმატში წარმოდგენილ ინფორმაციას.

დანიშნულების (სპეციალიზაციის დონის) მიხედვით არსებობს კომპიუტერების 3 ჯგუფი:

- *უნივერსალური კომპიუტერები* – მძლავრი კომპიუტერები, რომლებიც მოთავსებულია სპეციალურ შენობაში ჰაერის კონდიციონირების სისტემით. ისინი გამიზნულია საინჟინრო-ტექნიკური ამოცანების (ეკონომიკური, მათემატიკური და სხვ.) გადასატრედად. ეს კომპიუტერები საკმაოდ დიდი სირთულითა და მონაცემების სიუხვით გამოირჩევა. ჩვეულებრივ, ემსახურება 100-500 კლიენტს. უნივერსალური კომპიუტერები ასრულებენ სხვადასხვა სახის ოპერაციებს: ამუშავებენ ტექსტებს, გრაფიკებს, რუკებს, იყენებენ ფოტო- და ვიდეომასალებს, მუსიკას.
- *სპეციალიზებული კომპიუტერები* – გამოიყენება ვიწრო კონკრეტული ამოცანების გადასატრედად. მაგალითად, ლოგიკური ფუნქციების მართვის შემსრულებელი ადაპტერები და კონტროლიორები, საფრენი აპარატებისა და გემების საბორტე კომპიუტერები. ხშირ შემთხვევაში სპეციალიზებული კომპიუტერების ამოცანებს „ხსნის“ უნივერსალური კომპიუტერებიც, თუმცა მიჩნეულია, რომ კონკრეტული ამოცანის გადაჭრისათვის უფრო ეფექტურია სპეციალიზებულის გამოყენება.

ზომისა და ფუნქციური შესაძლებლობების მიხედვით კომპიუტერები სხვადასხვა ტიპისაა:

- *სუპერკომპიუტერები* (Supercomputer, მეორენაირად ისინი მენიფრეიმების – Mainframe სახელწოდებითაა ცნობილი)

– მძლავრი გამოთვლითი სისტემა, რომელიც გამოიყენება რთული მათემატიკური ამოცანების სწრაფი ამოხსნისათვის. ისინი გამოირჩევიან დიდი ზომით, სწრაფმოქმედებითა და სირთულით. თანამედროვე სუპერკომპიუტერები ასრულებენ მილიონობით ოპერაციას წამში და ინახავენ მილიონობით ერთეულ ინფორმაციას, ამასთან მომენტალურად წარმოადგენენ დინამიკური გრაფიკებისა და იმიტირებული რეალობების შედეგებს. ჩვეულებრივ, მათ იყენებენ დიდი ორგანიზაციები. მათ საფუძველზე გამოთვლითი ცენტრები იქმნება.

- დიდი ელექტროგამოთვლელი კომპიუტერები – გამოიყენება სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანებისა და მონაცემთა ბაზების მართვისათვის¹.
- მინიკომპიუტერები (Minicomputer, Mini) – მცირე ზომის კომპიუტერები, რომლებსაც მონაცემების დამუშავებისა და დიაგნოზის მეტი შესაძლებლობები აქვთ, ვიდრე მიკროკომპიუტერებს. მაგრამ მათ ჩამორჩებიან სისწრაფეში და მონაცემთა მართვაში. უკავიათ შუალედური პოზიცია მიკროკომპიუტერებსა და დიდ კომპიუტერებს შორის. მინიკომპიუტერებია: VAX (აშშ), NEC (იაპონია), GEC (დიდი ბრიტანეთი), CM-ის (სსრკ) ზოგიერთი მოდელი და სხვ.
- მცირე ზომის კომპიუტერები – გამოიყენება ტექნოლოგიური პროცესების მართვისათვის. ისინი მეტი კომპაქტურობით გამოირჩევიან. მიკროკომპიუტერები (Microcomputer, Micro), იგივე პერსონალური კომპიუტერები (Personal Computer) – მცირე ზომის (ხშირად ოდნავ აღემატება კლავიატურის ზომას) სრულყოფილი კომპიუტერული სისტემა, რომლის მონაცემთა დამუშავების ცენტრალური ბლოკი შედგება ერთადერთი ინტეგრალური სქემისაგან (მიკროპროცესორისაგან). ისინი შედარებით ნაკლები სიმძლავრისაა და აქვთ შეზღუდული მეხსიერება. ეს კომპიუტერები უმთავრესად გამოიყენება საშინაო და მცირე ბიზნესის მიზნით. მათ ხშირად სამაგიდო კომპიუტერებსაც (Desktop Computer) უწოდებენ.

¹ ხშირად მათ აიგივებენ სუპერკომპიუტერებთან.

პერსონალური კომპიუტერების შემდეგი კატეგორიები არსებობს:

- ☐ Consumer PC – მასობრივი პკ.
- ☐ Office PC – საოფისე (საქმიანი) პკ.
- ☐ Mobile PC – პორტატიული პკ.
- ☐ Workstation – სამუშაო სადგურები.
- ☐ Entertainment PC – გასართობი პკ.

• **პორტატიული კომპიუტერები (Laptop, Notebook) –** მცირე ენერგიის მომხმარებელი ბრტყელკრანიაანი (თხევადკრისტალიანი ან პლაზმური) კომპიუტერები, რომლებიც მცირე ზომისაა და, ჩვეულებრივ, გამოიყენება ტრანსპორტირებისათვის. პირველი ასეთი კომპიუტერი გამოვიდა 1975 წელს (IBM).

ჯიბის კომპიუტერები (Palmtop) – ასრულებენ „ინტელექტუალური ბლოკნოტის“ ფუნქციას. ისინი ხელსაყრელია ოპერატიული ამოცანების შენახვისა და სწრაფი მიღებისათვის.

აპარატული თავსებადობის მიხედვით უმთავრესად არსებობს სამი აპარატული პლატფორმა:

IBM

IBM-თან თავსებადი

Apple Macintosh

IBM და მასთან თავსებადი კომპიუტერები საკმაოდ ფართო სპექტრს მოიცავს, მარტივი კომპიუტერიდან დაწყებული და სერვერებით დამთავრებული. მათზე მოდის მსოფლიოში გამოშვებული კომპიუტერების უდიდესი ნაწილი.

Apple Macintosh – საკმაოდ პოპულარულია დასავლეთში. ისინი ეფუძნებიან IBM-გან საკმაოდ განსხვავებულ პროგრამულ უზრუნველყოფას.

წყაროები:

- ☐ ბერულავა რ., ადამიანი, კომპიუტერები, რობოტები და თანამედროვეობა. თბილისი, 1988
- ☐ ბერულავა რ., ქვაჩაია ი. საკომპიუტერო ტერმინების განმარტებითი ლექსიკონი. მეცნიერება ტექნიკა, 1990, 6

- 📖 ინგლისურ-ქართული ლექსიკონი გამოთვლით ტექნიკასა და მონაცემთა დამუშავებაში. თბილისი, 1984
- 📖 კომპიუტერული ტერმინოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი. თბ., 2000
- 📖 ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია. სხვადასხვა სტატია
- 📖 ძნელაძე შ., ცერცვაძე მ. Microsoft Windows 2000. Internet. E-mail. ქსელებზე ორიენტირებული თანამედროვე ოპერაციული სისტემა. თბილისი, 2001
- 📖 Информатика. Базовый курс. Учебник для узов. Под. ред. С.В. Симоновича. Санкт-Петербург. М., 2002.
- 📖 Информатика в жизни США
- 📖 Иллюстрированная история персональных компьютеров на русском языке. <http://www.computer-museum.ru>
- 📖 Лсонтьев В.П. Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2002. М., 2002.
- 📖 Пройдаков, Теплицкий Л. Англо-русский словарь по вычислительной технике, интернету и программированию. М., 2002.
- 📖 Brader M. A Chronology of Digital Computing Machines (to 1952). 1994.
- 📖 Dictionary of Computer. Third Edition S.M.N. Collin, 1998

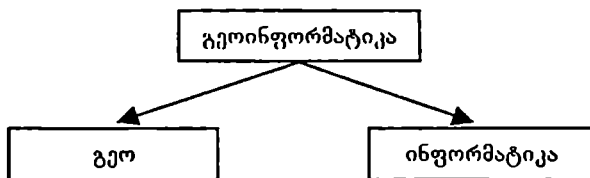
ნაწილი 1

გეოინფორმატიკა როგორც მეცნიერება

PART 1. GEOINFORMATICS AS SCIENCE

1.1. გეოინფორმატიკისა და გეომატიკის ცნებების შესახებ DEFINITION OF GEOINFORMATICS AND GEOMATICS

ცნება გეოინფორმატიკა ორი ნაწილისაგან შედგება: „გეო“, რაც გეოგრაფიულს ნიშნავს და „ინფორმატიკა“ (ნახ. 1.1). ტერმინ „ინფორმატიკას“ სხვადასხვაგვარი გაგება აქვს. ხშირად მას აიგივებენ სხვა ცნებებთან, როგორიცაა გამოთვლითი მეცნიერება, კომპიუტერული საქმე, ინფორმაციული სისტემები და სხვ.

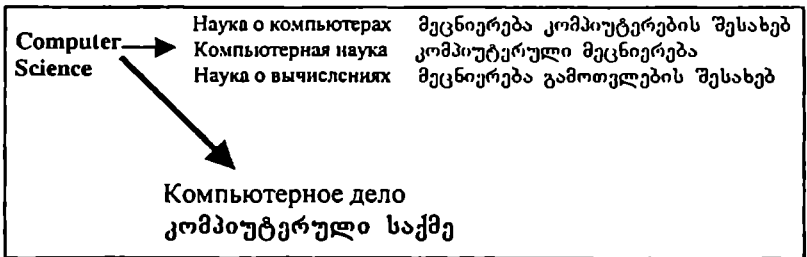


ნახ. 1.1. გეოინფორმატიკა.

ტერმინი „გამოთვლითი მეცნიერება“ გაჩნდა 1961 წელს (ჯ. ფორსაიტი). იგი გულისხმობს კომპიუტერული სისტემების დაპროექტების, დაპროგრამებისა და გამოთვლითი სისტემების შემუშავებას, მონაცემთა დამუშავებას, რიცხვით ანალიზს [ბერულავა, 1988]. გამოთვლითი მეცნიერება დაკავშირებულია მეცნიერების ისეთ დარგებთან, როგორიცაა გამოყენებითი მათემატიკა, გამოყენებითი ფიზიკა, გამოყენებითი ქიმია და სხვ. საფრანგეთსა და პოლონეთში გამოთვლითი მეცნიერების სინონიმად მიჩნეულია ინფორმატიკა. აქედან გამომდინარე, ინფორმატიკა გულისხმობს გამოთვლით ტექნიკას, მართვის სისტემების შექმნასა და გამოყენებას. აშშ-სა და დიდ ბრიტანეთში კი ინფორმატიკა გაგებულია როგორც სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის ძებნის, შენახვისა და გავრცელების

კანონზომიერებების შემსწავლელი მეცნიერული მიმართულება. აქ იგი მიჩნეულია სამეცნიერო-ტექნიკურ დარგად [ბერულავა, 1988].

უკანასკნელ წლებში ინგლისურ-ამერიკულ სპეციალურ და პოპულარულ ლიტერატურაში ფართოდ გავრცელდა ტერმინი **Computer Science**. იგი გულისხმობს იმ დისციპლინების ზოგად სახელწოდებას, რომელიც მოიცავს კომპიუტერების გამოყენების სხვადასხვა ასპექტს, ე.ი. უფრო ფართო ცნებაა, ვიდრე ინფორმატიკა. ტერმინი **Computer Science** რუსულ და შემდგომ ქართულ ენებზე ითარგმნა როგორც *наука о компьютерах*, *компьютерная наука*, *наука о вычислениях*, ე.ი. მეცნიერება კომპიუტერების შესახებ, მეცნიერება გამოთვლების შესახებ (ნახ. 1.2). მაგრამ არცერთი მათგანი არ გამოხატავს იმას, რასაც ორიგინალური ტერმინი გულისხმობს. ტერმინი **Computer Science** არ არის მეცნიერება მხოლოდ კომპიუტერების, ან გამოთვლების შესახებ. სიტყვა *science*-ის ძირითადი აზრი, მეცნიერების გარდა, არის „საქმე“. ამიტომ **Computer Science**-ის ადეკვატურ თარგმნად მიჩნეულია **Компьютерное дело – კომპიუტერული საქმე** [Дименштейн, Яковлев, 1990].



ნახ. 1.2. კომპიუტერული საქმე.

ქართულ და რუსულ ლიტერატურაში უმეტესად დამკვიდრდა ტერმინი „ინფორმატიკა“, რომელიც ეტიმოლოგიურად შორს დგას „კომპიუტერებისა“ და „გამოთვლებისაგან“. ინგლისურენოვან ლიტერატურაში კი მეცნიერული ტერმინი **Infor-**

matics 1980-იანი წლების ბოლომდე საერთოდ არ არსებობდა და იგი დღესაც ნაკლებად გამოიყენება. თუმცა ფართოდ გამოიყენებოდა ტერმინი – Geographic(al) Information System ანუ Geoinformation System.

მართალია, ტერმინი „ინფორმატიკა“ Computer Science-ის ზუსტი ადეკვატური არ არის, მაგრამ ორივე მათგანი გამოიყენება მეცნიერული მიმართულების აღსანიშნავად. Informatics და Computer Science აღნიშნავენ დისციპლინების იმ ჯგუფს, რომელიც მოიცავს კომპიუტერების სხვადასხვა ასპექტს, დაპროგრამებასა და დაპროგრამების ენებს, გამოყენებით მათემატიკას, ოპერაციულ სისტემებს, ხელოვნური ინტელექტის პროგრამებსა და სხვ. ინგლისურ-ამერიკულ ლიტერატურაში არსებობს ტერმინი Information Science (ინფორმაციული მეცნიერება), რომელიც გულისხმობს სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის გავრცელების ორგანიზაციას. ამრიგად, ქართულ და რუსულ ლიტერატურაში დამკვიდრებული ტერმინი „ინფორმატიკა“ აერთიანებს ერთდროულად ორ დისციპლინას: Computer Science-სა და Information Science-ს.

გეოინფორმატიკა, როგორც ახალი მეცნიერული მიმართულება, ჯერ კიდევ ბოლომდე გააზრებული არ არის. ამიტომ ხშირად ხდება მისი აღრევა გამოყენებით ტექნიკასთან და ინფორმაციულ სისტემებთან. აქედან გამომდინარე, ტერმინ „ინფორმატიკასთან“ ერთად ხშირად სხვა ტერმინებსაც იყენებენ, მაგალითად:

- ინფორმატიკა და გამოთვლითი ტექნიკა.
- ინფორმატიკა, გამოთვლითი ტექნიკა და ავტომატიზაცია.
- დაპროგრამება და ინფორმატიკა.

ეს ტერმინოლოგიური აღრევა, ფაქტობრივად, განპირობებულია სამი ასპექტით. კერძოდ იმით, რომ კომპიუტერი არის:

1. ტექნიკური საშუალება (გულისხმობს ტექნიკურ და პროგრამულ უზრუნველყოფას).
2. დაპროგრამების საფუძველი (გამიზნულია კომპიუტერზე მომუშავე სპეციალისტების – კიბერნეტიკოსებისათვის).
3. ინფორმატიკის საფუძველი (განკუთვნილია სხვადასხვა პროფილის მომხმარებლისათვის).

ტერმინი „ინფორმატიკა“ თავის მხრივ, მოიცავს სიტყვას „ინფორმაციას“, რომელსაც სხვადასხვაგვარი გაგება აქვს. სალაპარაკო ენაში იგი არის ნებისმიერი ცნობა, რომელიც სიახლეს, რაიმე შეტყობინებას ნიშნავს. ეს არის „ინფორმაციის“ ერთგვარი თავდაპირველი გააზრება. მაგრამ ინფორმაციის რაოდენობრივი შეფასების აუცილებლობის შესაბამისად წარმოიქმნა სხვა დეფინიციებიც. კერძოდ, სტატისტიკური გაგებით, იგი მოიცავს ისეთ ცნობებს, რომლებიც სპობენ (ან ამცირებენ) უკვე არსებულ გაურკვევლობებს [Гохман, Меклер, 1971]. კიბერნეტიკაში ინფორმაცია არის ის სიგნალი, რომელიც გადასცემს რაიმე ახალ ცნობას სივრცესა და დროში. გის-ტექნოლოგიებში ინფორმაცია გულისხმობს ყოველივე იმას, რაც შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ასოებით, ციფრებით, გამოსახულებებით [Гохман, Андрянов, 1998]. ინფორმაცია, როგორც ფილოსოფიური კატეგორია, არის მატერიის საერთო თვისება – არეკვლის უნარი, რომლის აღწერაც შეიძლება რაოდენობრივი მაჩვენებლებით. ამრიგად, ინფორმაცია არეკლილი მრავალფეროვნებაა. იგივე შეიძლება ითქვას კარტოგრაფიულ ინფორმაციაზეც, რისი გამოსახვაც შესაძლებელია მათემატიკური აპარატით [Гохман, Андрянов, 1998]. თუმცა დღემდე არ არსებობს კარტოგრაფიული ინფორმაციის ზუსტი, ლაკონურად ჩამოყალიბებული განმარტება, მიუხედავად იმისა, რომ ინფორმატიკა საკმაოდ ღრმად შეიჭრა თანამედროვე კარტოგრაფიაში. ანალოგიურად ინფორმაციისა, არსებობს კარტოგრაფიული ინფორმაციის რამდენიმე განმარტება [Берлянт, 1985]:

- მონაცემების „გადატანა“ რუკაზე რეალური სამყაროს ობიექტების, მოვლენების, პროცესების სივრცითი განლაგების, მათი თვისებების, დროში ცვალებადობის, ურთიერთკავშირის შესახებ.
- რუკის შინაარსი, ე.ი. რუკაში რეალიზებული მონაცემები.
- რუკიდან მიღებული მონაცემები. ამასთან აღნიშნავენ, რომ კარტოგრაფიის მიერ რუკაში „ჩადებული“ და მისგან მიღებული მონაცემები ყოველთვის არ ემთხვევა ერთმანეთს.

- რუკაზე პირობითი ნიშნების რაოდენობა, მისი დატვირთვა. მიჩნეულია, რომ რაც უფრო მეტია ნიშნები, მით უფრო დიდია რუკის დატვირთვა, ე.ი. უფრო ინფორმაციულია.
- ინფორმაციის მათემატიკურ-სტატისტიკური თეორიის მიხედვით – რუკაზე ამა თუ იმ ნიშნის გამოჩენის ალბათობა, რუკის მრავალფეროვნება და ა.შ.
- ინფორმაციის არეკვლის უნარი, რისი გამოსახვაც შეიძლება მათემატიკური აპარატით [Тоxман, Меклер, 1971].

თემატური შინაარსით კარტოგრაფიული ინფორმაცია შეიძლება იყოს სამეცნიერო, ტექნიკური, ეკონომიკური და ა.შ., ხოლო დანიშნულებით – პოპულარული, სასწავლო, დირექტიული და ა.შ. [Берлянт].

დღემდე არ არსებობს ინფორმატიკის ჩამოყალიბებული დეფინიცია. თუმცა შემუშავებულია რამდენიმე ვარიანტი:

- მეცნიერული დისციპლინა, რომელიც სწავლობს სამეცნიერო ინფორმაციის სტრუქტურას, ზოგად თვისებებს, აგრეთვე, მისი შექმნის, შეკრების, დამუშავების, ძიებისა და გავრცელების მეთოდებს [ქსე]. გავრცელების მეთოდებში იგულისხმება ყოველგვარი კავშირი (კომუნიკაცია), რომელიც იქმნება კომპიუტერებს შორის.
- ამ განმარტებას „მეცნიერულის“ გარდა ემატება ტექნიკური ინფორმაციაც.
- ცოდნის დარგი, რომელიც შეისწავლის ინფორმაციის შექმნის, დაგროვების, გარდაქმნის, შენახვის, ძიების, გავრცელებისა და გამოყენების კანონზომიერებებს, ამასთან, უზრუნველყოფს საინფორმაციო საკმთანობის ოპტიმალურ ორგანიზაციას [Терминологический словарь ..., 1975].
- მეცნიერება გამომთვლელი მანქანების მეშვეობით ინფორმაციის დამუშავების შესახებ [გვარამია, ჩხაიძე და სხვ., 1986].
- მეცნიერება, რომელიც აერთიანებს გამოთვლით ტექნიკას, მართვის სისტემების შემუშავებას, შექმნას და გამოყენებას.
- მეცნიერება ინფორმაციული პროცესების შესახებ, რისთვისაც იგი იყენებს გამოთვლით ტექნიკას (კიბერნეტიკული გააზრება).

ზემოთ აღნიშნულის გარდა, არსებობს ინფორმატიკის სხვა განმარტებებიც. თითოეული მათგანი გარკვეულწილად მსგავსიცაა და განსხვავებულიც. თითოეულ ამ დეფინიციაში ფიგურირებს ერთი ყველაზე მთავარი მომენტი – ინფორმაციის შექმნა-მიღების, დაგროვების, გარდაქმნის, შენახვის (ზოგიერთ შემთხვევაში – გადაცემის) ორგანიზაცია.

მსგავსად ინფორმატიკისა, არც გეოინფორმატიკის ჩამოყალიბებული განმარტება არსებობს. ამიტომ სამეცნიერო ლიტერატურაში მისი სხადასხვაგვარი დეფინიცია გვხვდება. ცხადია, ეს არასრულყოფილი დეფინიციებია. თუმცა მიჩნეულია, რომ არსებობს გეოინფორმატიკის ზოგადი განმარტება, რომელიც მის ძირითად არსს გამოხატავს: გეოინფორმატიკა არის მეცნიერული მიმართულება, რომელიც ამუშავებს გეოგრაფიული ინფორმაციის მიღების, შენახვისა და დამუშავების (ზოგიერთის მოსაზრებით – მომხმარებლისათვის გეოგრაფიული ინფორმაციის მიწოდების ფორმის) მეთოდებს და ამისათვის იყენებს პერსონალურ კომპიუტერებს [ბერუჩაშვილი].

უკანასკნელ წლებში გეოინფორმატიკის პარალელურად სამეცნიერო ლიტერატურაში ხშირად გამოიყენება ტერმინი გეომატიკა (Geomatique – ფრანგულად, Geomatics – ინგლისურად). იგი პირველად კანადის ფრანგულენოვან სამეცნიერო ლიტერატურაში გამოჩნდა და ფართოდ დამკვიდრდა დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში. გეომატიკა გეოგრაფიული მეცნიერებების (აგრეთვე გეოდეზიის), მათემატიკისა და ინფორმატიკის მჭიდრო ურთიერთკავშირის ერთგვარი გამოხატულებაა.

აგტორთა უმეტესობა „გეოინფორმატიკასა“ და „გეომატიკას“ სინონიმებად მიიჩნევს. თუმცა არც ისე იშვიათად გეომატიკა სრულიად განსხვავებულად მოიაზრება. კერძოდ, იგი გეოგრაფიული მეცნიერებების, მათემატიკისა და ინფორმატიკის მჭიდრო ურთიერთკავშირის ერთგვარი სინთეზია და მოიცავს ისეთ დისციპლინებს, როგორიცაა მათემატიკა, ფიზიკა, ინფორმატიკა, კარტოგრაფია, გეოდეზია, ფოტოგრაამეტრია, გეოდეზია და დისტანციური ზონდირება. გეომატიკა ისეთი დისციპლინაა, რომელიც გულისხმობს სივრცით-კოორდინირებული მონაცემების მოპოვებას, შენახვას, დამუშავებასა

და გავრცელებას. ამ დროს იგი უცილობლად ეფუძნება ინტეგრირებულ სამეცნიერო-ტექნიკურ მიდგომებს. სწორედ ამიტომ ა. ბერლიანტი გეომატიკას განიხილავს როგორც ერთგვარ „სუპერსისტემას“, რომელსაც მეტად ფართო დიაპაზონი აქვს – ფიზიკიდან გეოდეზიამდე [Берлиант, 1996].

1.2. გეოინფორმატიკის ადგილი გეოგრაფიულ მაცნიერებათა სისტემაში

THE PLACE OF GEOINFORMATICS IN THE SYSTEM OF GEOGRAPHICAL DISCIPLINES

მეცნიერების თითოეულ დარგში მიმდინარეობს დიფერენციაციისა და ინტეგრაციის პროცესები, რაზედაც გავლენას ახდენს ბუნებასა და საზოგადოებაში მიმდინარე პროცესები (საზოგადოების მატერიალური მოთხოვნილებანი, კვლევის ახალი მეთოდების შემუშავება და სხვ). დიფერენციაციის პროცესში მოხდა მეცნიერებათა დაყოფა ფუნდამენტურ და გამოყენებით დარგებად. ფუნდამენტური მეცნიერებების მიზანია ბუნების, საზოგადოებისა და აზროვნების კანონების შესწავლა. გამოყენებითი მეცნიერებები კი აღმოჩენილი კანონებისა და შემუშავებული თეორიების პრაქტიკულ რეალიზებას ემსახურება. ასევეა გეოგრაფიაშიც. ერთი მხრივ, არსებობს თეორიული მეცნიერებანი (ან მეცნიერული მიმართულებანი), რომლებიც სწავლობენ ზოგადგეოგრაფიულ კანონზომიერებებს და მეორე მხრივ, გამოყენებითი მეცნიერებანი, რომლებიც ამ კანონზომიერებებს პრაქტიკულ საქმიანობაში განახორციელებენ.

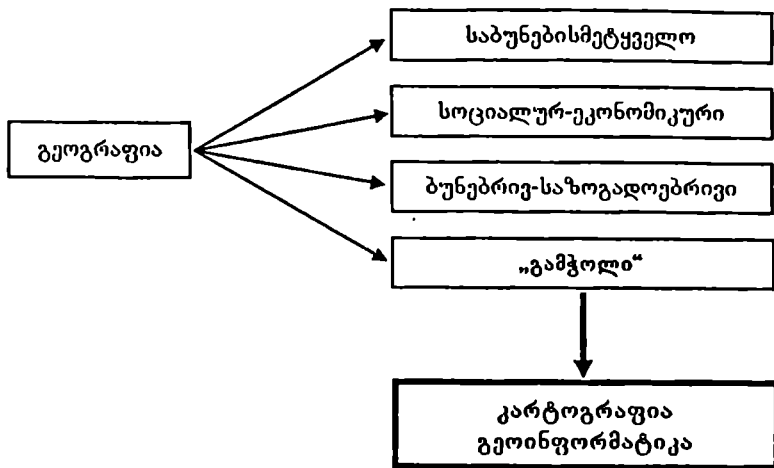
როგორც ცნობილია, გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დიფერენციაცია დაიწყო XX საუკუნეში და ეს პროცესი განსაკუთრებით გამოიკვეთა XX საუკუნის I ნახევარში. ერთიანი გეოგრაფია დაიყო ფიზიკურ და ეკონომიკურ გეოგრაფიად (აგრეთვე, მათ ცალკეულ დისციპლინებად). მაგრამ XX საუკუნის II ნახევრიდან დიფერენციაციის კვალდაკვალ დაიწყო ინტეგრაციული პროცესებიც, რაც დღესაც გრძელდება. სწო-

რედ მეცნიერებათა დიფერენციაციისა და ინტეგრაციის საფუძველზე ყალიბდება ახალი მიმართულებები. მათ შორისაა გეოინფორმატიკაც, რომელიც წარმოიქმნა სამეცნიერო სფეროში პერსონალური კომპიუტერების ფართოდ გამოყენების საფუძველზე.

გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სისტემაში მრავალი დისციპლინაა: უძველესი და თანამედროვე. მაგრამ ისინი შინაგანად ერთიანი არიან, რაც განპირობებულია უპირველესად უძველესი გეოგრაფიიდან წარმოშობითა და საბოლოო მიზნის ერთობით. ეს მიზანი მდგომარეობს შემდეგში – დადგინდეს ადამიანთა საზოგადოებისა და გეოგრაფიულ გარემოს შორის ურთიერთქმედებათა ხასიათი და დაეხმაროს ადამიანს დედამიწის სივრცეების რაციონალურად და სრულყოფილად ათვისებაში. სწორედ ამავ მიზანს ემსახურება ახალი მეცნიერული მიმართულება, რომელიც ჩვენში გეოინფორმატიკის სახელით დამკვიდრდა. გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სტრუქტურა შეიძლება დაიყოს 4 ბლოკად (ქვესისტემად): საბუნებისმეტყველო, სოციალურ-ეკონომიკური, ბუნებრივ-საზოგადოებრივი და „გამჭოლი“ მეცნიერებანი [Жекулин, 1989]. რომელ ბლოკს უნდა მიეკუთვნოს გეოინფორმატიკა?

მეოთხე ქვესისტემას მიეკუთვნება ის დისციპლინები, რომელთა კონცეფციები, მეთოდები და ხერხები ღრმად იჭრებიან გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სისტემაში და მის განუყოფელ ნაწილს ქმნიან (ნახ. 13). ეს შეეხება უპირველესად კარტოგრაფიას. კ. სალიშჩევი აღნიშნავს, რომ კარტოგრაფია ამუშავებს რუკების შექმნის არა მარტო მეთოდიკას, ტექნიკასა და ტექნოლოგიას, არამედ იგი ფლობს გარემოს შემეცნების საკუთარ საშუალებებსაც [Салищев, 1982]. ყველა გეოგრაფიული მეცნიერებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს კარტოგრაფიას, რომლის მთავარი ამოცანაა გეოგამოსახულებების მეშვეობით რეალურად გამოსახოს არსებული სამყარო. იმავეს ისახავს მიზნად გეოინფორმატიკაც, რომელიც ახლებური ხერხებითა და საშუალებებით ახორციელებს ამ ამოცანას [ლიპარტელიანი, 1992]. ამიტომ გეოინფორმატიკა, კარტოგრაფიასთან ერთად, მეოთხე ქვესისტემას მიეკუთვნება.

გეოინფორმატიკა როგორც მეცნიერება შეისწავლის იმავე ობიექტს, რასაც გეოგრაფია და საერთოდ დედამიწის შემსწავლელი სხვა მეცნიერებანი. გეოინფორმატიკა პრაქტიკული, გამოყენებითი დანიშნულების დარგია და უდავოა მისი ადგილი გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სისტემაში [ნიკოლაიშვილი, 2001].



ნახ. 13. გეოინფორმატიკა გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სისტემაში.

1.3. კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის ინტეგრაცია INTEGRATION OF CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

მეცნიერულ დისციპლინებს შორის მიმდინარე ინტეგრაციური პროცესები მიგვანიშნებს თვით ამ მეცნიერებების შემდგომ განვითარებასა და ევოლუციაზე. ახალი მეთოდები და პრინციპები, ახალი იდეები და თეორიები, რომლებიც ღრმად იჭრებიან ორივე მიმართულებით, თავის მხრივ, ახლებურ გადაწყვეტას უძებნიან ამ მეცნიერებების წინაშე დასმულ ამოცანებს. იგივე შეიძლება ითქვას კარტოგრაფიისა და გეოინ-

ფორმატიკის ინტეგრაციულ პროცესზეც, რომელსაც, ცხადია, XX საუკუნის მიწურულს მიეცა დასაბამი. შეიძლება ითქვას, რომ ამჟამად კარტოგრაფიასა და გეოინფორმატიკას შორის არსებობს მჭიდრო ინტეგრალური კავშირი, რაც ორი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორით აიხსნება: ჯერ ერთი, კარტოგრაფიაც და გეოინფორმატიკაც ახდენს ბუნებრივი და საზოგადოებრივი პროცესებისა და მოვლენების სივრცულ-დროით კარტოგრაფიულ მოდელირებას და ეფუძნება გეოგრაფიული სინამდვილის (ობიექტური რეალობის) შემეცნებას. მეორეც, გეოინფორმატიკა ავითარებს შეხედულებას კარტოგრაფიაზე, როგორც ინფორმაციის გადაცემის საშუალებაზე, რაც დაკავშირებულია ავტომატიზებულ კარტოგრაფიულ სისტემებთან (აკს), დისტანციური ზონდირებისა და გამოსახულების დამუშავების სისტემებთან (დზ), მონაცემთა ბაზებთან და ბანკებთან (მბ), გეოინფორმაციულ (გის) და ექსპერტულ სისტემებთან (ეს) [ლიპარტელიანი, 1992].

საკმაოდ რთულია ლაპარაკი იმაზე, არის თუ არა ჩამოყალიბებული გეოინფორმატიკა კარტოგრაფიისაგან დამოუკიდებელ დარგად, თუ მისი ერთ-ერთი ნაწილია. მრავალი ქვეყნის მეცნიერულ წრეებში გეოინფორმატიკა განიხილება, როგორც კარტოგრაფიის ახალი მიმართულება. მაგალითად, ჯერ კიდევ XX საუკუნის 70-იანი წლებიდან აესტრიაში, ჩეხოსლოვაკიაში, ინგლისში, პოლონეთში, აშშ-ში ინფორმატიკა კარტოგრაფიის დარგად იყო მიჩნეული [ლიპარტელიანი, 1991]. ერთი კი უდავოა, ყველა შემთხვევაში კარტოგრაფიასა და ინფორმატიკას შორის მჭიდრო ურთიერთკავშირია, ამიტომ ისინი ყოველთვის ინტეგრალურად განიხილებიან.

კარტოგრაფიის ძირითადი ამოცანაა კარტოგრაფიული საშუალებებით გამოსახოს არსებული სამყარო. იმავე ამოცანას ემსახურება გეოინფორმატიკაც, რომელიც კიდევ უფრო აადვილებს, აზუსტებს, ამრავალფეროვნებს და, რაც მთავარია, ოპერატიულს ხდის გეოგრაფიულ კვლევასა და კარტოგრაფირებას, მომხმარებლისათვის ინფორმაციის მიწოდების პროცესს. სწორედ ამიტომ მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში შეიქმნა არაერთი ახალი სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი (ინსტიტუტები, ლაბორატორიები, ფირმები, კორპორაციები, სხვადასხვა

ორგანიზაციები), კათედრა, გამოიცა სამეცნიერო და სამეცნიერო - პოპულარული ჟურნალები, გაზეთები და ბიულეტენები, მუშავდება ეროვნული (ლოკალური), რეგიონალური და საერთაშორისო (გლობალური) პროგრამები და პროექტები.

კარტოგრაფიასა და გეოინფორმატიკას შორის არსებული ინტეგრაციული პროცესი სხვადასხვა ასპექტით ვლინდება. რა ასპექტებია ესენი? XX საუკუნის 60-იან წლებში არსებობდა კარტოგრაფიის სემიოტიკური გაგება, რომლის მიხედვითაც კარტოგრაფიის საქმეა კარტოგრაფიული ნიშნებისა და მათი სემანტიკური (აზრობრივი) მნიშვნელობების სრულყოფა. ეს არ არის „უცხო“ არც გეოინფორმატიკისათვის, ვინაიდან იგი „გეთავაზობს“ კარტოგრაფიული ნიშნების გამოსახვის სრულიად ახალ შესაძლებლობებს, ახალ გრაფიკულ საშუალებებს. ამიტომ, მსგავსად კარტოგრაფიისა, გეოინფორმატიკის კვლევის ერთ-ერთი ამოცანაა შეიმუშაოს კარტოგრაფიული ნიშნების აგების პრინციპები და ნიშანთა გარდაქმნის შესაძლებლობები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამ ახალი გრაფიკული ნიშნების სემანტიკური მნიშვნელობების შემუშავება და შემდგომი სრულყოფა.

ცნობილია, რომ რუკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თავისებურებაა რეალური სინამდვილით გამოსახოს ობიექტები და მოვლენები. გეოინფორმატიკის როლი, ამ მხრივ, უდიდესია, ვინაიდან კარტოგრაფიული ნიშნები (და პარამეტრები) რაოდენობრივი თვალსაზრისით შეიძლება გამოისახოს გაცილებით მეტი სიზუსტით, ვიდრე ეს მანამდე იყო შესაძლებელი. კომპიუტერულ რუკებზე კარტოგრაფიული ნიშნების სიდიდე, ორიენტაცია და ფორმა მეტ შესაბამისობაშია ობიექტებისა და მოვლენების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მაჩვენებლებთან.

კარტოგრაფია ყოველთვის „მიისწრაფოდა“ მოექმნა გრაფიკული ნიშნების ისეთი ახალი კომბინაციები, რომლებიც გამოავლენდა მოვლენების ანალიზის სრულიად ახალ შესაძლებლობებს, ობიექტებსა და მოვლენებს შორის ახალ კანონზომიერებებს. ამ მხრივ, უდიდესია გეოინფორმატიკის მნიშვნელობა, ვინაიდან სწორედ კომპიუტერული მოდელირების მეშვეობით გახდა შესაძლებელი გეოგამოსახულებების სრულიად ახალი სახეების შექმნა, შესაბამისად სხვადასხვა მოდულების

თვისებების გაერთიანება. სწორედ ასეთი ჰიპერგამოსახულებების შექმნით მოხერხდა ინფორმაციის წარმოდგენის, ტრადიციული კარტოგრაფიისათვის „უცხო“, ახალი ფორმების – ხმოვანი სიგნალებისა და ანიმაციის გამოყენება კარტოგრაფიულ გამოსახულებებში. ამით კარტოგრაფიულმა ნაწარმმა გაცილებით მეტი ინფორმაციული „დატვირთვა“ მიიღო.

ყოველივე სემოთქმულიდან კარგად ჩანს, რომ კარტოგრაფიული გამოსახულება (და ნებისმიერი კარტოგრაფიული ნიშანი) არის ინფორმაციის გადაცემის ფორმა, საშუალება. ასე ჩამოყალიბდა ჯერ კიდევ XX საუკუნის 70-იან წლებში კარტოგრაფიის კომუნიკაციური გაგება, რომლის მიხედვითაც კარტოგრაფიის ერთ-ერთი ამოცანაა ინფორმაციის მიღება, შენახვა და გადაცემა. სწორედ ამან განაპირობა კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის მჭიდრო ინტეგრაციული კავშირი. გეოინფორმაციული სისტემების შექმნამ განსაზღვრა კარტოგრაფიის კომუნიკაციური შეხედულების ფართო პოპულარიზაცია. ამიერიდან რუკა გახდა პირობით ნიშნებში კოდირებული სივრცითი ინფორმაციის გადაცემის ტექნიკური არხი, რომელიც მკითხველს აწვდის იმავე მოცულობის ინფორმაციას, რაც გამოყენებული იყო თვით რუკის შესადგენად [ლიპარტელიანი, 1991].

ამრიგად, კარტოგრაფია, როგორც სემიოტიკური ისე კომუნიკაციური გაგებით, მჭიდროდ უკავშირდება გეოინფორმატიკას: ერთი მხრივ, გეოინფორმატიკამ კიდევ უფრო გააფართოვა კარტოგრაფიული ინფორმაციის გამოსახვისა და აღქმის შესაძლებლობები, მეორე მხრივ, იგი ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის უნიკალური საშუალებაა. გეოინფორმატიკა, მსგავსად კარტოგრაფიისა, „მიისწრაფვის“ შექმნას ახალი კარტოგრაფიული ნიშნები, უფრო სრულყოფილი გახადოს ისინი. ამასთან, იკვლევს ინფორმაციის გადაცემის პროცესში მისი გარკვეული ნაწილის დანაკარგის შემცირების საკითხებს.

დიდი ხანია სამეცნიერო ლიტერატურაში მიმდინარეობს მსჯელობა უნიფიცირებული კარტოგრაფიული სისტემის შექმნის შესახებ. ასეთ სისტემას არა მარტო თეორიული, არამედ უდიდესი გამოყენებითი მნიშვნელობაც აქვს, ვინაიდან კარტოგრაფიული ნაწარმით (და შესაბამისად კარტოგრაფიულ

ნიშანთა სისტემით) სარგებლობენ არა მარტო გეოგრაფები, არამედ სხვადასხვა დარგის სპეციალისტებიც. ერთიანი სისტემის შემუშავება კი კიდევ უფრო გაზრდის კარტოგრაფიის პრაქტიკულ ღირებულებას. კომპიუტერიზაციისა და ტელეკომუნიკაციური ქსელების განვითარების თანამედროვე დონე სახვითი საშუალებების უნიფიკაციის გაცილებით ფართო შესაძლებლობებს იძლევა. მართალია, უკვე შემუშავებულია (ზოგიერთი დარგობრივი) ერთიანი ნიშნობრივი სისტემა, მაგრამ კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანა არის ერთიანი მთლიანი უნიფიცირებული სახვითი საშუალებების სისტემის შემუშავება.

ინფორმატიკამ განსაკუთრებული გამოყენება პოვა თემატურ კარტოგრაფიაში. ეს განპირობებულია ორი ფაქტორით: 1. რუკების თემატიკა იმდენად ყოვლისმომცველი და განუსაზღვრელია, რომ შეუძლებელია თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე ოპერატიულად შეიქმნას საჭირო შინაარსის რუკა. 2. რუკაზე გეოგრაფიული სინამდვილის ობიექტურად და რეალურად გამოსახვა საჭიროებს კოლოსალური რაოდენობის ინფორმაციას საგნებისა და მოვლენების სივრცე-დროითი ცვალებადობის შესახებ. ამ ინფორმაციას კი მოპოვება, სისტემატიზაცია, დამუშავება და მოდელირება ესაჭიროება. რუკების შედგენა ადრე ხელით ხდებოდა, რაც საკმაოდ შრომატევადი და ხანგრძლივი სამუშაოა. ამიტომ ასე შექმნილი რუკები კარგავენ პრაქტიკულ ღირებულებასა და ოპერატიულობას. ამ მხრივ დიდი უპირატესობა აქვს კომპიუტერულ რუკებს.

კარტოგრაფიასა და გეოინფორმატიკას შორის მჭიდრო ურთიერთკავშირი პრაქტიკულად განხორციელდა გეოინფორმაციული სისტემების მეშვეობით, რომლის საფუძველია მონაცემთა ბანკი, ავტომატიზებული კარტოგრაფიული სისტემა (აკს), ლიტერატურული, სტატისტიკური, აერო- და კოსმოსური სურათები. გის-ებმა საკმაოდ ფართო გამოყენება პოვა კარტოგრაფიაში. სწორედ მისი მეშვეობით განხორციელდა რუკათშედგენის ავტომატიზაცია და რუკების სერიული დამზადება.

კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის ინტეგრაციის შედეგად ჩამოყალიბდა კარტოგრაფიის ახალი მიმართულებები:

გეოინფორმაციული და ოპერატიული კარტოგრაფია, გეო-იკონიკა, ტელეკომუნიკაციური კარტოგრაფია და სხვ. გეოინფორმაციული კარტოგრაფია ახალი მაგისტრალური მიმართულებაა, რომელიც მოიცავს კარტოგრაფიის ანალიზურ, სინთეზურ, კომპლექსურ მხარეებს. ტრადიციული კარტოგრაფიისაგან განსხვავდებით, აქ გეოინფორმაციული სისტემების, მონაცემთა ბაზებისა და ბანკების მეშვეობით ერმანეთთან არის დაკავშირებული რუკის შედგენა და გამოყენება. ამაზე მეტყველებს ის ფაქტიც, რომ გის-ების საფუძველზე შედგენილი რუკების უმეტესობას (დაახლოებით 80%-ს) აქვს გამოყენებითი, პრაქტიკული დანიშნულება – მიზნობრივი, შეფასებითი, რეკომენდაციული და პროგნოზული.

ამრიგად, პირველად კარტოგრაფიის ისტორიის მანძილზე, შესაძლებელი გახდა კარტოგრაფირებადი შინაარსის დინამიკის ასახვა დროის რეალურ მასშტაბში. ამ მხრივ, განსაკუთრებით საინტერესოა მომენტალური რუკების შედგენა. ამან განაპირობა ახალი მიმართულების – ოპერატიული კარტოგრაფიის ჩამოყალიბება. ტელეკომუნიკაციური კარტოგრაფია შეისწავლის გეოინფორმაციულ სივრცეს. მისი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა დისტანციური კავშირების მეშვეობით გააერცელოს და გამოიყენოს რუკები კომპიუტერულ ქსელში.

1.4. კარტოგრაფია, დისტანციური ზონდირება

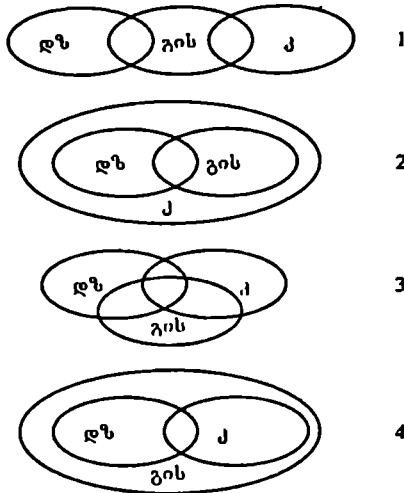
და გეოინფორმატიკა

CARTOGRAPHY, REMOTE SENSING AND GEOINFORMATICS

კარტოგრაფია, დისტანციური ზონდირება და გეოინფორმატიკა მჭიდრო ინტეგრაციულ კავშირშია, რაც კვლევის საერთო ობიექტითაა განპირობებული. კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის მსგავსად, დისტანციური ზონდირებაც არის მეცნიერული დისციპლინა, ტექნოლოგია და წარმოება. სწორედ აქედან გამომდინარე მიმდინარეობს კარტოგრაფიის, დისტანციური ზონდირებისა და გეოინფორმატიკის ინტეგრაცია, ე.ი. იმ დარგებისა, რომლებიც სტრუქტურით ახლოს არიან ერთმანეთთან.

კარტოგრაფიის, დისტანციური ზონდირებისა და გეოინფორმატიკის ინტეგრაციის ოთხი ალტერნატიული მოდელი [Берлянт, 1997] არსებობს (ნახ. 1.4):

1. ხაზობრივი მოდელი. იგი ეყრდნობა მოსაზრებას, რომ დისტანციური ზონდირება უპირველესად დაკავშირებულია გის-ებთან, ხოლო ამ უკანასკნელის მეშვეობით – კარტოგრაფიასთან. ეს მოდელი ეფუძნება იმ გარემოებას, რომ დისტანციური ზონდირებით მიღებული შედეგები გადამუშავდება გის-ების მეშვეობით. ეს უკანასკნელი კი განსაზღვრავს მის კავშირს კარტოგრაფიასთან.
2. კარტოგრაფიის დომინირების მოდელი. დისტანციური ზონდირება და გეოინფორმაციული სისტემა ურთიერთგადამკვეთი ქვესისტემების სახით შედიან ყოვლისმომცველ კარტოგრაფიულ სისტემაში. ამ მოდელის წარმოქმნა უპირველესად განპირობებულია იმით, რომ დისტანციური ზონდირებისა და გის-ების საბოლოო პროდუქტია კარტოგრაფიული გამოსახულება – რუკა.
3. გის-ების დომინირების მოდელი გამოხატავს შეხედულებას იმის შესახებ, რომ კარტოგრაფია და დისტანციური ზონდირება ურთიერთგადამკვეთი ქვესისტემების სახით შედიან გის-ების სისტემაში. ეს მოდელი უკანასკნელ პერიოდში ადამიანთა საზოგადოების სხვადასხვა სფეროში გის-ების ფართო გავრცელებისა და მნიშვნელობის ზრდის შედეგია.
4. სამმაგი ურთიერთკავშირის მოდელი, სადაც კარტოგრაფია, დისტანციური ზონდირება და გეოინფორმატიკა ურთიერთგადამკვეთი სისტემებია. იგი მიჩნეულია ყველაზე რეალურ მოდელად, სადაც არცერთი ეს სფერო არ დომინანტობს. სწორედ ეს უკანასკნელი მოდელი საუკეთესოდ ხსნის კარტოგრაფიის, გეოინფორმატიკისა და დისტანციური ზონდირების მჭიდრო ინტეგრაციას. ეს ინტეგრაცია ასახვას პოულობს კონცეფციების, მეთოდების, ტექნოლოგიების, მეცნიერული კვლევების ჩამოყალიბებასა და პრაქტიკულ საქმიანობაში. სწორედ ეს ინტეგრაცია არის კარტოგრაფიის ისეთი ახალი მიმართულებების ჩამოყალიბების საფუძველი, როგორიცაა გეოინფორმაციული კარტოგრაფია, გეომატიკა და გეოიკონიკა. თუმცა ბოლო პერიოდში დისტანციური



ნახ. 1.4. კარტოგრაფიის, დისტანციური ზონდირებისა და გეოინფორმატიკის ინტეგრაციის ოთხი მოდელი.

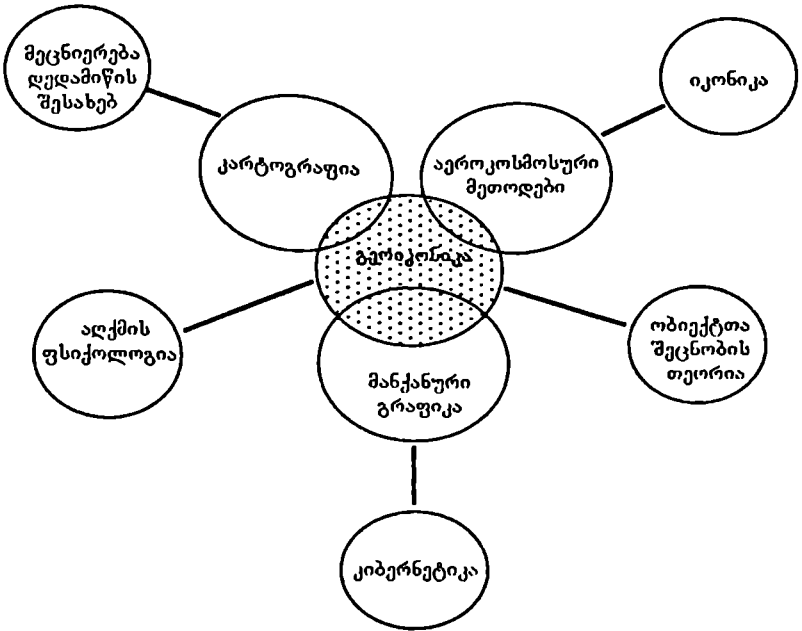
ზონდირება და გეოინფორმატიკა დამოუკიდებლად განიხილებოდა. არ იყო მკაფიოდ განსაზღვრული, თუ რა კავშირი შეიძლება იყოს აეროსურათს, რუკასა და გეოინფორმაციულ სისტემას შორის. ამჟამად კი განსაკუთრებით აქტუალურია საკითხი დისტანციური ზონდირებისა და გის-ების ინტეგრაციის შესახებ. ამიტომ იქმნება ისეთი სისტემები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელი ხდება ტექნოლოგიური თვალსაზრისით მათი ურთიერთდაკავშირება. ამ ინტეგრაციის შედეგია ინტეგრალური გის-ების (IGIS – Integrated GIS) შექმნა, რომლებიც გამიზნულია სხვადასხვა სახის კვლევის, რესურსული ანალიზისა და ტერიტორიის მართვისათვის. დისტანციური ზონდირების მონაცემები გის-თვის საბაზოს წარმოადგენს. განსაკუთრებით ხელსაყრელია მისი გამოყენება ოპერატიული რუკების შედგენისას. ამიტომ გის-ები კიდევ უფრო გამდიდრდა და გაიზარდა მისი გამოყენების სფერო.

1.5. გეოიკონიკა GEOICONICS

კარტოგრაფიის, დისტანციური ზონდირებისა და მანქანური გრაფიკის ინტეგრაციის შედეგად XX საუკუნის 80-იან წლებში ჩამოყალიბდა მეცნიერების ახალი მიმართულება – გეოიკონიკა. იგი არის ცოდნის სინთეზური დარგი, რომელიც შეისწავლის გეოგამოსახულებების ზოგად თვისებებს, მათი შედგენის, გარდაქმნისა და შინაარსობრივი ინტერპრეტაციის მეთოდებს [Берлянт, 1996]. ამასთან, გეოიკონიკა განიხილება არა როგორც კარტოგრაფიის, აეროკოსმოსური მეთოდებისა და მანქანური გრაფიკის მოსაზღვრე მეცნიერება, არამედ როგორც მათი ურთიერთდამაკავშირებელი დისციპლინა. ე.ი. გეოიკონიკა აკავშირებს მეცნიერების იმ სამ მიმართულებას, რომლებიც გარკვეული კუთხით შეისწავლიან გეოგამოსახულებებს. ამავდროულად გეოიკონიკა იყენებს იმ მეცნიერებების (იკონიკის, კიბერნეტიკის, აღქმის ფსიქოლოგიის) მიღწევებს, რომლებიც ფლობენ გამოსახულებების ანალიზისა და დამუშავების შესახებ დიდ ინფორმაციას (ნახ. 1.5). ცხადია, გეოიკონიკის კვლევის სფეროში არ ექცევა რუკების გამოყენება და კარტოგრაფიული სემიოტიკა, დეშიფრირება და ფოტოგრამმეტრია.

გეოიკონიკა, როგორც მეცნიერული დისციპლინა, ჩამოყალიბების პროცესშია, ამიტომ მისი დეფინიცია და არსი ჯერჯერობით სრულყოფილად გააზრებული არ არის, ე.ი. უფრო მეტად ლაპარაკია ახალი მეცნიერული მიმართულებების პროექტზე. გეოიკონიკის საფუძველი უნდა იყოს ბუნებრივი და სოციალურ-ეკონომიკური გეოსისტემების გრაფიკული ნიმუშების ფორმირების სპეციფიკის გახსნა – გაგება. ამიტომ გეოგამოსახულებების თეორია ყველაზე მეტად უნდა ეფუძნებოდეს გეოგრაფიული კარტოგრაფიის თეორიას, ვინაიდან სწორედ კარტოგრაფიამ ყველაზე უკეთ განავითარა შეხედულება გეოგამოსახულებებზე, მათ თვისებებზე, ურთიერთკავშირის გამოსახვაზე და ა.შ.

ამჟამად გეოიკონიკის სამი მიმართულება გამოიკვეთა: გეოგამოსახულებების თეორია; გეოგამოსახულებების დამუშავებისა და შემეცნების მეთოდთა და გეოგამოსახულებების ინტერპრეტაცია [Берлянт, 1996].



ნახ. 15. გეოინფორმატიკა სამეცნიერო დისციპლინათა სისტემაში (ა. ბურღიანტის მიხედვით).

გეოგამოსახულებების თეორიის საფუძველზე ხდება:

- გეოგამოსახულებების ინფორმაციულობის პრინციპების შეფასება.
- გეოგამოსახულებების სივრცითი, დროითი და თემატური შესაბამისობის კვლევა.
გრაფიკული ნიმუშების კლასიფიკაცია, სხვადასხვა ბუნებრივი და სოციალურ-ეკონომიკური მოვლენებისა და პროცესების გრაფიკული ნიმუშებისა და კატალოგების შედგენა.
- გეოგამოსახულებების გენერალიზაციის საერთო პრობლემების შესწავლა.
- სხვა მეცნიერებებთან მოსაზღვრე პრობლემების კვლევა.

გეოგამოსახულებების დამუშავებისა და შემეცნების მეთოდო-
ლოგია გულისხმობს:

- რაოდენობრივი მაჩვენებლების ანალიზის მეთოდების შემუშავებას.

გეოგამოსახულებების სრულყოფის მეთოდებისა და ხერ-
ხების შემუშავებას, მათ კლასიფიკაციას, ფილტრაციას,
მოგლუვებას და სხვ.

გეოგამოსახულებების ციფრულ ტექნოლოგიას.

გრაფიკული გამოსახულებების შემეცნების მეთოდების, ალ-
გორითმებისა და პროგრამების შემუშავებას ავტომატურ
და ინტერაქტიულ რეჟიმში.

გეოგამოსახულებების ინტერპრეტაცია გამოყენებითი გეო-
იკონიკის ნაწილია, რომელიც იკვლევს გეოგამოსახულებებსა
და წარმოებულ მოდელებს. იგი შეისწავლის ბუნებრივი, ან-
თროპოგენური და ბუნებრივ – ანთროპოგენური გეოსისტემე-
ბის გრაფიკული ნიმუშების გამოსახვის ნიმუშებს.

გეოგამოსახულებების შესწავლას განსაკუთრებული მნიშე-
ნელობა აქვს გეოინფორმაციული სისტემებისათვის, ვინაიდან
სწორედ გეოგამოსახულება ქმნის გის-ების ინფორმაციულ
ბაზას და ამავდროულად წარმოადგენს მისი ფუნქციონირე-
ბის საბოლოო პროდუქტს. ამიტომ გეოიკონიკა დამოკიდებუ-
ლია გეოინფორმატიკის განვითარებაზე და, ალბათ, ამ განვი-
თარების ერთ-ერთი პირობაცაა.

1.6. კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის სამი ასპექტი ***THREE ASPECTS OF CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS***

კარტოგრაფია წარმოდგენილია სამი ასპექტით: როგორც
მეცნიერება, ტექნიკა და წარმოება. ანალოგიურად შეიძლება
ითქვას გეოინფორმატიკაზეც. დღეს გეოინფორმატიკა არის
სისტემა, რომელიც მოიცავს მეცნიერებას, ტექნიკასა და წარ-
მოებას. ეს ჩვეულებრივია სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრე-
სის განვითარების თანამედროვე დონეზე, როცა მიმდინარე-
ობს მეცნიერებისა და წარმოების დაახლოება.

კარტოგრაფია და გეოინფორმატიკა როგორც მეცნიერება. კ. სალიშჩივი კარტოგრაფიას განმარტავდა როგორც მეცნიერებას ბუნებისა და საზოგადოების მოვლენათა ასახვის, მათი განლაგების, თვისებების, ურთიერთკავშირისა და დროითი ცვალებადობის შესახებ [Салищев, 1982]. ამ მოვლენების ასახვისათვის კარტოგრაფია იყენებს რუკებსა და სხვა კარტოგრაფიულ მოდელებს. ამრიგად, აღნიშნული განმარტების თანახმად, კარტოგრაფიის კვლევის სფეროში ჩართულია ცის თაღის რუკები, გლობუსები, რელიეფური მოდელები [ჩეკურიშვილი, გორდეზიანი, ბექურაიძე, 1993].

ცხადია, კარტოგრაფია ახდენს ბუნებისა და საზოგადოების მოვლენებისა და პროცესების ასახვასა და მათ შემეცნებას. იგი ასახავს კარტოგრაფიერებადი მოვლენების შინაარსობრივ ასპექტებს, მაგრამ ეს უკანასკნელი მისი კვლევის სფეროში არ შედის და არც შეიძლება შედიოდეს.

კარტოგრაფიის კვლევის საგანია სივრცული ურთიერთობანი დროის განსაზღვრულ მომენტში ათვლის სივრცულ სისტემასა და სინამდვილის სხვადასხვა ობიექტს შორის [ასლანიკაშვილი, 1968].

კარტოგრაფიის როგორც მეცნიერების ანალოგიურად ჩამოყალიბდა გეოინფორმატიკის სამეცნიერო-შემეცნებითი მიდგომა. გეოინფორმატიკა სამეცნიერო დისციპლინაა, რომელიც კომპიუტერული მოდელების მეშვეობით, მონაცემთა ბაზებისა და ცოდნის ბაზების საფუძველზე შეისწავლის ბუნებრივ და სოციალურ-ეკონომიკურ გეოსისტემებს, მათ სტრუქტურას, კავშირებს, დინამიკას, ფუნქციონირებას დროსა და სივრცეში. გეოინფორმაციული სისტემა კი წარმოადგენს გეოსისტემების მოდელირებისა და შემეცნების საშუალებას [ა. ბერლიანტი].

კარტოგრაფია და გეოინფორმატიკა როგორც მეთოდი. კარტოგრაფია მიჩნეულია მეთოდოლოგიურ საფუძველად მეცნიერების იმ დარგებისათვის, რომლებიც დასაქმებულია სივრცულ-დროითი თავისებურებების კვლევით. ამიტომ კარტოგრაფია მეთოდის სახით არის წარმოდგენილი მეცნიერების ამ დარგებში. ზოგიერთ შემთხვევაში კარტოგრაფია განხილულია როგორც მეთოდი, რაც მისი გამოყენებითი მნიშვნელობიდან გამომდინარეობს [გორდეზიანი, 2000].

გეოგრაფიული კარტოგრაფია წარმოადგენს გეოგრაფიის არა შემადგენელ ნაწილს, არამედ მისი სისტემური ერთიანობის საფუძველს. მართალია, კარტოგრაფია წარმოდგენილია გეოგრაფიული ობიექტების შინაარსობრივი (საგნობრივი) ასპექტებით, მაგრამ გეოგრაფიაში კარტოგრაფია მხოლოდ მეთოდია და მის ინტეგრაციას ემსახურება [ჩეკურიშვილი, გორდეზიანი, ბექურაძე, 1993].

აღნიშნულის ანალოგიურად ჩამოყალიბდა გეოინფორმატიკის ტექნოლოგიური მიდგომა. გეოინფორმატიკა არის სივრცით-კოორდინირებული ინფორმაციის მოპოვების, შენახვის, გარდაქმნის, გამოსახვისა და გავრცელების ტექნოლოგია, რომლის მიზანია უზრუნველყოს ინვენტარიზაციის ამოცანების გადაჭრა და გეოსისტემების მართვა. ინფორმაციის დაგროვების, ანალიზისა და გადაწყვეტილების მიღების პროცესში გეოინფორმაციული სისტემა ტექნიკური საშუალებაა [ა. ბერლიანტი].

კარტოგრაფია და გეოინფორმატიკა როგორც წარმოება. რუკების შექმნა რთული პროცესია. იგი მოითხოვს კარგ ტექნიკურ აღჭურვილობას რუკათა შექმნის თითოეულ ეტაპზე. ამიტომ კარტოგრაფიაში ჩამოყალიბდა კიდევ ცალკეული მიმართულებები: რუკათმცოდნეობა, მათემატიკური კარტოგრაფია-კარტომეტრია, კარტოგრაფია. კარტოგრაფია განხილულია როგორც წარმოების დარგი, რომელიც უშვებს პროდუქციას – რუკებს, ატლასებს, გლობუსებს და აშ.

კარტოგრაფიის პარალელურად არსებობს გეოინფორმატიკის წარმოებრივი მიდგომა, რომლის მიზანია აპარატული საშუალებებისა და პროგრამული პროდუქტების დამზადება; მათ შორის მონაცემთა ბაზებისა და ბანკების, მართვის სისტემების, სხვადასხვა დანიშნულებისა და პრობლემური ორიენტაციის სტანდარტული (კომერციული) გისების შექმნა. მაგალითად, გისის პროგრამული გარსი, რომელიც გეოინფორმაციული ტექნოლოგიების რეალიზაციას ახდენს [ა. ბერლიანტი].

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, ჩამოყალიბდა გეოინფორმატიკის სამი სამეცნიერო მიმართულება:

- გეოინფორმატიკის თეორია (გეოსისტემების კომპლექსური მოდელირება).

გეოინფორმატიკის ტექნოლოგია.

გის-ტექნოლოგიების დანერგვა სხვადასხვა ინფორმაციულ გარემოში.

1.7. გეოინფორმატიკული კონცეფცია

კარტოგრაფიის თეორიაში

GEOINFORMATICAL CONCEPTION IN THEORY OF CARTOGRAPHY

კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის ინტეგრაციამ საფუძველი ჩაუყარა ახალ თეორიულ კონცეფციებსა და შეხედულებებს. ცნობილია, რომ მეცნიერული კონცეფციები არა მარტო განაზოგადებენ და აფიქსირებენ ძველ მიღწევებს, თანამედროვე ცნობებს, მეცნიერების განვითარების ტენდენციებს, არამედ გარკვეულწილად განსაზღვრავენ მეცნიერების შემდგომ ევოლუციასა და მომავალ პერსპექტივებს. ახალი ფაქტობრივი მასალების დაგროვებასა და ტექნოლოგიების დანერგვას თან მოსდევს შედარებით უფრო სრულყოფილი კონცეფციების შემუშავება, ან სრულიად ახალის წარმოქმნა. ახალი მეცნიერული თეორიების წარმოქმნა ყოველთვის იყო დამახასიათებელი კარტოგრაფიისათვის. ეს პროცესი დღესაც მიმდინარეობს.

XX საუკუნის 40-60-იან წლებში კარტოგრაფიაში გაბატონებული იყო მოდელურ-შემეცნებითი კონცეფცია. იგი უმეტესად ეყრდნობოდა ნ. ბარანსკისა და კ. სალიშჩევის მიერ დამუშავებულ რუკათმცოდნეობის თეორიას. ამ კონცეფციის მიხედვით, კარტოგრაფია არის მეცნიერება სინამდვილის შემეცნების შესახებ (კარტოგრაფიული მოდელირების მეშვეობით), ხოლო რუკა – სინამდვილის ნიშნობრივი მოდელი. 1940-იან წლებამდე განვითარებული იყო თემატური, 40-50-იან წლებში კი ანალიზური კარტოგრაფია. შემდგომ იწყება ე.წ. „შეუღლეზული“ კარტოგრაფიის განვითარება, რომელიც წარმოადგენს დამაკავშირებელ რგოლს ანალიზურ და სინთეზურ კარტოგრაფიას შორის.

ინფორმაციული იდეებისა და კომპიუტერული ტექნიკის დანერგვის შესაბამისად, XX საუკუნის 60-70-იან წლებში ჩამო-

ყალიბდა კარტოგრაფიის კომუნიკაციური კონცეფცია [ი. პრადა]. მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში (ავსტრია, ჩეხოსლოვაკია, აშშ, ინგლისი, პოლონეთი) კარტოგრაფიას განიხილავენ ინფორმატიკის დარგად, რომლის მიზანია შინაარსში ჩაუწვდომლად ინფორმაციის მიღება, გარდაქმნა და გადაცემა [ლიპარტელიანი, 1991]. კარტოგრაფიის საგნად კი მიიჩნევენ ინფორმაციის გადაცემის კარტოგრაფიულ ფორმას [Ночаров, 1966]. აქედან გამომდინარე, მოხდა კარტოგრაფიის ერთგვარი „ჩამოცილება“ დედა მეცნიერებისაგან – გეოგრაფიისაგან. ეს, ცხადია, განპირობებული იყო მათემატიკური აპარატის, კომპიუტერული ტექნიკისა და კარტოგრაფირების ავტომატიზაციის შესაძლებლობების გაფართოებით.

კომუნიკაციური კონცეფცია კარტოგრაფიას განსაზღვრავს, როგორც მეცნიერებას სივრცითი ინფორმაციის გადაცემის საშუალების შესახებ, როგორც ინფორმატიკის თავისებურ დარგს, ხოლო რუკას განიხილავს რუკის შემქმნელსა და მომხმარებელს შორის ინფორმაციის გაცვლის არხად, კომუნიკაციის საშუალებად. განსაკუთრებული ყურადღების ცენტრში ექცევა კარტოგრაფიული ნიშნების სრულყოფის, ინფორმაციის ეფექტური გადაცემის, კარტოგრაფიული ინფორმაციის აღქმის თავისებურებების საკითხები, აგრეთვე, იმ გრაფიკული და ტექნიკური საშუალებების ძიება, რომელიც შეამცირებს გადაცემის პროცესში ინფორმაციის დაკარგვის შესაძლებლობას [ლიპარტელიანი, 1991]. აქედან გამომდინარე, გაიზარდა კარტოგრაფიის კავშირი სხვა მეცნიერებებთან: ინფორმატიკასთან, ინფორმაციის თეორიასთან, სემიოტიკასთან და სხვ. გაჩნდა მრავალი ახალი მეცნიერული მიმართულება: კარტოგრაფიული სემიოტიკა, კარტოგრაფიული ინფორმატიკა, რუკათა აღქმის ფსიქოფიზიკური კვლევა, მათემატიკურ-კარტოგრაფიული მოდელირება და სხვ.

მოდელურ-შემეცნებითი და კომუნიკაციური კონცეფციები საკმაოდ დიდი ხნის მანძილზე რჩებოდა ორ პოლუსად, თუმცა XX საუკუნის 70-იანი წლების დამლევებიდან შეიმჩნევა კარტოგრაფიის კომუნიკაციური კონცეფციის შემობრუნება შემეცნებითი გაგებისაკენ, მაგრამ არა კომუნიკაციურის უარყოფით, არამედ რუკის შემეცნებითი მნიშვნელობის აღიარების

გზით [ლიპარტელიანი, 1991]. ჩამოყალიბდა ორიგინალური კონცეფციები. მაგალითად:

- ❖ მეტაკარტოგრაფიის კონცეფცია, რომელიც ასახეის ფილოსოფიური მეთოდების ლოგიკურ-მეთოდოლოგიური პრინციპების საფუძველზე კარტოგრაფიის ამოცანად მიიჩნევს კარტოგრაფიის თეორიის შემუშავებას (Асланикашвили, 1974);
- ❖ კარტოლოგიის კონცეფცია, რომელიც გულისხმობს რუკის მეშვეობით ინფორმაციის გადაცემის პროცესს [Ратайский, 1983].

XX საუკუნის 80-იან წლებში შეიმჩნევა ძირითადი თეორიული კონცეფციების კონვერგენცია, რაც თანდათანობით მათს ინტეგრაციაში გადავიდა. ეს სამი ფაქტორით აიხსნება [Берлянт, 1992]:

1. ტექნიკური პროგრესით (გეოინფორმაციული სისტემების განვითარება, კომუნიკაციების ზრდა).
2. თეორიულ დისკუსიებში გამოიკვეთა ორი მნიშვნელოვანი აზრი: შემეცნებითი კონცეფციის მიმდევრებმა კარტოგრაფიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანად და ფუნქციად მიიჩნიეს ინფორმაციის გადაცემა, ხოლო კომუნიკაციური კონცეფციის მიმდევრებმა კი გაიზიარეს აზრი რუკის, როგორც მსოფლიოს შემეცნების მოდელისა და საშუალების შესახებ.
3. უკან დაიხია ისეთმა იდეოლოგიურმა დოგმებმა, რომლებიც უარყოფდნენ რაციონალურ „მარცვალს“ ახალ კონცეფციაში.

მოდელურ-შემეცნებითი, კომუნიკაციური და ენობრივი კონცეფციების დაახლოებას ხელი შეუწყო გეოინფორმატიკის განვითარებამ. ჩამოყალიბდა ახალი კონცეფცია – გეოინფორმაციული კარტოგრაფია. მისი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ იგი ეყრდნობა რა ციფრული ინფორმაციისა და გეოგრაფიული ცოდნის ბაზებს, აერთიანებს ინფორმაციულ (მონაცემთა ბაზები) და შემეცნებით (ცოდნის ბაზები) მიდგომებს.

გეოინფორმაციული კონცეფციის ძირითადი დებულებებია: კარტოგრაფია არის მეცნიერება გეოსისტემების სისტემურ ინფორმაციულ-კარტოგრაფიულ მოდელირებასა და შემეცნებაზე.

რუკა არის სინამდვილის ნიშნობრივი გეოინფორმაციული მოდელი.

თეორიული კვლევების მთავარი მიმართულებებია: გეოინფორმაციული კარტოგრაფიის თეორია და კარტოგრაფიული მოდელირება.

კარტოგრაფიას ძირითადი კავშირები აქვს დედამიწისა და საზოგადოების შემსწავლელ მეცნიერებებთან, ინფორმატიკასთან, სემიოტიკასთან.

გეოინფორმაციული კონცეფციის საფუძველზე ყალიბდება ახალი ცნებები, ტერმინები, დეფინიციები. სწორედ ასე ჩამოყალიბდა კარტოგრაფიის განმარტებაც: კარტოგრაფია არის მეცნიერება გეოსისტემების ინფორმაციულ-კარტოგრაფიული მოდელირებისა და შემეცნების შესახებ, ხოლო რუკა – სინამდვილის ნიშნობრივი მოდელი.

1.8. გეოინფორმაციული კარტოგრაფია GEOINFORMATIONAL CARTOGRAPHY

გეოინფორმაციული კარტოგრაფია (Geoinformational Cartography) არის გეოინფორმატიკისა და კარტოგრაფიის ინტეგრაციის შედეგი. იგი ყალიბდება როგორც საკვანძო დისციპლინა (ან სამეცნიერო მიმართულება) – ავტომატიზებული კარტოგრაფიის, აეროკოსმოსური მეთოდების, სისტემური კარტოგრაფიისა და გეოინფორმაციული სისტემების მიჯნაზე. ამ რთულ სინთეზს გვიჩვენებს სქემატური მოდელი (ნახ. 1.6), სადაც

აკ არის – ავტომატიზებული კარტოგრაფია.

აემ – აეროკოსმოსური მეთოდები.

სკ – სისტემური კარტოგრაფია.

გის – გეოინფორმაციული სისტემა.

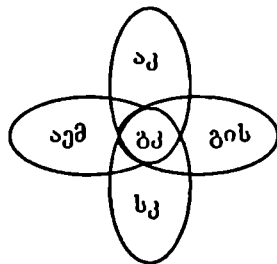
გკ – გეოინფორმაციული კარტოგრაფია.

გეოინფორმაციული კარტოგრაფიის გარდა ყალიბდება ახალი მიმართულებები: კომპიუტერული კარტოგრაფია (CC – Computer Cartography), კოსმოსური კარტოგრაფია (Cosmic Cartography), მათემატიკური კარტოგრაფია (Mathematical Cartography), ოპერატიული კარტოგრაფია (Operative Cartography) და სხვ.

გეოინფორმაციული კარტოგრაფია ახალი მიმართულებაა კარტოგრაფიაში. მის არსს წარმოადგენს ბუნებრივი და სოციალურ-ეკონომიკური გეოსისტემების, გისებისა და გეოგრაფიული ცოდნის ბაზების ავტომატიზებული ინფორმაციულ-კარტოგრაფიული მოდელირება. ამ მიმართულების ჩამოყალიბება განპირობებულია შემდეგი ფაქტორებით:

1. გეოინფორმატიკის როგორც მეცნიერული დისციპლინის ტექნიკისა და წარმოების განვითარებით.
2. ოპერატიული კარტოგრაფიული უზრუნველყოფის პრაქტიკული მოთხოვნებით, რაც საჭიროა მმართველობითი ხასიათის ამოცანების გადაჭრისათვის.
3. კარტოგრაფიაში კომპლექსური რუკათშექმნისა და ავტომატიზებული კარტოგრაფიული სისტემების დანერგვით (რაც გის-ის საფუძველს წარმოადგენს).
4. კარტოგრაფიის თეორიული კონცეფციების ინტეგრაციით, რის საფუძველზეც ჩამოყალიბდა ახალი გეოინფორმაციული კონცეფცია.
5. ახალი სახის რუკების (ელექტრული რუკები, ფოტორუკები, სამ და ოთხგანზომილებიანი კარტოგრაფიული გამოსახულებანი და სხვ.).

ტრადიციული კარტოგრაფია დღეს განიცდის გარდაქმნას, რაც დაკავშირებულია ხელით შექმნილი რუკებიდან ბეჭდვითი ხასიათის რუკებზე გადასვლასთან. გეოინფორმაციული კარტოგრაფია მთლიანად ცვლის რუკების შექმნის ტრადიციულ მეთოდებს. აქედან გამომდინარე, არსებობს იმის საფუძველი, რომ გეოინფორმაციული კარტოგრაფია გადაიქცევა კარტოგრაფიის ახალ, ღერძულ მიმართულებად. იგი მნიშვნელოვან გავლენას მოახდენს მის ტექნოლოგიაზე, მეთოდურ აპარატზე, თეორიულ კონცეფციებზე.



ნახ. 1.6. გეოინფორმაციული კარტოგრაფია (დ. მაგუირის მიხედვით).

- მსგავსად ტრადიციული კარტოგრაფიისა, გეოინფორმაციული კარტოგრაფიაც იყოფა დარგობრივ და კომპლექსურ, ანალიზურ და სინთეზურ დისციპლინებად. განსხვავებულია იგი, აგრეთვე, მასშტაბის, დანიშნულების, სინთეზის ხარისხის მიხედვით. ზოგიერთი ნიშნის მიხედვით გეოინფორმაციული კარტოგრაფია განსხვავდება ტრადიციული კარტოგრაფიისაგან. ეს განსხვავება ელინდება შემდეგში [Берншт, 1997]:
- ❖ ორიენტირებულია კონკრეტულ ამოცანებზე და მას მიზნობრივი, გამოყენებითი ხასიათი აქვს. ეს ყველაზე მნიშვნელოვანი განმასხვავებელი თავისებურებაა;
 - ❖ რუკების სისტემური (სერიული შექმნა);
 - ❖ არის პროგრამულ-მართვადი სისტემა. იგი აიოლებს მრავალ ტრადიციულ პრობლემას, რაც დაკავშირებულია კარტოგრაფიული საფუძვლის შექმნასთან, რუკების დაკაბადონებასთან (ერთი პროექციიდან მეორეზე გადასვლა, მასშტაბის არჩევის ფართო სპექტრი, რუკის ფურცლების ფიქსირებული საზღვრების არარსებობა და სხვ.);
 - ❖ გამოსახულებისა და დიზაინის ახალი საშუალებების არსებობა (მაგალითად, მოციმციმე და დინამიკური ნიშნები, კარტოგრაფიული ანიმაცია და სხვ.);
 - ❖ გენერალიზაციის მეთოდის განსხვავება;
 - ❖ შეფასებითი და პროგნოზული ხასიათის რუკების შექმნა (გისებით შექმნილი რუკების 80% შეფასებითი ან პროგნოზულია, ან გამოსახავს ამა თუ იმ ტერიტორიის დარაიონებას გამოყენებითი თვალსაზრისით);
 - ❖ მიმდინარეობს კარტოგრაფიის ორი ძირითადი მიმართულების – რუკების შექმნისა და გამოყენების დაკავშირება, რაც შესაძლებელია ინტერაქტიულ რეჟიმში. რუკების შექმნა და გამოყენება ერთიან პროცესად იქცა. ხშირად რთულიცაა გაიმიჯნოს ერთმანეთისაგან „საწყისი“ და „წარმოებული“ რუკების შექმნის პროცესები. რუკების შექმნისა და გამოყენების მეთოდების კონვერგენცია განსაკუთრებით მკაფიოდ ელინდება ციფრულ მოდელებში, სადაც საწყისი რუკები (რაიმე მაჩვენებლის – სიმადლის, ექსპოზიციის მიხედვით) ტრანსფორმირდება წარმოებით კარტოგრაფიულ გამოსახულებებში (სიმჭიდროვის, კონცენტ-

რაციის, ექსპოზიციის გრადიენტისა და სხვა სახის რუკებში).

- ❖ რუკათშექმნის ოპერატიულობა, რაც აახლოებს მას რეალურ დროსთან;
- ❖ დისტანციური ზონდირების მეთოდების ფართო გამოყენება;
- ❖ მრავალვარიანტობა, რომელიც საშუალებას იძლევა მოვლენა შეფასდეს მრავალმხრივად და შეირჩეს ალტერნატიული გადაწყვეტილება;
- ❖ მულტიმედიურობა, რის საფუძველზეც ხდება გრაფიკული, ტექსტური და ხმოვანი გამოსახულებების შერწყმა;
- ❖ ატლასები კომპიუტერამდელი ეპოქის გისებია. თვით გისების ზოგადი სტრუქტურა, ციფრული ინფორმაციის ცალკეული ბლოკები და ფენები იმეორებს ატლასის სტრუქტურას. ამიტომ ხშირად გეოინფორმაციულ სისტემას პროტოტიპად აქვს კომპიუტერული ატლასები, ან წარმოადგენენ მის გაფართოებულ ვარიანტს.

1.9. ოპერატიული კარტოგრაფია **OPERATIVE CARTOGRAPHY**

ოპერატიული კარტოგრაფია (Operative Cartography) გულისხმობს რუკების შექმნასა და გამოყენებას რეალურ ან რეალურთან ახლო დროის მასშტაბში მომხმარებლისადმი ინფორმაციის დროულად მიწოდების ან მიმდინარე პროცესებზე შემოქმედების მიზნით. დროის რეალურ მასშტაბად მიჩნეულია რუკის შექმნა-გამოყენების სიჩქარის მახასიათებელი (ტემპი), რომელიც უზრუნველყოფს ინფორმაციის დაუყოვნებლივ გადამუშავებას. ოპერატიული კარტოგრაფიის განვითარებას განსაკუთრებით შეუწყო ხელი გეოინფორმატიკისა და გეოინფორმაციული სისტემების განვითარებამ. ავტომატიკამ შესაძლებელი გახადა ინფორმაციის დამუშავებისა და მისი კარტოგრაფიული გამოსახვის პრაქტიკულად ერთდროული შესრულება [Берлянт, 1985].

ოპერატიული რუკების დანიშნულება საკმაოდ ფართო სპექტრს მოიცავს. ესენია: ობიექტების ინვენტარიზაცია, ბუნებრივ სტი-

ქიურ მოვლენათა პროგნოზი და კონტროლი, მათი განვითარებისადმი თვალყურის მიდევნება, რეკომენდაციების შემუშავება და სხვ.

განასხვავებენ ოპერატიული რუკების ორ ტიპს:

1. რუკები, რომლებიც გამოზნულია გრძელვადიანი გამოყენებისა და ანალიზისათვის.
2. რუკები მოკლევადიანი გამოყენებისათვის. მაგალითად, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის ან ფენოლოგიური მდგომარეობის რუკები.

ოპერატიული კარტოგრაფიისათვის საწყისი მონაცემებია: აეროსურათები, უშუალო დაკვირვებები და გაზომვები, სტაციონარული, ნახევრადსტაციონარული, საექსპედიციო მონაცემები, მოსახლეობის აღწერების, რეფერენდუმების შედეგები, საკადასტრო ინფორმაციები.

ოპერატიული კარტოგრაფირების ეფექტურობა განისაზღვრება ორი ფაქტორით:

1. ავტომატიზებული სისტემის საიმედოობით, რაც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია მონაცემების შეყვანისა და დამუშავების სიჩქარეზე, პერსონალური კომპიუტერის სწრაფ მოქმედებაზე.
2. ოპერატიული რუკების კარგი კითხვადობით, რუკის ნიშნობრივი სტრუქტურისა და ლეგენდის ადეკვატური შერჩევით. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს, ვინაიდან იგი განსაზღვრავს აღქმის შესაძლებლობას ოპერატიული ანალიზის დროს.

1.10. დინამიკური კარტოგრაფია **DYNAMICAL CARTOGRAPHY**

დინამიკის რუკებზე გამოსახულია მოვლენისა თუ პროცესის განვითარება დროსა და სივრცეში. ამისათვის ტრადიციულ კარტოგრაფიაში არსებობს სამი ძირითადი ხერხი:

1. დინამიკის გამოსახვა მოძრაობის ხაზებით ერთ რუკაზე, სადაც მოცემულია „მზარდი“ ნიშნები, ლოკალიზებული დიაგრამები (რომლებიც უჩვენებენ მოვლენის დინამიკას პუნქტში), არეალები და მოვლენის ცვლილების სიჩქარის იზოხაზები.

2. დინამიკის ჩვენებას სხვადასხვა დროის რუკების, სურათების, ფოტორუკების, ბლოკდიაგრამებისა და სხვათა მეშვეობით, რომლებიც აფიქსირებენ დროის სხვადასხვა მომენტის მდგომარეობას.
3. მოვლენის მდგომარეობის ცვლილების რუკის შედგენა, როცა გამოსახულია არა თვით დინამიკა, არამედ მხოლოდ ცვლილების შედეგი. მაგალითად, ცვლილების არეალები.

ბოლო ხანებში სულ უფრო აუცილებელი გახდა არა მარტო მოვლენის სტრუქტურის, არამედ თვით იმ პროცესის არსის შემეცნება, რომელიც მიმდინარეობს დედამიწის ქერქში, ატმოსფეროში, ჰიდროსფეროსა და ბიოსფეროში. ამ საკითხების გადაჭრა კი გეოინფორმაციული სისტემების გარეშე თითქმის წარმოუდგენელიც კია. ტრადიციულ კარტოგრაფიაში არსებული დინამიკის ასახვის ხერხების გარდა, გეოინფორმატიკაში გამოიყენება ასახვის ისეთი ახალი საშუალებებიც, როგორიცაა ანიმაცია, რამაც საგრძნობლად გააფართოვა გეოსისტემების დინამიკის გამოსახვის საშუალებები. ამრიგად, დინამიკური კარტოგრაფია შეისწავლის ანიმაციური, მოძრავი კარტოგრაფიული გამოსახულებების შექმნისა და დამუშავების მეთოდებს.

ნაწილი 2

გეოინფორმაციული სისტემები

PART 2. GEOINFORMATION SYSTEMS

2.1. გეოინფორმაციული სისტემების განვითარების ისტორია THE HISTORY OF GIS

გეოინფორმაციული სისტემების განვითარების ისტორია ხანგრძლივ დროს არ მოიცავს და მხოლოდ რამდენიმე ათეულ წელს ითვლის. მიუხედავად ამისა, იგი საკმაოდ სწრაფად ვითარდება. გის-ების განვითარებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტექნიკური (hardware) და პროგრამული (software) უზრუნველყოფა. კომპიუტერული ტექნიკისა და პროგრამული პროდუქტების განვითარების დონე პირდაპირ ასახვას პოულობდა თვით გის-ების განვითარებაზე. ამასთან, გეოინფორმაციული სისტემების ევოლუცია უშუალოდ კავშირშია კარტოგრაფიის, კომპიუტერული მეცნიერების, დისტანციური ზონდირების, გეოგრაფიული კვლევების, მათემატიკის, სტატისტიკის მიღწევებთან.

პირველი გის-ები შემუშავდა XX საუკუნის 60-იან წლებში სამოქალაქო სექტორში [Блинова, 1997], ხოლო მისი ფორმირების ძირითადი ასპექტები ჩამოყალიბდა 60-80-იან წლებში, როცა შეიქმნა სხვადასხვა სახის პროგრამული პროდუქტები. გამოყენებულ იქნა რესურსული რუკების ინტეგრაციის მეთოდი, რომლის მიხედვითაც რუკების გამჭვირვალე ასლებს ალაგებდნენ ერთმანეთზე და თვალყურს ადევნებენ საზღვრების თანხვედრას. ამ მეთოდის ყველაზე ცნობილი ვარიანტი შექმნა ამერიკელმა მეცნიერმა, ლანდშაფტების არქიტექტორმა იან მაკ-ჰარგმა.

1963 წელს ჰოვარდ თ. ფიშერმა, პროფესიით არტიტექტორმა, დააარსა კომპიუტერული გრაფიკის ლაბორატორია (Computer Mapping System, 1965 წლიდან მას შეუერთდა ორგანიზაცია Spatial Analysis – სიერცითი ანალიზი) და შექმნა კარტოგრაფიული სისტემა – პროგრამა SYMAP. ეს პროგრამა საშუალებას იძლეოდა სტატისტიკური ინფორმაციის საფუძველზე შედ-

გენილიყო რუკა და გრაფიკული პრინტერის მეშვეობით გამო-
ბეჭდილიყო მისი შავ-თეთრი ვარიანტი. პროგრამის მეშვე-
ობით ხაზობრივი პრინტერით (line printer) იხაზებოდა ქაღალ-
დზე იზოხაზები, პოროპლეტები. პროგრამა-პაკეტი სწრაფად
გავრცელდა ჩრდილოეთ ამერიკასა და ევროპაში, ითარგმნა
მრავალ ენაზე (მათ შორის იაპონურზეც). ამრიგად, იგი გახ-
და გეოგრაფიული მონაცემების მართვის კომპიუტერული პა-
კეტების პირველი ფართოდ გავრცელებული დისტრიბუტორი,
რამაც საფუძველი ჩაუყარა კიდევ სხვა მრავალ პროგრამას.
ამავე პერიოდში შეიქმნა სისტემა GIRAS, რომელიც ამუშავებ-
და დიდი რაოდენობის ინფორმაციას, თანამგზავრის მონაცე-
მებს. მოგვიანებით გამოვიდა ინტერაქტიულ რეჟიმში მომუშა-
ვე პროგრამა GIRAS2. ჰარვარდის უნივერსიტეტის მანქანური
გრაფიკისა და სივრცითი ანალიზის ლაბორატორიაში (ხელ-ი
ჰოვარდ თ.ფიშერი) შემუშავდა, აგრეთვე, პროგრამები GRID
და IMGRID.

XX საუკუნის 60-იანი წლების შუა პერიოდში შემუშავდა
მიწის ინფორმაციული სისტემა მინესოტის შტატისათვის
(აშშ), რაც გამოიზნული იყო საგადასახადო სისტემის ეფექტუ-
რი მუშაობისათვის. იგი სხვა სისტემებისაგან მრავალი თა-
ვისებურებით გამოირჩეოდა. აგებული იყო რასტრულ პრინ-
ციპზე, რომლის საფუძველს ქმნიდა რასტრის საკმაოდ მსხვი-
ლი ერთეული (დაახლოებით 0.16 კვ.კმ), მიუხედავად ამისა,
იგი მეტად ეფექტურად მუშაობდა.

პირველი გეოინფორმაციული სისტემები გამოიზნული იყო
მონაცემების სწრაფი ანალიზისათვის, რომლის გრაფიკული
შედეგები პრიმიტიული პრინტერის მეშვეობით იბეჭდებოდა
ქაღალდზე. მაშინდელ კომპიუტერებს მეტად შეზღუდული
გრაფიკული საშუალებები გააჩნდა. კარტოგრაფიული თვალ-
საზრისით, ასე შექმნილი რუკები ძლიერ დაბალი ხარისხის
იყო, ამიტომ მრავალმა კარტოგრაფმა მასზე უარი თქვა. ისი-
ნი ფაქტობრივად მათ რუკებად არც კი მიჩნევდნენ და მუშა-
ობას ტრადიციული მეთოდებით აგრძელებდნენ. მიუხედავად
ამისა, მაინც იქმნებოდა პირველი გის-ები. მაგალითად, შე-
იქმნა კანადისა და შეეციის გის-ები. მართალია, გის-ების მეშ-
ვეობით შექმნილი რუკები ნაკლები კარტოგრაფიული ღირე-

ბულების იყო, მაგრამ მათ უდიდესი პრაქტიკული დანიშნულება ჰქონდათ, ამუშავებდნენ რა დიდი რაოდენობით ინფორმაციას და საკმაოდ ინფორმაციატევადნი იყვნენ.

ამრიგად, გეოინფორმაციული სისტემების შემუშავება დაიწყო რამდენიმე ათეული წლის წინ. პირველ რეალურ მოქმედ გის-ად მიჩნეულია კანადის CGIS, რომელიც 1966 წელს შეიქმნა. იგი საკმაოდ დეტალურად უკეთებდა ოპერირებას კონტინენტის უდიდეს სიერცეს. მის ციფრულ არქივში ასზე მეტი თემის 10 000 რუკა ინახებოდა. ამავე წლებში შეიქმნა გეოინფორმაციული სისტემა ამერიკის შეერთებულ შტატებშიც. 1967 წელს აშშ-ის აღწერის ბიუროში ქადალდის რუკის ციფრულ ფორმაში გადაყვანისას არსებული ხარვეზის თავიდან აცილების მიზნით დაიწყო ექსპერიმენტები კომპიუტერულ კარტოგრაფიაში. ეს პრობლემა გადაიჭრა კარტოგრაფიული ტოპოლოგიის (Cartographic Topology) მეშვეობით, რომელიც შემუშავა მათემატიკოსმა ჯეიმს კორბეტმა. ბიუროში შემუშავდა GBF DIME (Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding) ფორმატი, რამაც უდიდესი როლი შეასრულა გეოინფორმაციული სისტემების განვითარებაში. სწორედ ამ ფორმატში იქნა პირველად რეალიზებული ობიექტებს შორის სიერციითი კავშირის განსაზღვრის სქემა, ე.ი. გამოყენებულ იქნა ობიექტების ტოპოლოგია.¹ კერძოდ, პირველად განხორციელდა საკვანძო წერტილების გადანომვრა, რაც პრაქტიკულად მეტად ეფექტური აღმოჩნდა. ეს დამტკიცდა 1967 წლის აღწერის მონაცემების დამუშავებისას – გაიოლდა შეცდომების ძეხნის პროცედურა. ამიტომ 70-იანი წლების განმავლობაში GBF-DIME ფორმატი გამოიყენეს აშშ-ის ყველა ქალაქის გისისათვის. მოგვიანებით, იგი გარდაიქმნა TIGER ფორმატში. ამ ტექნოლოგიას დღესაც ფართოდ იყენებენ მრავალი გისის საფუძველად [Блехнова, ინტერნეტი].

1969 წელს დაარსდა ESRI (Environmental Systems Research Institute) – გარემოს დაცვის სისტემების ინსტიტუტი – ხელ-

¹ ტოპოლოგიით განისაზღვრება ობიექტებს შორის სიერციითი ურთიერთგანლაგება. მაგალითად, როგორ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული ხაზობრივი ობიექტები, რომელი პოლიგონები (ან მისი ელემენტები) ესაზღვრებიან ერთმანეთს და ა.შ.

ჯ. დენჯერმონი), რომელიც იყენებდა GRID-ის ფორმატს. მოგვიანებით, მათ გამოუშვეს სისტემის 3-განზომილებიანი ვერსია GRID, TOPO, 70-იან წლებში კი – მისი ვექტორული ვერსია. თავდაპირველად ESRI შედარებით პატარა პროგრამულ პროდუქტებს ამზადებდა, 1973 წელს კი მათ პირველი ფართო სისტემა MAGI (Maryland Automatic Geographic Information system – მერილენდის ავტომატური გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემა) გამოუშვეს. ეს სისტემა სხვა შტატებისათვის შექმნილი გის-ების ერთგვარ მოდელად (ნიმუშად) იქცა.

XX საუკუნის 70-80-იან წლებში განვითარდა საკმაოდ ძლიერი და აქტიური გის-ინდუსტრია, რომლის აშკარა ლიდერიც აშშ იყო [Бланинкова, ინტერნეტი]. მას მოსდევდა სხვა მაღალგანვითარებული ქვეყნები (იაპონია და დასავლეთი ევროპა). განვითარებად ქვეყნებში კი გის-ების განვითარების ისტორია მხოლოდ 80-იანი წლების II ნახევრიდან იწყება.

რუსეთში ანალოგიური სამუშაოები დაიწყო თითქმის ორი ათეული წლის დაგვიანებით, საქართველოში კი – კიდევ უფრო გვიან. დღემდე საქართველოსა და რუსეთში შექმნილი გის-ები არის მხოლოდ საზღვარგარეთის გამოცდილების ადაპტაცია. ეს განპირობებულია მრავალი ფაქტორით: ტექნიკური, პროგრამული საშუალებებისა და ლიტერატურული წყაროების სიმცირით ან სრული უქონლობით.

პირველი გეოინფორმაციული სისტემები იქმნებოდა უმთავრესად ექსპერიმენტებისათვის (უნივერსიტეტებში), ზოგი იქმნებოდა როგორც ოპერაციული სისტემა (მსგავსად თანამედროვე გის-ების უმეტესობისა). მაგრამ ეს პირველი გის-ები პოპულარული არ გამხდარა, ვინაიდან ისინი არ მუშაობდნენ როგორც ანალიტიკური ინსტრუმენტები და იძლეოდნენ შეცდომით შედეგებს; ამ სისტემებმა დროს იმიტომ ვერ გაუძლეს, რომ პროექტირებული იყო მხოლოდ როგორც პროგრამული სისტემა.

1970-იანი წლების დასაწყისში გის-ები კონკრეტული ამოცანის, კონკრეტული მომხმარებლის მოთხოვნილების შესაბამისად იქმნებოდა. მოგვიანებით კი, ზოგადი დანიშნულების გის-ები გაერცეულა, რომლებიც გათვალისწინებული იყო

სხვადასხვა მომხმარებელზე. ამ პერიოდში მთავარი აქცენტი გადატანილი იყო მათემატიკური უზრუნველყოფის განვითარებაზე. მართალია, 1973 წელს შეიქმნა პირველი დიგიტალიზებული პროდუქცია, მაგრამ ჯერ კიდევ განსაკუთრებული ყურადღება ექცეოდა რუკების სერიულ, ავტომატიზებულ გამოცემას. ეს ტენდენცია 80-იან წლებამდეც კი შენარჩუნდა.

ამრიგად, 60-70-იან წლებში კომპიუტერულ კარტოგრაფიაში შეიმჩნეოდა ორი ძირითადი ტენდენცია:

1. მანამდე ცნობილი მეთოდებით რუკების შექმნის პროცესის ავტომატიზაციის ტენდენცია. განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევდნენ გამოსაცემი პროდუქტის ხარისხს.
2. სივრცითი ანალიზის ავტომატიზაციის ტენდენცია. შედარებით ნაკლები ყურადღება ექცეოდა გრაფიკული გამოსახულებების ხარისხს.

გის-ების განსაკუთრებით დიდი რაოდენობა იქმნება 1980-იანი წლებიდან. ამ მხრივ, გამოირჩეოდა აშშ და კანადა, სადაც 1000 სხვადასხვა სახის გეოინფორმაციული სისტემა შეიქმნა. შედარებით ნაკლები მასშტაბებით დამკვიდრდა გის-ები ევროპის ქვეყნებში. გამონაკლისი იყო მხოლოდ შვეცია, ნორვეგია, დანია, საფრანგეთი, ნიდერლანდები, დიდი ბრიტანეთი და გერმანია.

ამრიგად, 1980-იანი წლებიდან იწყება გის-ების ფართოდ გამოყენება. ჯერ კიდევ, 80-იანი წლების დასაწყისში მარტო ჩრდილოეთ ამერიკაში ათასზე მეტი სისტემა მოქმედებდა. ისინი არა მარტო მონაცემების კოდირების, შენახვისა და შესწორებების საშუალება გახდა, არამედ სამყაროს რეალური მოდელებიც. ამ პერიოდში განსაკუთრებით განვითარდა სივრცითი სტატისტიკა და მოდელირება. შეიქმნა მრავალმხრივი გის-ები, მოხდა არსებული სისტემების ინტეგრაცია უფრო ზოგადი დანიშნულების რეგიონალურ, ეროვნულ, საერთაშორისო და გლობალურ სტრუქტურებთან. ეს გის-ები ორიენტირებული იყო მნიშვნელოვანი სამეცნიერო და სამეურნეო პრობლემების გადასაწყვეტად. მაგრამ ასეთი დიდი გის-ების შექმნა საკმაოდ დიდ სირთულეებთან იყო დაკავშირებული, ვინაიდან საჭირო იყო გეოგრაფიული ობიექტების სისტემატიზაცია და სუბიექტურობის მაქსიმალური გამორიცხვა.

1970-იანი წლების გის-ები ორიენტირებული იყო რუკათ-შექმნის ავტომატიზაციასა და რუკების სერიულ დამზადება-ზე, ხოლო 80-იან წლებში გის-ებს უფრო კონკრეტული და-ნიშნულება მიეცათ. შეიქმნა მრავალი გლობალური, ეროვნუ-ლი და რეგიონალური გეოინფორმაციული სისტემა. არსებობს პერსპექტივა მათი ინტეგრაციისა. ამ მიმართულებით მუშაობა ტარდება კანადაში, აშშ-ში, შვეციაში, ნორვეგიაში, დანიაში, საფრანგეთში, ნიდერლანდებში, დიდ ბრიტანეთში, გერმა-ნიაში.

1992 წელს სამეცნიერო-ტექნიკურმა ფირმამ გამოუშვა გეო-ინფორმაციული სისტემა SINTEKS, რომელსაც იყენებდა ასი-ოდრე სამთავრობო, სასწავლო, კომერციული და საპროექტო ორგანიზაცია, კელევიითი ინსტიტუტები, აგრეთვე, რუსეთის სხვადასხვა ქალაქის (მოსკოვი, ვოლოგდა, ესენტუკი, ირკუტ-სკი) ორგანიზაციები. 1993 წელს შეიქმნა SINTEKS/TRI. იმდროისათვის რუსეთში კარტოგრაფიული სისტემები იშვი-ათობა იყო, ამიტომ იგი, ფაქტობრივად, ერთადერთი რუსული წარმოება იყო. 1995 წელს საერთაშორისო კონკურსზე ფირმა Borland-მა იგი ერთ-ერთ საუკეთესოდ აღიარა, თუმცა მას გარ-კვეული ხარვეზებიც ჰქონდა. კერძოდ, MS DOS-თვის განკუთ-ვნილ ვარიანტში შეუძლებელი იყო მომხმარებელს თვითონ შეექმნა ანგარიშები და მოდელირებული პროგრამები. SIN-TEKS/TRI-ში ეს ხარვეზი გამოსწორდა კომპილატორი Cu-ს მეშვეობით. აღნიშნული გის-ის მეშვეობით შესაძლებელი გახ-და მონაცემების წარმოდგენა რასტრული და ვექტორული ფუნების, გრაფების, რეგულარული და არარეგულარული ქსელების სახით.

ფირმის პირველი რეალური ნაწარმი SINTEKS/TRI განკუთ-ვნილი იყო MS DOS-თვის, ე.ი. სუსტი პერსონალური კომპი-უტერებისათვის. შემდეგი ნაწარმი იყო SINTEKS/TRI/A, რომე-ლიც განკუთვნილია მცირე ზომის პროექტების რეალიზაცი-ისათვის, მცირე ოფისებისათვის და შესწავლისათვის. კიდევ უფრო მოგვიანებით გამოვიდა SINTEKS/ABRIS. იგი განკუთ-ვნილია WINDOWS-თვის და უზრუნველყოფს კარტოგრაფიულ ინფორმაციასთან მუშაობის სრულ ციკლს, მათ შორის, აერო-

და კოსმოსური სურათების ავტომატურ ინტერპრეტაციას, რუკების დიგიტალიზაციას (დაციფერას).

ამრიგად, მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში გის-ების განვითარების სხვადასხვა დონე და მოკლე ხანგრძლივობის პერიოდი ართულებს ეტაპების გამოყოფას. მიუხედავად ამისა, არსებობს ამ ეტაპიზაციის რამდენიმე ცდა.

ჟ. კოფოკი და დ. რაინდი გის-ების განვითარების ოთხ საფეხურს (ეტაპს) გამოყოფს [Coppock, Rhind; ბილაშვილი, სავანელი, 2000]:

- I საფეხური – საწყისი ეტაპი, „პიონერული ასაკი“ (1960-1973), როცა გის-ების განვითარებას ინდივიდუალური ხასიათი ჰქონდა. მისდამი ერთგავრი მწვავე კრიტიკული დამოკიდებულება არსებობდა. მეცნიერების სხვადასხვა დარგში ჩატარდა პრინციპულად ახალი გამოკვლევები, მოხდა ემპირიული ცოდნის დაგროვება, რის ბაზაზეც ჩამოყალიბდა პირველი პროექტები.
- II საფეხური – სახელმწიფო ინიციატივის ეტაპი (1973-1980), როცა განხორციელდა გის-ის პროექტების სახელმწიფოებრივი დაფინანსება და ჩამოყალიბდა ამ მიმართულების არაერთი სახელმწიფოებრივი სტრუქტურა. გის-ებმა ლოკალური ექსპერიმენტის სახე მიიღო. იგი დაინერგა ზოგიერთი განვითარებული სახელმწიფოს (უმეტესად აშშ-ში) ეროვნულ სააგენტოებში.
- III საფეხური – კომერციული განვითარების ეტაპი (1980-1990) – გის-ების კომერციული განვითარება გაბატონებულ ხასიათს იღებს. გაფართოვდა გის-ების გამოყენების სფეროები, შეიქმნა ქსელური სისტემები. გის-ების შექმნის პროცესში ჩაებნენ არაპროფესიონალებიც (არაკიბერნეტიკოსებიც). ყოველივე ამან კი შექმნა პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებათა ფართო ბაზარი.
- IV საფეხური – სამომხმარებლო ეტაპი (1990 წლიდან დღემდე მიმდინარე) ხასიათდება სამომხმარებლო ბაზრის გაზრდით, სტანდარტიზაციით. გეოინფორმაციული სისტემა ყალიბდება როგორც „ღია სისტემა“, რომელიც უკავშირდება სხვა სახის ინფორმაციულ სისტემებს. გეოინფორმაციაზე მსარდი მოთხოვნის პირობებში მოხდა გის-

ების შეჭრა საზოგადოებრივი ცხოვრების ყველა სფეროში. ჩამოყალიბდა გლობალური გეოინფორმაციული ინფრასტრუქტურა.

ამგვარად, გეოინფორმაციული სისტემების განვითარების განვლილი ეტაპი არსებითად 3 დონეს მოიცავს: ადწერილობით, ანალიტიკურ და მართვის (Cran and MacDonald, 1984).

დღეს სულ უფრო და უფრო იზრდება სივრცით-ანალიტიკური საშუალებების რაოდენობა, რომლებიც შეიძლება არც იყოს წმინდა გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა, მაგრამ თავიანთ ამოცანას ისინი წარმატებით ასრულებენ.

2.2. გეოინფორმაციული სისტემების მნიშვნელობა

THE SIGNIFICANCE OF GIS

კომპიუტერულ სამყაროში დღეს გის-ები ფართოდაა გავრცელებული. ისიც ცხადია, რომ სულ უფრო მეტად იზრდება მასზე მოთხოვნილება. გის-ის განსაკუთრებულად ინტენსიური თეორიული, ტექნიკური და ორგანიზაციული განვითარება შეიმჩნევა უკანასკნელ 10 წელიწადში, როცა მათ ადამიანთა საზოგადოების სხვადასხვა სფერო მოიცვეს. გის-ის განვითარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი არის მისი კომერციული გამოყენებაც.

გის-ებს განსაკუთრებული უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭებათ საბუნებისმეტყველო და სოციალურ-ეკონომიკურ, მათ შორის გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სისტემაში. შეიძლება ითქვას, რომ სხვა სისტემებთან შედარებით, მათ უპირატესი გამოყენებაც აქვთ ამ სფეროში. გის-ების ასე ფართოდ დაზერგვა უპირველესად განპირობებულია იმ ფაქტით, რომ ისინი აფართოებენ გეოგრაფიის კონსტრუქციულ, გამოყენებით მხარეს. სწორედ გის-ების მეშვეობითაა შესაძლებელი ცალკეული ტერიტორიების სრულყოფილი და კომპლექსური შესწავლა, გეოგრაფიული ცოდნის ინტეგრაცია, ოპერატიული რუკების სერიის შექმნა, ავტომატიზებული სისტემების მართვა, ინვენტარიზაცია, ანალიზი, გეოგრაფიული მოდელირება,

პროგნოზი, დაგეგმარება და მართვა. ამ მხრივ, გის-ების მნიშვნელობა უდავოა (ცხრ. 2.1).

გლობალური პრობლემები	კერძო ამოცანები
• გარემოს დაცვა • ჭარბმოსახლეობა • სასურსათო პრობლემა • ტყის საფარგულების შემცირება • მიწის საფარგულების შემცირება • ბუნებრივი სტიქიური მოვლენების ანალიზი და პროგნოზი	• საუკეთესო მარშრუტის დადგენა • ოპტიმალური ადგილის შერჩევა • ძებნა მოცემული მისამართით • მუნიციპალური ამოცანების გადაჭრა • და ა.შ.

ცხრ. 2.1. გის-ების გამოყენების სხვადასხვა სფერო.

პრაქტიკული დანიშნულების გამო გის-ები ფართოდ გაერცელდა მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის სამეცნიერო-კვლევით და სასწავლო ორგანიზაციაში. მსოფლიოში ფუნქციონირებს მრავალი მოქმედი გეოინფორმაციული სისტემა. ზოგიერთ ორგანიზაციაში ძირითადი აქცენტი გადატანილია გეოინფორმაციის მეთოდოლოგიური საფუძვლების ჩამოყალიბებაზე, კარტოგრაფიული ინფორმაციის დამუშავებასა და გარემოს მოდელირებაზე.

გის-ები მრავალი პრაქტიკული სახის ამოცანას წყვეტს. ისიც ცნობილია, რომ რუკა ხშირად იმის დანახვის საშუალებას იძლევა, რაც უხილავია ცხრილიდან. ამ მხრივ, განსაკუთრებით დიდია გის-ების როლი. ვინაიდან მათი მეშვეობით შესაძლებელია ისეთი ინფორმაციის (ხშირად გარდაქმნილი) მიღება, რაც საერთოდ არ არის ასახული ტრადიციულ რუკებზე. გის-ებს სხვადასხვა დანიშნულება აქვს: სამეცნიერო, სამხედრო, კომერციული, სასწავლო, მუნიციპალური და სხვ. მაგალითად, ექსტრემალური სიტუაციების სფეროში (ზვავების, წყალდიდობების, ხანძრების და ა.შ.) იგი საჭიროა ოპტიმალური მარშრუტების დასადგენად; სამხედრო საქმეში –

სამხედრო მოქმედებების დასადგენად და მეომრების გადაადგილების ორგანიზაციისათვის; სამეცნიერო ღარგებში – უსარმაზარი ინფორმაციის სისტემატიზაცი-ანალიზისათვის; სასწავლო სფეროში – მასალის უკეთ ათვისებისათვის; მუნიციპალურ საქმიანობაში – ტერიტორიის ორგანიზაციული მართვისათვის; ბიზნესში – საქონლის მარკეტინგისათვის; პოლიციის სამსახურში – ეჭვმიტანილთა გადაადგილების მარშრუტის დასადგენად.

ამრიგად, გის-ების გამოყენების სპექტრი განუსაზღვრელია. უმთავრესი, რამაც განაპირობა გის-ების ფართო პოპულარიზაცია, არის ინფორმაციის სწრაფი დამუშავება და მისი ოპერატიული სიერცითი ანალიზი (რუკა).

2.3. ცნება გეოინფორმაციული სისტემების შესახებ **THE DEFINITION GIS**

გეოინფორმაციული სისტემები (გის) ფართოდაა გავრცელებული ადამიანთა საქმიანობის მრავალ სფეროში. ამან, ცხადია, წარმოქმნა ტერმინის დეფინიციის აუცილებლობა, რაც ერთგვარად გართულებულია მისი სიახლის გამო. ამასთან, გის-ების განვითარების სიჩქარემ (როგორც თეორიული, ისე ტექნიკური და ორგანიზაციული კუთხით), მისმა კომერციულმა ორიენტაციამ და გამოყენების სფეროს მრავალმხრივობამ კიდევ უფრო გაართულა დეფინიციის ზუსტი შემუშავება. მიუხედავად ფართო დებატებისა, დღესდღეობით გეოინფორმაციული სისტემების ჩამოყალიბებული განმარტება არ არსებობს.

გეოინფორმატიკის მსგავსად, არსებობს გეოინფორმაციული სისტემების სხვადასხვა, ხშირად ორაზროვანი განმარტება. მაგრამ ამ შემთხვევაში გაცილებით მეტი დეფინიციის ცდა არსებობს (იხ. მოკლე ტერმინოლოგიური დანართი). ეს ჩვეულებრივიცაა იმ დარგისათვის, რომელიც ახლა ყალიბდება და ვითარდება. გეოგრაფიული ინფორმაცია, ანუ გეოინფორმაცია არის სპეციალური ინფორმაცია ბუნების, მოსახლეობისა და მეურნეობის ტერიტორიული ორგანიზაციის შე-

სახეზე; ხოლო ის სისტემები, რომლებიც ამგვარ ინფორმაციას ამუშაებენ, შეინახავენ და გადაამუშაებენ, განიხილება როგორც გეოინფორმაციული სისტემები [ბერუჩაშვილი და სხვ., 1992]. იყო მცდელობა შეემუშაებინათ გეოინფორმაციული სისტემების სინთეზური განსაზღვრებანი, რამაც ისინი უზარმაზარ დეფინიციამდე მიიყვანა. მაგალითად, გეოინფორმაციული სისტემა არის აპარატულ-პროგრამული, ადამიანურ-მანქანური კომპლექსი, რომელიც უზრუნველყოფს სივრცით-კოორდინირებული მონაცემების მოპოვებას, დამუშავებას, გამოსახვასა და გავრცელებას, ტერიტორიის შესახებ მონაცემებისა და ცოდნის ინტეგრაციას სამეცნიერო (გეოგრაფიული) ამოცანების გადაჭრისა და მათი ეფექტური გამოყენების მიზნით, რაც დაკავშირებულია გარემოს ინვენტარიზაციასთან, ანალიზთან, მოდელირებასთან, პროგნოზთან, მართებასთან და საზოგადოების ტერიტორიულ ორგანიზაციასთან [Берлянт, 1996; Комкарев, 1990]. ცხადია, ეს დეფინიცია ავლენს გისებისათვის დამახასიათებელ თითქმის ყველა თავისებურებას, მაგრამ ასეთი გადატვირთული განმარტება მიზანშეწონილი არ არის. ნებისმიერ დეფინიციაში მთავარია ლაკონურად აისახოს ტერმინის ძირითადი თავისებურებები.

გისები წარმოადგენს ინფორმაციულ ბაზას, რომელიც „კვებავს“ კარტოგრაფიას „აუცილებელი“ მასალით. გისები განკუთვნილია გეოგრაფიული ინფორმაციის მოპოვების, შენახვის, გარდაქმნისა და წარმოდგენისათვის. გისები უნდა მოიცავდეს ავტომატიზებულ კარტოგრაფიულ სისტემებს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი არასრულყოფილი იქნებიან [Сербенюк, 1988]. გეოინფორმაციული სისტემა ამავედროულად არის საინფორმაციო ტექნოლოგიაც, რაც გულისხმობს მეთოდებს, ტექნიკას, საშუალებებს, სისტემებს, თეორიებს, მიმართულებებს და ა.შ. ყოველივე ეს კი ორიენტირებულია ინფორმაციის შეგროვებაზე, დამუშავებასა და გამოყენებაზე.

არსებობს გისების სხვადასხვა საკმაოდ მკაფიო, მაგრამ ურთიერთგადაშფარავი ხედვა:

- გეოინფორმაციული სისტემა – რუკა.
- გეოინფორმაციული სისტემა – მონაცემთა ბაზა.
- გეოინფორმაციული სისტემა – სივრცითი ანალიზი.

გეოინფორმაციული სისტემა - რუკა, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს რუკათშექმნის პროცესს. ნ.ბარანსკის კლასიკური განმარტების მიხედვით, რუკა გეოგრაფიის ალფა და ომეგაა, გეოგრაფიული კვლევის დასაწყისი და დასასრული [Баранский, Преображенский, 1962]. ეს აქტუალურია გეოინფორმატიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზეც. რუკა გეოგრაფიულობის ერთ-ერთი კრიტერიუმია, გეოგრაფიის „მეორე“ ენა. ამიტომ გის-ებში დიდი ადგილი უკავიათ რუკებს, როგორც წყაროს და როგორც გეოინფორმაციის ასახვის ფორმას. აქედან გამომდინარე, გეოინფორმაციული სისტემების განმარტებაში უპირველესად სწორედ ეს თავისებურება უნდა ფიგურირებდეს. ამ შეხედულებით, მონაცემთა ნებისმიერი ნაკრები წარმოდგენილია რუკის (ან რუკის ფენების) სახით. ეს ფენები (layer) გარკვეულ თემატურ შინაარსთან არის შესაბამისობაში, ამიტომ მათ თემებსაც (themes) უწოდებენ. ეს კი საშუალებას იძლევა ენახოთ მხოლოდ ის ფენა (ინფორმაცია), რომელიც მოცემულ მომენტში გვესაჭიროება, რის შედეგადაც არ იქმნება „გადატვირთული“ გამოსახულება არასასურველი ობიექტებით. მაგრამ გეოინფორმაციული სისტემა იგივე რუკა არ არის. იგი რაღაც უფრო მეტია. რა იგულისხმება ამაში? უპირველესად ტრადიციული ოპერაციები მონაცემთა ბაზაში (როგორიცაა ძებნა და სტატისტიკური ანალიზი), სრულყოფილი ვიზუალიზაცია და გეოგრაფიული (სივრცით) ანალიზი. სწორედ ამ თავისებურებებით განსხვავდება გეოინფორმაციული სისტემა სხვა ინფორმაციული სისტემებისაგან [Гохман, Андрянов, 1998].

რუკა ობიექტური რეალობის სტატისტიკური გამოსახულებაა. გამოყენებითი თვალსაზრისით, ტრადიციული რუკა ნაკლებად მოქნილია და ამიტომ შედარებით ნაკლებად ესადაგება მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის განვითარების თანამედროვე დონეს. ტოპოგრაფიული რუკები დისკრეტული ფურცლების სახითაა წარმოდგენილი და ზოგჯერ გარკვეულ პრობლემებს ქმნიან რუკის ოთხი ფურცლის თანაკვეთაზე არსებული ჩვენთვის საინტერესო ტერიტორიის შესწავლისას. ამასთან, რუკები ხშირად დიდი სირთულით გამოირჩევიან და მათგან კონკრეტული, სპეციფიკური მონაცემების მიღება მხო-

ლოდ ექსპერტებს ხელეწიფებათ. ზემოთ დასახელებული პრობლემები არ არის დამახასიათებელი გის-ებისათვის. ეს სისტემები აიოლებს რუკის საფუძველზე მიუიღოთ სხვადასხვა სახის ინფორმაცია (თვით ის საწყისი ინფორმაციაც კი, რომლის საფუძველზეც შეიქმნა თვით რუკა) და გამოვიყენოთ იგი საჭიროების მიხედვით. გეოინფორმაციულ სისტემაში რუკა წარმოდგენილია არა ფურცლების, არამედ ერთიანი, უწყვეტი სივრცის სახით, რაც აიოლებს ამ სივრცის ნებისმიერი ადგილის შესახებ ინფორმაციის სწრაფ მიღებას, ანალიზსა და მოდელირებას. ამრიგად, გეოინფორმაციული სისტემა შეიძლება გაგებულ იქნეს როგორც რუკის მაღალი ტექნიკური ეკვივალენტი [What is GIS, ინტერნეტი].

გეოინფორმაციული სისტემა – მონაცემთა ბაზა განსაკუთრებული ინტერესის სფეროში აქცევს კარგად მართვად მონაცემთა ბაზას. ამიტომ უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ გეოინფორმაციული სისტემისთვის რუკა გულისხმობს „სქემასაც“, ე.ი. მისთვის რუკა და სქემა სინონიმებია.

გის-ები განიხილება ისეთ სისტემებად, რომლებიც აერთიანებენ რუკებს, მონაცემთა ბაზებსა და ბანკებს – ეს არის მისი მთავარი თავისებურება. ეს შეხედულება ფართოდაა გავრცელებული გის-ების „სამყაროში“. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ამჟამად დიდი ყურადღება ექცევა ინფორმაციის არა დიდ მოცულობას, არამედ მის შემოქმედებით გამოყენებასა და აღქმას. ამიტომ ხშირად გეოინფორმაციული სისტემების განმარტებაში ჩართულია ეს თავისებურებაც.

მთავარი განსხვავება გეოინფორმაციული სისტემისა რუკისაგან ის არის, რომ რუკა დედამიწის ზედაპირის ერთგვარი „სურათია“, ხოლო გეოინფორმაციული სისტემა „სურათთან“ ერთად წარმოადგენს მონაცემთა ბაზას, ე.ი. რუკაზე მოცემული ობიექტები დაკავშირებულია მონაცემთა ბაზებთან. ამრიგად, გეოინფორმაციული სისტემა იგივე გამოსახულებაა, რომელსაც საფუძველად უდევს და ამაღდროულად მასთან არის მუდმივად დაკავშირებული მონაცემთა ბაზა. სწორედ ამ ფაქტმა განაპირობა მისი დიდი პოპულარობა [Андряхов, 1997].

გეოინფორმაციული სისტემა – სივრცითი ანალიზი, უპირველესად, გულისხმობს სივრცითი მონაცემების ანალიზსა და

მოდელირებას, რასაც გის-ის ანალიზს უწოდებენ. ამ შეხედულების მიხედვით გეოინფორმაციული სისტემა განიხილება უფრო როგორც სისტემა სივრცით ინფორმაციაზე, ვიდრე ტექნოლოგია. ეს აზრი, შეიძლება ითქვას, ყველაზე ფართოდაა გაერცელებული გის-ების „სამყაროში“. აქედან გამომდინარე, გეოინფორმაციული სისტემა განიხილება როგორც აპარატულ-პროგრამული საშუალებებისა და ალგორითმული პროცედურების სისტემა, რომელიც შექმნილია გეოგრაფიულად კოორდინირებული მონაცემების ციფრული უზრუნველყოფის, შევსების, მართვის, მანიპულირების, სივრცული ანალიზის, მათემატიკურ-კარტოგრაფიული მოდელირებისა და წარმოსახვისათვის.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, შეიძლება ჩაიწეროს გის-ის ზოგადი „ფორმულა“ [Андрянов, 1997]:

$$\text{გის} = \text{რუკა} + \text{მონაცემთა ბაზა} + \text{ანალიზი}$$

რამდენიმე წლის წინ საკმაოდ მწვავე დისკუსიები გაიმართა გის-ის ტექნოლოგიურ გაგებასთან დაკავშირებით. თავდაპირველად წარმოიქმნა გის-ის ეიწრო ტექნოლოგიური გაგება (hardware, software), მაგრამ გაცილებით ფართოდ გაერცელდა მისი ორგანიზაციულ-მართვადი მრავალდარგობრივი (მულტი-დისციპლინური) გაგება.

ზოგადად რომ განემარტოთ, გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა არის ის ინსტრუმენტი, რომლის მეშვეობითაც მუშავდება სივრცითი ინფორმაცია და რომელიც „მიბმულია“ დედამიწის ზედაპირის გარკვეულ ადგილზე და გამოიყენება მართვისათვის [Демерс, 1999]. ეს ერთგვარი „სამუშაო“ განმარტებაა, რომელიც არც სრულია და არც ზუსტი. საქმე იმაშია, რომ ტერმინი „გეოინფორმაციული სისტემა“ საკმაოდ ძნელად განსამარტებელია, ვინაიდან ადამიანთა საქმიანობის მრავალ სფეროს მოიცავს, რაც დაკავშირებულია რეალურ სამყაროში მიმდინარე მოვლენებისა და პროცესების ანალიზთან, პროგნოზთან და სტრატეგიული გადაწყვეტილებების მიღებასთან. იგი იცვლება ინტელექტუალური, კულტურული, ეკონომიკური და თვით პოლიტიკური მიზნების შესაბამისად.

იგი ისეთი ინტეგრალური სისტემაა, რომელიც მეცნიერების ამა თუ იმ სფეროში (გამოთვლით ტექნიკაში, ინფორმატიკაში, მათემატიკაში, ეკონომიკაში, ფოტოგრამეტრიაში, ტოპოგრაფიულ აგეგმვაში, გეოგრაფიაში, ბოტანიკაში, სოფლის მეურნეობაში და ა.შ.) წარმოქმნილ იდეებს უყრის თავს. სხვადასხვა ობიექტების განსაზღვრა და კლასიფიკაცია კი შეიძლება სხვადასხვა გზით განხორციელდეს. ამიტომ დღესდღეობით არ არსებობს გის-ის ზოგადი განმარტება. თვით ტერმინი კი საკმაოდ ცვალებადი აღმოჩნდა. ამიტომ წარმოიქმნა მრავალი სინონიმი ტერმინი (ცხრ. 2.2).

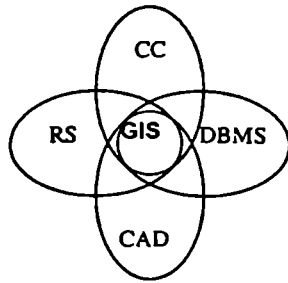
ცხრ. 2.2.

გეოინფორმაციული სისტემების სინონიმები

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა	Geographical Information System	ევროპული ტერმინოლოგია
	Geographic Information System	ამერიკული ტერმინოლოგია
გეორელიაციური ინფორმაციული სისტემა	Georelational Information System	ტექნიკური ტერმინოლოგია
სიერციითი ინფორმაციული სისტემა	Spatial Information System	არაგეოგრაფიული ტერმინოლოგია
სიერციითი მონაცემების ანალიზის სისტემა	Spatial data Analysis System	

გეოინფორმაციული სისტემის დეფინიციის სრულყოფილი გააზრებისათვის აუცილებელია განისაზღვროს, რა მიმართებაშია იგი სიერციითი ინფორმაციის დამუშავების სხვა სისტემებთან. დ. მაგუირე [Maguire, 1999] გეთავაზობს სქემას, რომლის მიხედვითაც გეოინფორმაციული სისტემა განხილულია, როგორც სუპერსისტემა (ნახ. 2.1). აქ ერთმანეთშია გადაჯაჭვული სხვადასხვა სისტემა: დისტანციური ზონდირება (Remote Sensing), მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა (DBMS – Database

Management System), კომპიუტერული კარტოგრაფია (CC – Computer Cartography) და კომპიუტერული დიზაინის სისტემა (CAD – Computer-Aided Design). მართლაც, ყველა ამ სისტემასთან გეოინფორმაციული სისტემა მჭიდრო ინტეგრალურ კავშირშია. სწორედ ამიტომ წარმოიქმნა შეხედულება გეოინფორმაციულ სისტემაზე როგორც სუპერსისტემაზე ან სუბსისტემაზე (ქვესისტემა). დ. მაგუირეს მიერ შემოთავაზებულ სქემაზე იგი სუპერსისტემადაა განხილული.



ნახ. 2.1. გის-ები სხვა სისტემების მიჯნაზე (დ. მაგუირეს მიხედვით).

ტერმინების სიმრავლემ და გის-ის ზოგადი დეფინიციის არარსებობამ გარკვეულწილად მის არასრულყოფილ გაგებაში მიგვიყვანა. ხშირად არასრულფასოვნად არის გაცნობიერებული გის-ის არსი, შესაძლებლობები და მისი გამოყენების სფერო. ხშირად ერთმანეთშია აღრეული ისეთი ტერმინები, როგორიცაა კომპიუტერული კარტოგრაფია, კომპიუტერული ხაზვა (გრაფიკა) და გეოინფორმაციული სისტემა. სამივე სისტემის გრაფიკული ეკრანები (კომპიუტერული რუკები) ერთნაირია, მაგრამ ისინი განსხვავდებიან რუკის ანალიზის მიხედვით.

კომპიუტერული კარტოგრაფია გამიზნულია აღწერილობითი ატრიბუტებისა და გრაფიკული პრიმიტივების (გეომეტრიული ფიგურების) მეშვეობით შექმნას რუკა. მიუხედავად ამისა, იგი არ გამოხატავს გის-ის ანალიტიკურ შესაძლებლობებს, ე.ი. იგი გამიზნულია მხოლოდ „მარტივი“ რუკის შესაქმნელად.

კომპიუტერული ხაზვა (გრაფიკა) უფრო მეტად შემუშავებულია გრაფიკული გამოსახულებების შესაქმნელად და დაკავშირებული არ არის გარეგნულ აღწერილობით მონაცემებთან. იგი საუკეთესო ინსტრუმენტია არქიტექტურისათვის. კომპიუტერული კარტოგრაფიისაგან განსხვავებით, იგი ხელსაყრელი არ არის რუკების შესაქმნელად. ამასთან მას არ

გააჩნია რუკის ანალიზის საშუალებები, რაც გის-ის ძირითადი დანიშნულებაა.

ზოგიერთი ექსპერტი გეოინფორმაციულ სისტემას განმარტავს, როგორც კომპიუტერულ სისტემას, რომელიც ახდენს დედამიწის ზედაპირის შესახებ არსებული ინფორმაციის შეგროვებას, შემოწმებას, ინტეგრაციასა და ანალიზს. ამ განმარტებაში ორი არსებითი მომენტი ფიგურირებს:

1. სივრცობრიობა, თუმცა არ არის აუცილებელი, რომ გეოინფორმაციულ სისტემაში ინახებოდეს ინფორმაცია მხოლოდ დედამიწის ზედაპირის შესახებ. თუმცა უმეტეს შემთხვევაში ეს ასეა;
2. ინფორმაციის შეგროვება, შემოწმება, ინტეგრაცია, ანალიზი, რაც გის-ების ძირითადი ოპერაციებია.

გის-ების ანალოგიური ტიპის სისტემებია:

CAD – კომპიუტერიზებული დიზაინის სისტემა.

CAC – კომპიუტერიზებული კარტოგრაფიის სისტემა.

GPS – გლობალური პოზიციონირების სისტემა.

LIS – მიწის¹ საინფორმაციო სისტემა.

GLA – გეოგრაფიული ინფორმაციის ანალიზი.

AM/FM – ავტომატიზებული კარტოგრაფიული სისტემა.

PS & JP – დისტანციური ზონდირებისა და გამოსახულების დამუშავების სისტემა.

2.4. გეოინფორმაციული სისტემებისათვის ინფორმაციის მოპოვების გეოგრაფიული მიდგომა

GEOGRAPHICAL APPROACH OF INFORMATION OBTAIN FOR GIS

გის-ების ინფორმაციულ საფუძველს ქმნის მონაცემთა ბაზა, რომლის მოცულობასა და სწრაფმოქმედებაზეა დამოკიდებული თვით სისტემის ნორმალური ფუნქციონირება. ცნობილია, რომ ნებისმიერ მონაცემთა ბაზაში არსებობს გარკვეული გეოგრაფიული ინფორმაცია. სხვადასხვა შეფასებების მიხედვით, ისინი მოიცავენ 85%-მდე გარკვეულ გეოგრაფიულ ინფორმაციას. ამ

¹ იგულისხმება მიწათსარგებლობა

ციის ქსელის, სტატისტიკური, შემთხვევითი სიდიდეების და ა.შ.), მაგრამ მთავარია ამ დროს გავითვალისწინოთ კვლევის გეოგრაფიული მიდგომა. საკვანძო წერტილების აღწერის მაღალი დეტალურობა და თვით სიხშირეც კი ხშირად არ იძლევა სათანადო შედეგს, ვინაიდან მათი შერჩევა უნდა მოხდეს არა მექანიკურად, არამედ გააზრებულად. გეოგრაფიული „ცოდნის“ გარეშე კი ამის მიღწევა შეუძლებელია. ეს გულისხმობს იმას, რომ საკვანძო წერტილები უნდა შეირჩეს არა ზუსტად ხაზების თანაკეთაზე, არამედ მათ მიღმა. გარდა ამისა, შესაძლებელია მონაცემთა ბაზაში არსებობდეს ინფორმაცია (როგორც დამატებითი კომპონენტი) სხვა გეოგრაფიულად საინტერესო ობიექტების შესახებ. ამით მხედველობის არეში მოექცევა საკვლევ ტერიტორიაზე არსებული ყველა მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული ობიექტი თუ მოვლენა.

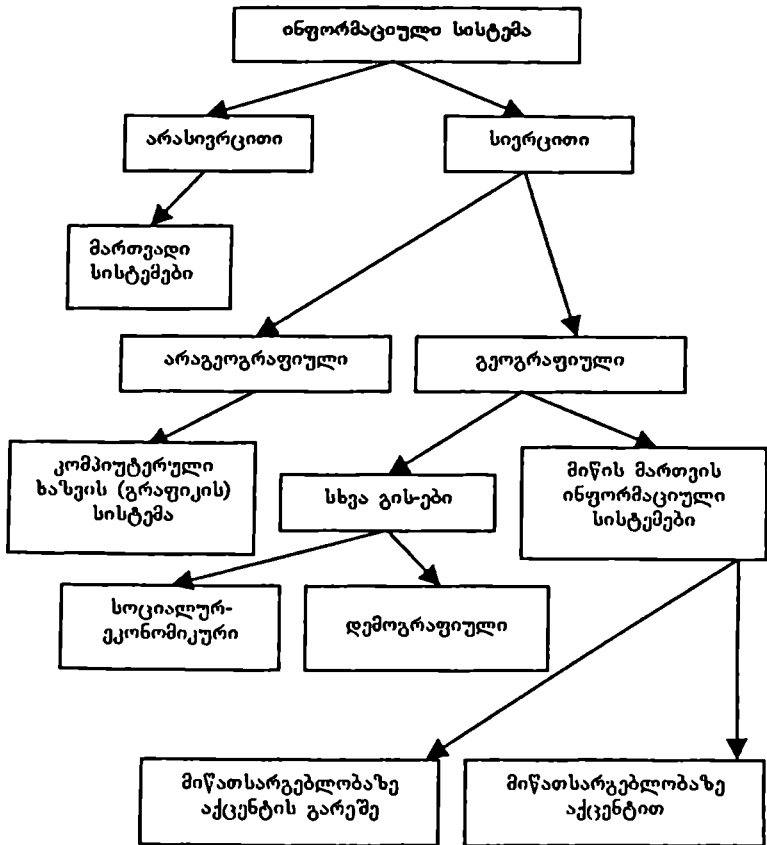
სხვადასხვა გზით მოპოვებული ინფორმაცია (საუელე – ექსპედიციური, სტაციონარული, სტატისტიკური და ა.შ.) გისის მონაცემთა ბაზაში შედის სხვადასხვა ბლოკში. თუმცა შესაძლებელია მათი ინტეგრაცია, აგრეთვე, ინტერპოლაცია ტერიტორიის სხვა ადგილებისათვისაც.

2.5. ინფორმაციული სისტემების კლასიფიკაცია **CLASSIFICATION OF INFORMATION SYSTEMS**

არსებობს ინფორმაციული სისტემების კლასიფიკაციის სხვადასხვა ვარიანტი. ამ კლასიფიკაციებს შორის გარკვეული მსგავსება არსებობს. კერძოდ, ძირითადი საკლასიფიკაციო ერთეულების გამოყოფა ხდება სივრცობრიობის პრინციპებზე დაყრდნობით, რომლის მიხედვითაც არსებობს ინფორმაციული სისტემების 2 ძირითადი კლასი: სივრცითი და არასივრცითი (ნახ. 2.2). სივრცობრიობა გარკვეულწილად მათ გეოგრაფიულობას ან არაგეოგრაფიულობასაც განსაზღვრავს. თუმცა სივრცითი ინფორმაციული სისტემები¹ აუცილებელი არ არის იყოს გეოგრაფიულიც. მართალია, ინფორმაციული სისტემები

¹ ტერმინი „სივრცითი“ შეიძლება გულისხმობდეს მხოლოდ საინჟინრო ან დისტანციური ზონდირების ინფორმაციას.

მჭიდრო კავშირშია გეოგრაფიულ სიერცესთან, მაგრამ ისინი ყოველთვის როდი ასახავენ მიწის ზედაპირს და გეოგრაფიულ კოორდინატებს (ე.ი. ყოველთვის როდი იყენებენ გეოკოდირებას). სწორედ ამიტომ ასეთ სისტემებს გის-ებად არ განიხილავენ.



ნახ. 2.2. ინფორმაციული სისტემების კლასიფიკაცია
(მ. დემერსის მიხედვით).

2.6. გეოინფორმაციული სისტემების ტიპები

TYPES OF GIS

დღეს მსოფლიოში კოლოსალური რაოდენობის გეოინფორმაციული სისტემა არსებობს, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავებულია დანიშნულებით, სტრუქტურითა და მთელი რიგი თავისებურებებით. დანიშნულების მიხედვით ყველა მათგანი შეიძლება დაეყოს ორ დიდ ჯგუფად: სტანდარტულ და სპეციალურ გის-ებად [Беруашвили, Жучкова, 1997].

სტანდარტული (სამაგიდო, უნივერსალური) გეოინფორმაციული სისტემების მთავარი თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ იგი გვთავაზობს კომპიუტერული პროცესების შესრულების ერთგვარ მზა ფორმატს. მათი მეშვეობით შესაძლებელია მონაცემთა ბაზებისა და კარტოგრაფიული საფუძვლის ურთიერთდაკავშირება, აგრეთვე, თემატური რუკის შექმნა და გამობეჭდვა. გის-ის მეშვეობით შეგვიძლია მივიღოთ სტატისტიკური და კარტოგრაფიული ნებისმიერი ინფორმაცია. სტანდარტულ გის-ებს მიეკუთვნება: IDRISI, MapInfo, ArcInfo, ArcView, PC Arc/Info, Vertical Mapper, AutoCAD Map, Network Analyst, Atlas GIS და სხვ.

სპეციალური გეოინფორმაციული სისტემები კი შექმნილია კონკრეტული ამოცანების გადასაჭრელად, ამიტომ მათ ხშირად დარგობრივი ხასიათი აქვთ. სწორედ მათ წილად მოდის გის-ების საერთო რაოდენობის უდიდესი ნაწილი. სპეციალური გის-ების საფუძველს ხშირად სტანდარტული გის-ები წარმოადგენს. თუმცა ზოგჯერ ადგენენ სპეციალურ პროგრამებსაც, რომლებსაც კონკრეტული, ვიწრო დარგობრივი დანიშნულება აქვთ. სპეციალურ გის-ებს მიეკუთვნება: ГИС Кавказа, ГИС Грузии, ГИС "Черное море", Atlas GIS для всех, "Политическая карта мира" და ა.შ.

ამრიგად, გეოინფორმაციული სისტემა შეიძლება ორგვარად იყოს გაგებული:

❖ როგორც პროგრამის კონკრეტული დანართი მომხმარებლისათვის;

როგორც კონკრეტული დანართებისა და საერთოდ ინფორმაციის ტექნოლოგიებისათვის შედგენილი ინსტრუმენტების კრებადობა.

2.7. სტანდარტული გეოინფორმაციული სისტემები და ბრაზიკული მონაცემების წარმოდგენის ფორმატები

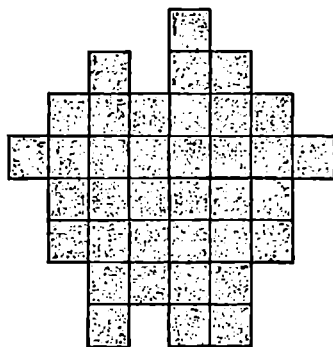
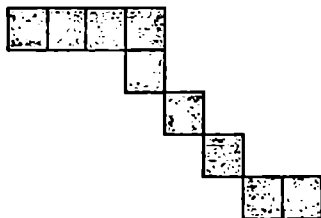
STANDARD GIS AND IT'S GRAPHIC FORMATS

უკანასკნელ პერიოდამდე მიღებული იყო სტანდარტული გეოინფორმაციული სისტემების დაყოფა სამ ტიპად: რასტრულ, ვექტორულ და ვასტრულად. მაგრამ ამჟამად გისების ამგვარი დაყოფა მოქმედებულად ითვლება, ვინაიდან თანამედროვე სისტემებს „უნარი შესწევთ“ დაამუშაონ სხვადასხვა ტიპის მონაცემები – რასტრულიც და ვექტორულიც. ამიტომ დღეს საუბარია გისების არა რასტრულ და ვექტორულ ტიპებზე, არამედ გრაფიკული გამოსახულების რასტრულ და ვექტორულ ფორმატებზე.

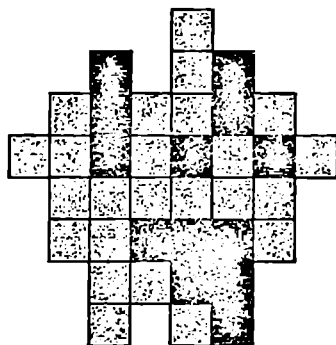
რასტრული გრაფიკული გამოსახულება (Raster image) უფრო მარტივია და უფრო ფართოდ გავრცელებულიც. მისი მთავარი თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ გრაფიკული ობიექტები დამახსოვრებულია ელემენტარული უჯრედების – პიქსელების მეშვეობით. ამიტომ მას მოზაიკური სტრუქტურა აქვს. ამ უჯრედებით იქმნება გარკვეული ზომის ბადეები. თვით სიტყვა „რასტრულიც“ აქედან მომდინარეობს: „რასტრი“ ნიშნავს „ბადეს“. ამიტომ კარტოგრაფიული ნებისმიერი ნიშანი (წერტილში, ხაზში, ფართობში ლოკალიზებული) მოცემულია პიქსელების ნაკრებით: წერტილი წარმოდგენილია ერთადერთი პიქსელით, ხაზი – უჯრედების ხაზობრივი მიმართულებით, ხოლო პოლიგონი – მეზობელი უჯრედების გარკვეული ნაკრებით. ამ ობიექტების თითოეული უჯრედი რასტრის უჯრედი. ამრიგად, რასტრული გამოსახულება დისკრეტულია. ეს კი საშუალებას იძლევა შესწორებები შევიტანოთ კარტოგრაფიული ნიშნების გარკვეულ ადგილებშიც კი. მაგალითად, მოცემული გვაქვს ხაზობრივი ობიექტი. შესაძლებელია ამ ობიექტის ცალკეული პიქსელების ფერის შეცვლა (ნახ. 2.3). ანალოგიური შეიძლება ითქვას ფართობით ობიექტებზეც.

რაც უფრო მცირე ზომისაა პიქსელი, მით უფრო მაღალი კარტოგრაფიული ხარისხის გამოსახულებას ვიღებთ. რასტრულ სტრუქტურაში რასტრის ელემენტები შეიძლება სხვადა-

ვექტორული



რასტრული



ნახ. 2.3. ვექტორული და რასტრული გამოსახულების სტრუქტურა.

სხვა ფორმით იყოს წარმოდგენილი. მაგალითად, სამკუთხედების, ოთხკუთხედებისა და ექვსკუთხედების სახით. ყველაზე მეტად გავრცელებულია სწორკუთხოვანი, განსაკუთრებით კი კვადრატული უჯრედები (grid cells). ამგვარად, სივრცე დაყოფილია ელემენტების სიმრავლით. თითოეული მათგანი დედამიწის ზედაპირის გარკვეული ნაწილია. სწორედ ამ ნაწილების მიხედვით ინახება ინფორმაცია მონაცემთა ბაზაში. მე-

თოდს, რომლითაც იქმნება სივრცითი მონაცემების კვადრატული ბადის სტრუქტურა, კვანტურ (Quantization) ან რასტრულ (Raster) მეთოდს უწოდებენ [Демерс, 1999].

რასტრულ მოდელებში უჯრედები თანაბარი ზომისაა, თუმცა ეს არ არის აუცილებელი პირობა. მაგრამ ყველაზე ფართო გავრცელებისაა სწორედ თანაბარი ზომის რასტრები. ასეთ გის-ებში გეოგრაფიული სივრცე დაყოფილია დისკრეტულ უჯრედებად, სადაც წერტილოვანი კოორდინატების ნაცვლად გვაქვს რასტრის უჯრედები.

რასტრულ გამოსახულებას, ჩვეულებრივი მასშტაბის გარდა, აქვს პიქსელური მასშტაბიც, რომელიც გულისხმობს სივრცეში მანძილის ერთი ერთეულის შეფარდებას ერთი პიქსელის სიდიდესთან. ადრინდელი კონფიგურაციის მონიტორებზე პიქსელის ზომა¹ 0,5 მმ-ს შეადგენდა, თანამედროვე მონიტორებზე კი იგი შედარებით უფრო მცირეა. კერძოდ, VGA (Video Graphics Adapter) მონიტორზე პიქსელების ზომაა 0,25-0,28 მმ, ხოლო SVGA (Super Video Graphics Adapter)² და PGA მონიტორებზე – 0,21-0,22 მმ. მაგალითად, რუკის მასშტაბია 1 სმ-ში 5 კმ, ხოლო პიქსელური მასშტაბი – 1 პიქსელში 0,25 მმ. ეს იმას ნიშნავს, რომ პიქსელური მასშტაბი, ჩვეულებრივთან შედარებით, 40-ჯერ უფრო მეტია (ვინაიდან 1 სმ-ში გვაქვს 40 პიქსელი, ხოლო 1 პიქსელში – 0,125 კმ).

რასტრული გამოსახულება წარმოდგენილია სამი მაჩვენებლით (M, C, P), სადაც M (Matrix) არის მთელი რიცხვების მატრიცა, C (Colour) – ფერების (პალიტრის) მოწესრიგებული სიმრავლე, ხოლო P – გარჩევადობა. მატრიცის უჯრედია პიქსელი და იგი შეიცავს C პალიტრიდან ფერის გარკვეულ ნომერს. მატრიცა შექმნილია იმგვარად, რომ მოსაზღვრე პიქსელები შეესაბამებიან გამოსახულების მოსაზღვრე „ადგილებს“. პალიტრიდან ამ „ადგილებისათვის“ შერჩეულია ყველაზე ადეკვატური ფერი და მისი ნომერი მოთავსებულია მატრიცის შესაბამის უჯრედში [Слесаренко, 1999].

¹ ტერმინი „პიქსელის ზომა“ ფართოდაა გავრცელებული და იგი გულისხმობს არა თვით პიქსელის ზომას, არამედ მანძილს პიქსელებს შორის [Лейченко, 2002].

² კომპიუტერის გრაფიკული სისტემის სტანდარტი, მონიტორის ტიპი.

რასტრულ გეოინფორმაციულ სისტემებს შორის განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს სტანდარტული პროგრამა IDRISI.

ვექტორული გრაფიკული გამოსახულების მთავარი თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ იგი მოცემულია არა პიქსელების, არამედ ვექტორების სახით, ე.ი. კარტოგრაფიული ნიშნები – წერტილი, ხაზი, პოლიგონი გამოსახულია მრუდით და შესაბამისი მათემატიკური ფუნქციებით, რომელთა შერჩევა ავტომატურად ხდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ მონაცემთა ბაზაში ინახება ინფორმაცია ვექტორების სახით მოცემული გრაფიკული ობიექტების არა თითოეული ელემენტის (პიქსელის), არამედ მხოლოდ მათი კვანძების შესახებ. ამიტომ ერთი ობიექტის თითოეული პიქსელი შეიძლება მოცემული იყოს მხოლოდ ერთი ფერით (იხ. ნახ. 2.3). კერძოდ, ხაზობრივი ან ფართობითი ობიექტები გამოსახული იქნება ან რუხი, ან შავი ფერით (განსხვავებით რასტრული გამოსახულებისაგან).

არსებობს გეოგრაფიული ობიექტების აღწერის რამდენიმე მეთოდი:

I მეთოდი – მათემატიკური ფუნქციის სახელწოდებითაა ცნობილი. მისი მთავარი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გეოგრაფიული ობიექტები გამოისახოს ყველაზე შესატყვისი მათემატიკური ფუნქციით. მაგალითად, მდინარის კონტურის გამოსახვისათვის უნდა შეირჩეს ის მათემატიკური ფუნქცია, რომელიც ყველაზე მეტად დაემთხვევა მდინარის კლაკნილობას. ზოგადად მიღებულია, რომ მდინარის კლაკნილობის გამოსახვა ყველაზე მოსახერხებელია ფუნქციით $y = b + a \sin x$ [ბერუნაშვილი]. მაგრამ ისიც ცხადია, რომ ბუნებაში მდინარის არცერთი კონტური ზუსტად არ ემთხვევა არცერთ მათემატიკურ ფუნქციას. ამიტომ ეს მეთოდი არასრულყოფილია და მას მიმართავენ მხოლოდ მარტივი გეოგრაფიული ობიექტების სქემატური აღწერისას.

II მეთოდი – აპროქსიმაციის (Approximation) სახელითაა ცნობილი. წინა მეთოდთან შედარებით, იგი უფრო სრულყოფილია, ეინაიდან გაცილებით მეტი სიზუსტით „აღწერს“ გრა-

ფიკულ ობიექტებს. თუმცა არც ეს მეთოდი იძლევა ობიექტების ზუსტ სურათს და ვიდეო მხოლოდ რეალურთან მიახლოებულ გამოსახულებას. გეოგრაფიული ობიექტების აღწერის ამ მეთოდის მიხედვით, ობიექტები დაყოფილია ცალკეულ მონაკვეთებად. თითოეული ამ მონაკვეთისათვის გამოიყენება არა ერთი და იგივე (როგორც წინა მეთოდში), არამედ სხვადასხვა მათემატიკური ფუნქცია. ამიტომ მას წყვეტილ-ხაზობრივ მეთოდსაც (Piecewise linear method) უწოდებენ.

III მეთოდი ხორციელდება გრაფების თეორიის¹ საფუძველზე, რომლის მიხედვითაც გეოგრაფიული ობიექტები მოცემულია კვანძებისა (წერტილების) და ტოტების (წიბოების) სიმრავლის სახით. კვანძები ის წერტილებია, სადაც თავს იყრის ერთი ან რამდენიმე (შესაძლებელია ყველა) ტოტი. მონაცემების ეს სტრუქტურა საკმაოდ კარგად შეესაბამება მანქანის ინტელექტს. ამასთან, მოსახერხებელია გეოგრაფიული ინფორმაციის გამოსახვისათვისაც. კერძოდ, დასახლებული პუნქტებისა და სატრანსპორტო ქსელის რუკა შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს გრაფების მეშვეობით:

- ქალაქები – გრაფების წერტილები. მონაცემთა ბაზაში არსებობს ინფორმაცია მათი ადგილმდებარეობის, აბსოლუტური სიმაღლისა და სხვა მაჩვენებლების მიხედვით.
- ქალაქების შემაერთებელი ხაზები – გრაფების ტოტები (წიბოები). მონაცემთა ბაზაში არსებობს ინფორმაცია გზის ტიპის, სიგრძისა და სხვა პარამეტრების შესახებ.

IV მეთოდი ეფუძნება ტოპოლოგიას.² იგი განსაზღვრავს ობიექტებს შორის სივრცით ურთიერთკავშირს ექვტორულ ფენაზე. ეს ურთიერთკავშირი აღწერილია მათემატიკური მეთოდებით.

ამრიგად, ექვტორული გამოსახულების შესადგენად საკმაოდ რთული მათემატიკური აპარატი გამოიყენება. თუმცა

¹ გრაფების (გრაფთა) თეორია – მათემატიკის დარგი, რომელიც ობიექტებს შეისწავლის გეომეტრიული მიდგომით. გრაფი წვეროებისა (წერტილების) და წიბოების (კავშირების) სიმრავლეა [ქსე].

² ტოპოლოგია (topos – ადგილი, logos – მოძღვრება) – გეომეტრიის დარგი, რომელიც შეისწავლის უწყვეტობის ფენომენს [ქსე].

სასურველ გეოგრაფიულ შედეგს მაინც ვერ ვიღებთ ყოველთვის, ვინაიდან თითოეული ეს მეთოდი ცალკე-ცალკე შედარებით მარტივი გეოგრაფიული ობიექტების აღწერის შესაძლებლობას იძლევა. რთული გეოგრაფიული ობიექტების აღწერისას კი აუცილებელია თითქმის ყველა (ან რამდენიმე) მეთოდის ერთდროული გამოყენება.

რასტრული გის-ებისაგან ვექტორულის ერთ-ერთი მთავარი განსხვავება სწორედ ამ მათემატიკური აპარატის არსებობაში მდგომარეობს. კერძოდ, კონტურის გატარებისას სისტემა აფიქსირებს გარკვეულ მათემატიკურ ფუნქციას, რომელიც იცვლება ხაზის უმნიშვნელო „მოხვევის“ შემთხვევაშიც კი.

გეოინფორმაციულ სისტემებში გრაფიკული ობიექტები ოთხი ტიპისაა: წერტილები (point), ხაზები (line), პოლიგონები (polygone) და ტექსტები (text). თითოეულ მათგანს (ტექსტური ობიექტების გარდა) ვექტორულ გის-ებში განსხვავებული მათემატიკური ფუნქცია აქვს, ამიტომ საკმაოდ რთულია ამ მათემატიკური პროცედურების განხორციელება და ერთსა და იმავე სიბრტყეზე (ფენაზე) მათი ერთად გამოსახვა¹. ამიტომ ArcView, ArcInfo სისტემებში სხვადასხვა ტიპის გრაფიკული ობიექტებისათვის იქმნება ცალკე ფენა (layer, coverage).

ვექტორულ გის-ებს მიეკუთვნება: MapInfo, ArcInfo, ArcView.

ვასტრული ფორმატი ეფუძნება, როგორც რასტრულ, ისე ვექტორულ სტრუქტურას, ე.ი. მას ერთგვარი „გარდამავალი“ ფორმატი გააჩნია ორ საბაზო სტრუქტურას შორის.

ვასტრული სტრუქტურის ძირითადი ლოგიკური ერთეულია სარტყელი (ზოლი), რომელიც სკანირების რამდენიმე სტრიქონს აერთიანებს. სარტყელი შეიცავს ვექტორული და რასტრული სტრუქტურების ელემენტებს. ყოველი სარტყლის პირველი სტრიქონი მოცემულია რასტრულ, ხოლო შიდა არე – ვექტორულ ფორმატში და გამოსახულია მოდიფიცირებული კოდების სახით. რუკის ყოველი უწყვეტი ჯაჭვი შენახულია

¹ თუმცა ზოგიერთ ვექტორულ გეოინფორმაციულ სისტემაში (მაგალითად, MapInfo-ში) შესაძლებელია წერტილების, ხაზების, პოლიგონებისა და ტექსტების რუკის ერთ ფენაზე მოთავსება.

გარკვეული თანამიმდევრობით. რასტრულ ჩანაწერებსა და ვექტორულ ჯაჭვურ კოდებს შორის არსებული შესაბამისობის საფუძველზე იქმნება ვასტრული გამოსახულება, რომელიც შედარებით უფრო ფართოდ გამოიყენებოდა რამდენიმე წლის წინ. პრაქტიკული თვალსაზრისით უფრო მოსახერხებელი გახდა ვექტორული და რასტრული ფორმატების ცალკე გამოყენება, ცალკეულ შემთხვევაში კი – ერთი ფორმატიდან მეორეზე გარდაქმნის პროცედურის შესრულება. მაგალითად, ყველაზე პოპულარულ ვექტორულ გის-ებს (MapInfo, ArcView, ArcInfo) „შეუძლიათ“ IDRISI რასტრული გის-ის ფაილის წაკითხვა.

მონაცემთა დამუშავებისას გის-ში ინტერპოლაცია საკმაოდ ხშირად გამოიყენება. არსებობს ინტერპოლაციის გამოყენების სხვადასხვა მეთოდი: IDW-ინტერპოლაცია, ხაზობრივი, ტრიანგულაციური, კვადრატული, ხაზობრივი და ა.შ.

IDW-ინტერპოლაციის მიხედვით ხდება მონაცემთა უცნობი სიდიდეების „შეწონილობის“ განსაზღვრა მანძილის უკუპროპორციულად. კვადრატული და ტრიანგულაციური ინტერპოლაცია ეფუძნებიან კვადრატული ბადისა და ტრიანგულაციის სტრუქტურას. საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება კვადრატული ინტერპოლაციის მეთოდი, თუმცა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუკი მონაცემები რეგულარული და თანაბრად განაწილებულია. ამ მეთოდით შეირჩევა იმ ოთხი უახლოესი საწყისი წერტილის მნიშვნელობები, რომლებიც ძეხნის არეალშია მოქცეული. წარმოქმნილი ოთკუთხედების კუთხეების განსაზღვრის საფუძველზე კი ხდება საბოლოო შედეგის მიღება. ტრიანგულაციური ინტერპოლაციის დროს ყველა საწყისი წერტილი შეერთებულია სამკუთხედებით და ამგვარად წარმოიქმნება არარეგულარული ქსელი. წერტილების შეერთება ხდება წყვილად უახლოესი „მეზობლის“ მიხედვით (დელონეს კრიტერიუმი) [Естин Мэн, 2001]. ხაზობრივი ინტერპოლაციის (Linear interpolation) მიხედვით კი არარსებული მონაცემების დადგენა ხდება ცნობილი სიდიდეების არითმეტიკული და გეომეტრიული პროგრესიის განსაზღვრით.

2.8. გეოინფორმაციული სისტემების სტრუქტურა და შესრულების ალგორითმი

THE STRUCTURE OF GIS AND FULFIL ALGORITHM

გეოინფორმაციული სისტემების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის სრულყოფილი და რაც მთავარია „წონასწორობაში“ უნდა იყოს სამი მთავარი კომპონენტი: ტექნიკური, მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფა.

გეოინფორმაციული სისტემის ტექნიკური კომპონენტებია:

კომპიუტერი (უნივერსალური ცენტრალური პროცესორი);

მციფრაჟი (მონაცემების ციფრულ ფორმატში გადასაყვანი);

უნივერსალური დისკლეი (ტერმინალი).

გეოინფორმაციული სისტემა შედგება რამდენიმე ქვესისტემისაგან [Демерс, 1999]:

1. მონაცემთა მოპოვების ქვესისტემა – ახდენს სხვადასხვა წყაროდან ინფორმაციის მოპოვებასა და წინასწარ დამუშავებას. იგი გულისხმობს სივრცითი ინფორმაციის გარდაქმნასაც. მაგალითად, ტოპოგრაფიული რუკის იზოხაზები გადადის გის-ის რელიეფურ მოდელში. ეს ქვესისტემა შეესაბამება კლასიკური რუკათშექმნის პირველ ორ ეტაპს – მონაცემთა შეგროვებასა და კომპილაციას.

2. მონაცემთა შენახვისა და შერჩევის ქვესისტემა – მონაცემთა შერჩევის, გამოტანისა და რედაქტირების მიზნით ორგანიზებას უკეთებს სივრცით ინფორმაციას. ამ ქვესისტემას არა აქვს პირდაპირი კავშირი კარტოგრაფიულ მეთოდთან, ვინაიდან თვით რუკა არის ინფორმაციის შენახვისა და შერჩევის საშუალება.

გეოინფორმაციულ სისტემას, ტრადიციულ რუკასთან შედარებით, ის უპირატესობა აქვს, რომ შესაძლებელია ინტერაქტიულ რეჟიმში მუშაობა. ამასთან, წერტილები, ხაზები და პოლიგონები მოიცავს სხვადასხვა ატრიბუტს – გეოგრაფიულ კოორდინატებს, გეომეტრიულ მახასიათებლებს. კლასიკური რუკა არის სივრცითი მონაცემების ანალიზის ფუნდამენტური ინსტრუმენტი. აქ საჭიროა სახაზავის ან კურვიმეტრის გამოყენება სიგრძის გასაზომად, ტრანსპორტირით – მიმართულე-

ბის განსაზღვრა, პლანიმეტრის გამოყენება – ფართობის გასაზომად და ა.შ.

3. მონაცემთა მანიპულაციისა და ანალიზის ქვესისტემა – ასრულებს სხვადასხვა ამოცანას, აჯგუფებს, ანაწილებს, ადგენს პარამეტრებსა და შეზღუდვებს, ასრულებს ფუნქციების მოდელირებას. ეს სისტემა გეოინფორმაციული სისტემის ერთ-გვარი „გულია“. იგი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს იმ ინფორმაციის გაზომვა, შედარება და აღწერა, რომელიც ინახება მონაცემთა ბაზებში, ამასთან სასურველი პრინციპით საწყისი მონაცემების ხელმეორედ გადამუშავება და სხვ.

4. გამოტანის ქვესისტემა – ასახავს მონაცემთა ბაზას მთლიანად ან მხოლოდ მის ნაწილს, რასაც გეოინფორმაციული სისტემა წარმოადგენს ცხრილის, დიაგრამის ან სხვა კარტოგრაფიული გამოსახულების სახით.

2.9. მონაცემთა ბაზები და გეოინფორმაციული სისტემები DATABASE AND GIS

2.9.1. ცნება მონაცემთა ბაზების შესახებ DEFINITION OF DATABASE

გეოინფორმაციული სისტემების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და, შეიძლება ითქვას, გადამწყვეტი ნაწილია მონაცემთა მართვის სისტემა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა სახის მონაცემების მოდელირებისათვის. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სიერციითი მონაცემების ბაზა, რომელიც გის-ის საფუძველს ქმნის.

მონაცემთა ბაზა¹ (Database) არის მონაცემების ნაკრები, რომელიც გამიზნულია ობიექტის ინფორმაციული მოდელის შესაქმნელად და გამოიყენება ინფორმაციის დამუშავე-

¹ მონაცემთა ბაზისაგან განსხვავებული ტერმინებია „ცოდნის ბაზა“ და „მონაცემთა ბანკი“.

ცოდნის ბაზა – „ცოდნის“ ორგანიზებული ნაკრები, რომელიც წარმოდგენილია ავტომატიზებული დამუშავების შესაძლებლობის ფორმით. მონაცემთა ბანკი – მონაცემთა ბაზების ნაკრები, რომელიც შექმნილია მეცნიერების გარკვეული მიმართულების ამოცანების გადასაჭრელად [Беруашвили, Жучкова, 1997].

ბისათვის [Беруцашвили, Жучкова, 1997]. ამასთან, ზოგიერთი ავტორი მონაცემთა ბაზის ფუნქციად მიიჩნევს მონაცემთა ვიზუალიზაციასა და ახალ მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის შექმნასაც. მონაცემთა ვიზუალიზაცია გულისხმობს გარკვეული კრიტერიუმით მონაცემთა შერჩევას, მათ დახარისხებასა და მომხმარებლისადმი გარკვეული ფორმით მიწოდებას. თუმცა მონაცემთა ბაზა როდი აერთიანებს მხოლოდ მონაცემებს. მასში ჩართულია ის მეთოდებიც (ანუ პროგრამული კოდი), რომელთა მეშვეობითაც ხორციელდება კავშირი პროგრამულ-აპარატულ კომპონენტებს, მომხმარებელსა და სისტემას შორის. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მონაცემთა ბაზა მოიცავს იმ მეთოდებს, რომლითაც ხორციელდება მონაცემების ოპერირება – მართვა. მონაცემთა ბაზების როგორც მხოლოდ მონაცემთა ნაკრების შესახებ შეხედულება წარმოიქმნა მათი განვითარების საწყის ეტაპზე, როცა მონაცემთა ბაზები, მართლაც, მხოლოდ მონაცემებს მოიცავდა. თანამედროვე მონაცემთა ბაზებში კი, მონაცემების გარდა, ინახება ინფორმაციაც. აქედან გამომდინარე, მონაცემთა ბაზა არის ორგანიზებული სტრუქტურა, რომელიც გამიზნულია ინფორმაციის შენახვისათვის [Информатика, 2002].

ამგვარად, მონაცემთა ბაზა არის მონაცემთა ერთი ან რამდენიმე ფაილის ნაკრები (ცხრილების სახით), რომელთა შორის მჭიდრო ურთიერთკავშირია. მონაცემთა ბაზა შეიძლება იყოს ცარიელიც, ანუ იგი არ შეიცავდეს არანაირ მონაცემს. ასეთ ბაზას ცარიელ მონაცემთა ბაზას უწოდებენ. მიუხედავად ზემოთ აღნიშნულისა, ისიც სრულფასოვან მონაცემთა ბაზად ითვლება. საქმე იმაშია, რომ მართალია, ასეთ სისტემაში არ არის მონაცემები, მაგრამ მასში არის ინფორმაცია, კერძოდ, მონაცემთა ბაზის სტრუქტურა. ეს უკანასკნელი გულისხმობს მონაცემების შეყვანისა და შენახვის მეთოდების (ინსტრუმენტების) არსებობას. სწორედ იგი განსაზღვრავს მონაცემთა ბაზის რაობას.

ყველაზე პოპულარული სტანდარტული მონაცემთა ბაზებია: Dbase, Access, Oracle და სხვ. ამ ბაზების ძირითადი ობიექტია ცხრილი. თვით უმარტივესი მონაცემთა ბაზაც შეიცავს თუნდაც ერთ ცხრილს მაინც. მაგრამ თავისი სტრუქტურითა და მუშაობის რეჟიმით მონაცემთა ბაზები ძირფესვიანად გან-

სხვაედება ელექტრული ცხრილებისაგან (როგორიცაა მაგალითად, Lotus 1-2-3, Quadro, Excel და სხვ.).¹

უფრო ხშირად მონაცემთა ბაზა სხვადასხვა გეოინფორმაციულ სისტემას „ემსახურება“, ვიდრე ცალკე რომელიმე მათგანს. ამიტომ ხშირად ისინი მონაცემთა უზარმაზარ მასივებს ქმნიან. ასეთი დიდი მასივების დამუშავებისას გარკვეული პრობლემები წარმოიქმნება, ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანია მართვის სრულყოფილი სისტემების შემუშავება.

მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემა (DBMS – Database Management System) არის გის-ის ინტეგრირებული და მნიშვნელოვანი კომპონენტი, რომელიც გამიზნულია მონაცემთა შენახვის, მანიპულაციისა და ძებნისათვის. განსაკუთრებით ღირებულია იგი ციფრული კარტოგრაფიული მონაცემების დამუშავებისათვის.

2.9.2. მონაცემთა ბაზის კომპონენტები და მონაცემთა ტიპები **COMPONENTS OF DATABASE AND TYPE OF DATA**

ელექტრული ცხრილებისაგან განსხვავებით, მონაცემთა ბაზებში გამოიყენება მონაცემთა მრავალი ტიპი, რომელთაც სხვადასხვა ფუნქცია გააჩნიათ [Ихпорматика, 20002; Леонтьев, 2002]. ეს მონაცემთა მართვის კარგ საშუალებას იძლევა. მონაცემთა ტიპებია:

- **ტექსტური მონაცემები (text data)** – გამოიყენება ტექსტური ინფორმაციის შესანახად. ცხრილის ერთ უჯრედში შესაძლებელია მხოლოდ 255-სიმბოლოიანი ტექსტის განთავსება.
- **რიცხვითი მონაცემები (number data)** – ნებისმიერი ნამდვილი რიცხვი, რომელთა მეშვეობითაც ხორციელდება მონაცემთა მათემატიკური და სტატისტიკური დამუშავება.
- **ფორმულები (formula data)** – მონაცემთა ტიპი, განკუთვნილი მათემატიკური, სტატისტიკური და სხვა სახის ფორმულების ჩასაწერად.

¹ თუმცა თანამედროვე ელექტრული ცხრილები (ინტეგრალური პაკეტები) გარკვეულწილად შეიცავენ მონაცემთა ბაზის მართვის გარკვეულ შესაძლებლობებს.

მემო (Memo) – მონაცემთა სპეციალური ტიპი დიდი ტექსტების შესანახად (65 535 სიმბოლომდე). ფიზიკურად ტექსტი ინახება მონაცემთა ბაზის სხვა ადგილას და არა მიმდინარე ცხრილში. აქ ჩაწერილია მხოლოდ მისი მისამართი.

თარიღი/დროის მონაცემი (date/time data) – მონაცემთა ჩაწერის ტიპი კალენდარული თარიღისა და მიმდინარე დროის შესაბამისად.

ფულადი ჩანაწერის მონაცემი (currency data) – ჯამური თანხების მონაცემთა ჩაწერის ტიპი. იგი გარკვეულწილად რიცხვითი მონაცემების ანალოგიურია, მაგრამ არსებობს განსხვავებაც, კერძოდ, რიცხვების დამრგვალებასთან დაკავშირებით.

მრიცხველი (autonumber) – მონაცემთა სპეციალური ტიპი უნიკალური (ველში განუმეორებელი) ნატურალური რიცხვებისათვის, მნიშვნელობების ავტომატური ზრდით.

ლოგიკური მონაცემები (logic data, yes/no data) – ლოგიკური მონაცემების შენახვის ტიპი, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მხოლოდ ერთი ან ორი მნიშვნელობისათვის. ესენია: „იი“ და „არა“.

OLE-ობიექტი (OLE-object) – მონაცემთა სპეციალური ტიპი, რომელიც გამიზნულია OLE-ობიექტების შესანახად, მაგალითად, სხვა მონაცემთა ბაზის, ელექტრული ცხრილის მონაცემებისა და მულტიმედიისათვის. ანალოგიურად ზემომონაცემებისა, ისიც ინახება ცალკე და მიმდინარე ცხრილში მითითებულია მხოლოდ მისი მისამართი.

ჰიპერკავშირი, ჰიპერმითითება (hyperlink) – სპეციალური მონაცემი ინტერნეტის URL Web-ობიექტების მისამართების შესანახად. მისი მეშვეობით შესაძლებელია ინტერნეტის მონაცემთა ბაზებით სარგებლობა.

ძებნის მგებველი (lookup wizard) – მისი მეშვეობით იქმნება ცხრილი, რომლის საფუძველზეც იძებნება მონაცემები სხვა ცხრილიდან.

ნებისმიერი მონაცემთა ბაზა რამდენიმე ნაწილისაგან, ანუ კომპონენტისაგან შედგება. სხვანაირად მას ობიექტებსაც

- o ანგარიშები (reports) – სტრუქტურითა და მთელი რიგი თა-
ვისებურებებით ფორმებს მოგვაგონებს, მაგრამ იგი გამიზ-
ნულია მხოლოდ ამონაბეჭდების (hard copy) შესაქმნელად.
- o მაკროსები (macros) – გამიზნულია მონაცემთა ბაზაში
შესასრულებელი განმეორებადი პროცედურების (მხოლოდ
სტანდარტული ფუნქციების) ავტომატიზაციისათვის. მისი
განხორციელება შესაძლებელია კლავიატურის ღილაკთა
განსაზღვრული კომბინაციით.
- o მოდულები (modules) – ანალოგიურად მაკროსებისა, ისიც
გამიზნულია მონაცემთა ბაზაში შესასრულებელი განმე-
ორებადი პროცედურების ავტომატიზაციისათვის, მხოლოდ
არასტანდარტული ფუნქციების ჩათვლით. იგი ეფუძნება
დაპროგრამების ენას (მაგალითად, Visual Basic for Applications).
სწორედ მისი მეშვეობითაა შესაძლებელი შევასრულოთ
ისეთი არასტანდარტული პროცედურები მონაცემთა ბაზა-
ში, რომელიც კონკრეტული მომენტიდან და ამოცანიდან
გამომდინარეობს.

2.9.3. მონაცემთა ბაზების ტიპები

TYPES OF DATABASE

მონაცემთა ბაზის მართვის 4 ძირითადი ტიპი არსებობს
[Healey, 1991]:

- * ინვერტირებული (შებრუნებული) სიის სისტემები;
- * იერარქიული სისტემები;
- * ქსელური სისტემები;
- * რელაციური სისტემები.

ინვერტირებული და იერარქიული სისტემები განვითარდა
კონკრეტული მიზნებისათვის და უმთავრესად წარმოდგენი-
ლია ადრინდელ მოდულებში, მაშინ როცა ქსელური და რე-
ლაციური სისტემები შედარებით ახალია და უფრო მეტად
ეფუძნება თეორიულ, ვიდრე პრაქტიკულ შეხედულებებს.

ინვერტირებული სიის სისტემებში (IL – Inverted List Systems)
მონაცემები ინახება ცხრილურ ფაილებში (tables/files), რომ-
ლებიც წარმოდგენილია სტრიქონებისა (rows, records) და სვე-
ტების (columns, field) სახით. მონაცემთა ძებნა ხორციელდება

საძიებო ღილაკების მეშვეობით. ასეთ სისტემებს მიეკუთვნება: ADD DATACOM/DB და ADABAS, რომლებიც იყენებენ ინტეგრირებული ფურცლის მეთოდს. ადრე ეს სისტემები არ გამოიყენებოდა გის-თეის, ვინაიდან IBM-ის მუშაობა თითქმის მთლიანად ორიენტირებული იყო მინიკომპიუტერებზე (Minicomputer) და სამუშაო სადგურებზე (Workstation).

იერარქიული სისტემების (HS – Hierarchical Systems) წარმოქმნა პრაქტიკულად მოსდევს ინფორმაციული მართვის სისტემების (IMS – Information Management System) განვითარებას. იგი შეიქმნა 1968 წელს და მას დღესაც წამყვანი ადგილი უკავია და ერთ-ერთი ყველაზე ფართოდ გავრცელებული სისტემაა მსოფლიოში. HS სისტემა აგებულია იერარქიული ხის სახით, რომელიც წარმოდგენილია ურთიერთდაკავშირებული სხვადასხვა დონეების სახით.

ქსელური სისტემები (NS – Network Systems) ეფუძნება CODASYL-ის სისტემას (Conference on Data Systems Languages), კერძოდ, კობოლის (COBOL) დაპროგრამების ენას და მონაცემთა სტრუქტურებს: IDMS-სა და MDBS-ს. მსგავსად იერარქიული სისტემისა, აქაც ურთიერთდაკავშირებული სხვადასხვა დონეებია წარმოდგენილი. მაგრამ მთავარი განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ: „ბოლო“ დონე უკავშირდება ერთ ან რამდენიმე „წინა“ დონეს, ე.ი. თითოეული მათგანი შეიძლება დაკავშირებული იყოს არა ერთ, არამედ რამდენიმე დონესთან (ჯგუფთან). თითოეული ეს ჯგუფი თავისი ატრიბუტებით განსაზღვრულია ქსელის კვანძით.

ცნება რელაციური სისტემები (Relational Systems) პირველად განსაზღვრა კოდმა [Codd, 1970; 1979], როგორც აღწერილობითი მონაცემების საშუალება. სისტემას გააჩნია „საკუთარი“ სტრუქტურა და გამოყენებითი პროგრამები, რომლებიც სრულიად დამოუკიდებელია მონაცემთა ბაზაში არსებული შენახვის ფორმატისაგან. აქ მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილებში სვეტებისა და სტრიქონების სახით და წააგავს ელემენტურ რელაციურ მოდელირებას (Entity-Relational Modellings). თითოეულ სვეტში მოთავსებულია მონაცემი, რომელიც არსებული ნაკრების ერთ-ერთი ატრიბუტია. მონაცემთა ბაზების სხვა

ტიპებისაგან განსხვავებით, იგი აღწერს ურთიერთკავშირს „მრავალი მრავალზე“ (many-to-many).

სხვადასხვა ცხრილის მონაცემების გაერთიანების პროცესს შეფარდებით კავშირებს (relational joins) უწოდებენ. ეს გაერთიანება შეიძლება განხორციელდეს ერთი ცხრილის სვეტების მნიშვნელობების გადასვლით მეორეში, მეორედან – მესამეში და ა.შ. ეს პროცედურა უნდა განხორციელდეს მანამ, სანამ სასურველი მონაცემები არ მოიძებნება.

შეფარდებით სისტემებს გარკვეული უპირატესობანი გააჩნია, რაც შემდეგნაირად შეიძლება ჩამოყალიბდეს:

- ▶ იგი ეფუძნება სწორ თეორიულ ფუნდამენტს, ამიტომ შემუშავებული მეთოდოლოგია საკმაოდ ზუსტია.
- ▶ შესაძლებელია მონაცემთა ყველა სხვა ბაზის სტრუქტურის დაყვანა შეფარდებით ცხრილში. ამით იქმნება მონაცემთა წარმოდგენის ზოგადი ფორმა.
- ▶ ინსტრუმენტების გამოყენებისა და ოპერაციების შესრულების შედარებითი სიიოლე სხვა ტიპის სისტემებთან შედარებით.
- ▶ მონაცემების სტრუქტურის მოდიფიცირების შესაძლებლობა – სისტემის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი უპირატესობაა. კერძოდ, შესაძლებელია მონაცემთა ახალი ცხრილების, ახალი სტრიქონების დამატება.

მრავალჯერადი შეფარდებითი გაერთიანების პროცესი შეიძლება საკმაოდ ნელა განხორციელდეს. ეს კი სისტემის ერთგვარ ხარვეზადაც შეიძლება ჩაითვალოს, მაგრამ მისი თავიდან აცილება ნაწილობრივ შესაძლებელია ინდექსირებისა და ოპტიმიზაციის სხვა საშუალებების გამოყენებით.

შეფარდებით სისტემებს მიეკუთვნება ORACLE, INGRES, DB2. აქ ფართოდაა გამოყენებული შეფარდებითი კავშირების პრინციპი, როგორც გის-ის ველში, ისე მონაცემთა ავტომატური დამუშავების ოპერაციებში.

მონაცემთა ბაზების თანამედროვე ბაზარზე, გის-ის სექტორში დღეს ყველაზე ფართოდ არის გავრცელებული რელაციური სისტემები და როგორც ვარაუდობენ, ეს მდგომარეობა შენარჩუნდება საკმაოდ კარგა ხნით.

2.9.4. გეოინფორმაციული სისტემის მონაცემთა ბაზის მართვის მოდელები

MODELS OF DATABASE MANAGEMENT OF GIS

თანამედროვე მონაცემთა ბაზები საკმაოდ მძლავრი და სრულყოფილი სისტემებია, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია ათასობით გიგაბაიტი ციფრული კარტოგრაფიული მონაცემისა და რუკის ატრიბუტების შენახვა, საძიებო გარდაქმნების განხორციელება.

არსებობს მონაცემთა ბაზის მართვის ორგვარი მოდელი, რომელსაც ეფუძნება გეოინფორმაციული სისტემები [Healey, 1991]. ესენია:

- ◆ ჰიბრიდული მოდელი.
- ◆ ინტეგრირებული მოდელი.

ჰიბრიდული მოდელის (Hybrid Data Model) მთავარი თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ მონაცემთა შენახვის მექანიზმი მეტად მოსახერხებელი და ოპტიმალურია ინფორმაციის განლაგებისათვის. თუმცა არ არის იგი ოპტიმალური ატრიბუტულ-თემატური ინფორმაციისათვის. ამიტომ ციფრული კარტოგრაფიული მონაცემები შენახულია ოპერატიული სისტემის პირდაპირი „შელწევის“ ფაილებში, მონაცემთა ატრიბუტები კი – ჩვეულებრივ მონაცემთა ბაზის მართვის შეფარდებითი სისტემების ფაილებში, როგორიცაა INFO, ORACLE, INGRES, INFORMIS.

ჰიბრიდული სისტემები ეფუძნება ციფრული კარტოგრაფიული და ატრიბუტული მონაცემების კავშირის მექანიზმს. მაგალითად, რუკების დამუშავებისას ხდება ფენების ზედდების – ოვერლეის პროცესი (overlay), რომლის დროსაც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კარტოგრაფიული მონაცემების შენახვის სხვადასხვა მეთოდი. ამგვარად, წარმოიქმნება „შეკავშირებული“ ფაილი. ამ კავშირის მექანიზმი (linking mechanism) ეფუძნება უნიკალურ იდენტიფიკატორებს, რაც შენახულია მონაცემთა ბაზის ატრიბუტების ცხრილში. სწორედ ამის გამო მეტად ხელსაყრელია იდენტიფიკატორების დაკავშირება რუკის ინდივიდუალურ ელემენტებთან. ჰიბრიდული სისტემების უმეტესობა ეფუძნება მონაცემთა შეფარდებით ბაზებს.

არსებობს სხვადასხვა ტიპის ჰიბრიდული სისტემა, რომელთა კლასიფიკაციაც ეფუძნება კარტოგრაფიული მონაცემების შენახვის სხვადასხვა მექანიზმს. ესენია: კომპიუტერული დიზაინის სისტემა, ვექტორულ-ტოპოლოგიური სისტემები.

კომპიუტერული დიზაინის სისტემებში (CAD-based) რუკის ელემენტები გრაფიკული ობიექტებია (graphic elements), მხოლოდ ტოპოლოგიური ინფორმაციის გარეშე. ამიტომ მეტად რთულია სივრცითი გარდაქმნების განხორციელება. იგი უფრო მეტად მიეკუთვნება გის-ის კატეგორიას, ვიდრე ციფრული კარტოგრაფიის სისტემას (digital mapping). CAD-based სისტემებია: INTERGRAPH ISDS-DMRS, MICROSTATION-32. ამავე კატეგორიას მიეკუთვნება შედარებით მცირე სიმძლავრის სისტემები, როგორიცაა AUTOCAD და DBMS, რომლებიც უზრუნველყოფენ კავშირს სხვადასხვა გრაფიკულ პროგრამებთან.

ვექტორულ-ტოპოლოგიურ სისტემებში ტოპოლოგიური ინფორმაცია ინახება „შეკავშირებულ“ ფაილებში (linked file). ესენია: ESRI ArcInfo, GEOVISION, INTERGRAPH MICROSTATION GIS სისტემები.

Quadtrees-based სისტემები შედარებით ნაკლებად პოპულარულია. თუმცა ისინი ასრულებენ ისეთ ფუნქციებსაც, რომლებსაც აქვთ კვლევითი გამოყენება. ამ სისტემების პოპულარობა უთუოდ გაიზრდება იმ შემთხვევაში, თუ მოხდება მათი დაკავშირება „შეფარდებით“ მონაცემთა ბაზებთან. მას მიეკუთვნება სისტემა SPANS.

ინტეგრირებული მოდელიც (Integrated Data Model) სივრცითი მონაცემების მართვის სისტემაა, რომელიც ეფუძნება ვექტორულ-ტოპოლოგიურ სტრუქტურასა და რელაციურ ცხრილებს. ამ მოდელში რუკის მონაცემები (წერტილების, კვანძებისა და ხაზების შესახებ) ინახება კოორდინატების სახით და შეიცავს ტოპოლოგიურ ინფორმაციას. ატრიბუტები შეიძლება შენახულ იქნეს ორგანარად: ცხრილში, სადაც მოცემულია რუკის ობიექტები ან სპეციალურ ცხრილში (seperate table), რომელსაც ექნება „რელაციური“ გაერთიანების „უნარი“. ამრიგად, ინტეგრირებული მოდელიც ეფუძნება სტანდარტული რელაციური კავშირების მექანიზმს (standard relational join mechanism).

სადაც ინფორმაცია შეიძლება შევინახოთ კოორდინატებისა და ტოპოლოგიური ინფორმაციის სახით.

თავდაპირველად შეიქმნა და ფართოდ გაერცელდა ჰიბრიდული სისტემები. შედარებით მოგვიანებით გაჩნდა ინტეგრალური სისტემები, მაგალითად, Prime's SYSTEM9, რომელმაც ასევე საპატიო ადგილი დაიკავა კომერციულ ბაზარზე. ორივე ეს მოდელი ამჟამად განიცდის სრულყოფასა და განვითარებას, მაგრამ, როგორც ფიქრობენ, გაცილებით მეტი პერსპექტივა აქვს ინტეგრალურ სისტემებს.

2.10. ინფორმაციის ინტეგრაცია ბის-მბში **INFORMATION INTEGRATION IN GIS**

2.10.1. ცნება ინფორმაციის ინტეგრაციის შესახებ **DEFINITION OF INFORMATION INTEGRATION**

გეოინფორმაციული სისტემების წარმატებული ფუნქციონირება დამოკიდებულია სრულყოფილი და თანამიმდევრული გეოგრაფიულ მონაცემთა ბაზის არსებობაზე. მონაცემთა ეს ბაზა უნდა ეფუძნებოდეს მონაცემთა სხვადასხვა სიმრავლეების (data sets) გაერთიანება-ინტეგრაციას. ეს პროცესი ცნობილია ინფორმაციის ინტეგრაციის (Information Intregation) სახელწოდებით. მონაცემების ინტეგრაციის „უნარი“ თანამედროვე გის-ების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობაა. ინფორმაციის ერთობლივი წარმოდგენა, უნიფიცირება და ინტეგრაცია გეოინფორმაციულ სისტემას ანიჭებს უპირატესობას სხვა სისტემებთან შედარებით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, გეოინფორმაციული სისტემა „ძველ“ ინფორმაციას გარდაქმნის სრულიად ახლებურ კონტექსტში. ამასთან, მისი მეშვეობით შესაძლებელია ისეთი ინფორმაციის ინტეგრაციაც კი, რომლის გაერთიანებაც, შეპირაპირებაც, ერთი შეხედვით, შეუძლებელიც კი ჩანს.

ინფორმაციის ინტეგრაცია გეოინფორმაციული სისტემის ძირითადი განმარტებითი ატრიბუტი (defining attribute) და მთავარი წყაროა [Shepherd, 1999]. ამასთან, გეოინფორმაციული სის-

ტემა თვით არის ინტეგრალური სისტემა (ინტეგრალური ტექნოლოგია). ამას მოწმობს ის ფაქტიც, რომ იგი ეფუძნება სხვადასხვა, სრულიად განსხვავებული წყაროებიდან მოპოვებულ ინფორმაციას. სისტემის მეშვეობით კი ეს ინფორმაცია მომხმარებელს უნდა მიეწოდოს ახალი, უნიფიცირებული სახით (unified view).

ტერმინი „ინფორმაციის ინტეგრაცია“ ლიტერატურაში სხვადასხვაგვარად არის განმარტებული:

- სხვადასხვა წყაროდან (რუკების, ფოტოგრამმეტრიის, ტოპოგრაფიული აგეგმვის, დისტანციური ზონდირების) სიერციითი ინფორმაციის ერთად თავმოყრის პროცედურა, რომელიც ქმნის ერთ მთლიან სისტემას [Aybet, 1990];
- ტოპოლოგიური სტრუქტურის (topological framework) ფარგლებში დედამიწის ზედაპირის გეომეტრიული გამოსახულების შექმნა [Marx, 1986];
- ერთიანი პროგრამული უზრუნველყოფის ფარგლებში დედამიწის მთელი ზედაპირის რასტრული (მაგ., image) და ვექტორული მოდელების ინტერგარდაქმნა (interconversion) [Jackson and Mason, 1986];
- სიერციითი და ატრიბუტული მონაცემების გაერთიანება, მათი ურთიერთშერწყმული წარმოდგენა (coherent representation) ან მოდელირება [ESRI, 1990];
- სხვადასხვა სიერციითი ინფორმაციის სინთეზი ფუნდამენტური გეოგრაფიული კომპიუტერული პროცედურებით, როგორიცაა სიერციითი ძებნა (spatial search) და ფენების ზედდება – ოვერლეი¹ [Cowen, 1988].

ინფორმაციის ინტეგრაციის გარდა ხშირად იყენებენ სხვა ტერმინებსაც, როგორიცაა Link, Relate, Combine, Match. ფაქტობრივად, ისინი სინონიმებად განიხილება, თუმცა ზოგჯერ განსხვავებულადაც არის გააზრებული [Rhind et al, 1984].

ამგვარად, ინფორმაციის ინტეგრაცია გულისხმობს კომპიუტერულ სისტემებში გეოგრაფიული ინფორმაციის სინთეზს.

¹ ფენების ზედდება, ოვერლეი (overlay) გულისხმობს „შეკავშირებული“ ფენების (ფაილის) შექმნას, სადაც ატრიბუტული მონაცემები გაერთიანებულია სიერციით ობიექტებთან.

გეოინფორმაციული სისტემის წარმატებული ფუნქციონირება უშუალოდ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორ ეფექტურად მოხდება ინფორმაციის (სივრცითი და ატრიბუტული მონაცემების) გაერთიანება მონაცემთა ბმულ, შეკავშირებულ მოდელში (Coherent Model).

2.10.2. სივრცითი და ატრიბუტული მონაცემების ინტეგრაცია

SPATIAL AND ATTRIBUTAL INFORMATION INTEGRATION

კომპიუტერულ კარტოგრაფიულ სისტემაში სხედასხვა სახის სივრცითი მონაცემი ინტეგრირებულია გრაფიკულ მონაცემებთან, როგორც ვექტორულ, ისე რასტრულ ფორმატში. აქ სისტემის თითოეულ პუნქტს შორის კავშირი ხორციელდება თვით მონაცემების მეშვეობით. მონაცემების ინტეგრაცია გულისხმობს, როგორც არასივრცითი, ისე სივრცითი ინფორმაციის გაერთიანებას. კერძოდ, ინფორმაციის ინტეგრაციის მთავარი არსი მდგომარეობს ობიექტებისა და ატრიბუტების კავშირის შექმნაში.

ინფორმაციის ინტეგრაცია შეიძლება განხორციელდეს ორი გზით:

კომბინირებული რუკის მოდელით.

გეორელაციური მოდელით.

კომბინირებული რუკის მოდელი (Composite Map Model) ეფუძნება სივრცის რასტრულ გამოსახვას (grid-cell representation). რუკის თითოეულ ფენაზე სპეციალური ატრიბუტები „მიბმულია“ სივრცით ელემენტებთან, რითაც იქმნება რეგულარული ბადე (regular grid). ინფორმაციის ინტეგრაცია ხორციელდება ფენების ატრიბუტული მნიშვნელობების ერთმანეთზე დალაგებით (ერთი ფენა ექცევა მეორის ქვემოთ, ან ზემოთ). ამით იქმნება სუპერფენა (superimpose layer).

გეორელაციური მოდელი (georelation representation) ეფუძნება მონაცემების სივრცითი წარმოდგენის ვექტორულ ფორმატს (vector representation). კომბინირებული რუკის მოდელისაგან გან-

სხვაეებით, აქ ინტეგრაციული კავშირები ხორციელდება თითოეული სივრცითი ობიექტის უნიკალური (ერთადერთი) იდენტიფიკატორების (unique identifier, ID) მოწესრიგებით. კერძოდ, ხდება მათი გადანაწილება მონაცემთა ბაზის ცხრილების იმ ველებში, სადაც ინახება ატრიბუტული მონაცემები. ინფორმაციის ინტეგრაციის მთავარი მექანიზმი ეფუძნება მონაცემების სივრცით ძებნასა და ოვერლეის. აქ ატრიბუტული მონაცემები წარმოდგენილია წერტილში, ხაზში, ზონალურ (zonal) ან სხვა სივრცით ერთეულებში. ცხადია, ეს ერთეულები შეესაბამება დედამიწის ზედაპირის ობიექტებს. მაგალითად, რუკაზე მოცემულია წერტილოვანი ობიექტი „სახლი“. იგი შეიძლება გაერთიანდეს ისეთ ინფორმაციასთან, როგორიცაა მობინადრეთა რაოდენობა, სახლის ღირებულება; ობიექტი „მდინარე“ – წყლის გატუქვიანებასთან, თევზის რაოდენობასთან, მდინარის ხარჯთან; ხოლო ობიექტი „საეარგულო“ – მიწის გამოყენებასთან, ნიადაგისა და მცენარეულობის ტიპთან და ა.შ. [Shepherd, 1999].

გეორელაციურ მოდელს ორი მნიშვნელოვანი თავისებურება ახასიათებს, რაც მას უპირატესობას ანიჭებს კომბინირებული რუკის მოდელთან შედარებით:

- ატრიბუტული ინფორმაცია შეიძლება მოიძებნოს სივრცითი ობიექტების მიხედვით ან პირიქით.
- თითოეული ატრიბუტული ინფორმაცია დაკავშირებულია ერთ ან მეტ სივრცით ობიექტთან, ვინაიდან მრავალრიცხოვან ცხრილებს შორის შექმნილია ინფორმაციის გაერთიანების შესაძლებლობა.

თავდაპირველი გეოინფორმაციული სისტემები ეფუძნებოდა რუკის კომბინირებულ მოდელს, შედარებით მოგვიანებით წარმოიქმნა გეორელაციური მოდელი, რომელიც ამჟამად უფრო ფართოდაა გავრცელებული. თანამედროვე ექპტორული გისების აბსოლუტური უმეტესობა სივრცითი და ატრიბუტული მონაცემების დაკავშირებისას სწორედ ამ მოდელს ეფუძნება. ტრადიციულად ინფორმაციის ინტეგრაციის მექანიზმი, უმეტეს შემთხვევაში, არის ოვერლეის პროცესი. ამ პროცესში ყველაზე მთავარ პრობლემას წარმოადგენს მონაცემების არაზუსტი გეოკოდირების თავიდან აცილება.

2.11. მონაცემების შეგება გეოინფორმაციულ სისტემებში DATA INPUT IN GIS

კომპიუტერის მეხსიერებაში მონაცემების შეყვანისას აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ, თუ რა შესაძლებლობები აქვს გეოინფორმაციულ სისტემას – როგორ შეძლებს იგი მონაცემები გარდაქმნას ჩვენთვის სასურველ ფორმაში. თუკი ვექტორული ფორმატი გადაგვყავს რასტრულში, შედეგები ხშირად ვიზუალურად დამაკმაყოფილებელია, მაგრამ არასაკმარისი და არაშესატყვისი – ატრიბუტებისათვის. ეს განსაკუთრებით შესამჩნევია საზღვრების გასწვრივ, სადაც რასტრს ნებისმიერად მინიჭებული აქვს მოსაზღვრე ობიექტის ატრიბუტები. რასტრული ფორმატიდან ვექტორულში გადასვლისას კი, მართალია, შენახული იქნება ატრიბუტული მონაცემების უმრავლესობა, მაგრამ ვიზუალური შედეგები არადამაკმაყოფილებელი იქნება, ვინაიდან წარმოიქმნება საზღვრების საფეხურისებრი კონტურები. თუმცა არსებობს ამ საფეხურეობრიობის შესწორების ალგორითმი, რისთვისაც იყენებენ სპლაინ-ინტერპოლაციის მათემატიკურ (Spline-Interpolation) მეთოდს. ამგვარად, დასახული ამოცანიდან გამომდინარე, წინასწარ უნდა გავაანალიზოთ გის-ის ძირითადი თავისებურებები, რათა შეირჩეს ის სისტემა, რომელიც ყველაზე მეტად ვარგისი იქნება კონკრეტული შემთხვევისათვის [Demerc, 1999].

კარტოგრაფიული მონაცემები გის-ში შეიძლება სხვადასხვა გზით შევიყვანოთ: დიგიტალიზაციით (დიგიტაიზერით), სკანერით, სკანირება-ვექტორიზაციით. რუკების, აეროსურათებისა და დისტანციური ზონდირების სხვა მასალების შესაყვანად კომპიუტერის მეხსიერებაში ფართოდ გამოიყენება დიგიტაიზერი. მისი მეშვეობით ხორციელდება რუკების დიგიტალიზაცია, დაციფერა (digitalization). ეს არის პროცედურა, რომლის მეშვეობითაც არაციფრული მონაცემები გარდაიქმნება ციფრულ ფორმაში. რუკების დიგიტალიზაციის დაწყებამდე (ან მის შემდგომ) გეოინფორმაციულ სისტემას ვაწვდით ინფორმაციას პროექციის, კოორდინატთა სისტემისა და მასშტაბის შესახებ. ეს პროცედურა აუცილებელია მონაცემთა ბაზის სწორი ორგანიზაციისათვის. შესაძლებელია დიგიტაიზე-

რის დეკარტული სისტემიდან ორგანოზომილებიან კარტოგრაფიულ პროექციაში გადასვლა ან პირიქით.

დიგიტალიზაციის პროცესში ჩასატარებელია სამი გრაფიკული ოპერაცია: გადატანა (translation), მობრუნება (rotation) და მასშტაბირება (scale change).

გადატანა - არის გრაფიკული ობიექტების გადაადგილება კოორდინატთა სიბრტყის სხვა ადგილას, ხოლო მასშტაბირება - ობიექტების კოორდინატთა გამრავლება მასშტაბურ კოეფიციენტზე. ობიექტის შემობრუნება კი ხორციელდება ტრიგონომეტრიის საფუძველზე. ყველა აუცილებელი გარდაქმნა სწორედ ამ სამი გრაფიკული ოპერაციით შეიძლება განვახორციელოთ.

დიგიტალიზაციისას აუცილებელია იმ არის შემოფარგვლა, რომლის დაციფვრაც უნდა მოხდეს. ამისათვის ირჩევენ მიზმის ანუ რეგისტრაციის წერტილებს, რომელთა გეოგრაფიული კოორდინატებიც იდენტური უნდა იყოს დიგიტალიზერსა და რუკაზე. რეგისტრაციის წერტილები უჩვენებს რუკის გარე საზღვარს და აუცილებლად უნდა მდებარეობდეს იმ ობიექტების გარე კიდეზე, რომლის დიგიტალიზაციასაც ვახორციელებთ (თვით რუკის ჩარჩოც კი უნდა მოთავსდეს რეგისტრაციის წერტილების შიგნით, თუკი ჩარჩოს შეყვანას ვაპირებთ მონაცემთა ბაზაში). ჩვეულებრივ, სისტემას ესაჭიროება მართკუთხედის კუთხეებში სამი წერტილი, რათა განისაზღვროს რუკის არე. საკმარისია ორი წერტილიც კი, თუკი ისინი დასმულია დიაგონალზე. ასეთ შემთხვევაში პროგრამა „მიიჩნევს“, რომ გარე საზღვარი სწორკუთხოვანია და გამოითვლის დანარჩენ ორ კუთხესაც. მაგრამ უმჯობესია შეირჩეს 3-ზე მეტი წერტილი, ოპტიმალურად შეიძლება ჩაითვალოს 5-6. რეგისტრაციის წერტილების დიდი რაოდენობა არანაირად არ იძლევა უფრო ზუსტ შედეგს, ვინაიდან ამ დროს იზრდება რეგისტრაციის დროს დაშვებული ცდომილების ალბათობა. მთავარია, სწორად განისაზღვროს რეგისტრაციის წერტილები, წინააღმდეგ შემთხვევაში რუკის დიგიტალიზაცია შეცდომით განხორციელდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ მივიღებთ ობიექტების არასწორ გეოგრაფიულ კოორდინატებს. ამიტომ დიგიტალიზაციის პროცესს ხელმეორედ გადამოწმება ესაჭიროება.

თანამედროვე პროგრამების უმეტესობას აქვს დიგიტალიზაციის პროცედურის დროს დაშვებული შეცდომების რედაქტირების შესაძლებლობა. მაგალითად, კომპენსირება უკეთდება ოპერატორის „ხელის კანკალით“ გამოწვეულ შეცდომებს, რაც თვალით შეუმჩნეველიც კია. ამისათვის წინასწარ (ან რედაქტირებისას) ირჩევენ თვალით გაურჩეველი მანძილის სიდიდეს (snap). ეს სიდიდე არც მცირე უნდა იყოს (შეცდომების მიმართ დიგიტალიზაცია ძლიერ „მგრძნობიარე“ ხდება, რასაც წერტილების გაბნევამდე მიყვავართ) და არც დიდი (გამოიწვევს წერტილების, ხაზების შერწყმას, ვინაიდან სისტემა არათანხვედრილ ობიექტებს ოპერატორის შეცდომად ჩათვლის).

დიგიტალიზაციის დროს დაშვებული შეცდომები ზოგჯერ განპირობებულია რუკის მასალით – ქალაქის ხარისხით, რომელიც ტენისა და ტემპერატურის ცვლილების შესაბამისად ზომებში იცვლება (თუმცა ეს თვალით უხილავია). ამ მხრივ, საუკეთესოდ ითვლება პლასტიკი, რომელიც ქალაქთან შედარებით უფრო მდგრადია. ქალაქის დეფორმაციისგან გამოწვეული ხარვეზების თავიდან აცილების მიზნით უნდა დავიცვათ შემდეგი პირობები:

- ☐ შენობაში უნდა იყოს ისეთი მოწყობილობა, რომელიც გარემოში ინარჩუნებს ჰაერის თანაბარ ტენიანობასა და ტემპერატურას.
- ☐ რუკები გაშლილ მდგომარეობაში უნდა მოთავსდეს რამდენიმე საათის განმავლობაში.
- ☐ ნაკლებად უნდა გამოვიყენოთ გადაკეცილი რუკები.
- ☐ რუკების გადაბმისათვის არ უნდა გამოვიყენოთ წებო, ვინაიდან იგი ქალაქის დეფორმაციას იწვევს.

საკმაოდ რთული და მნიშვნელოვანია იმის განსაზღვრა – თუ რა უნდა შევიყვანოთ დიგიტალიზაციის დროს, ვინაიდან შესაყვანი მონაცემები განსხვავებულია კონკრეტული ამოცანის შესაბამისად. ამით შეიზღუდება შესაყვანი თემების რაოდენობა. მაგალითად, ატმოსფეროს დატუქვიანების შესწავლისას არაფრისმოქმედი იქნება გეოლოგიური რუკა გეოინფორმაციულ სისტემაში. ამრიგად, საჭირო არ არის სისტემაში შევიყვანოთ ზედმეტი ინფორმაცია, თუმცა არც მისი სიმცირე დაშვებუ-

ლი, ვინაიდან ამით გეოინფორმაციული სისტემა შეიძლება უუნარო აღმოჩნდეს კონკრეტული ამოცანის სრულყოფილი ამოხსნისათვის. ამიტომ გადაწყვეტილება ყოველთვის უნდა მიიღოს ექსპერტმა. მრუდი ხაზის შეყვანისას არ არის აუცილებელი ნებისმიერი კლასიფიკაციის გამოსახვა. დასაშვებია ზოგან კლასიფიკაციის ნაცვლად სწორი ხაზის გატარებაც. ჩვეულებრივ, რთული ობიექტისათვის მეტ წერტილს აღრიცხავენ, ხოლო მარტივისათვის – ნაკლებს. ამიტომ დასაშვებია აპროქსიმაციის (წვეტილ-ხაზობრივი) მეთოდის გამოყენება.

რასტრული მონაცემების შეყვანა (ვექტორულთან შედარებით) გაცილებით გაიოლებულია იმ თვალსაზრისით, რომ შესაძლებელია სკანირების პროცედურის შესრულება. თუმცა სკანირების დროსაც ხშირად წარმოიქმნება „გაბნეული“ ობიექტები – რუკის გახუნების, ფერების არათანაბრობისა და სხვა მიზეზების გამო. ამასთან ოფსეტური წესით დაბეჭდილ რუკებზე თვალთ უხილავი პატარა წერტილები სკანირებისას წარმოქმნის დამოუკიდებელ პიქსელებს კომპიუტერის ეკრანზე. ამგვარი „გაბნეული“ წერტილებისაგან წარმოქმნილი რუკა გამოუყენებელია ანალიზისათვის. ამიტომ ახდენენ სკანირებული რუკების შემდგომ დამუშავებასა და სასურველ ფორმაში მის გარდაქმნას.

2.12. მონაცემების შენახვა და რედაქტირება გეოინფორმაციულ სისტემებში

STORAGE AND EDIT DATA IN GIS

მონაცემები რასტრულ და ვექტორულ სისტემებში განსხვავებულად ინახება, შესაბამისად განსხვავებულია რედაქტირების პროცედურაც.

რასტრულ სისტემაში მთავარი მონაცემია რასტრის უჯრედის ატრიბუტების მნიშვნელობა, რომელიც ინახება მყარ დისკზე (hard disk) (სულერთია UNIX სამუშაო სადგურია თუ პერსონალური კომპიუტერი). თითოეული უჯრედის ადგილმდებარეობა განისაზღვრება სხვა უჯრედის მიმართ. ზოგიერთ რასტრულ სისტემაში მონაცემები ინახება შეკუმშულად (ჯგუფური და ბლოკური კოდირება, რასტრის ჯაჭვის კოდირება).

თუკი რასტრული სისტემა უზრუნველყოფს კავშირს მონაცემთა ბაზის მართვის გარე სისტემებთან, მაშინ სიტუაცია უფრო რთულია, ვინაიდან რასტრის თითოეული უჯრედი დაკავშირებულია სხვადასხვა კოდებთან. იმისდა მიხედვით, თუ როგორ რეალიზდება ეს გეოინფორმაციულ სისტემაში, შეიძლება საჭირო გახდეს თითოეული თემატური ფენის ატრიბუტების ნაკრების გამოსახვა და ანალიზი.

ვექტორულ სისტემებში მონაცემთა ერთი ბაზის ფარგლებში ინახება გრაფიკა და ატრიბუტები, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულნი არიან გარკვეული მაჩვენებლებით. ამრიგად, გრაფიკა და ატრიბუტები გამიჯნულია ერთმანეთისაგან.

მრავალი გეოინფორმაციული სისტემა საშუალებას იძლევა მონაცემთა ბაზის ცალკეული ნაწილები შევინახოთ დიდი სექციების სახით (არქივიზაციის მიზნით). ამ პროცედურას უწოდებენ მოზაიკურ განლაგებას. იგი უფრო მეტად გამოიყენება მონაცემთა მოცულობის შემცირების მიზნით.

მაღალი დონის პროგრამული და ტექნიკური უზრუნველყოფის, რუკის მომზადების პედანტური პროცედურისა და პროფესიონალიზმის მიუხედავად, მონაცემთა ბაზებში ხშირია შეცდომები, რაც სხვადასხვა მიზეზითაა განპირობებული. შეცდომების უმეტესობა რთული აღმოსაჩენია, თვით მაღალი პროგრამული უზრუნველყოფის პირობებშიც კი და მისი რედაქტირება დიდ დროს მოითხოვს.

ყველაზე მეტად გავრცელებულია სამი ტიპის შეცდომა [Демерс, 1999]:

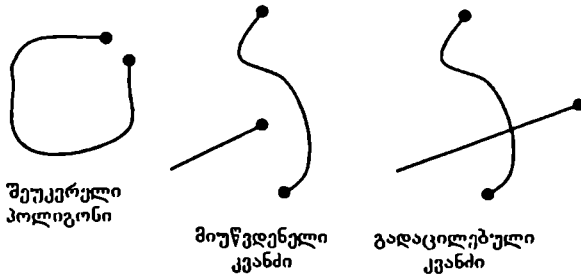
- × გრაფიკული შეცდომა (graphic error).
ობიექტის გამოტოვება (missing object).
ობიექტის არასწორი მდებარეობა (positional error).
ობიექტების არასწორი თანამიმდევრობა (disordered entities).
- × ატრიბუტული შეცდომა (attribute error) ერთნაირი სიხშირით გვხვდება, როგორც რასტრულ, ისე ვექტორულ რუკებზე.
- × გრაფიკისა და ატრიბუტების შეუთანხმებლობა (entity – attribute agreement error, ან logical consistency), როცა ატრიბუტების სწორად აკრეფილი კოდები არასწორადაა დაკავშირებული

გრაფიკულ ობიექტებთან. რასტრულ სისტემებში კი არასწორად აღკრეფილი კოდი, ან მოთავსებულია იგი რასტრის არაშესაბამის უჯრედში, რაც იწვევს მცდარ კოდირებას.

გრაფიკული შეცდომები შედარებით იოლი აღმოსაჩენია, განსხვავებით ატრიბუტული შეცდომებისა. თუმცა გის-ებს გააჩნიათ „აქტიური ლექსიკონი“, რომელიც საშუალებას იძლევა აღმოვაჩინოთ არასწორად აკრეფილი ატრიბუტები. მაგრამ, ცხადია, ეს პროცედურა შეზღუდული შესაძლებლობისაა. მაგალითად, ამ „ლექსიკონში“ შეიძლება იყოს აკრძალვა აიკრიფოს ციფრი ველში, ან ოთხმნიშვნელიან ველში ხუთნიშნისანი ციფრი და ა.შ. მაგრამ არც ეს არის ყოველთვის გამოსავალი, ვინაიდან რთულია წინასწარ განისაზღვროს სავაუაუდო ყველა შეცდომა. განსაკუთრებით რთულია ატრიბუტებისა და გრაფიკის შეთანხმებას შორის დაშვებული შეცდომების აღმოჩენა. მისი თავიდან აცილების მიზნით შეიძლება ეკრანზე რუკის გამოტანა და თითოეული რასტრის უჯრედის ატრიბუტებთან შედარება, მაგრამ ეს საკმაოდ შრომატევადი საქმიანობაა. თვით გეოინფორმაციული სისტემა კი ვერ განსაზღვრავს, რომელი ატრიბუტი იქნა „მიბმული“ არასწორად ობიექტთან.

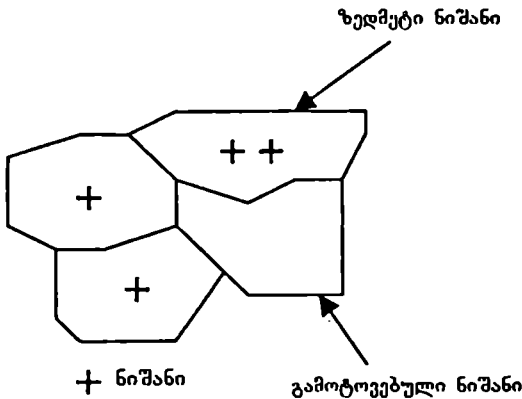
დიგიტალიზაციისას ვექტორულ რუკებზე სხვადასხვა სახის შეცდომები შეიძლება იყოს დაშვებული:

- ↓ ცრუკვანძები (false node, pseudo node), რომლებიც ხაზს არასწორად ანაწევრებენ ორ ნაწილად (ეს ასახვას პოულობს მონაცემთა ბაზაშიც). სინამდვილეში კი იგი ერთი ხაზია. ამ ხარვეზის თავიდან აცილების მიზნით, შემოღებულია დინამიკური სეგმენტაციის მექანიზმი, რომელიც ასეთ წერტილებს შემთხვევითობად აღიქვამს. იოლია ამ წერტილების დაშტება ან ამოგდება, რაც გავლენას არ ახდენს ტოპოლოგიაზე. ეს მექანიზმი კარგ შედეგს იძლევა, ვინაიდან ტოპოლოგია და ატრიბუტები ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელია.
- ↓ შეუკერფლი პოლიგონი, ანუ დაკიდებული კვანძი (dangling node). იგი შეიძლება იყოს ორგვარი: მიუწვდენელი (undershoot) და გადაცილებული (overshoot). ჩვეულებრივ, უფრო იოლია გადაცილებულის მოძებნა, ვიდრე მიუწვდენელის (ნახ. 2.4).



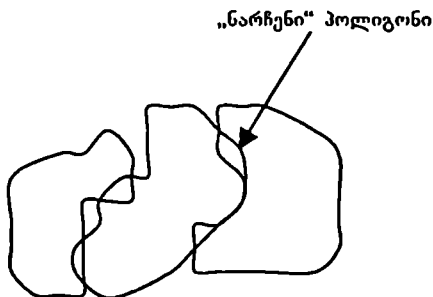
ნახ. 2.4. რუკის დიგიტალიზაციისას წარმოქმნილი შეცდომები კვანძებზე.

↓ პოლიგონების დიგიტალიზაციისას აუცილებელია ნიშნების, ჭდეების (mark) დასმა, რომელიც ატრიბუტებისა და ტექსტური ინფორმაციის კავშირს გამოსახავს. პოლიგონისათვის საჭიროა ერთადერთი ასეთი ნიშანი. ამასთან დაკავშირებით არსებობს ორი სახის შეცდომა: ნიშნის არარსებობა (missing labels), ან ზედმეტი ნიშანი (too many labels) (ნახ. 2.5).



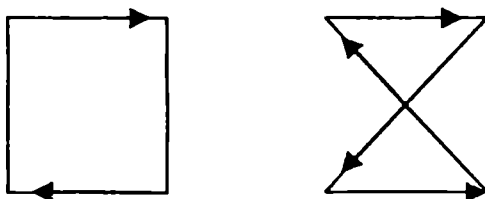
ნახ. 2.5. ატრიბუტებისა და ტექსტური ინფორმაციის დამაკავშირებელი ნიშნები.

- ↓ ორი მეზობელი რეგიონის საზღვრების არათანხვედრა, სადაც წარმოიქმნება მრავალი პატარა, „ნარჩენი“ პოლიგონი (ნახ. 2.6) და შესაბამისად უამრავი არასაჭირო ინფორმაცია იქნება განთავსებული მონაცემთა ბაზაში. ეს შეცდომები განსაკუთრებით წარმოიქმნება რუკის ფენების დალაგებისას.



ნახ. 2.6. მოსაზღვრე პოლიგონების გასწვრივ წარმოქმნილი ე.წ. ნარჩენი პოლიგონები.

- ↓ „უცნაური“ პოლიგონები (weird polygons), რომელთაც არასაკმარისი კვანძები გააჩნიათ. იგი წარმოიქმნება არათანამიმდევრულად შეყვანილი კვანძების შემთხვევაში, რის შედეგადაც შეიძლება სრულიად განსხვავებული კონფიგურაციის პოლიგონი მივიღოთ (ნახ. 2.7).



ნახ. 2.7. არასწორი თანამიმდევრობით შეყვანილი კვანძების გამო ოთხკუთხა პოლიგონის ნაცვლად მიიღება „ქეშის საათის“ ფორმის მქონე პოლიგონი.

გის-ებში კიდევ მრავალი სახის შეცდომა არსებობს, რომელთა აღმოჩენა და რედაქტირება სხვადასხვა სირთულისაა.

2.13. ციფრული მოდელები გეოინფორმაციულ სისტემებში DIGITAL MODELS IN GIS

2.13.1 ცნება ადგილის ციფრული მოდელის შესახებ DEFINITION OF DIGITAL TERRAIN MODELLING

ამჟამად გეოგრაფიული ინფორმაციის სრულყოფილი დამუშავების მთავარ წყაროს წარმოადგენს ადგილის ციფრული მოდელი (DTM – Digital Terrain Modelling), რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია ტოპოგრაფიული ზედაპირის კომპიუტერული გამოსახულების შექმნა, მისი ანალიზი, მოდელირება და სხვადასხვაგვარი ვიზუალიზაცია. მონაცემების შეტანისა და მოდელირების მიხედვით, იგი განსხვავებულია პლანიმეტრიული (2D – ორგანზომილებიანი) მოდელისაგან. ზოგიერთი მკვლევარი ადგილის ციფრული მოდელის ნაცვლად გეთაუზობს ტერმინს „სიმაღლის ციფრულ მოდელს“ (DEM – Digital Elevation Model), რაც უშუალოდ გულისხმობს რელიეფის (აბსოლუტური სიმაღლის) გამოსახვას. ტერმინში Terrain (ადგილი, ტერიტორია) აბსოლუტური სიმაღლის გარდა ზოგჯერ შეიძლება იგულისხმებოდეს არატოპოგრაფიული კომპონენტებიც. ამიტომ DTM მოდელს ხშირად იყენებენ გეოლოგიური პროიზონტების, ჰაერის ტემპერატურის, ატმოსფერული ნალექების, მოსახლეობის სიმჭიდროვისა და სხვა არატოპოგრაფიული მაჩვენებლების ციფრული გამოსახვისათვის. ამის გამო უფრო ფართოდ გავრცელდა ტერმინი „ადგილის ციფრული მოდელი“ (DTM).

ციფრული რუკა არის ობიექტის მათემატიკური მოდელი, რომელიც კოდირებულია წერტილის (სივრცითი) კოორდინატებისა და აპლიკატის¹ ციფრულ ფორმაში. ე.ი. რუკის ციფ-

¹ აპლიკატი (ლათ. Applicata) – მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში სამთავან ერთ-ერთი იმ რიცხვის სახელწოდებაა, რომელიც განსაზღვრავს წერტილის მდებარეობას სივრცეში [Словарь терминов..., 1955].

რული ფორმით წარმოდგენა გულისხმობს იმას, რომ გამოსახულების თითოეულ წერტილს¹ შეესატყვისება ერთი რიცხვი – Z აპლიკატი. მაგალითად, ადგილის სიმაღლე, ტყის სიხშირე, მოსახლეობის სიმჭიდროვე და სხვ. [Берншт, 1985]. სხვანაირად რომ ვთქვათ, ობიექტები წარმოდგენილია X და Y კოორდინატებით, ხოლო Z მნიშვნელობა განსაზღვრულია XY-ის მიმართ. ამიტომ DTM უფრო მეტად არის 2,5D და არა 3D მოდელი [Weibel, Heller, 1991]. გეომეცნიერებაში (Geoscience) DTM მოდელი ჯერ კიდევ XX საუკუნის 50-იან წლებში გამოიყენებოდა, მაგრამ იმდროინდელი მოდელები პრიმიტიული და მეტად სქემატური იყო.

თავდაპირველად შექმნილ კომპიუტერულ (მანქანურ) რუკებს უჩვეულო იერსახე ჰქონდა და არაფრით არ ემსგავსებოდნენ ისინი კარტოგრაფიულ გამოსახულებებს, ამიტომ მათ ბევრი ოპონენტი გამოუჩნდათ. რუკა, ფაქტობრივად, წარმოადგენდა ციფრების ნაკრებს, რომელიც გამოხატავდა რაიმე მოვლენას, მაგალითად, ადგილის სიმაღლეს, გეოლოგიური ფორმაციების სიმძლავრეს, ნიადაგის ტიპებს, მცენარეულ საფარსა და მის პროდუქტიულობას და ა.შ. ჩვეულებრივ, პატარა ციფრებით გამოსახავდნენ მცირე სიმძლავრის (ინტენსივობის, რაოდენობის და ა.შ.), ხოლო დიდი ციფრებით – დიდი სიმძლავრის მოვლენას (ნახ. 2.8). ასეთ რუკებს ციფრულ რუკებს ან ადგილის ციფრულ მოდელებს უწოდებდნენ. მანქანურ რუკებსა და ციფრულ კარტოგრაფიულ გამოსახულებებს ა. ბერლიანტი ცალკე ჯგუფადაც განიხილავს [Берншт, 1985].

ციფრული რუკის მთავარი თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ იგი არ შეიცავს არანაირ არაციფრულ მონაცემებს (გარდა თვით ობიექტების ინფორმაციისა). მაგრამ ეს იმას როდი ნიშნავს, რომ ციფრულ რუკაზე არ შეიძლება თემატური მონაცემების გადატანა.

ციფრული რუკის აღწერისათვის 3 ძირითადი ცნება გამოიყენება [Поручев, 1999]:

¹ პრაქტიკულად აქ იგულისხმება გამოსახულების არა თითოეული წერტილის, არამედ წერტილების ის ნაკრები, რომელიც შეესაბამება რეგულარული ქსელის კოორდინატებს.

[illegible]

მცენარეული საფარის პროდუქტიულობა (კგ/ჰა წლიურად):

1 - 0,03 2 - 0,31-0,5 3 - 0,51-0,8 4 - 0,81-1,1 5 - 1,11-1,3
6 - 1,31-1,6 7 - 1,61-1,9 8 - 1,91-2,2 9 - 2,21 და მეტი

ნახ.2.8. ციფრული კარტოგრაფია

(შეადგენილი ალფაბერჯი-კიფრული საბეჭდი მოწყობილობით).

გამოსახულების წარმოდგენის ფორმატი - მონაცემთა ჩაწერის სტრუქტურა.

ციფრული აღწერის წესები, რომლებიც მიღებულია მონაცემთა კოდირებისათვის.

კლასიფიკატორები - რუკის ობიექტებისა და მათი მახასიათებლების გარკვეული ჩამონათვალი.

ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების თანამედროვე დონეზე ციფრული რუკები გაცდლებით უფრო სრულყოფილ კარტოგრაფიულ გამოსახულებებად იქცა. ამიტომ DTM სისტემები დღეს საკმაოდ ფართოდ გავრცელდა და წარმატებით გამოიყენება დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებებში.

ადგილის ციფრული მოდელის შესაქმნელად ხშირად სარგებლობენ კარტოგრაფიული წყაროებით (კერძოდ, ტოპოგრაფიული რუკებით), რომელთა საფუძველზეც იქმნება ერთგვარი კონტურებიანი რუკები (Contour Maps) და პროფილები, ვერტიკალური ჭრილები (Profiles). ყველაზე ხშირად ეს პროცედურა დიგიტალიზაციით (Digitalization) ან სკანირება-ვექტორიზაციით¹ (Raster Scanning and Vectorization) ხორციელდება და საკმაოდ ფართოდაც გამოიყენება დიდი მოცულობის მონაცემების დამუშავებისათვის. ციფრული ტოპოგრაფიული საფუძვლის შესაქმნელად რომელი მეთოდითაც არ უნდა ვისარგებლოთ, მთავარია მივიღოთ პლანშეტის ადეკვატური ნიმუში კომპიუტერის მეხსიერებაში.

მონაცემების წარმოდგენის აღნიშნული მოდელი (დიგიტალიზებული კონტურები) ყოველთვის როდია ვარგისი ადგილის ციფრული გამოსახვისათვის და გარკვეულ პრობლემებსაც ქმნის. კერძოდ, კონტურები ქმნიან მხოლოდ ადგილის რელიეფის ვიზუალიზაციის ეფექტს და არ წარმოადგენენ ზედაპირის გამოსახვის რეალურ სქემას (scheme). ამასთან ობიექტების „გენერალიზაციისა“ (Line generalization)² და მონაცემების შეყვანის პროცესში დაშვებული შეცდომები ამცირებენ მის სიზუსტეს. და რაც მთავარია, რუკათშექმნის (Mapmaking) პროცესში იკარგება საკმაოდ დიდი რაოდენობის ორიგინალური ინფორმაცია. დიგიტალიზებული კონტურებით ციფრული რუკების შექმნა ვრცელი ტერიტორიებისათვის საკმაოდ ძვირადღირებულია. ამიტომ კარტოგრაფიული საფუძვლის დიგიტალიზაციის პროცედურას უფრო მეტად მიმართავენ მხოლოდ საშუალო და მცირე მასშტაბის კარტოგრაფირებისას.

¹ სკანირება ეწოდება რასტრული გამოსახულების მიღების პროცესს სკანერის მეშვეობით [Слесаренко, 1999]. იგი ყველაზე ფართოდ გავრცელებული მეთოდია, ვინაიდან ინფორმაციის მოპოვება დისტანციური ზონდირებით, აბეგმითა და ფოტოგრამმეტრიით საკმაოდ ძვირად ღირებულია.

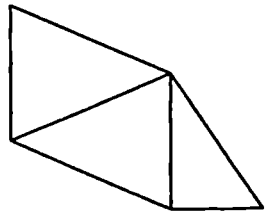
² აქ იგულისხმება მანქანის მეხსიერებაში ოპერატორის მიერ ობიექტის შეყვანისას კონტურების (უნებლიე თუ შეგნებული) გამარტივების პროცედურა. ეს არ არის აბსტრაქტირების (მითუმეტეს გენერალიზაციის) პროცესი, რომელიც მსხვილიდან წვრილმასშტაბზე გადასვლით ან რუკის დანიშნულების შეცვლით არის განპირობებული. თუმცა დიგიტალიზებული კონტურები გარკვეულწილად აბსტრაქტირებულიცაა.

მიუხედავად ზემოთ აღნიშნული ხარვეზებისა, დიგიტალიზებული კონტურებით შექმნილი ადგილის ციფრული მოდელები მაინც ყველაზე პოპულარული და გავრცელებული მეთოდია.

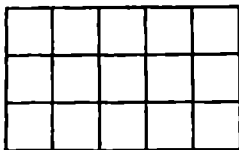
2.13.2. მონაცემების სტრუქტურა ციფრულ მოდელებში DATA STRUCTURE IN DIGITAL MODELS

სივრცითი მონაცემები ციფრულ მოდელებში სხვადასხვა სტრუქტურით შეიძლება იყოს მოცემული. თითოეულ შემთხვევაში ადგილის სრულყოფილი ციფრული მოდელის შესადგენად აუცილებელია მონაცემების ტოპოლოგიური კავშირების შექმნა, რისთვისაც გამოიყენება მონაცემების წარმოდგენის ერთმანეთისაგან არსებითად განსხვავებული სტრუქტურები. განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს TIN მოდელი – ტრიანგულაციის არარეგულარული ქსელი (Triangulated Irregular Network).

TIN მოდელი ეფუძნება ტრიანგულაციას – საყრდენი გეოდეზიური პუნქტების ქსელის შექმნის მოდელს, რომელიც შედგენილია ტერიტორიის ტოპოგრაფიული აგეგმვისა და სხვადასხვა გეოდეზიური გაზომვებისათვის. დედამიწის მთელი ხმელეთოვანი ზედაპირი დაყოფილია არათანაბარი ზომის სამკუთხედებად (ნახ. 2.9). ამ სამკუთხედების წვერებისათვის (ტრიანგულაციური წერტილებისათვის) ფიქსირებულია სხვადასხვა ინფორმაცია. მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია გეოგრაფიული კოორდინატები და აბსოლუტური სიმაღლე. სწორედ ეს და სხვა სახის ინფორმაცია ინახება მონაცემთა ბაზაში. ტრიანგულაციური ქსელი იმგვარადაა შედგენილი, რომ წერტილოვანი ობიექტების სიმჭიდროვე ადეკვატურ შესაბამისობაშია ადგილის უსწორმასწორობებთან. მონაცემთა წარმოდგენის ეს სტრუქტურა, ფაქტობრივად, საუკეთესოა DTM მოდელის ყველა ამოცანის გადასატრელად, ვინაიდან იგი საკმაოდ კომპ-



ნახ. 2.9. მონაცემთა წარმოდგენის TIN მოდელი.



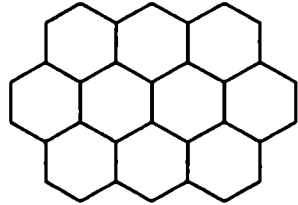
ნახ. 2.10. მონაცემთა
წარმოდგენის GRID მოდელი.

დექსური მოდელია. მისი მეშვეობით შესაძლებელია სხვადასხვა მონაცემის ჩართვა, მოდიფიცირება და სრულყოფა. სწორედ ეს არის DTM სისტემის ერთ-ერთი ყველაზე მთავარი და მნიშვნელოვანი თავისებურება.

ადგილის ციფრული მოდელუბის შესაქმნელად გამოიყენება, აგრეთვე, Grid მოდელი (რასტრული ბადის, კვადრატული ბადის მოდელი). სტრუქტურული თვალსაზრისით, იგი არსებითადაა განსხვავებული TIN მოდელისაგან. შესასწავლი ტერიტორია დაყოფილია გარკვეული ზომის კვადრატულ ბადეებად. ბადის ხაზების თანაკვეთის წერტილები საკვანძოა (ნახ. 2.10). სწორედ ამ წერტილებშია ფიქსირებული სხვადასხვა სახის ინფორმაცია. ამგვარად, Grid მოდელი მატრიცული სტრუქტურაა, სადაც გამოსახულია საკვანძო წერტილების ტოპოლოგიური კავშირები. Grid სტრუქტურა შეიძლება შენახულ იქნეს, როგორც 2D სიმრავლე და ამით წარმოიქმნება რასტრზე დაფუძნებული ადგილის მოდელი (Grid-based Terrain Modelling). საკვანძო წერტილების სიმჭიდროვე grid მოდელში არ არის რელიეფის სირთულის შესატყვისი [Weibel, Heller, 1999]. რეგულარული ბადის სიმეჩხრის გამო ტოპოგრაფიული ზედაპირის ზოგიერთი საინტერესო ობიექტი არ ხვდება საკვანძო წერტილებში და ამით ხშირად იკარგება საჭირო გეოგრაფიული ინფორმაცია. დეტალურობის გაზრდის მიზნით, ქმნიან ბადის უფრო ხშირ ქსელს, მაგრამ ეს გაცილებით შრომატევადი და ძვირადღირებული საქმიანობაა. ამიტომ Grid მოდელი ყოველთვის როდი იძლევა ადგილის ციფრული მოდელის წარმოდგენის სათანადო სურათს. შესაბამისად, იგი ყველაზე მარტივ მეთოდადაა მიჩნეული. მისი გამოყენება უფრო მოსახერხებელია ადგილის არატოპოგრაფიული კომპონენტების გამოსახვისათვის. თუმცა, ზოგჯერ ტოპოგრაფიული რუკის კილომეტრული ბადის საფუძველზე ქმნიან, როგორც ტოპოგრაფიული (უშუალოდ რუკიდან), ისე არატოპოგრაფიული (დამატებითი) მონაცემების Grid სტრუქტურას. მოდელის დადებითი მხარე კი იმაში მდგომარეობს,

რომ მისი მეშვეობით შესაძლებელია დროის შედარებით მცირე ინტერვალში შეექმნათ დიდძალი საინფორმაციო ბაზა.

ადგილის ციფრული მოდელის შესაქმნელად ზოგჯერ იყენებენ ფიჭური ბადის მოდელს (ნახ. 2.11). ექვსკუთხედიანი უჯრედების ამგვარი ბადე ყველაზე ოპტიმალურად არის მიჩნეული კიბერნეტიკაში, ვინაიდან იგი ყველაზე მეტად შეესაბამება კომპიუტერის „ინტელექტს“. თუმცა Grid მოდელის მსგავსად, ვერც იგი ქმნის ტოპოგრაფიული ზედაპირის უსწორმასწორობების ადეკვატურ სურათს.



ნახ. 2.11. მონაცემთა წარმოდგენის ფიჭური ბადის მოდელი.

მონაცემების არასაკმარისობის შემთხვევაში ადგილის ციფრული მოდელის შექმნისას ხშირად მიმართავენ ინტერპოლაციას (Interpolation). ამგვარად, წარმოიქმნება ტერიტორიის აბსოლუტური სიმაღლის მხოლოდ შეფასებითი სურათი, რომელიც, ცხადია, მოკლებული იქნება სიზუსტეს. არსებობს ინტერპოლაციის სხვადასხვა მეთოდი, რომლის შერჩევა და მოდელთან ადეკვატურობა განსაზღვრავს ადგილის ციფრული მოდელის ხარისხს. ყველაზე მეტად ინტერპოლაციური პროცედურები მოსახერხებელია TIN მოდელისათვის [Weibel, Heller, 1999].

2.14. კარტოგრაფიული მოდელირება გეოინფორმაციულ სისტემებში CARTOGRAPHIC MODELLING IN GIS

ტერმინი „კარტოგრაფიული მოდელირება“ (Cartographic Modeling) გულისხმობს გის-ებში ბრძანებების კომბინაციების გამოყენების პროცესს, რისი მეშვეობითაც უნდა განხორციელდეს სივრცობრივ მოვლენებთან დაკავშირებული პროცედურები (Tomlin, Berry, 1979). იგი არის თანამიმდევრული ოპერაციების ნაკრები, რომელიც სივრცითი ობიექტების მოდელირებისათვის იყენებს, როგორც დაუმუშავებელ, ისე დამუ-

შავებულ მონაცემებს. კარტოგრაფიული მოდელირების მთავარი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ რუკის ნებისმიერ ფენაზე შესრულებული ოპერაცია გამოსაყენებელი იქნეს სხვა ფენისათვისაც. ეს მეტად ხელსაყრელი პროცედურაა, რომელიც საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ სხვადასხვა ფენის შეჯერებული ანალიზი.

არსებობს სხვადასხვა სახის კარტოგრაფიული მოდელირება: აღწერილობითი, პროგნოზული და დანიშნულებითი.

აღწერილობითი კარტოგრაფიული მოდელირება (Descriptive Models) ასახავს ანალიზის შედეგად მიღებული ობიექტების განლაგებასა და ურთიერთკავშირს. იგი თვალსაჩინოდ გამოსახავს არსებულ სიტუაციას. ამით მომხმარებელს საშუალება ეძლევა ერთი შეხედვით აღიქვას ეს მოვლენები და მათი ურთიერთკავშირი. მიუხედავად სიმარტივისა, ეს მოდელი ბი ჯერ კიდევ ფართოდ გამოიყენება.

პროგნოზული კარტოგრაფიული მოდელირება (Predictive Models) საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ, რომელი ფაქტორია ერთმანეთთან სივრცობრივად დაკავშირებული და რომელი მათგანის გამოყენება შეიძლება კონკრეტული ამოცანის გადასაჭრელად. მაგალითად, როგორ გავლენას მოახდენს კაშხლის აგება გარემოზე – მიკროკლიმატზე, ნიადაგ-მცენარეულ საფარზე, განისაზღვრება ტერიტორიის რა ნაწილი დაიფარება წყლით და ა.შ.

პერსპექტიული კარტოგრაფიული მოდელირება (Perspective Models) ერთგვარი გარდამავალია აღწერილობითსა და პროგნოზულს შორის. იგი არის აღწერილობითი მოდელირება, თუმცა გარკვეულ მსგავსებას იჩენს პროგნოზულ მოდელთანაც. მაგალითად, უნდა განისაზღვროს, რამდენად მდგრადია მდელი გაძოვებისადმი. ამისათვის უნდა შეიქმნას მონაცემთა ბაზა, სადაც მოთავსებული იქნება ინფორმაცია მცენარეულობის ტიპების, ბიომასის პროდუქტიულობის, შხამიან მცენარეთა დაჯგუფებების შესახებ. ეს აღწერილობითი მოდელია, რომელიც გვიჩვენებს, მიწის მფლობელმა სად უნდა განალაგოს თავისი საქონელი და სად უნდა შეზღუდოს მათი გადაადგილება. მაგრამ თუკი საჭიროა ისეთი ადგილის შერ-

ჩვეა, რომელიც საუკეთესო იქნება ძოვებისათვის, მაშინ მონაცემთა ბაზების ასეთი დამუშავება პროგნოზული იქნება.

კარტოგრაფიული მოდელირების ორი მეთოდი არსებობს: ინდუქციური და დედუქციური.

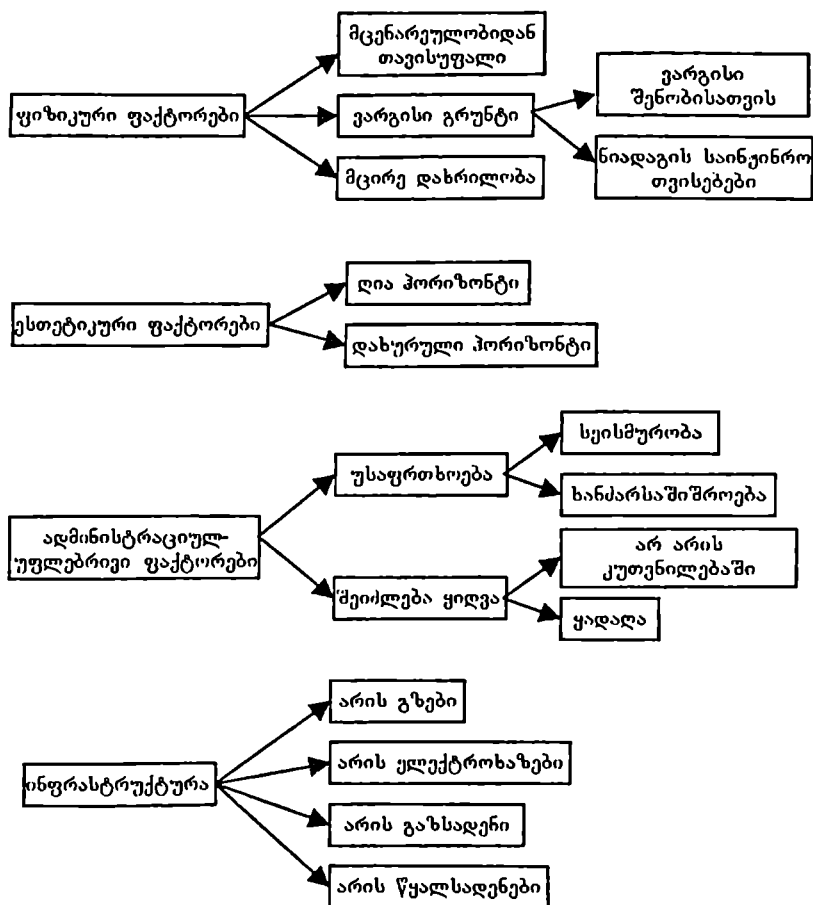
ინდუქციური მეთოდი ეფუძნება კელეფას კონკრეტული ელემენტიდან ზოგად მტკიცებულობამდე ასეთ შემთხვევაში მუშავდება მრავალი ემპირიული სივრცითი მონაცემი, ერთმანეთს უდარდება და მოწმდება რუკის სხვადასხვა ფენა. თუკი მოიძებნება შესატყვისი მონაცემები და მათ შორის არსებული კორელაციური კავშირები იქნება, მაშინ ჩატარებული მოდელირება ვარგისი იქნება გადაწყვეტილების მისაღებად. მაგრამ არ არის გამორიცხული ამ პროცედურისას შეექმნათ რუკის ისეთი ფენაც, რომელიც შემდგომში სრულიად გამოუსადეგარი აღმოჩნდება.

დედუქციურ მეთოდში საპირისპირო სურათი გვაქვს. კარტოგრაფიული მოდელირებისათვის აქ თავდაპირველად იყენებენ კონკრეტულ ფორმულირებას, „რეცეპტს“, რომელიც განსაზღვრულ, კონკრეტულ საკითხს ეხება. დედუქციური მეთოდის უპირატესობა თვალნათელია, ვინაიდან არ იხარჯება დრო გამოუსადეგარი ფენის შექმნაზე და კონცენტრირება უკეთდება მხოლოდ საჭირო მონაცემებს.

აღწერილობითი, პროგნოზული და დანიშნულებითი კარტოგრაფიული მოდელები შეიძლება იყოს ინდუქციურიც და დედუქციურიც.

ნებისმიერი მოდელით სარგებლობისას მეტად ხელსაყრელია ბლოკ-სქემის (flowchart) გამოყენება. იგი გულისხმობს ყველა იმ ფენის სტრუქტურის შექმნას, რომელსაც მოდელში ვიყენებთ. თითოეულ ფენას უნდა ჰქონდეს საკუთარი, უნიკალური თემა. ბლოკ-სქემა თვალნათლივ გვიჩვენებს, გაგვაჩნია თუ არა ყველა აუცილებელი ფენა. მაგალითად, ქალაქის სახლის მშენებლობისათვის უნდა განვსაზღვროთ საუკეთესო ადგილი. ამისათვის ვახდენთ დედუქციური კარტოგრაფიული მოდელის ბლოკ-სქემის შედგენას (ნახ. 2.12). გადაწყვეტილების მისაღებად მინიმუმ ოთხი ასპექტის (ინფრასტრუქტურის, ფიზიკური, ესთეტიკური და ადმინისტრაციულ-უფლებრივი ფაქტორების) გათვალისწინებაა საჭირო. ამ ასპექტების მი-

ხედვით უნდა შეიქმნას ბლოკ-სქემის მთავარი რგოლები და დადგინდეს, არსებობს თუ არა რაიმე წინააღმდეგობა სახლის მშენებლობისათვის.



ნახ. 2.12. კარტოგრაფიული მოდელის ბლოკ-სქემა სახლის მშენებლობისათვის (მ. დემერსის მიხედვით).

თავდაპირველად იქმნება რუკის ფენები, რომლებიც გამო-სახავენ მშენებლობისათვის შესაძლებელ ადგილებს. შემდ-გომ კი განისაზღვრება გის-ის რომელი ფუნქცია იქნება გა-მოყენებული ბლოკ-სქემის ერთი ტოტიდან მეორეზე გადასე-ლისას.

მოდელის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის უნდა განი-საზღვროს, რომელი ფენაა საჭირო მოდელირებისათვის და რომელი - ვერიფიკაციისათვის. მოდელირების განხორციელე-ბა უამრავი კრიტერიუმის გამოყენებითაა შესაძლებელი. ამით შეექმნით მრავალ მოდიფიკაციას. მაგრამ გასათვალისწინებე-ლია ისიც, რომ გეოინფორმაციულმა სისტემამ მოგეცეს სწო-რი და არა „უარო“ შედეგი. ამიტომ არ უნდა დავიმახსოვ-როთ ჩვენ მიერ შექმნილი ყველა მოდიფიკაცია. ამისათვის უნდა გამოვიყენოთ მონაცემების ადმინისტრირების ფუნქცია, რაც გულისხმობს გარკვეულ შესუღუღებს, ე.ი. ამით დაცული იქნება ინფორმაცია და წინასწარ განსაზღვრული შეცვლის წესები.

მიღებულ მოდელს აუცილებლად ესაჭიროება შემოწმება, ვერიფიკაცია (Model Verification). მასზე გაცილებით მცირე დრო იხარჯება, ვიდრე თვით მოდელის შექმნაზე.

ვერიფიკაციისას უნდა გავითვალისწინოთ შემდეგი:

- ✓ მოდელში გამოყენებული მონაცემები უნდა ასახავდეს იმ პირობებს, რომლის მოდელირებაც გვსურს.
- ✓ უნდა შეფასდეს რამდენად კორექტულად ჩატარდა ფაქ-ტორთა კომბინირება (მათი რეალური ურთიერთზემოქმე-დების წარმოსადგენად).
- ✓ განისაზღვროს, მიღებული შედეგები არის თუ არა მისა-ღები და სასარგებლო საბოლოო გადაწყვეტილებისათვის.

გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ სხვადასხვა სისტემები ერთსა და იმავე მონაცემთა ბაზაში განსხვავებულ შედეგებს იძლევიან. ამიტომ უნდა შეიქმნას ე.წ. საკონტრო-ლო მონაცემთა ბაზა, სადაც თავმოყრილი იქნება უკვე დად-გენილი და ვერიფიცირებული პარამეტრები.

2.15. დისტანციური ზონდირება და გეოინფორმაციული სისტემა

REMOTE SENSING AND GIS

დისტანციური ზონდირება გეოინფორმაციულ სისტემას უზრუნველყოფს ინფორმაციით და ხელს უწყობს სივრცით-კოორდინირებული (spacially referenced data) მონაცემების მეცნიერული ანალიზის განხორციელებას. დისტანციური ზონდირების მასალები გაცილებით უფრო ინფორმაციულ წყაროს წარმოადგენს, ვიდრე აეროფოტოსურათები (Airial Photography). ადრე დისტანციურ ზონდირება და გეოინფორმაციული სისტემა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ვითარდებოდა, დღეს კი ისინი ინტეგრალურად განიხილებიან. მოხდა ტექნოლოგიების, კონცეფციებისა და თეორიების გაერთიანება. ამიტომ განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ინტეგრალური გისების (IGIS – Integrated GIS) შექმნას, რაც ეფუძნება დისტანციური ზონდირების რასტრული გამოსახულების დაკავშირებას გის-ის კარტოგრაფიულ ინფორმაციასთან (ვექტორულ გის-თან) (Davis, Simonett, 1999). ეს ინტეგრაცია განსაკუთრებით მკაფიოდ ვლინდება გამოსახულების კლასიფიკაციისას (image classification), კალიბრირებისას (calibration) და გარემოს მოდელირებისას (environmental modelling). ამრიგად, თანამგზავრული მონაცემები რასტრული ფორმატისაა, მაშინ როცა თანამედროვე გის-ების უმეტესობა – ვექტორული. ამიტომ საკმაოდ პრობლემური საკითხია ამ ორი განსხვავებული ფორმატების ურთიერთშეთავსება.

—დისტანციური ზონდირებისა და გის-ის ინტეგრაცია ვლინდება რელაციურ სისტემაში, სადაც რასტრული და ვექტორული მონაცემები გაერთიანებულია რელაციურ მონაცემთა მართვის სისტემის (R DBMS – Relational Database Management System) მეშვეობით. კერძოდ, ხდება კარტოგრაფიული ინფორმაციის დიგიტალიზაცია ვექტორულ ფორმატში, ხოლო თანამგზავრის მონაცემების კონვენტირება და დამუშავება რასტრულ ფორმატში. რამდენადაც ვექტორიზაციის პროცესში კოდირებული ატრიბუტები „იჭერს“ არასივრცითი მონაცემ-

ბის სტრუქტურას (nonspatial relation data structure), ანალიზისათვის შესაძლებელია მათი დაკავშირება რასტრულ მონაცემთან. ეს მეტად პრაქტიკული და ფართოდ გამოსაყენებელი პროცედურაა, მაგრამ მისი მრავალჯერადი გამოყენება იწვევს მონაცემების დეგრადაციასა და მათი სიზუსტის შემცირებას.

მთელ მსოფლიოში დღეს ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა თანამგზავრის (NOAA, Landsat, SPOT, IRS, RADARSAT, ERS, KBP-1000, TK-350) მონაცემები. ჯერ კდევ მეტეოროლოგიურ თანამგზავრებს შორის ყველაზე პოპულარულია (1978 წლიდან) NOAA. თანამგზავრის AVHRR მონაცემების სივრცითი გარჩევადობა მაღალი არ არის (1x1 კმ), თუმცა გამოირჩევა მაღალი რადიომეტრული გარჩევადობით და ინფორმაციის აბსოლუტური კალიბრირებით. AVHRR მონაცემები გამოიყენება ჰაერის ტემპერატურის, ღრუბლიანობის, თოვლის საფარის კელევისას, აგრეთვე, ეკოპედაციური ინდექსის გამოთვლისათვის, ხანძრების გამოვლენისათვის და ა.შ. Landsat თანამგზავრის მრავალსკეპტრული მონაცემები განსაკუთრებით მოსახერხებელია თემატური კარტოგრაფირებისათვის (TM-Thematic Mapper), თუმცა, მას დაბალი გეომეტრიული გარჩევადობა (30 მ და მეტი) აქვს. ამ თვალსაზრისით გამორჩეულია SPOT (გარჩევადობა პანქრომატული გადაღებისას 10 მ, მრავალზონალურისას – 20 მ), რომლის მონაცემები მაღალი სიზუსტით ხასიათდება [Тихонова, 1999].

დედამიწის ზედაპირზე თანამგზავრის მეშვეობით ჩატარებული გაზომვების შედეგები ქმნის გის-ების საფუძველს. ინტეგრალური სივრცითი ანალიზი (integrated spatial analyses) დისტანციურ ზონდირებასა და გის-ებს შორის სხვადასხვა კუთხით ელინდება. ადრე არ იყო მკაფიოდ გამოხატული მჭიდრო ურთიერთკავშირი აეროსურათებს (Aerial Photointerpretation), რუკასა და გეოინფორმაციულ სისტემას შორის. მაგალითად, ცნობილია, რომ 1950-60 წლებში აშშ-ში სამთავრობო დანიშნულების ყველა ოპერატიული რუკა იყენებდა დისტანციური ზონდირების მონაცემებს და იგი მისთვის მხოლოდ ბაზას წარმოადგენდა. ციფრული ორთოფოტოგრაფიის განვითარებამ კი შესაძლებელი გახადა არათანამგზავრული

დისტანციური ზონდირებისა (non-satellite remote sensing) და გისების ერთმანეთთან დაკავშირება. მხოლოდ ასეთი ინტეგრაციის შედეგად მიიღება სრულყოფილი ინტეგრალური გეოინფორმაციული სისტემა, რომელიც აუცილებელია მეცნიერული კვლევებისათვის, რესურსული ანალიზისა და ტერიტორიის მართვისათვის.

თანამგზავრული მონაცემები განსხვავდება გეოგრაფიული მონაცემებისაგან მრავალი თავისებურებით. ესენია: მონაცემების თანამიმდევრობა, მაღალი პოზიციური სიზუსტე, მაღალი სივრცითი და ტერიტორიული გარჩევადობა, სუბიექტური ფაქტორების მინიმიზაცია და სხვ. ამ მონაცემების ანალიზისათვის გეოინფორმაციული სისტემა იყენებს რასტრულ ფორმატს და საკმაოდ მაღალი რადიომეტრიული სიზუსტითა და მონაცემების დიდი მოცულობის გარჩევადობით ახდენს მის ანალიზს.

ინტეგრირებული გეოგრაფიული ანალიზი გულისხმობს მრავალრიცხოვანი მონაცემების სტატისტიკურ დამუშავებასა და მოდელირებას, სივრცითი ურთიერთკავშირების ფართო ანალიზს და ა.შ. არცერთ თანამედროვე გეოინფორმაციულ სისტემას ყველა ეს ფუნქცია არ გააჩნია.

2.16. სამგანზომილებიანი გეოინფორმაციული სისტემები

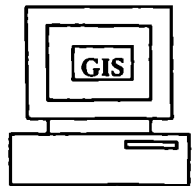
THREE-DIMENSIONAL GEOINFORMATION SYSTEMS

სამგანზომილებიანი (3D, Three-Dimension) გეოინფორმაციული სისტემები კარდინალურად განსხვავდება კომპიუტერიზებული დიზაინის სისტემისაგან (CAD – Computer-Aided Design System). ეს განსხვავება, უპირველესად, ელინდება ობიექტების მოცულობითი წარმოდგენის ფუნქციების არსებობაში. თუმცა გაცილებით უფრო ფართოდაა გავრცელებული ორგანზომილებიანი (2D – Two Dimensional) გისები, სადაც მონაცემები შენახულია დეკარტეს საკოორდინატო სისტემაში (Cartezian Coordinate System). მაგრამ დღითი დღე იზრდება დაინტერესება სამგანზომილებიანი სისტემებისადმი. ადრე ამ სისტემებს უფ-

რო მეტად იყენებდნენ სამთო საქმეში, ნავთობის მოპოვებაში, მეტეოროლოგიაში, ჰიდროლოგიაში, გეოლოგიურ მოდელირებაში, გარემოს მონიტორინგში, ლანდშაფტურ არქიტექტურაში. ამჟამად კი იგი ფართოდ დაინერგა გეოგრაფიაშიც.

სამგანზომილებიანი გის-ების ჩამოყალიბება განაპირობა CAD სისტემების განვითარებამ. ამასთან, ხელი შეუწყო იერარქიული ინტეგრალური გრაფიკული სისტემების (PHIGS – Programmers Hierarchical Integrated Graphics System) შექმნამაც, რომლებიც სამგვარ (3-ელემენტთან) მოდელირებას ახდენენ.

კომპერციული გის-ების უმეტესობა აგებულია 2-D სტრუქტურაზე. სადაც ობიექტები მოცემულია X, Y საკოორდინატო სისტემაში. ზოგიერთ მათგანში კი განსაზღვრულია Z მნიშვნელობაც X და Y-ის მიმართ. ობიექტის X, Y კოორდინატები შენახულია სივრცით ინდექსირებულ სისტემაში (spatial indexing system), ხოლო Z მნიშვნელობა განსაზღვრულია, როგორც ფსევდო-ატრიბუტი (pseudo-attribute). მართალია, იგი იძლევა რელიეფურ გამოსახულებას და ერთგვარი სამგანზომილებიანი მოდელის შთაბეჭდილებას ტოვებს. პრაქტიკულად ეს არის იზომეტრული მოდელი და განიხილება, როგორც 2,5-D მოდელი (ფაქტობრივად, 2-D მოდელია). სამგანზომილებიან მოდელებში ობიექტის მდებარეობა განსაზღვრული უნდა იყოს X,Y,Z საკოორდინატო სისტემაში. მხოლოდ იგი ქმნის ტოპოგრაფიული ზედაპირის ჯეშმარიტ, რეალურ ანალოგს.



**კარტოგრაფია და გეოინფორმატიკა: საერთო
და განმასხვავებელი ნიშნები**

**PART 3. CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS:
COMMON AND DIFFERENT SIGNS**

**3.1. კომპიუტერული რუკების სახვითი საშუალებები
GRAPHIC MEANS OF COMPUTER MAPS**

გეოინფორმაციულმა კარტოგრაფიამ შექმნა კარტოგრაფიული ნიშნების კომუნიკაციური და შემეცნებითი ფუნქციების გაფართოების ახალი შესაძლებლობები. ეს განაპირობა ახალი კარტოგრაფიული სახვითი საშუალებების დანერგვამ, რომლებიც არსებითად განსხვავებულია ადრე არსებული ტრადიციული ფორმებისაგან. ამიტომ დღეისათვის პრაქტიკულად აღარ მიმდინარეობს დისკუსია იმის შესახებ, ქმნის თუ არა კომპიუტერული კარტოგრაფია რუკის ენის ახალ სახვით საშუალებებს.

კარტოგრაფიის სახვითი საშუალებანი რუკაზე განსაზღვრავს ობიექტის ადგილმდებარეობას, ორიენტაციას, სხვადასხვა მეტრულ მაჩვენებლებს და ა.შ., რის გამოც მას სამართლიანად უწოდეს რუკის (ფორმალიზებული) ენა [ასლანიკაშვილი, 1968; Бочкова, 1985]. კარტოგრაფიული ნიშნების მეშვეობით შესაძლებელია ამა თუ იმ მოვლენის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მახასიათებლების ანალიზი, დინამიკის დადგენა, მოდელების შექმნა და სხვ. იმავე ფუნქციას ასრულებენ კარტოგრაფიული სახვითი საშუალებები გეოინფორმაციულ სისტემებში.

ნებისმიერ ობიექტს რუკაზე აქვს სივრცითი ლოკალიზაცია წერტილის, ხაზის ან ფართობის სახით, ე.ი. არსებობს წერტილოვანი, ხაზობრივი და ფართობითი ობიექტები. ყველა სხვა ნიშნობრივი სისტემისაგან განსხვავებით, კარტოგრაფიული ნიშანი სივრცის ამსახველია [ლიპარტელიანი, 1993]. სხვადასხვა კარტოგრაფიული ნიშნების ფერის, ზომის, ორიენტაციის, შიდა სტრუქტურისა და სხვა მაჩვენებლების მიხედვით

ხდება ამ ობიექტების შემდგომი, უფრო დეტალური კლასიფიკაცია. ცალკე ობიექტად განიხილება ტექსტები – დამატებითი ნიშნები [სალიშჩევი, 1982]. კომპიუტერულ რუკებზე კარტოგრაფიული ნიშნები მოცემულია მზა ფორმატში გის-ის სისტემასთან ერთად. უმეტესად ისინი ინახება True Type ფორმატში. შესაძლებელია მარტივი რასტრული პროგრამა-რედაქტორის მეშვეობით ახალი გრაფიკული ნიშნების შექმნა. ანალოგიურად ტრადიციული კარტოგრაფიისა, გეოინფორმაციულ კარტოგრაფიაშიც ცალ-ცალკე განიხილება წერტილოვანი, ხაზობრივი და ფართობითი ობიექტები. გეოინფორმაციულ სისტემებში მათ განსხვავებული ფუნქცია და დანიშნულება აქვთ და, რაც მთავარია, თითოეულ მათგანს გარკვეული ატრიბუტები (attributes¹) გააჩნია [ნიკოლაიშვილი, 2002].

3.1.1. წერტილში ლოკალიზებული ნიშნები POINT OBJECTS

კარტოგრაფიულ სახვით საშუალებათა შორის წერტილში ლოკალიზებული (კერძოდ, გეომეტრიული) ნიშნები ერთადერთია, რომლებიც მდებარეობენ სივრცის ერთ წერტილში. რუკაზე მათი მდებარეობა განსაზღვრულია ათელის სივრცით სისტემაში. ტრადიციულ კარტოგრაფიაში განასხვავებენ გეომეტრიულ, ანბანურ და სიმბოლურ ნიშნებს. ასევეა გეოინფორმაციულ კარტოგრაფიაშიც, სადაც თითოეულ მათგანს განსხვავებული ფუნქციური დატვირთვა აქვს.

გეოინფორმაციულ სისტემებში გეომეტრიული და სიმბოლური ნიშნები, ფაქტობრივად, ერთად განიხილება (point), ხოლო ანბანური (text) – ცალკე. ეს უკანასკნელი მხოლოდ დამატებითი ნიშანია, რომელსაც არც მათემატიკური ფუნქცია გააჩნია და არც გეოგრაფიულ კოორდინატებზეა „მიბმული“, ე.ი. არა აქვს მნიშვნელობა მათ ზუსტ ადგილმდებარეობას რუკაზე – გეოგრაფიული ობიექტის რომელი მხრიდანაა ისინი განთავსებულნი. მისგან განსხვავებით, გეომეტრიული და სიმ-

¹ ატრიბუტი (მახასიათებელი ნიშანი) – გის-ის მონაცემთა ბაზის ცხრილის ინფორმაცია, რომელიც დაკავშირებულია რუკის რასტრულ ან ვექტორულ ფენასთან.

ბოლური ნიშნების ადგილმდებარეობა რუკაზე ზუსტად არის განსაზღვრული (თუმცა გის-ებისაგან განსხვავებით, ჩვეულებრივ, კომპიუტერულ რუკებზე მათი ლოკალიზაცია აბსოლუტურ სიზუსტეს არ მოითხოვს).

გეოინფორმაციულ კარტოგრაფიაში გეომეტრიულ და სიმბოლურ ნიშნებს წერტილებს, ან წერტილოვან ობიექტებს (point, point object) უწოდებენ. ისინი დისკრეტულია (discrete), ვინაიდან დროის გარკვეულ მომენტში (ან ინტერვალში) შეიძლება დაიკავონ სივრცის მხოლოდ გარკვეული ადგილი, მაგრამ გის-ში ფიქსირდება ამ სივრცის არა ყველა წერტილის, არამედ მხოლოდ ერთ-ერთი მათგანის გეოგრაფიული კოორდინატები. ამ წერტილს „სიმძიმის ცენტრს“ (center of gravity) უწოდებენ (ნახ. 3.1). იგი გულისხმობს წერტილოვანი ობიექტის იმ ადგილს (ცენტრს, წერს), რომლითაც იგი „მიბმულია“ გეოგრაფიულ კოორდინატებთან.

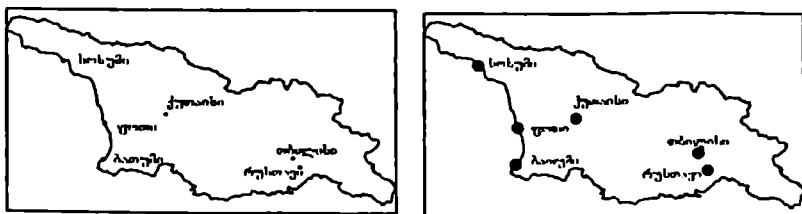


• - „სიმძიმის ცენტრი“

ნახ. 3.1. წერტილოვანი ობიექტების
„სიმძიმის ცენტრი“.

მოდელირების თვალსაზრისით მიჩნეულია, რომ წერტილოვან ობიექტებს არა აქვთ სივრცითი განვრცობა, სიგრძე, სიგანე, ფართობი, მიუხედავად იმისა, რომ რუკაზე მათ სივრცის გარკვეული არეალი უკავიათ (წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩვენ მათ ვერ დავინახავდით). მაგრამ ეს სივრცითი „არეალი“ სისტემის მიერ „მხედველობაში“ არ მიიღება. ამრიგად, იგულისხმება მხოლოდ განზომილებების (სიგრძე, სიგანე) არარსებობა გის-ის მონაცემთა სისტემაში. მაგალითად, საქალაქო განსახლების რუკის შედგენისას არანაირი მნიშვნელობა არა აქვს იმას, თუ რა ზომის პუნსონს (წერტილოვან ობიექტს) დავიტანთ რუკაზე. თითოეული პუნსონის ზომის შერჩევა ნებისმიერად შეიძლება და ეს დამოკიდებულია მხოლოდ რუკის შექმნელის გემოვნებაზე. ნახ. 3.2-ზე ნაჩვენებია ორი რუკა,

სადაც განსხვავებული ზომის პუნსონებით მოცემულია საქართველოს მთავარი ქალაქები. ინფორმაცია ამ ორი რუკის შესახებ გის-ის მონაცემთა ბაზაში შეიძლება აბსოლუტურად იდენტური იყოს, ვინაიდან ორივე შემთხვევაში განსხვავებული ზომის წერტილოვან ობიექტებს სისტემა ერთნაირად „აღიქვამს“.

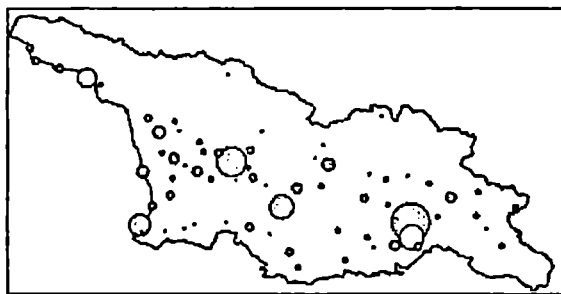


ქალაქები	გეოგრაფიული კოორდინატები		სიმაღლე ზღ. დ. მ	მანძილი თბილისიდან (კილომეტრი), კმ	მოსახლეობის რაოდენობა, 1989	უკვეყნის თვის ტემპ., °C	უბილიცის თვის ტემპ., °C	ატმოსფერული წლიური რაოდენობა, მმ
	განედ., ჩ.გ.	გრძედ., ა.გ.						
თბილისი	41°42'	44°47'	380-600	-	1 246 900	0.9	24.4	560
ქუთაისი	42°16'	42°43'	125-300	220	232 510	5.2	23.2	1730
რუსთავი	41°32'	45°1'	370	6	159 016	0.3	25.3	390
ბათუმი	41°39'	41°39'	0	352	136 900	7.1	23.2	2560
სოსხუმი	42°59'	40°59'	5-140	405	119 200	5.8	23.0	1482
ფოთი	42°09'	41°41'	1-3	512	50 569	5.2	22.9	1960

ნახ. 3.2. წერტილოვანი ობიექტების წარმოდგენის სტრუქტურა გეოინფორმაციული სისტემის რუკაზე და მონაცემთა ბაზაში.

აქედან გამომდინარე, წერტილოვან ობიექტებს არა აქვთ ისეთი მასშტაბი, რომელიც გამოსახავს რეალურ სიდიდესთან ფიგურის ზუსტ შესაბამისობას. თუმცა მათ შეიძლება პქონდეთ მოვლენის (ან პროცესის) მხოლოდ სიდიდის, ინტენსიუობის, სტრუქტურის გამომსახველი ე.წ. პირობითი მასშტაბი, რაც მოცემულია განსხვავებული ფერითა და შრაფირებით, ზოგიერთ შემთხვევაში – წერტილოვანი ობიექტის სიდიდით. ეს მაშინ, როცა თემატური რუკის შედგენისას პუნსონის ზო-

მით გესურს გამოვსახოთ რაიმე მოვლენის სიდიდე, მაგალითად, მოსახლეობის რიცხოვნება საქალაქო დასახლებების მიხედვით (ნახ. 33). ამ შემთხვევაში (ტრადიციული რუკების მსგავსად) პუნსონის სიდიდე არანაირ შესაბამისობაში არ არის ობიექტის რეალურ ფართობთან ბუნებაში. იგი მხოლოდ მოვლენის ინტენსივობაზე მიგვანიშნებს. ამ ინტენსივობის გამოსახვისათვის გამოყენებულია პირობითი მასშტაბი: 1 პიქსელი = X კაცს. იგი შეიძლება, აგრეთვე, გამოვსახოთ ჩვეულებრივი მასშტაბითაც, კერძოდ, რამდენი კილომეტრია მოცემული 1 სმ-ში.



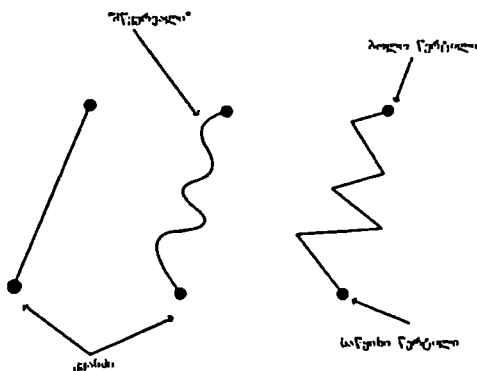
ნახ. 33. საქართველოს მოსახლეობის რაოდენობა საქალაქო დასახლებების მიხედვით

3.1.2. ხაზში ლოკალიზებული ნიშნები LINE OBJECTS

ხაზში ლოკალიზებულ ნიშნებს მიეკუთვნება ვიწრო ხაზობრივი გავრცელების სახითი საშუალებები: გზები, მდინარეები, არხები, საზღვრები, მილსადენები, სანაპირო ხაზი და სხვ. გეოინფორმაციულ კარტოგრაფიაში მათ ხაზებს, ხაზობრივ ობიექტებს (Line, line objects) უწოდებენ. რუკაზე მათ სივრცის გარკვეული „არეალი“ უკავიათ, თუმცა ხშირად არც ისინია მასშტაბირებადი – ხაზის სიგანე არ შეესაბამება რეალური ობიექტის სიდიდეს.

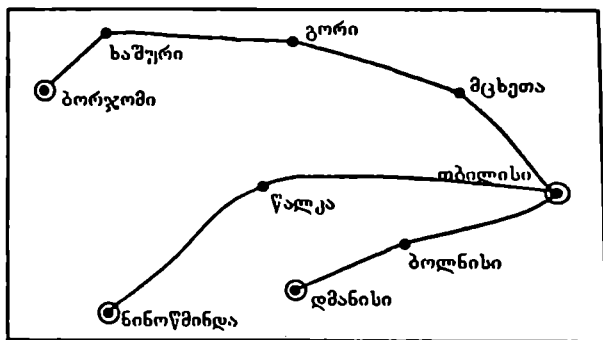
წერტილებისაგან განსხვავებით, ხაზობრივი ობიექტებისათვის გის-ში ფიქსირებულია სიგრძე, ე.ი. ხაზის აღსაწერად საჭიროა ორი წერტილის (საწყისისა და ბოლოს) გეოგრაფიული კოორდინატები. რასტრულ და ვექტორულ ფორმატებში ხაზები განსხვავებულადაა წარმოდგენილი. რასტრულ ფორმატში იგი წერტილების ნაკრებია და შესაბამისად დისკრეტული. გაცილებით უფრო მოსახერხებელია ვექტორულ ფორმატში ხაზების გამოსახვა, ვინაიდან მონაცემთა ბაზაში არსებობს ინფორმაცია მათი საწყისი წერტილის, სიგრძისა და მიმართულების შესახებ. ამიტომ სისტემა ხაზებს იმახსოვრებს არა როგორც წერტილების ნაკრებს, არამედ როგორც ერთ მთლიან ობიექტს.

ვექტორულ ფორმატში ერთ ხაზად აღიქმება ნებისმიერი ხაზობრივი ობიექტი, რომელსაც საწყისი და საბოლოო წერტილი გააჩნია. ამ წერტილებს კვანძებს (node) უწოდებენ. ამრიგად, ხაზი არის მონაკვეთი კვანძიდან კვანძამდე (from node to node). მოხვევის წერტილები კი განიხილება, როგორც „მწვერვალები“ (ნახ. 3.4). ხაზობრივი ობიექტი არ გულისხმობს სწორხაზობრიობას. იგი შეიძლება იყოს დაკლაკნილი, ტეხილ-კუთხოვანი, მოგლუვებული, მაგრამ სისტემა მას მაინც ერთ ობიექტად, ერთ ხაზად „აღიქვამს“. შესაბამისად, ინ-



ნახ. 3.4. ხაზობრივი ობიექტები.

ფორმაცია (ატრიბუტები) ამ ობიექტის შესახებ ერთი ჩანაწერის (სტრიქონის) სახით ინახება მონაცემთა ბაზაში. მაგალითად, რუკაზე ცალ-ცალკე ხაზობრივ ობიექტებად მოცემულია საავტომობილო გზების რამდენიმე მარშრუტი: თბილისი-ბორჯომი, თბილისი-ნინოწმინდა, თბილისი-დმანისი (ნახ. 3.5). შესაბამისად, ინფორმაცია თითოეული ამ მარშრუტის შესახებ ცალკე სტრიქონის სახით ინახება მონაცემთა ბაზაში, სადაც ფიქსირებულია კვანძების გეოგრაფიული კოორდინა-

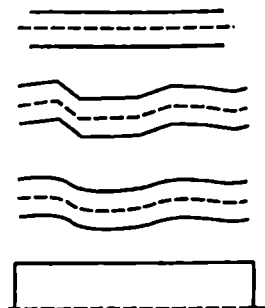


- კვანძები
- დასახლებული პუნქტები

საავტომობილო მარშრუტი	ობიექტის ტიპი	გეოგრაფიული კოორდინატები				მარშრუტის სიგრძე, კმ
თბილისი-ბორჯომი	Line					
თბილისი-ნინოწმინდა	Line					
თბილისი-დმანისი	Line					
მცხეთა	Point					
გორი	Point					
ხაშური	Point					
წალკა	Point					
ბოლნისი	Point					

ნახ. 3.5. საავტომობილო გზების წარმოდგენის სტრუქტურა გეოინფორმაციული სისტემის რუკაზე და მონაცემთა ბაზაში.

ტები და მარშრუტების სიგრძე. აქ არ არსებობს არანაირი ინფორმაცია „მწვერვალებზე“. და სახლებული პუნქტები, განთავსებული ხაზის მოხვევის წერტილებში, წერტილოვანი ობიექტებითაა გამოსახულნი, რომლებსაც განსხვავებული ფუნქცია აქვთ. შესაბამისად, ისინი ცალკე სტრიქონის სახით შეიძლება იყვნენ წარმოდგენილი მონაცემთა ბაზაში.



----- "სიმძიმის ცენტრი"

ხაზობრივ ობიექტებსაც გააჩნიათ „სიმძიმის ცენტრი“, ე.ი. წერტილი, რომლითაც ისინი „მიბმულნი“ არიან გეოგრაფიულ კოორდინატებთან. ჩვეულებრივ, ასეთ ცენტრებად მიჩნეულია ხაზობრივი ობიექტების ღერძული ნაწილი, ზოგიერთ შემთხვევაში ხაზის ერთ-ერთი (უმთავრესად ქვედა) კიდე, კონტური (ნახ. 3.6).

ნახ. 3.6. ხაზობრივი ობიექტების „სიმძიმის ცენტრი“

3.1.3. ფართობში ლოკალიზებული ნიშნები REGION OBJECTS

ფართობში ლოკალიზებული ნიშნები გამოსახულია ტერიტორიის გარკვეულ არეალში. მათი სიგრძე-სიგანე სრულ შესაბამისობაშია რეალური სამყაროს ობიექტებთან, ე.ი. ეს ნიშნები მასშტაბირებადია. იგივე ითქმის კომპიუტერულ რუკებზეც. გეოინფორმატიულ კარტოგრაფიაში მათ პოლიგონებს (polygon, polygon objects) უწოდებენ. პოლიგონის თითოეულ წერტილს განსხვავებული გეოგრაფიული კოორდინატები აქვს და თითოეული მათგანი „მიბმულია“ ათვლის სიერციტ სისტემასთან. მონაცემთა ბაზაში თითოეული პოლიგონისათვის ინახება სხვადასხვა მეტრული მაჩვენებელი: ფართობი, პერიმეტრი, ზოგიერთ შემთხვევაში – აბსოლუტური სიმაღლეც. ეს კი ფართობითი ობიექტების ზედაპირის ზუსტი ფიქსირების შესაძლებლობას იძლევა.

ყოველი პოლიგონი ცალ-ცალკე ინახება გის-ის მონაცემთა ბაზაში. მაგალითად, კავკასიის პოლიტიკურ რუკაზე დატანილია 5 პოლიგონი. შესაბამისად, თითოეული მათგანისათვის მონაცემთა ბაზაში არსებობს ხუთი ჩანაწერი (სტრიქონი) (ნახ. 3.7).

ფართობითი ობიექტები უწყვეტად განლაგებული წერტილების უსასრულო ნაკრებია. ამიტომ ისინი უწყვეტ ობიექტებად (continuous objects) განიხილებიან.



ქვეყანა/ავტ. რესპუბლიკა	ფართობი, ათ.კმ.კმ	მოსახლეობის რაოდენობა მლნ კაცი	მოსახლეობის სიმჭიდროვე, 1 კაცი 1 კმ.კმ	უმაღლესი მწვერვალი, ზ.დ., მ
აზერბაიჯანი	86.6	8.016	93	ბაზარდუშუ 4480
ნაიჩევანი	5.5	0.252	46	გაფიჯილი 3904
რუსეთი (ჩრდ.-კავკასია)	154.3	13.319	54	იალბუზი 5642
საქართველო	69.7	5.545	78	შხარა 5068
სომხეთი	29.8	3.803	128	არაგაწი 4090

Source: CEO 2002; ქსე

ნახ. 3.7. ფართობითი ობიექტების წარმოდგენის სტრუქტურა გეოინფორმაციული სისტემის რუკაზე და მონაცემთა ბაზაში.

3.1.4. წერტილში, ხაზში და ფართობში ლოკალიზებული მაღალი დონის ნიშნები

HIGH LEVEL POINT, LINE AND REGION OBJECTS

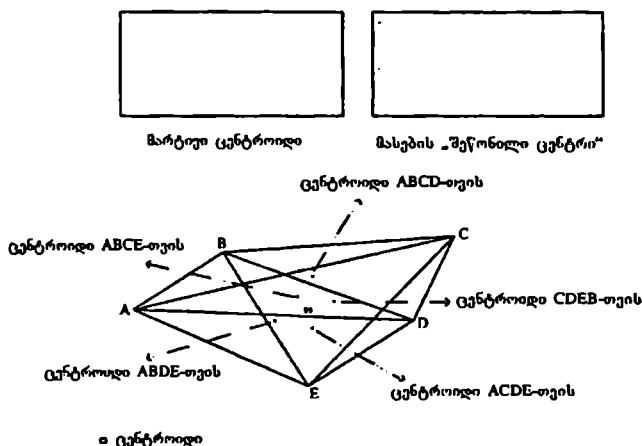
კარტოგრაფიული სახვითი საშუალებები – წერტილში, ხაზში და ფართობში ლოკალიზებული ნიშნები ტრადიციულ კარტოგრაფიაში და გეოინფორმაციული სისტემების რუკებზე გარკვეულწილად მსგავსიცაა და განსხვავებულიც. მაგრამ არსებობს ისეთი სახვითი საშუალებებიც, რომლებიც უცხოა ტრადიციული კარტოგრაფიისათვის და ჩვეულებრივია თანამედროვე გის-ებისათვის. სოგიერთი ეს ნიშანი იქმნება დამატებითი, ახალი ატრიბუტებით. მათ მაღალი დონის წერტილოვან, ხაზობრივ და ფართობით ნიშნებს (ან ობიექტებს) უწოდებენ. ესენია: ცენტროიდი, კენადი, ქსელი, საზღვარი, რეგიონი და სხვ.

მაღალი დონის წერტილოვან ობიექტს მიეკუთვნება ცენტროიდი, კენადი, წერტილების ჯგუფი და წერტილების კოლექცია.

ცენტროიდი (centroid) არის წერტილი, რომელიც მდებარეობს პოლიგონის ზუსტ გეოგრაფიულ ცენტრში, ე.ი. თანაბრად დაშორებული ობიექტის ჩრდილოეთ და სამხრეთ, დასავლეთ და აღმოსავლეთ კიდებიდან. მაგრამ იგი არ არის ობიექტის შუა წერტილის ანალოგი, ვინაიდან ცენტროიდი აუცილებლად უნდა მდებარეობდეს ობიექტის ფარგლებში. მაგალითად, ნახევრად მთვარისებრი ფორმის ობიექტისათვის შუა წერტილი იქნება ობიექტის მიღმა, ცენტროიდი კი – აუცილებლად ზედ ობიექტზე იქნება მდებარე.

ცენტროიდის განსაზღვრა ადვილია ოთკუთხედისათვის, მაგრამ რთული – მრავალკუთხედისათვის, კიდევ უფრო რთული – ბუნებაში არსებული არაგეომეტრიული ფორმის ობიექტებისათვის. რასტრული სისტემები თითქმის „უუნაროა“ ასეთი პროცედურისათვის. ხშირად ვექტორულ სისტემასაც არა აქვს შესაბამისი ფუნქცია. ვექტორულ სისტემებში მარტივი ანუ გეოგრაფიული ცენტროიდი გამოითვლება ოთკუთხედის წესით (trapezoidal rule). ამ წესის მიხედვით მრავალკუთხედი იყოფა ცალკეულ ოთკუთხედებად. თითოეული ამ ოთკუთხედისათვის დგინდება ცენტროიდი ანუ ცენტრალური კოორდი-

ნატი, შემდგომ კი – მათი „შეწონილი საშუალო“ (ნახ. 3.8). მაგრამ ეს ყოველთვის როდი იძლევა სათანადო შედეგს. დავუშვათ, განსახლების ძირითადი არეალი პოლიგონის ერთ კიდე-სთანაა ახლოს. ასეთ შემთხვევაში ცენტროიდს განსაზღვრავენ არა მთელი პოლიგონის არეალის, არამედ განსახლების, არეალის მიხედვით (განსახლების ცენტრში). ასეთ წერტილს უწოდებენ მოვლენის „სიმძიმის ცენტრს“ (center of gravity), რომელიც მოითხოვს ყველა ობიექტის X და Y კოორდინატების განცალკევებულ გასაშუალოებას. ცნობილი პრობლემაა, რომ ცენტროიდი შეიძლება განლაგდეს ობიექტის გარეთ, თუკი მას ძლიერ დაკლანკილი ფორმა აქვს. ასეთ შემთხვევაში უფრო მიზანშეწონილია ცენტროიდის გამოთვლა ინტერაქტიულ რეჟიმში [Gatrell, 1999].



ნახ. 3.8. ცენტროიდის განსაზღვრა ოთკუთხედის წესით.

კვანძი (node) გის-ებში წარმოდგენილია არა მარტო როგორც წერტილი, არამედ როგორც ხაზოვანი, ან ფართობითი ობიექტების ურთიერთთანაკვეთა. რასტრულ სისტემებში არ არსებობს კვანძები, როგორც გარკვეული ობიექტები, ე.ი. სისტემაში არც მონაცემები არსებობს მათ შესახებ. ვექტორულ

სისტემებში კვანძების კოდირება, ჩვეულებრივ, ხორციელდება მონაცემთა შეყვანის პროცესში და საკმაოდ ადვილად იდენტიციფიცირდება გის-ის მარტივი პროცედურებით. სირთულეები წარმოიქმნება მხოლოდ მაშინ, როცა კვანძი შეცდომით არის კოდირებული არა როგორც კვანძი, არამედ როგორც ჩვეულებრივი წერტილი, კერძოდ, როგორც „მწვერვალი“ [Демерс, 1999].

მაღალი დონის წერტილოვან ობიექტს მიეკუთვნება წერტილების ჯგუფიც, რომელიც გულისხმობს ორ ან ორზე მეტ წერტილის სიმრავლეს [Новое в версии..., 2002]. მონაცემთა ბაზაში წერტილების თითოეული ნაკრები წარმოდგენილია ცალკე სტრიქონის სახით. მაგალითად, ნახ. 3.2-ზე მოცემული რუკებისათვის წერტილების ჯგუფად შეიძლება ჩაითვალოს დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს ქალაქების ნაკრები (ცალ-ცალკე. შესაბამისად განსხვავებული იქნება მონაცემთა ბაზის სტრუქტურაც (ცხრ. 3.1). წერტილთა კოდექცია კი მხოლოდ ერთი წერტილოვანი ობიექტია, რომელიც მოიცავს განსხვავებული ტიპის სხვადასხვა ობიექტს.

ცხრილი 3.1

მონაცემთა ბაზის სტრუქტურა წერტილების ჯგუფისათვის (ნახ. 3.2-ის მიხედვით)

დიდი ქალაქები	მოსახლეობის რაოდენობა	საშუალო სიმაღლე, ზ.დ., მ
დასავლეთი საქართველო	539 179	72
აღმოსავლეთი საქართველო	1 405 916	430

მაღალი დონის ხაზობრივი ობიექტებია: საზღვარი, ქსელი, სექცია და მარშრუტი.

საზღვარი (border) ისეთი ხაზია, რომლის გადაკვეთისას ადგილი აქვს ერთი ან რამდენიმე ატრიბუტის ძირეულ ცვლას და, რაც მთავარია, გის-ის მონაცემთა ბაზაში მოცემულია ინფორმაცია საზღვრის, როგორც ცალკე არსებული ობიექტის შესახებ. სხვა ხაზობრივ ობიექტებს, საზღვრისაგან განსხვავებით, არ გააჩნიათ ისეთი ატრიბუტები, რომლებიც საზღვარს გამოსახავენ როგორც ცალკე ობიექტს. მაგალითად, პოლი-

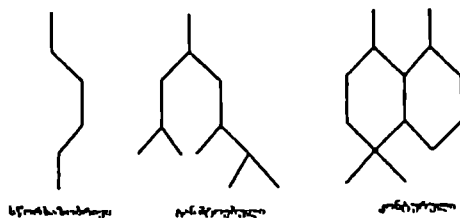
ტიკურ რუკაზე ორი მეზობელი პოლიგონის საზღვარი უნდა იძლეოდეს მოსაზღვრე ქვეყნების იდენტიფიცირების შესაძლებლობას, როგორც პრინციპულად განსხვავებული ობიექტებისას (ნახ. 3.9). ვიზუალურად ეს რუკა არანაირად არ გამოირჩევა ნახ. 3.7-ის რუკისაგან, მაგრამ შინაარსობრივად მათ შორის საკმაოდ დიდი სხვაობაა. ეს განსხვავება გამოიხატება მონაცემთა ბაზაში არსებული მონაცემებით: პირველ შემთხვევაში რუკაზე მოცემულია ფართობითი ობიექტები, ხოლო მეორე შემთხვევაში – ხაზობრივი ობიექტები, კერძოდ, საზღვრები. შესაბამისად, განსხვავებულია მონაცემთა ბაზის სტრუქტურაც.



მოსაზღვრე სახელმწიფოები	ობიექტის ნომერი	სიგრძე, კმ	უმაღლესი წერტილი ზ.დ., მ	ადგილმდებარეობა
საქართველო – რუსეთი	1	815	შხარა	კავკასიონის მთ. ქედი
საქართველო – აზერბაიჯანი	2	402,2	ტინოვროსო	კავკასიონის მთ. ქედი
საქართველო – სომხეთი	3	194,4	აჩკასარი	ჯავახეთის ქედი
აზერბაიჯანი – რუსეთი	4	280	ბაზარდუზუ	კავკასიონის მთ. ქედი
აზერბაიჯანი – სომხეთი	5	590	ყაფუჯიხი	ზანგეზურის ქედი

ნახ. 3.9. მონაცემთა ბაზაში საზღვრების წარმოდგენის სტრუქტურა.

ქსელი (network) არის ხაზობრივი და ფართობითი ობიექტების გარკვეული კრებადობით წარმოქმნილი ხაზების განსაკუთრებული სტრუქტურა. ვიზუალურად იგი არის ურთიერთდაკავშირებული ხაზების ნაკრები, რომელთა გასწვრივაც შე-



ნახ. 3.10. ქსელის ტიპები.

საძლებელია „გადაადგილება“. ქსელის მონაკვეთების შეერთებები და მიმართულებები შესაბამისი ატრიბუტებით ინახება გის-ში. ხაზები მაღალი დონის ობიექტებად (ქსელებად) „გარდაიქმნება“ იმ შემთხვევაში, თუ ისინი ერთმანეთთან დაკავშირებულია და არსებობს ინფორმაცია ამ კავშირის შესახებ. სწორედ ეს არის ქსელების მთავარი თავისებურება, რითაც ისინი განსხვავდებიან ხაზობრივი ობიექტებისაგან. ხაზების კრებადობა, რომელიც შეერთებულია ატრიბუტების გარეშე, არ ქმნის საფუძველს ქსელური მოდელირებისათვის. ქსელებისათვის სრულიად შეუსაბამოა რასტრული სისტემები.

არსებობს სამი ძირითადი სახის ქსელი:

- × **სწორხაზობრივი** (გამოიყენება ავტომაგისტრალების გამოსახვისათვის).
- × **განშტოებული** (მდინარეული ქსელისათვის).
- × **კონტურული** (ქუჩების გამოსახვისათვის) (ნახ 3.10).

ქსელი შეიძლება იყოს მიმართული და არამიმართული. არამიმართულ ქსელში (undirected network) „ნაკადი“ მიმართულია ნებისმიერი მიმართულებით. მიმართულ ქსელებში (directed network) კი „ნაკადს“ მხოლოდ ერთი მიმართულება აქვს. მას იყენებენ ისეთი ობიექტის გამოსახვისათვის, როგორიცაა მაგალითად, მდინარე, საავტომობილო გზა ცალმხრივი მოძრაობით და სხვ. თუკი ქსელის ერთი მონაკვეთი მეორეთი გადაიკვეთება, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ნაკადის ცვლას. ასეთ ქსელს იყენებენ ორმხრივი და ცალმხრივი გზების ისეთი გზაჯვარედინის გამოსახვისათვის, სადაც არ შეიძლება მოხვევა საპირისპირო მოძრაობის წინააღმდეგ [Демерс, 1999].

სექცია არის ხაზი (რკალი), რომელიც არ არის აუცილებელი, რომ იწყებოდეს ან მთავრდებოდეს კვანძში. სექცია შეიძლება განესაზღვროთ სიგრძის ერთეულებში, ან პროცენტებში (სიგრძის რა პროცენტი მოდის მის წილად). სექციების შესახებ მონაცემები ინახება ატრიბუტების სახით ცხრილში.

მარშრუტი არის სექციების კრებადობა, რომელიც გულისხმობს ხაზობრივი ობიექტების გადაადგილების შესაძლებლობას. მაგალითად, შეიძლება შევადგინოთ სატრანსპორტო საშუალებების მარშრუტები. თითოეულ მათგანს (მარშრუტს) საკუთარი სახელი ექნება და შენახული იქნება ატრიბუტების ცალკე ცხრილში. სექციების მსგავსად არ არის აუცილებელი, რომ მარშრუტი დაიწყოს ან დამთავრდეს კვანძში. რკალის ერთი და იგივე ნაწილი შეიძლება ერთდროულად გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა მარშრუტისათვის [Koponen, 1999].

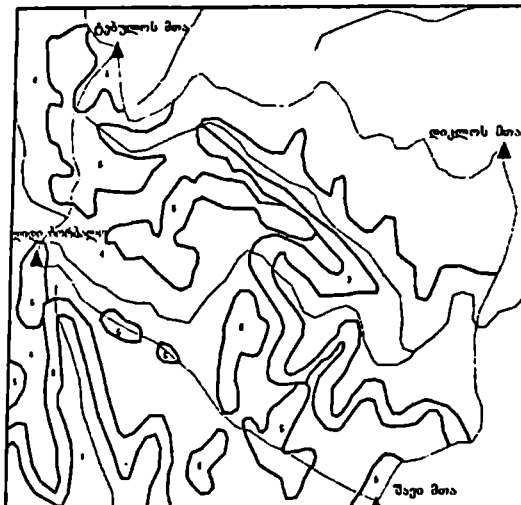
სექციების და განსაკუთრებით მარშრუტების გამოყენება ზრდის ხაზობრივი ობიექტების შესაძლებლობებს. შესაძლებელია ხაზობრივ ობიექტს, ან მის ნაწილს, ან რამდენიმე ხაზობრივ ობიექტს ერთდროულად „მივაბათ“ აღწერილობითი ხასიათის ინფორმაცია და სხვადასხვა მახასიათებელი. სხვა გის-ებისაგან განსხვავებით, ArcInfo-ს მეშვეობით შესაძლებელია ხაზობრივი ობიექტების ნაკრების ისეთი სისტემის შექმნა, რომელიც ყველაზე ეფექტური და მოქნილია. ზოგიერთი გის-ის მნიშვნელოვანი თავისებურებაა გადასვლის, ანუ გარდატეხის ადგილების არსებობა (კვანძებზე). მათ შესახებ ცალკე ინახება ინფორმაცია ატრიბუტების ცხრილში. მაგალითად, გარდატეხის ადგილებს იყენებენ გზაჯვარედინის მახასიათებლების გამოსახვისათვის.

სექციებისა და მარშრუტების გამოყენებაზე დაფუძნებული ArcInfo-ს კომპიუტერული პროცედურა, რომელიც დინამიური სეგმენტაციის სახელითაა ცნობილი [Koponen, 1999]. იგი გულისხმობს ხაზობრივი ობიექტების გასწვრივ აგებულ კოორდინატთა სისტემას. ამის საფუძველზე შესაძლებელია ხაზებს „მივაბათ“ წერტილოვანი და ხაზობრივი ობიექტები, თუმცა მათი მდებარეობა მოცემული იქნება არა X და Y კოორდინატებით, არამედ კილომეტრული სეგტების სახით. ეს მეთოდი განსაკუთრებით ხელსაყრელია ხაზობრივი ობიექტ-

ბის გასწვრივ სწრაფცვალებადი სიტუაციების არსებობისას, ვინაიდან ამ დროს ატრიბუტების ცვლა (შეყვანა, წაშლა, გადაადგილება) ხდება იმდენად სწრაფად, რომ აუცილებელი არ არის ტოპოლოგიის ხელმეორედ აგება.

რეგიონი (region) მაღალი დონის ფართობითი ობიექტია, რომელიც ხასიათდება გარკვეულწილად მსგავსი მახასიათებლების ნაკრებით და ეს ნაკრები ფიქსირებულია გის-ის მონაცემთა ბაზაში შესაბამისი ატრიბუტებით. ფაქტობრივად, იგი ორგანიზებულია პოლიგონების გაერთიანებით. გაერთიანება შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა პრინციპით. ეს საშუალებას იძლევა უფრო უკეთ იქნეს ორგანიზებული თემატური რუკები. მაგალითად, თუშეთის მიდამოების აღდგენილი მცენარეული საფარის რუკაზე მოცემულია ალპური მდელოები და სუბალპური ტყეები, მუხნარი და წიფლნარი ტყეების გაერცვლების არეალი (ნახ. 3.11). თითოეული ეს არეალი (პოლიგონი) ცალ-ცალკე სტრიქონში ინახება გის-ის მონაცემთა ბაზაში. კერძოდ, რუკაზე მოცემულია 16 პოლიგონი. აქედან ალპური მდელოებისათვის გვაქვს 10 პოლიგონი, ხოლო სუბალპური ტყეებისათვის – 2. მაგრამ შესაძლებელია ამ პოლიგონების გაერთიანება რეგიონებად რაიმე ნიშნის (ატრიბუტის) მიხედვით. ცხადია, თითოეული ამ რეგიონის შექმნისათვის უნდა დავეყრდნოთ იმ ატრიბუტებს (ამ შემთხვევაში მთავარ მცენარეულ კომპონენტებს), რომლებიც განსაზღვრავენ ცალკეულ პოლიგონს ან მათ ნაკრებს. კერძოდ, ცალ-ცალკე რეგიონებად გამოვეყოთ მცენარეთა სხვადასხვა ფორმაციები. ეს კი იძლევა საშუალებას მცენარეული საფარის რუკაზე ინფორმაცია (შესაბამისი ატრიბუტებით) შევინახოთ სხვადასხვა დონეზე, კერძოდ, პოლიგონების (polygon) სახით – წიფლნარები, მუხნარები, ჭაღის ტყეები, უროიანი ველები, ჯაგ-ეკლიანი ველები; რეგიონების სახით კი – ტყეები და მდელოები.

არსებობს რეგიონის სამი ძირითადი ტიპი: ერთიანი, ფრაგმენტული და პერფორირებული (ნახ. 3.12). ერთიანი, ანუ მთლიანი (ცალბმული) რეგიონი (contiguous region) ქმნის ერთ მთლიან ობიექტს, რომლის პოლიგონების ატრიბუტები შეიძლება იყოს ერთნაირიც (ჰომოგენური რეგიონი) და განსხვავებულიც (ჰეტეროგენური რეგიონი). არსებობს გარკვეული მსგავ-



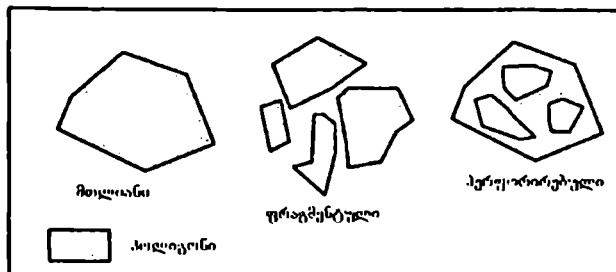
თუშეთის აღდგენილი მცენარეული საფარის რუკა
(ნ. კეცხოველის მიხედვით)

პოლიგონი			რეგიონი		
ობიექტის ნომერი	მცენარეული საფარის ნომერი რუ- კის მიხედვით	მცენარეული საფარი	ობიექტის ნომერი	მცენარეული საფარის ნომერი რუკის მიხედვით	მცენარეული საფარი
1	1	წიფლნარი	1	1	წიფლნარი
2	2	ფიჭვნარი	2	2	ფიჭვნარი
3	3	სუბალპური ტყე	3	3	სუბალპური ტყე
4	3	სუბალპური ტყე	4	4	სუბალპური მდელო
5	4	სუბალპური მდელო	5	5	ალპური მდელო
6	5	ალპური მდელო	6	6	მარადი თოვლი და მყინვარები
7	5	ალპური მდელო			
8	5	ალპური მდელო			
9	5	ალპური მდელო			
10	5	ალპური მდელო			
11	5	ალპური მდელო			
12	5	ალპური მდელო			
13	5	ალპური მდელო			
14	5	ალპური მდელო			
15	5	ალპური მდელო			
16	6	მარადი თოვლი და მყინვარები			

ნახ. 3.11. ფართობითი ობიექტების
წარმოდგენის სტრუქტურა გის-ის
რუკაზე და მონაცემთა ბაზაში.

სება ფრაგმენტულ და პერფორირებულ რეგიონებს შორის. ფრაგმენტული (fragmented region) რეგიონი წარმოადგენს ერთმანეთისაგან სივრცით გამოყოფილ ერთ ან რამდენიმე პოლიგონს, რომელიც ასევე შეიძლება იყოს პომოგენურიც და პეტეროგენურიც. ეს სივრცე არ ეკუთვნის ამ რეგიონს, ამიტომ არაერთი მნიშვნელობა არა აქვს მის განზომილებებს. მთავარია არსებობდეს ატრიბუტული მსგავსება პოლიგონებს შორის. პერფორირებული რეგიონი (perforated region), განსხვავებით ფრაგმენტულისაგან, არ შეიცავს ცალკეულ პოლიგონებს. იგი წარმოდგენილია ერთიანი ობიექტით, რომლისგანაც გამოკლებულია ცალკეული შიდა პოლიგონები. მათ პირობითად ხვრელს ან „კუნძულს“ უწოდებენ [Демерс, 1999].

ყველა ზემოთ აღნიშნულ მაღალი დონის წერტილოვან, ხაზობრივ და ფართობით ობიექტზე გარკვეული ოპერაციების ჩატარება – მონიშვნა, გადაადგილება, ცალკე გამოსახვა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მათ „შეიცნობს“ სისტემა. მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემებთან (DBMS – Database Management System) დაკავშირებული ზოგიერთ რასტრულ და ვექტორულ სისტემაში მაღალი დონის ობიექტები შეიძლება თვით ატრიბუტების ცხრილშიც კი. მარტივ რასტრულ სისტემებში ამ ობიექტების გამოყოფა შეიძლება მხოლოდ განმეორებითი კლასიფიკაციის მეშვეობით.



ნახ. 3.12. რეგიონის ტიპები.

3.1.5. გეოგამოსახულების ახალი სახეები THE NEW GEOIMAGES

გეოგამოსახულება (geoimages, georepresentations) არის დედამიწის (პლანეტარული) ობიექტების ან პროცესების ნებისმიერი სივრცე-დროითი, მასშტაბური და გენერალიზებული მოდელი, რომელიც წარმოდგენილია გრაფიკულ-გამომსახველობითი ფორმით [Берпхшт, 1999]. გეოგამოსახულებების მრავალი სახე არსებობს, გეოინფორმაციულმა კარტოგრაფიამ კი ისინი კიდევ უფრო გაამრავალფეროვნა. იქმნება გეოგამოსახულებების ახალი მოდელები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია ინფორმაციის ახლებური გამოსახვა, რაც მიუღწეველი იყო ადრინდელი ტრადიციული მეთოდებით შედგენილი რუკებითა და კარტოგრაფიული სხვა გამოსახულებებით. ამიტომაც, რომ დღეს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა გეოინფორმაციულ კარტოგრაფიას.

კარტოგრაფია ყოველთვის მიისწრაფოდა კარტოგრაფიული სახეითი საშუალებების სრულყოფისაკენ, ახალი ნიშნების შექმნისაკენ. კომპიუტერულმა კარტოგრაფიამ, ამ მხრივ, ფართო საფუძველი შექმნა. მართალია, მათ დღეს მომხმარებელთა საკმაოდ ფართო წრე იყენებს, მაგრამ დღეისათვის ჯერ კიდევ არ არის ისინი სრულყოფილად შემუშავებული და, რაც მთავარია, ჯერ კიდევ არ არის ფართოდ დანერგილი იგი ჩვენი ქვეყნის სამეცნიერო სფეროში. ამიტომ აუცილებელია კარტოგრაფიის ახალი სახეითი საშუალებების სამეცნიერო კვლევებში და პრაქტიკულ საქმიანობაში გამოყენების სრულფასოვანი გააზრება.

არსებობს გეოგამოსახულებების 3 კლასი (ცხრ. 3.2):

- ❖ სიბრტყითი ანუ ორგანზომილებიანი,
- ❖ მოცულობითი ანუ სამგანზომილებიანი,
- ❖ დინამიკური სამ- ან ოთხგანზომილებიანი.

კომპიუტერული მოდელირების მეშვეობით შეიძლება მრავალრიცხოვანი კომბინირებული გეოგამოსახულებების შექმნა, რომლებშიც გაერთიანებული იქნება სხვადასხვა თვისება, მაგალითად, ფოტორუკები, დინამიკური ბლოკდიაგრამები, დისპლეინაგლიფები და სხვ. (ცხრ. 3.3). შესაძლებელი ხდება სხვადასხვა სახის მოდელების თვისებების გაერთიანება. ყო-

ველივე ეს ზრდის მათს ინფორმაციულობას და აფართოებს გამოყენების სფეროს. უკანასკნელ წლებში შეიქმნა ისეთი გეოგამოსახულებები, რომლებშიც გაერთიანებულია რუკისა და სურათის, სამგანზომილებიანი და დინამიკური მოდელუბის თვისებები. ისინი ჰიპერგამოსახულების სახელწოდებითაა ცნობილი. ასეთია ფოტობლოკდიაგრამები, ფსევდოგამოსახულებები, პეიზაჟური რუკები, ფერადკოდირებული სტერეოსკოპიური კოსმოფოტორუკები და სხვ.

ცხრილი 3.2

გეოგამოსახულების კლასები (ნ. ბერლიანტის მიხედვით)

ორგან'ზომილებიანი	სამგანზომილებიანი		ოთხგანზომილებიანი
სიბრტყითი	სიბრტყითი	მოცულობითი	მოცულობითი
რუკები სურათები გეგმები ფოტორუკები ეგზ რუკები სინთეზური გამოსახულებები	კინოფილმები მულტფილმები სლაიდ-ფილმები ეგზ ფილმები მრავალდროითი სურათები მეტაქრონული ბლოკდიაგრამები კინო-ატლასები	ანაგლოფები ბლოკდიაგრამები რელიეფური მოდელები	სტერეოფილმები სტერეომულტიპლიკაციები კინოჰოლოგრამები დინამიკური ბლოკდიაგრამები დინამიკური ჰიპოგრამები

გეოგრაფიულ მეცნიერებათა განვითარების თანამედროვე ეტაპზე განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა მოვლენებისა და პროცესების განვითარების დინამიკის საკითხების კვლევას, ვინაიდან სწორედ მისი მეშვეობით არის შესაძლებელი ბუნებაში მიმდინარე პროცესის არსის გაგება. დინამიკის გამოსახვისათვის მიმართავენ დინამიკურ გეოგამოსახულებებს. ტრადიციულ კარტოგრაფიაში არსებობს დინამიკის გამოსახვის სხვადასხვა საშუალება. მაგრამ ამჟამად პერსონალური კომპიუტერების მეშვეობითა და გის-ტექნოლოგიების ფართო დანერგვით იქმნება გეოგამოსახულებების სრულიად ახალი სახეები. კომპიუტერული რუკების ახალ სახეით საშუალებებს მიეკუთვნება: ნიშნების ციმციმი, ფერების დეფილირება, კარტოგრაფიული ანიმაცია და სხვ.

ფოგამოსახულების სახეები (ნ.ბერლიანტის მიხედვით)

[illegible]

კარტოგრაფიული ნიშნების ციმციმის ეფექტი მოსახერხებელია დინამიკური მოვლენების, განსაკუთრებით ბუნებრივი მოვლენების აღწერისათვის. მაგალითად, ზეავსაშიში რაიონების ჩვენებისთვის გამოიყენება ციმციმა არეალები, ხოლო ზეავების ტრასებისათვის – ციმციმა ისრები. დინამიკური მოვლენების გამოსახვისათვის ასევე ხელსაყრელია ფერების დეფილირება (თანდათანობითი ცვლა), რომელიც ამა თუ იმ პროცესის განსხვავებულ ინტენსივობას უჩვენებს სხვადასხვა რეგიონში [Берушашвили, 1988]. დინამიკის გამოსახვისათვის განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს კარტოგრაფიული ანიმაციური და მულტიპლიკაციური გეოგამოსახულებები.

3.1.6. კარტოგრაფიული ანიმაცია CARTOGRAPHICAL ANIMATION

დინამიკის ასახვის ერთ-ერთი საუკეთესო საშუალებაა კარტოგრაფიული ანიმაცია (cartographic animation¹) – რუკების დინამიკური თანამიმდევრობა, რაც დემონსტრირებისას მოძრაობის, ე.ი. მულტიპლიკაციის ეფექტს იძლევა. რაც უფრო სწრაფად ხორციელდება რუკების მონაცვლეობა, მით უფრო კარგი მულტიპლიკაციური ეფექტი მიიღწევა. ამრიგად, ანიმაცია ანუ ანიმაციური თანამიმდევრობა (animation sequences) ელექტრული რუკებისა და მრავალდროითი სურათების ნაკრებს წარმოადგენს. ანიმაციური ფილმები შეიძლება იყოს სიბრტყითი ან სტერეოსკოპიული და ასახავენ რეალურ ან აბსტრაქტულ მოდელებს [Берушаш, 1996].

ანიმაციური, ანუ 4-განზომილებიანი გამოსახულებების (4D – 4 Dimensional) შექმნის სხვადასხვა მეთოდი არსებობს:

- გის-ის მონაცემთა ბაზის საფუძველზე მოძრავი გამოსახულების შექმნა დისპლეის ეკრანზე.
- კარტოგრაფიული გამოსახულებების გადატანა კომპიუტერიდან ვიდეოკასეტაზე.

¹ კომპიუტერული ანიმაცია (computer animation) – მცირედ განსხვავებული გამოსახულებების სერიის ჩვენება ეკრანზე, რაც მოძრაობის ეფექტს ქმნის [Dictionary of Computing, 1998].

➤ სპეციალური ანიმაციური პროგრამების მეშვეობით მოძრავი რუკა-კადრების თანამიმდევრობის შექმნა, რომელსაც გარკვეული დროის მასშტაბი გააჩნია.

სპეციალური ანიმაციური პროგრამების მეშვეობით შესაძლებელია დინამიკის ამსახველი შემდეგი ვარიანტების გამოყენება [Берлянт, 1997]:

❖ კარტოგრაფიული გამოსახულების გადაადგილება ეკრანზე.

❖ რუკა-კადრების ან 3-განზომილებიანი გამოსახულებების მულტიპლიკაციური თანამიმდევრობის შექმნა.

რუკათა დემონსტრირების სინქარის შეცვლა, დაბრუნება წინა კადრზე.

რუკის ცალკეული ელემენტების (ობიექტის, ნიშნის) გადაადგილება.

რუკის ცალკეული ელემენტების ზომის, ორიენტაციის შეცვლა.

„ციმციმისა“ და ტოპოლოგიური გარდაქმნის გამოყენება.

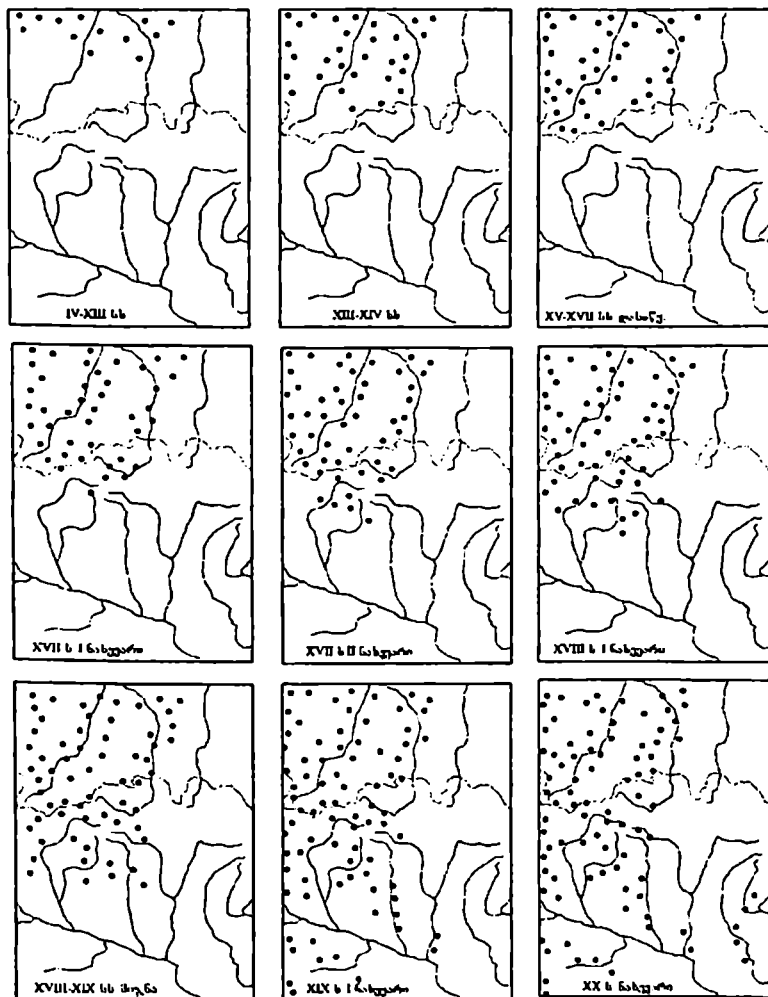
ფერის ტონალობის ცვლა ინტენსიუობის გამოსახვისათვის.

კარტოგრაფიული პროექციისა და მასშტაბის ცვლა.

რუკაზე „ზემოდან“ მოძრაობის ეფექტის შექმნა (მაგალითად, ვერტმფრენიდან).

მოვლენებისა და პროცესების დინამიკას გამოხატავს, აგრეთვე, დიაფილმები და სლაიდფილმები. მაგალითად, ოსთა განსახლების არეალის ზრდას გვიჩვენებს 9 რუკა-კადრი, შედგენილი დროის სხვადასხვა ინტერვალისათვის (ნახ. 3.13). ამ კადრების თანამიმდევრული ჩვენების შედეგად გაცილებით უფრო თვალსაჩინო ხდება ოსთა ძირითადი მიგრაციული ნაკადების მიმართულებები და მათი განსახლების ზრდის ტენდენციები. ეს მეთოდი ასევე მოსახერხებელია ატმოსფერული მოვლენების, ბუნებრივი კატასტროფული პროცესებისა და სხვათა დინამიკის გამოსახვისათვის.

საკმაოდ დიდი პერსპექტივა აქვთ დისპლეი-ანიმაციებს. მათი გამოყენება შეიძლება სწრაფად ცვალებადი მოვლენების აღწერისათვის, საშიში ბუნებრივი პროცესების მონიტორინგისათვის, ეკოლოგიური მდგომარეობის ოპერატიული შეფასებისათვის, სასაზღვრო არეალში ურთიერთზემოქმედი პროცესების შესწავლისათვის და სხვ. მაგალითად, დისპლეი-ანიმაციებს ხშირად იყენებენ წყალდიდობებისა და ტბორილი ტერიტორიის, ჰაერის მასების გადაადგილების გამოსახვისათვის და ა.შ.



ნახ.3.13. ჩრდილოეთ კავკასიასა და საქართველოში ოსთა განსახლების რუკების დინამიკური სერია
წყარო: რ. თოფჩიშვილი. საქართველოში ოსთა ჩამოსახლებისა და შიდა ქართლის ეთნოისტორიის საკითხები. თბ., 1997.

3.2. რუკა – გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის მნიშვნელოვანი ნაწილი

THE MAP – THE MAIN PART OF GEOGRAPHIC-(AL) INFORMATION SYSTEM

რუკა გეოგრაფიის მეორე ენაა. იგივე შეიძლება ითქვას გეოინფორმაციული სისტემის რუკაზეც. რუკა გის-ის უმნიშვნელოვანესი ნაწილია. სწორედ იგი ქმნის მის საფუძველს. რუკის გარეშე არ არსებობს გეოინფორმაციული სისტემა. მსგავსად ტრადიციული რუკებისა, აქაც მონაცემების გამოსახვის ეს გრაფიკული ფორმა ეფუძნება სხვადასხვა საკოორდინატო სისტემას, პროექციას, სიმბოლოთა ნაკრებსა და გენერალიზაციას.

გის-ები რუკების განსაკუთრებული სიმრავლით გამოირჩევა. ამ მხრივ, უნდა აღინიშნოს თემატური რუკების დიდი რაოდენობა. გის-ებში გვხვდება არატრადიციული სახის რუკებიც, როგორიცაა ბლოკ-დიაგრამები (flowchart), კარტოდიაგრამები (cartodiagrams), ჰოროპლეტები, წერტილოვანი სიმჭიდროვის, დასიმეტრიული (dasymeric map), მოცულობითი რუკები და სხვ.

გის-ში ტრადიციული რუკის შეყვანის შემთხვევაში გასათვალისწინებელია მრავალი ფაქტორი: რუკის გენერალიზაცია, მასშტაბი, პროექცია, საკოორდინატო სისტემა, სიმბოლიზაცია და სხვ.

რუკა სივრცის გამოსახვის მოდელი და აბსტრაქციაა. იგი არ არის რეალობის მინიატურული ვერსია, რომელმაც ყველაფერი დეტალურად უნდა აჩვენოს. იგივე ითქმის გის-ის რუკაზეც, რომელიც არ უნდა იყოს გადატვირთული ზედმეტი ინფორმაციით. გის-ს უნდა გააჩნდეს მძლავრი, ინფორმაციატევადი ბაზა, რომელიც მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში უნდა გამოისახებოდეს რუკაზე.

რუკები ორი ძირითადი ტიპისაა: ზოგადგეოგრაფიული (general reference) და თემატური (thematic). გის-ების უმრავლესობაში ჭარბობს თემატური რუკები, თუმცა არც ზოგადგეოგრაფიული (მათ შორის ტოპოგრაფიული) რუკებია იშვიათი, რომლებიც თემატური რუკების საფუძველს ქმნიან გის-ში.

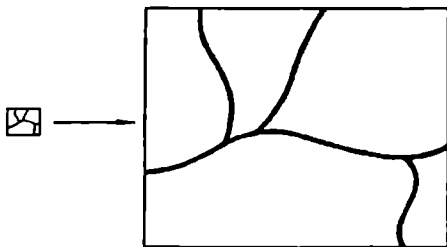
უკანასკნელ ათწლეულში ადამიანთა წარმოდგენა რუკაზე მნიშვნელოვნად შეიცვალა, რაც განპირობებულია გისების ფართო გამოყენებით. ტრადიციული მიდგომით, შეფარდებითი პარადიგმა (communication paradigm) გულისხმობდა, რომ რუკა გეოგრაფიული კელევის საბოლოო პროდუქტია, რომელიც სიერციითი მონაცემების შესახებ იძლევა იმ ინფორმაციას, რომელიც სიმბოლოებითა და კლასიფიკაციებითაა მოცემული. მაგრამ ტრადიციული ხედვა გარკვეულად შეზღუდულია, ვინაიდან რუკის მომხმარებელს საშუალება არა აქვს „შეაღწიოს რუკის მიღმა“, მიიღოს არაკლასიფიცირებული პირველადი ინფორმაცია ობიექტებზე, ე.ი. მომხმარებელს მხოლოდ საბოლოო პროდუქტი აქვს, რაც საშუალებას არ აძლევს მას, გადააჯგუფოს არსებული მონაცემები და მიიღოს ახალი შედეგი. ამ ხარვეზის იგნორირებას ემსახურება ალტერნატიული მიდგომა კარტოგრაფიაში, რომელიც გულისხმობს საწყისი მონაცემების ხელმეორედ კლასიფიცირების შესაძლებლობას. ამ მიდგომას ანალიტიკური პარადიგმა (analytical paradigm) უწოდეს. ასეთ შემთხვევაში ატრიბუტული მონაცემები ინახება კომპიუტერის მეხსიერებაში და საჭიროებისას გამოიყენება მომხმარებლის მიერ [Демерс, 1999]. ამრიგად, გეოინფორმაციული სისტემა არის არა მარტო ინფორმაციის გამომსახველი რუკის სახით, არამედ მისი ანალიზის შესაძლებლობაც კონკრეტული მომენტისა და კონკრეტული ამოცანის შესაბამისად.

3.3. რუკის მასშტაბი გეოინფორმაციულ სისტემებში MAP SCALE IN GIS

რუკა სიერცის გამოსახვის გამარტივებული რეალობაა, ამიტომ რუკათშექმნის დროს უნდა გაანალიზდეს და გამოიკვეთოს ყველაზე მთავარი და მნიშვნელოვანი ინფორმაცია, არასათანადო და ზედმეტი დეტალურობის გარეშე. იგივე ითქმის გისებზეც, სადაც მოცემული უნდა იყოს მხოლოდ ის ინფორმაცია, რომელიც შეესაბამება კელევის დეტალიზაციის მოცემულ ხარისხს და გეოინფორმაციული სისტემისათვის დანიშნულებას. თავდაპირველად ხდება რუკის იმ მასშტაბის შერ-

ჩვეა, რომელიც გის-თვის საბაზო იქნება. გარკვეულ შემთხვევაში წარმოიქმნება რუკის მასშტაბის ცვლილების აუცილებლობა, რაც სისტემისათვის არავითარ პრობლემას არ წარმოადგენს და იოლად სრულდება. თუმცა მასშტაბის ცვლას შეიძლება გარკვეული სირთულეებიც ახლდეს თან. მაგალითად, მასშტაბის გამსხვილების შემთხვევაში კონტური შეიძლება იქცეს უფრო მსხვილ ხაზად, რაც საკმაოდ უხეშ გამოსახულებას იძლევა (ნახ. 3.14). შესაბამისად, გასომეების ზუსტი შედეგების მიღება შეუძლებელია, ვინაიდან ამგვარად შედგენილ მსხვილმასშტაბიან რუკებზე ჩატარებული გაზომვები საკმაოდ დიდ ცდომილებას იძლევა. ეს თავისებურება ცნობილია ტრადიციული რუკების შემთხვევაშიც. იგივე შეიძლება ითქვას გის-ის რუკებზეც, სადაც მასშტაბის გამსხვილებისას მას არავითარი ახალი ინფორმაცია არ ემატება. ხდება მხოლოდ სიმბოლოებისა და კონტურების გამსხვილება. არც მსხვილმასშტაბიანიდან წერილმასშტაბიანზე გადასვლისას ვიღებთ სასურველ შედეგს – მონაცემები მეტად არასაიმედო ხდება, ვინაიდან გენერალიზაციის პროცესი მექანიკურად მიმდინარეობს. ასეთ შემთხვევაში შეიძლება მოხდეს მეორე და მესამეხარისხოვანი ობიექტების დატოვება რუკაზე, ხოლო პირველხარისხოვანის ამოგდება.

რუკის მასშტაბის ცვლა (გადიდება ან შემცირება) გარკვეულწილად ერთნაირ შედეგს იძლევა რასტრულ და ვექტორულ რუკებზე. თუმცა ვექტორულ რუკებზე შედარებით უკეთესი შედეგი მიიღწევა, მაგრამ არასრულყოფილი. მასშტაბის გამსხვილებისას აბსოლუტურად იდენტური სურათი მიიღება ინფორმაციული თვალსაზრისით, ე.ი. არ ხდება ინფორმაციის მოცულობის ცვლილება. ვიზუალურად კი შედარებით უკეთეს გამოსახულებას ვიღებთ ვექტორულ რუ-



ნახ. 3.14. რუკის მასშტაბის გამსხვილების შედეგად მიღებული გამოსახულება.

კებზე. თუმცა მასშტაბის რამდენჯერმე გაზრდისას ამ შემთხვევაშიც ვიღებთ უხეშ, ძლიერ კუთხოვან კონტურებს.

რუკის ფენების სახით წარმოდგენის სტრუქტურა გარკვეულწილად უფრო სრულყოფილს ხდის მასშტაბის ცვლილების პროცედურას. მაგალითად, ჰიდროგრაფიული ქსელის რუკის შედგენისას უმჯობესია სხვადასხვა ფენაზე განვათავსოთ სხვადასხვა თანრიგის მდინარეები: ერთ ფენაზე დავიტანოთ ძირითადი მდინარეები, მეორეზე – I რიგის შენაკადები, მესამეზე – II რიგის და ა.შ. ეს კი საშუალებას იძლევა მოცემულ მომენტში ვისარგებლოთ მხოლოდ იმ ფენებით, რომელიც არსებულ მასშტაბს შეესაბამება.

რასტრული და ვექტორული რუკების მასშტაბის შემცირებისას ვიზუალურად ორივე შემთხვევაში კარგი შედეგი მიიღება, თუ, რა თქმა უნდა, არ მოხდება მასშტაბის მრავალჯერადი ცვლა. პროცედურული თვალსაზრისით, რასტრული გამოსახულების გადიდება უფრო იოლად სრულდება, ვიდრე შემცირება. ეს განპირობებულია იმ ფაქტორით, რომ სისტემისათვის რთულია „შესამცირებელი“ უჯრედების შერჩევა. მისგან განსხვავებით, მასშტაბის შემცირება უფრო კარგ შედეგს იძლევა ვექტორულ რუკებზე.

აქედან გამომდინარე, რუკის მასშტაბის ცვლას მხოლოდ რამდენიმე შემთხვევაში უნდა მივმართოთ:

✶ რუკის რედაქტირებისას, როცა დასაშვებია მასშტაბის მნიშვნელოვანი გამსხვილება;

✶ რუკის მასშტაბის შემცირებისას, მხოლოდ გარკვეულ დონემდე

3.4. კარტოგრაფიული პროექციები და საკოორდინატო სისტემები გეოინფორმაციულ სისტემებში **CARTOGRAPHIC PROJECTS AND COORDINATE SYSTEMS IN GIS**

დედამიწის სფეროსებრი (გეოიდისებრი) ზედაპირის სიბრტყეზე გამოსახვისათვის იყენებენ კარტოგრაფიულ პროექციებს (Map projections), რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავებულია დამახინჯების ხასიათით. გის-ებისათვის შემუშავებულია გარკვეული პროექციები, რომლებიც გაცილებით უკეთ შეესაბამებიან კომპიუტერული ტექნიკის სტრუქტურას. სფეროსებ-

რი ზედაპირის სიბრტყეზე გამოსახვა ხორციელდება გეომეტრიული და ტრიგონომეტრიული მეთოდების მეშვეობით.

ცნობილია, რომ დამხმარე გეომეტრიული ზედაპირის¹ მიხედვით კარტოგრაფიული პროექციების სამი ძირითადი სახე (Projection family) არსებობს: ცილინდრული (Cylindrical), კონუსური (Conical), აზიმუტური (Azimuthal).

პროექცია არ იძლევა გეოგრაფიული სივრცის აბსოლუტური ზუსტი გამოსახულების შექმნის საშუალებას. თითოეული მათგანი რუკაზე გარკვეულ დამახინჯებას ქმნის, რაც გაეღენას ახდეს კიდევ გის-ის ცალკეულ ქვესისტემაზე. ზუსტი ანალიტიკური ოპერაციების ჩასატარებლად (როგორც ტრადიციულ, ისე ელექტრონულ) რუკებზე შენარჩუნებული უნდა იქნეს კუთხეების (ფორმის), მანძილის, მიმართულების, ფართობის სიზუსტე, მაგრამ ერთდროულად ყველა მათგანის შენარჩუნება რუკაზე შეუძლებელია.

გის-ში რუკის შეყვანისას უნდა გავითვალისწინოთ ის პროექცია, რომელიც უფრო შეესაბამება დასახულ ამოცანას. მაგალითად, თუ საჭიროა მოძრაობის მეთვალყურეობა, ობიექტის მოძრაობის მიმართულების შეცვლა – ასეთ შემთხვევაში უნდა გამოვიყენოთ კონფორმული (ტოლკუთხა) პროექცია (Angular conformity), რომელიც ინარჩუნებს კუთხეების სიდიდეს. მათ მიეკუთვნება მერკატორის (ცილინდრული) განივი, ლამბერტის კონუსური, პერსპექტიული სტერეოგრაფიული პროექციები და სხვ. ზოგადგეოგრაფიული და სასწავლო რუკები უფრო მეტად საჭიროებენ სწორდიდ პროექციებს (Equal area or Equivalent projections). ეს პროექციები მიზანშეწონილია ისეთი რუკებისათვის, რომლებზეც უნდა ჩატარდეს ფართობების გაზომვა.

რუკები, საიდანაც უნდა განისაზღვროს უმოკლესი მარშრუტები, საჭიროებს აზიმუტურ პროექციებში (Azimuthal) აგებას. ასეთ რუკებზე დიდი წრეები შეიძლება გამოსახული იყოს სწორხაზოვნად. ეს პროექციები უფრო ხშირად გამოიყენება საჰაერო შეტყობინების რუკების, რადიოპელენგაციის,

¹ ზოგჯერ მიმართავენ ანალიტიკურ მეთოდს, რაც შესაძლებელს ხდის დამხმარე გეომეტრიული ზედაპირის გარეშე შეიქმნას კარტოგრაფიული პროექცია. მაგალითად, პირობითი პროექცია [Самуилов, 1955].

თანამგზავრებზე თვალყურის დევნებისა და სხვა ციური სხეულების კარტოგრაფირებისას. ბოლო პერიოდში განსაკუთრებით პოპულარული გახდა აზიმუტური პროექციები და გაიზარდა მათი გამოყენების სფერო.

საქართველოს ტერიტორიის 1:500 000 და უფრო მსხვილმასშტაბიანი რუკების შესადგენად გამოიყენებოდა გაუსის ცილინდრული ტოლკუთხა პროექცია. თითოეული 6°-იანი ზონისათვის გამოიყენებოდა ცილინდრი, რომლის შეხების ხაზი ემთხვევა ზონის ცენტრალურ მერიდიანს. ამგვარად შედგენილი ტოპოგრაფიული რუკები საკმაოდ დიდი სიზუსტის იყო. რუკის ფურცლების კიდეები შედარებით მეტად იყო დამახინჯებული, მაგრამ იმდენად უმნიშვნელოდ, რომ გასომეების სიზუსტეს არ ამცირებდა. რუკის დანიშნულებისა და დედამიწის ზედაპირზე ტერიტორიის მდებარეობის მიხედვით გამოიყენებოდა სხვადასხვა სახის პროექციები. მაგალითად, მსოფლიოს სასწავლო რუკები ეფუძნებოდა მერკატორის პროექციას, ნახევარსფეროების რუკები – ეკვატორულ სტერეოგრაფიულს, ეკვატორულ ორთოგრაფიულს, ტოლდიდ ეკვატორულ აზიმუტურს, კონტინენტების რუკები – ლამბერტის ტოლდიდ პორიზონტულ აზიმუტურს, ლამბერტის ეკვატორულ ტოლდიდ აზიმუტურსა და სხვა პროექციებს. აშშ-ში ტოპოგრაფიული რუკებისათვის გამოიყენებოდა მარტივი პოლიკონუსური პროექციები.

გის-ებისა და კომპიუტერული ციფრული რუკებისათვის განსაკუთრებით გამოიყენება შემდეგი პროექციები:

- ① ლამბერტის ტოლდიდი.
- ② პერსპექტიული სტერეოგრაფიული აზიმუტური ტოლკუთხა.
- ③ აზიმუტური ეკვიდისტანციური.
- ④ პერსპექტიული ორთოგრაფიული აზიმუტური.
- ⑤ გნომონური.
- ⑥ მერკატორის უნივერსალური განივი (ცილინდრული).

მათ შორის ყველაზე გავრცელებული სისტემური პროექციაა მერკატორის უნივერსალური განივი (Universal Transverse Mercator – UTM). მსოფლიოს რუკებისათვის მერკატორის პროექციას იყენებდნენ ჯერ კიდევ XIX საუკუნიდან, რომელიც

მიეკუთვნება ნორმალურ ცილინდრულ პროექციას. პოლარული რეგიონების გარდა, მას დღესაც ფართო გამოყენება აქვს სხვადასხვა სახის რუკების შესადგენად. UTM გამოიყენება დისტანციური ზონდირების, ბუნებრივი რესურსებისა და ტოპოგრაფიული რუკების მონაცემთა ბაზების რუკების უმეტესობისათვის, ეინაიდან სწორედ იგი უზრუნველყოფს ზუსტ გაზომვებს მეტრულ სისტემაში. ამიტომ მას მრავალი ქვეყნის სამეცნიერო საზოგადოება იყენებს. ამ სისტემაში ძირითადი საზომი ერთეულია მეტრი. თუმცა აშშ-ში ჯერ კიდევ ფართოდ გამოიყენება დიუმები, ფუტები, იარდები და მილები.

ლამბერტის სწორდიდი პროექცია შემოთავაზებული იყო ჯერ კიდევ XVIII საუკუნეში, ხოლო მისი ფართოდ გამოყენება დაიწყო XIX საუკუნის ბოლოდან. იგი უმთავრესად გამოიყენებოდა ნახევარსფეროებისა და კონტინენტების რუკების შესადგენად (გამონაკლისი იყო ევროპა, რომლისთვისაც ძირითადად იყენებდნენ კონუსურ ტოლკუთხა პროექციებს). ასეთ პროექციებში მინიმალური დამახინჯების წერტილია ნახევარსფეროების ან კონტინენტების ცენტრი, მაქსიმალური კი - განაპირა მერიდიანებზე.

სტერეოგრაფიულ (აზიმუტურ პერსპექტიულ ცილინდრულ ტოლკუთხა) პროექციას (ჩვეულებრივ პორიზონტული) ფართოდ იყენებენ საზღვარგარეთ ტრადიციული რუკების შესაქმნელად.

ორთოგრაფიული პროექციებიც აზიმუტური პერსპექტიულია, სადაც ხედვის წერტილი უსასრულობაშია და საკმაოდ დიდი დამახინჯებები წარმოიქმნება ნახევარსფეროების რუკების კიდებზე.

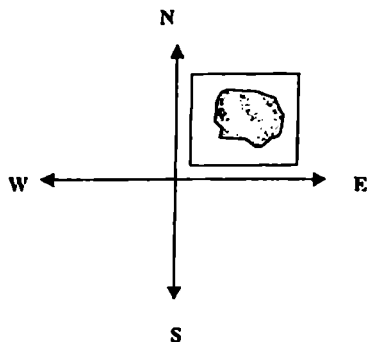
ზემოთ ჩამოთვლილის გარდა, კიდევ მრავალი პროექცია არსებობს და საკმაოდ რთულიცაა იმაში გარკვევა, რომელი მათგანი უკეთ შეესაბამება კონკრეტულ გის-ს. ამიტომ გადაწყვეტილების მიღებამდე საჭიროა ყველა იმ ნიუანსის გათვალისწინება, რომელიც ახასიათებს ამა თუ იმ პროექციას.

თითოეულ რუკას აქვს გეოგრაფიული ბადე, რომელზეც მიბრუნულია ესა თუ ის გეოგრაფიული ობიექტი. იგივე ითქმის კომპიუტერულ რუკებზეც, სადაც გეოგრაფიული ობიექტის მდებარეობა რუკაზე შეესაბამება ადგილმდებარეობას რეა-

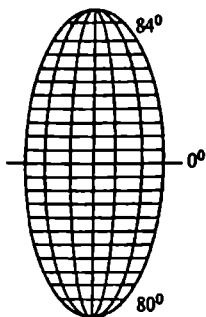
ლურ სამყაროში. ეს ობიექტები განლაგებულია ათვლის სივრცითი სისტემის მიმართ.

რუკების უმეტესობა ორგანზომილებიანია და მოცემულია სიბრტყეზე. ამ კოორდინატთა სისტემას უწოდებენ კარტოგრაფიულ (გეოდეზიურ) ტოლკუთხას, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია განისაზღვროს ობიექტის ადგილი სიბრტყით რუკაზე. ამ ათვლით სისტემაში 2 (მართკუთხა) კოორდინატია: x (აბსცისი) და y (ორდინატა). დიგიტაიზერი (Digitizer), რომელიც გამოიყენება მონაცემების შესაყვანად გის-ში, დაფუძნებულია დეკარტეს საკოორდინატო სისტემაზე (Cartesian Coordinate System).

რუკაზე ჩრდილოეთი მიმართულია ზემოთ, ამიტომ X კოორდინატს უწოდებენ ათვლას აღმოსავლეთით (easting), ხოლო y კოორდინატს – ათვლას ჩრდილოეთით (northing). თუმცა ამის საპირისპიროა რუსეთსა და საქართველოში ბოლო დრომდე გავრცელებული გაუს-კრიუგერის სისტემით შექმნილი (1942) რუკები, რომლის მიხედვით X უჩვენებდა ჩრდილოეთს, ხოლო Y – აღმოსავლეთს. ათვლით სისტემაში არ არის მოცემული დასავლეთისა და სამხრეთის მიმართულებები, ვინაიდან საწყისი წერტილი რუკაზე მოთავსებულია იმგვარად, რომ ყველა მნიშვნელობა დადებითია. ამრიგად, გეოგრაფიული ობიექტები მთლიანად მოქცეულია ათვლის საკოორდინატო სისტემის ჩრდილო-აღმოსავლეთ (NE) მეოთხედში (ნახ. 3.15). ეს საშუალებას იძლევა კოორდინატები წავიკითხოთ ჯერ მარჯვენა, შემდეგ – ზედა მიმართულებით. თუმცა მიწის ნაკვეთების ბრტყელ ზედაპირზე უკეთ წარმოდგენის მიზნით, ზოგჯერ მიმართავენ შერეულ (არანულოვან) კოორდინატთა საწყის წერტილს (false origins).

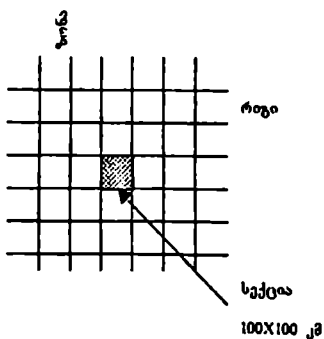


ნახ. 3.15. რუკის განლაგება გის-ის ათვლის სივრცით სისტემაში.



ნახ. 3.16. დედამიწის დაყოფა UTM სისტემით.

ლია 60 ვერტიკალურ ზონად, რომელთა სიგანე შეესაბამება განედის 6° -ს ($360^{\circ}:60=6^{\circ}$). ეს ვერტიკალური ზონები მოიცავს სამხრეთ განედის 80° -სა და ჩრდილოეთ განედის 84° -ს შორის მოქცეულ ტერიტორიას (ნახ. 3.16). იმისათვის, რომ კოორდინატები იყოს დადებითი, UTM-ს აქვს ორდინატთა ორი საწყისი: ერთი – ეკვატორზე (ჩრდილოეთი ნახევარსფეროსათვის), მეორე – სამხრეთ განედის 80° -ზე (სამხრეთი ნახევარსფეროსათვის).



ნახ. 3.17. დედამიწის ზედაპირის დაყოფა სექციებად UTM სისტემაში.

აშშ-ში გამოიყენება კოორდინატთა 5 ძირითადი სისტემა. ზოგიერთი მათგანი დაფუძნებულია კარტოგრაფიულ პროექციებზე, ზოგიერთი კი – არამათემატიკურ (მიწის დაყოფის ისტორიულ) მეთოდებზე. ამიტომ აშშ-ში დამზადებული სხვა სახელმწიფოების რუკების გის-ში შეყვანისას აუცილებლად გასათვალისწინებელი რომელ პროექციაა და კოორდინატთა სისტემაშია ისინი შექმნილი.

UTM პროექციის მიხედვით, დედამიწის ზედაპირი დაყოფილია 60 ვერტიკალურ ზონად, რომელთა სიგანე შეესაბამება განედის 6° -ს ($360^{\circ}:60=6^{\circ}$). ეს ვერტიკალური ზონები მოიცავს სამხრეთ განედის 80° -სა და ჩრდილოეთ განედის 84° -ს შორის მოქცეულ ტერიტორიას (ნახ. 3.16). იმისათვის, რომ კოორდინატები იყოს დადებითი, UTM-ს აქვს ორდინატთა ორი საწყისი: ერთი – ეკვატორზე (ჩრდილოეთი ნახევარსფეროსათვის), მეორე – სამხრეთ განედის 80° -ზე (სამხრეთი ნახევარსფეროსათვის). ზონების გადანომვრა იწყება 180° -იანი მერიდიანიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით.

დედამიწის ზედაპირი ასევე დაყოფილია განედის 8° -იან 20 რიგად. გამონაკლისია მხოლოდ უკიდურესი ჩრდილოეთი რიგი, რომელიც 12° -იანია (ჩ.გ. 72° -სა და ჩ.გ. 84° -ს შორის). ეს საშუალებას იძლევა UTM სისტემის დაფარვის არეალში მოექცეს მთელი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ხმელეთი.

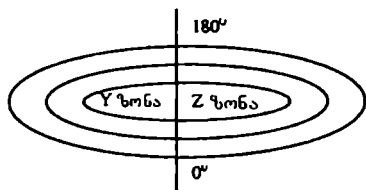
ზონებისა და რიგების თანაკვეთაზე წარმოქმნილია სექცია, რომელიც არაბული რიცხვითა და ლათინური ასოთი აღინიშნება (ნახ. 3.17).

დამახინჯების შემცირების მიზნით, თითოეული ზონისათვის ცალ-ცალკე ადგენენ პროექციას. ათვლის საწყისი წერტილი თავსდება თითოეული ზონის ცენტრში, ცენტრალური მერიდიანის გადაკვეთაზე. ამასთან ნულოვანი მნიშვნელობა აბსცისაზე გადაადგილებულია 30° -ით დასავლეთით. მასშტაბური კოეფიციენტი 0,9996 არ იცვლება სამხრეთ-ჩრდილოეთის მიმართულებით, თუმცა იცვლება დასავლეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით. ამასთან, 60° -იანი ზონის უკიდურესი კიდე პრაქტიკულად იგივეა და 1,00158-ის ტოლია. სწორედ ეს ეკვივალენტობა უზენებს დამახინჯების სიმცირეს UTM-ის სისტემაში.

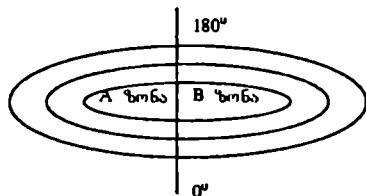
პოლარული რეგიონებისათვის, რომელიც UTM-ის საკოორდინატო სისტემის მიღმა დარჩა, იყენებენ უნივერსალურ პოლარულ სტერეოგრაფიულ (Universal Polar Stereographic – UPS) პროექციას, რომელიც UTM-ის მსგავსი სიზუსტისაა.

ეს სისტემა პოლარულ რეგიონებს ჰყოფს კონცენტრიულ ზონებად და თითოეულ მათგანს ანაწევრებს ორ ნაწილად (0° და 180° -იანი მერიდიანების მიხედვით). ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში დასავლეთი ნახევარი აღინიშნება როგორც Y ზონა, ხოლო აღმოსავლეთი ნახევარი როგორც Z ზონა. სამხრეთ ნახევარსფეროში კი დასავლეთი ნახევარია A ზონა, ხოლო აღმოსავლეთი ნახევარი – B ზონა (ნახ. 3.18).

ჩრდილოეთი ნახევარსფერო



სამხრეთი ნახევარსფერო



ნახ. 3.18. პოლარული რეგიონების კონცენტრიულ წრეებად დაყოფის სისტემა UPS სისტემაში.

UTM-ის მსგავსად, აქაც ზონები დაყოფილია 100 კმ-იანი გვერდების მქონე კვადრატებად. თითოეული მათგანი სხვადასხვა პროექციით რეალიზდება.

ამრიგად, UTM და UPS სისტემები მთლიანად ფარავს დედამიწის მთელ ზედაპირს. ისინი უზრუნველყოფენ დამახინჯების სიმცირესა და გაზომვების საკმაოდ დიდ სიზუსტეს გისებში.

3.5. კომპიუტერული რუკების გენერალიზაცია **GENERALIZATION OF COMPUTER MAPS**

კომპიუტერული გენერალიზაციის არსი. გენერალიზაციის საკითხი ერთ-ერთი აქტუალურია კარტოგრაფიაში, ვინაიდან მასზეა დამოკიდებული რუკის სრულყოფილება, მისი შექმნის ავტომატიზაცია და გამოყენება. კარტოგრაფიული გენერალიზაცია არის დეტალურობის შერჩევითი და გამარტივებული წარმოდგენა რუკის მასშტაბისა და დანიშნულების შესაბამისად [ICA, 1973]. იგი გულისხმობს მთავარი, მნიშვნელოვანი და მიზანმიმართული ნიშან-თვისებების შერჩევას, განზოგადებასა და დატანას რუკაზე [Бермант, 1985]. გენერალიზება რუკის უმთავრესი თვისებაა. სწორედ ამით განსხვავდება რუკა ადგილის მრავალი სხვა გამოსახულებისაგან, როგორიცაა ფოტოსურათი, აეროსურათი, კოსმოსური სურათი, გეგმა და სხვ. გენერალიზებულია მსხვილმასშტაბიანი რუკებიც, ვინაიდან არც მათზე არ არის აუცილებელი ყველაფრის დეტალური გამოსახვა. მაგრამ გენერალიზაცია არ არის მექანიკური გამარტივება, ან მხოლოდ „ძირითადის“ გამოყოფა. იგი შემოქმედებითი პროცესია, რომელიც მხოლოდ ექსპერტებს ხელეწიფებათ [ასლანიკაშვილი].

კარტოგრაფიული გენერალიზაციის პროცესში ხდება იმ მოვლენებისა და ობიექტების შერჩევა, რომლებიც მნიშვნელოვანია, მარტივდება მოხაზულობები, ხელმეორედ შეირჩევა ნიშნები, სკალა და გრადაცია. ამრიგად, ეს შემოქმედებითი სამუშაო სრულდება რუკის დანიშნულების შესაბამისად და არა ნებისმიერად. თემატური რუკების გენერალიზაციისას ჯერ მარტივდება რუკის ლეგენდა, ტაქსონომიური ერთეულები (კლა-

სიფიკაციის ზოგიერთი დონის გამოტოვებით), შემდეგ ხდება მოხაზულობის გამარტივება, მეორეხარისხოვანი ობიექტების „ამოგდება“ და ა.შ. გენერალიზაცია უნდა მოხდეს კარტოგრაფირებადი მოვლენის შესწავლის ფონზე, რათა ეს პროცესი სწორად ჩატარდეს. რუკა – ობიექტური რეალობის სუბიექტური ნიმუშია [ასლანიკაშვილი, 1962]. ეს ნიმუში მით უფრო ახლოსაა, სწორი და ადეკვატურია სინამდვილის, რაც უფრო შესწავლილი და შემოქმედებითადაა გააზრებული კარტოგრაფის მიერ.

შესაძლებელია თუ არა კომპიუტერის მეშვეობით ჩატარდეს სრულყოფილი კარტოგრაფიული გენერალიზაცია? ცალსახა პასუხი ამ კითხვაზე არ არსებობს. ერთი კი ცხადია, კომპიუტერული ტექნიკისა და პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების თანამედროვე დონეზე ეს ჯერჯერობით შეუძლებელია. თუმცა არსებობს გარკვეული პერსპექტივები. გისებში ინფორმაცია ინახება სხვადასხვა დონის (ფენების) მოხედვით. ეს კი მომავალში, უთუოდ, შესაძლებელს გახდის, ექსპერტის ჩარევის გარეშე ჩატარდეს გენერალიზაცია. მაგრამ ისიც ცხადია, თუ რამდენად რთულია არაფორმალისებადი ამოცანების გადაჭრა მეოთხე თაობის კომპიუტერების მეშვეობით. ალბათ, ამიტომაც გამოითქვა მოსაზრება (ა. ბერლიანტი), რომ არც არასოდეს იქნება შესაძლებელი გენერალიზაცია მოხდეს მთლიანად ალგორითმული ენის მეშვეობით. აქედან გამომდინარე, უფრო მიზანშეწონილად იქნა მიჩნეული გენერალიზაციის განხორციელება სტანდარტული, შრომატევადი და ერთგვაროვანი ოპერაციების ავტომატიზაციისათვის, ხოლო კონკრეტული გადაწყვეტილება კვლავ კარტოგრაფის კომპენტენციად დარჩა. ამგვარად, ავტომატიზებული კარტოგრაფიული გენერალიზაციის განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ დიალოგურ, ინტერაქტიულ რეჟიმში.

საბოლოო პასუხის გაცემა კითხვაზე – შესაძლებელია გახდება თუ არა ოდესმე, კომპიუტერის მეშვეობით განხორციელდეს სრულყოფილი გენერალიზაცია, საკმაოდ რთულია. ანალოგიური პრობლემატური საკითხები წარმოიქმნებოდა გამოყენებითი ტექნიკის წარმოქმნის „გარიჟრაჟზე“. გამუდმებით მიმდინარეობდა კამათი ამა თუ იმ საკითხზე და ყოველთვის

ისმებოდა კითხვა – დადგებოდა თუ არა დრო, როცა კომპიუტერი შეასრულებდა იმ პროცედურას, რომელიც მიუღწეველი ჩანდა მოცემული პერიოდისათვის. ზოგი მკვლევარი სექპტიკურად წყვეტდა ასეთ საკითხებს, ზოგი კი – ოპტიმისტურად. დროთა განმავლობაში მიიღწეოდა ისეთი შედეგებიც, რომლებიც შეუძლებლად გამოიყურებოდა მცირე ხნის წინათაც კი. ცხადია, ეს ჩვეულებრივიცაა ახალი იდეის, ერთი შეხედვით, განუხორციელებლის წარმოქმნის პროცესში. სწორედ ამიტომ ამბობენ, რომ ყოველთვის არსებობს ფაქტობრივად შესაძლებელი ან შეუძლებელი პროცედურები, რომლებიც შეიძლება განხორციელდეს კომპიუტერის მეშვეობით. ამგვარი პრობლემა იარსებებს მომავალშიც [Бирюков, 1977].

საყარაუდოა, რომ ავტომატიზებული გენერალიზაციის საკითხი გადაიჭრება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუკი შეიქმნება ახალი თაობის კომპიუტერები, რომლებიც დაფუძნებული იქნებიან ხელოვნური ინტელექტის ინტერფეისზე, შეასრულებენ „გონებრივ“ ფუნქციას და თვითონ „მიიღებენ გადაწყვეტილებას“. ერთი კი უდავოა, რომ თანამედროვე ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის დონეზე ეს შეუძლებელია.

მაგრამ ზემოთ დასმულ კითხვაზე პასუხის გაცემა არ იქნებოდა სრულფასოვანი, თუ არ გავითვალისწინებთ ერთ მნიშვნელოვან გარემოებას: არის თუ არა კომპიუტერული გენერალიზაცია კლასიკური გაგების [ასლანიკაშვილი, 1962] აბსოლუტური და იდენტური. საკმე ისაა, რომ გენერალიზაცია გეოინფორმატიკაში ორ ასპექტში განიხილება, კერძოდ, არსებობს ორგვარი გენერალიზაცია: სტატისტიკური და კარტოგრაფიული [Muller, 1999].

სტატისტიკური გენერალიზაცია არის ინფორმაციის გაფილტვრის პროცესი, რომლის მიზანია ატრიბუტული ინფორმაციის სივრცითი მოდელირება. მისი მთავარი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ შენარჩუნდეს სივრცითი მნიშვნელობები, მისი მრავალფეროვნება და განაწილების თავისებურებანი. არასწორად განხორციელებული გენერალიზაციის შედეგად შეიძლება დაიკარგოს სტატისტიკური ზედაპირისათვის დამახასიათებელი ნიშნები, უფრო მეტიც, მივიღოთ რეალობასთან სრულიად შეუსაბამო სურათი.

კარტოგრაფიულმა გენერალიზაციამ, რომლის მიზანია ეიზუალიზაცია, შეიძლება საკმაოდ დიდი გავლენა მოახდინოს ობიექტების მდებარეობის სიზუსტეზე. შეიძლება შეიცვალოს განლაგება და დაირღვეს მათი თავდაპირველი ფორმა. ამ ცდომილების გამოსაწველად არსებობს სხვადასხვა კრიტერიუმები: *mvd* (minimum vector displacement) – ვექტორის მინიმალური გადახრა, *mca* (minimum change in angularity) – დახრის კუთხის მინიმალური გადახრა, პარამეტრული მაჩვენებლების შენარჩუნება და სხვ.

ამგვარად, სტატისტიკური გენერალიზაცია ინფორმაციის შინაარსობრივ შეცვლას გულისხმობს, ხოლო კარტოგრაფიული – სივრცულს. მაშასადამე, გეოინფორმატიკაში გავრცელებული ტერმინები სტატისტიკური და კარტოგრაფიული გენერალიზაცია შეესაბამება ტრადიციულ კარტოგრაფიაში მიღებულ ტერმინებს: განზოგადებასა და აბსტრაქტირებას.

კომპიუტერული (ავტომატური) გენერალიზაციის დადებითი და უარყოფითი მხარეები. მონაცემების სიზუსტე გისუბში, ჩვეულებრივ, განისაზღვრება ოთხი კომპონენტით [Muller, 1991]:

- მდებარეობის სიზუსტით.
- ატრიბუტული სიზუსტით.
- ობიექტების სიხშირით.
- მონაცემების სისრულით, სრულყოფილებით.

გენერალიზაციამ შეიძლება გარკვეული გავლენა მოახდინოს რომელიმე მათგანზე. ჩვეულებრივ, გენერალიზაციის პროცესში მცირდება ობიექტის მდებარეობის სიზუსტე, რაც, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს ატრიბუტულ სიზუსტეზე. ატრიბუტული მაჩვენებლები უფრო მიახლოებითი და არაგანსაზღვრული ხდება, ვინაიდან მცირდება ინფორმაციის მოცულობა. გენერალიზაცია გავლენას ახდენს, აგრეთვე, მონაცემების სისრულეზე. ამასთან, ობიექტების არათანამიმდევრული „ამოვარდნით“ მცირდება ობიექტების სიხშირეც. ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემები, რომლებიც წარმოიქმნებიან გენერალიზაციის პროცესში და გავლენას ახდენენ მონაცემების ხარისხზე, განპირობებულია ურთიერთკავშირის იმ სტრუქტურით, რომელიც არსებობს გენერალიზაციას, მასშტაბს, სიზუსტესა და გარჩევადობას შორის.

კომპიუტერულ გენერალიზაციას გააჩნია დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ზოგიერთი მათგანი განსხვავებულია ტრადიციული გენერალიზაციისაგან, ზოგიერთი კი – ანალოგიური. კომპიუტერული გენერალიზაციის დადებითი მხარეებია:

- + შრომატევადი, განმეორებადი პროცესების გამარტივება.
- + დიდძალი მასალის სწრაფი დამუშავება და შედეგის ოპერატიული მიღება.
- + ობიექტურობა (ექსპერტის მიერ ჩატარებულ გენერალიზაციას თან ახლავს სუბიექტურობა, რაც გამორიცხულია კომპიუტერული რუკების ავტომატური გენერალიზაციის დროს).
- + გენერალიზაციის განხორციელება კრიტერიუმებით.

კომპიუტერული გენერალიზაციის უარყოფითი მხარეებია:

- ინფორმაციის მექანიკური, არამიზნობრივი დაკარგვა.
- რუკის სხვადასხვა დანიშნულების შესაბამისი პროცედურების არარსებობა.
- გრაფიკული მონაცემების არაადეკვატური ცვლა.
- არამასშტაბური კარტოგრაფიული ნიშნების გამოყენების შეუძლებლობა.

კომპიუტერული გენერალიზაციის პროცესში შესაძლებელია სკალისა და გრადაციების გამარტივება, მაგრამ ამით არ გადაწყდება გენერალიზაციის პრობლემა, ვინაიდან შესაძლებელია მხოლოდ გარკვეული ნორმატივებისა და ცენზების შერჩევა. კომპიუტერისათვის „მიუღწეველია“ იმ დეტალების გათვალისწინება, რომელიც მნიშვნელოვანია გეოგრაფიული თვალსაზრისით. მაგალითად, 1:1 000 000 მასშტაბის აღმოსავლეთ საქართველოს პიდროგრაფიული ქსელის რუკიდან უნდა შევადგინოთ 1:2 000 000 მასშტაბის რუკა. ამასთან, უნდა გაითვალისწინოთ ის გარემოება, რომ გამოისახოს მდინარეული ქსელის სიხშირე ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული რაიონების მიხედვით. ამისათვის, მონაცემთა ბაზაში არსებული ცხრილის საფუძველზე ვახდენთ ობიექტების შერჩევას (Data Query) შემდეგი კრიტერიუმით: *მდინარის სიგრძე > 100 კმ.* ამ პროცედურის შედეგად „ამოვარდება“ ყველა პატარა მდინარე და დარჩება მხოლოდ ის მდინარეები, რომელთა სიგრძეც 100 კმ-ზე მეტია. მაგრამ ეს შედეგი შეიძლება არასრულფასოვანი აღმოჩნდეს გეოგრაფიული თვალსაზრისით, ვინაიდან შერჩე-

უღი კრიტერიუმი არ იძლევა საშუალებას, გამოისახოს რაიონების მცირე სიგრძის, მაგრამ მათთვის მნიშვნელოვანი მდინარეები. კერძოდ, მონაცემთა ბაზიდან „ამოვარდება“ მდ. ოლე (ივრის მარცხენა შენაკადი), რომელიც ერთ-ერთი მთავარია სილნალის რაიონის სტეპური ზოლისათვის. ანალოგიური და შეიძლება უფრო არასასურველი შედეგი მივიღოთ, თუკი ავტომატურ გენერალიზაციას ვახდენთ კრიტერიუმის გარეშე. ასეთ შემთხვევაში სისტემა ვერ აფასებს ობიექტებს „მნიშვნელობების“ მიხედვით. კერძოდ, შეიძლება „ამოვარდეს“ მდ. ალაზანი, მაგრამ დარჩეს მდინარეები იორი და ოლე.

ექსპერტის მიერ განხორციელებული გენერალიზაციის უპირატესობა კომპიუტერთან შედარებით იმაში მდგომარეობს, რომ შესაძლებელია არამასშტაბური ნიშნების (როცა გრაფიკული გამოსახულების მასშტაბირება ვერ ხერხდება) გამოყენება და მათი გადაადგილება რუკაზე. ე.ი. ექსპერტი მიდის გარკვეულ კომპრომისზე – გეომეტრიულ სიზუსტესა და გეოგრაფიულ შესაბამისობას შორის. ეს კომპრომისი შეუძლებელია განხორციელდეს ავტომატურად გის-ის რუკებზე, ეინაიდან მათემატიკური კრიტერიუმები და ალგორითმები ამის საშუალებას არ იძლევა. ერთადერთ საშუალებად ამ შემთხვევაში რჩება ტექსტური ობიექტებით სარგებლობა, რომელთა მოთავსება შეიძლება რუკის ნებისმიერ ადგილას. მაგრამ არც ეს არის გამოსავალი, ეინაიდან ტექსტურ ობიექტებზე არანაირი ინფორმაცია არ არსებობს მონაცემთა ბაზაში.

კომპიუტერის მეშვეობით ხაზობრივი ელემენტების გენერალიზაციისას ხდება მათი „მომრგვალება“, რომლის შემდეგაც ნებისმიერი მრუდი კარგავს კლაკნილობას, ნალუნს. თუკი ეს პროცესი რამდენჯერმე განმეორდა, მაშინ მრუდის კონფიგურაცია მნიშვნელოვნად გამარტივდება.

გენერალიზაციისას შესაძლებელია ინფორმაციის დახარისხება მნიშვნელობისდა მიხედვით და ერთი მასშტაბიდან მეორეზე გადასვლის ალგორითმის შემუშავება. მაგრამ გენერალიზაცია ინდივიდუალურია ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის. ამიტომ ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის თანამედროვე დონეზე მეტად რთულია რუკის სხვადასხვა დანიშნულების შესატყვისი პროცედურების წინასწარი

განჯვრება და ფორმალიზება. ეს მხოლოდ მომავალი თაობის კომპიუტერების პრეროგატივაა. ამჟამად ერთადერთ საშუალებად რჩება წესების იმ სისტემის შემუშავება, რომელთა მეშვეობითაც რუკათშექმნის პროცესი ფორმალიზებული გახდება. ამ პროცედურების განხორციელების მცდელობა რამდენიმე წლის წინ დაიწყო. შემუშავდა რამდენიმე მეთოდი, თუმცა ავტომატური გენერალიზაციის პროცედურები მაინც ინტუიციური და სუბიექტური დარჩა. ყველაზე დიდი სირთულე უკავშირდება სისტემის მიერ წესებისა და ინსტრუმენტების იდენტიფიკაციას. ამიტომ ეს საკითხი დღემდე გაურკვეველია და წარმოდგენს გისების ფუნქციონირების ერთ-ერთ ყველაზე ურთულეს ამოცანას [Zycor, 1984 ; Lii, 1983 ; Thapa, 1988, etc.].

გენერალიზაციის განსახორციელებლად მონაცემთა ბაზაში ხდება თითოეული ობიექტის შეფასება, ანუ როგორც მას უწოდებენ რეიტინგის განსაზღვრა. რეიტინგი ექსპერტის მიერ დადგენილი კრიტერიუმია, რომელიც შეესატყვისება რუკის დანიშნულებას, მასშტაბს და თემატიკას [Richardson, 1988]. დგება რეიტინგის მატრიცები [ცხრ. 3.4], რომელზე დაყრდნობითაც ხორციელდება გენერალიზაცია.

რასტრული და ვექტორული რუკების გენერალიზაცია. რუკაზე გრაფიკული მონაცემების წარმოდგენის ფორმატი (რასტრული და ვექტორული) განსხვავებულია, შესაბამისად სხვადასხვაა მათი გენერალიზაციის პრინციპები.

ვექტორული ფორმატის რუკების გენერალიზაციისათვის ცალ-ცალკე დგება წერტილოვანი, ხაზობრივი და ფართობითი ობიექტების ალგორითმები. შესაბამისად არსებობს წერტილის (Point generalization), ხაზის (Line generalization) და ფართობის (Polygon generalization) გენერალიზაცია. რუკებზე ობიექტების უდიდესი ნაწილი (80%) ხაზობრივია, ამიტომ გაცილებით უფრო მეტი მცდელობა არსებობს ხაზის გენერალიზაციის შემუშავებისათვის [Modern mapping..., 1989]. ცხადია, განსხვავებულია ის კრიტერიუმი, რომლითაც უნდა შეფასდეს გახსნილი (open line) და შეკრული ხაზების (closed line) გენერალიზაციის პროცესი. არსებობს ამ პროცედურის შესრულების ორგვარი კრიტერიუმი: გეომეტრიული, რომელიც განსაზღვრავს ობიექტების გეომეტრიულ თავისებურებებსა და არაგე-

ომეტრიული, რომელიც მისი თემატური შინაარსიდან გამომდინარეობს. კერძოდ, სხვადასხვა კრიტერიუმში ექნება მდინარეს, სანაპირო ხაზს, პოლიტიკურ საზღვრებს და ა.შ. თუმცა ვექტორული ფორმატის გენერალიზაცია უფრო მეტად გეომეტრიულ კრიტერიუმებს ეყრდნობა. გენერალიზაციის ხარისხის შეფასება ხდება იმ სტრუქტურიდან გამომდინარე, როგორი სახითაც არის იგი შენახული მონაცემთა ბაზაში. ხაზის სტრუქტურა შეიძლება დახასიათდეს მრავალი პარამეტრით, როგორიცაა ამპლიტუდა, სიხშირე და ფრაქციული დაყოფა. შესაბამისად, ცალ-ცალკე დგება ალგორითმი თითოეული მათგანისათვის და განისაზღვრება, თუ რომელი პარამეტრი მეტ-ნაკლები სიზუსტით უნდა იქნეს შენარჩუნებული გენერალიზაციის პროცესში.

ცხრილი 3.4.

ეროვნული ატლასის რუკის ელემენტების რეიტინგი (1500 000)

რუკის ფენები	რუკის ელემენტები									
	გეოფიზიკური	გეოლოგიური	გეომორფოლოგიური	კლიმატური	ჰიდროლოგიური	პოლიტიკური	ფიზიკური	სოციალური	ეკონომიკური	გარემოს
დიდი ქალაქები	+	•	+	•	•	•	•	•	•	+
ქალაქები	?	?	+	+	•	•	?	•	•	+
სოფლები	-	-	•	•	-	?	?	•	•	•
მდინარეები	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ტბები	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
კუნძულები	-	-	-	-	+	•	•	?	?	?
პოლიტ. დაყოფა	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ადმტერ.დაყოფა	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
მყინვარები	?	•	+	•	+	•	+	•	+	+

+ არსებითი • სასურველი ? საკმაოდ - არასაჭირო

წყარო: Richardson, 1989

ფართობითი ობიექტების გენერალიზაციისას ხდება პატარა პოლიგონების შეერთება დიდთან. ეს პროცედურა ეფუძნება შერჩევითი რკალების (arc) «ამოვარდნის» პრინციპს. საკმაოდ კარგად არის დამუშავებული შენობების გენერალიზაცია გერმანელი კარტოგრაფების მიერ. მათ შეიმუშავეს მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკების გენერალიზაციის საკითხები, კერძოდ, ქუნებისა და შენობების გენერალიზაციის პროცესი თითქმის მთლიანად ავტომატიზებულია და დაფუძნებულია პოლიგონების გამარტივების, გამოტოვების, გაფართოებისა და ადგილმდებარეობის შეცვლის ალგორითმზე [Slaufenbiel, 1973 ; Hoffmeister, 1978].

სრულიად განსხვავებულია რასტრული რუკების გენერალიზაციის პროცედურა, რომელიც რასტრულ უჯრედებს უკეთებს რეორგანიზაციას. იგი ეფუძნება უჯრედების რაოდენობის შემცირების ალგორითმს იმგვარად, რომ არ იცვლება ობიექტების ფორმა. ამასთან, იგი მიმართულია კლაკნილობის გაფილტვრისაკენაც (გამარტივებისაკენ). ამ პროცესში ხდება ზოგიერთი პიქსელის ამოგდება, ზოგიერთის – დატოვება.

ამგვარად, გენერალიზაცია ვექტორულ ფორმატში ხაზობრივად, ხოლო რასტრულ ფორმატში – ფართობრივად არის ორიენტირებული. მეტი სიზუსტის მისაღებად უმჯობესია ორივე ეს მიდგომა ერთდროულად იქნეს გამოყენებული. რასტრული მიდგომა უფრო მეტად კონტექსტუალურ ანალიზს შეესაბამება, ამიტომ იგი გამოსადეგია ვექტორული ფორმატის რუკების გენერალიზაციისას. ამით თავიდან იქნება აცილებული ვექტორულ ელემენტებს შორის წარმოქმნილი სივრცითი „კონფლიქტები“.

ტრადიციული კარტოგრაფიისაგან განსხვავებით, გეოინფორმაციულ კარტოგრაფიაში არსებობს დროითი გენერალიზაცია [Берншт, 1997]. მაგალითად, კარტოგრაფიული ანიმაცია შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა სიჩქარით. ამისათვის მიმართავენ დროით გენერალიზაციას, თუმცა უნდა ითქვას, რომ ეს საკითხი სრულყოფილად დამუშავებული არ არის. მთავარი განსხვავება ტრადიციული სტატიკური რუკებისაგან ის არის, რომ დინამიკური გამოსახულებების მეშვეობით გა-

მოისახება ახალი – დროითი ასპექტი. ტრადიციულ კარტოგრაფიაში წლების მანძილზე სადისკუსიო ცნებად არსებულ „დროის მასშტაბს“ ახალი დატვირთვა მიეცა.

რაკი შესაძლებელია ანიმაციის დემონსტრირება სხვადასხვა სიჩქარით, შესაბამისად, შეიძლება საუბარი ნელა, საშუალო და სწრაფმასშტაბიან დროით გენერალიზაციაზე.

არსებობს დისტანციური, აგტომატური (ლოგიკურ-მათემატიკური) და დინამიკური გენერალიზაცია. თითოეულ მათგანს საკუთარი ტექნოლოგია, თავისებურებები და ევრისტიკული შესაძლებლობები აქვს. კომბინირებულ და ჰიპერგამოსახულ ფორმებზე შეიძლება ერთდროულად გამოისახოს აბსტრაქტიზების, მომრგვალების, ფილტრაციის სხვადასხვა სახეები. ცხადია, რომ გენერალიზაციის პროცესი რეალიზდება არა მარტო სივრცეში, არამედ დროშიც. იგი შეეხება გეომეტრიულ ფორმებს, ობიექტების ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მაჩვენებლებს, სპექტრულ მახასიათებლებს, დინამიკურ ასპექტებს.

ფოტოგრაფიკული (ოპტიკური) გენერალიზაცია ხდება სიმალის მასშტაბის შემცირებით (თვითმფრინავიდან თუ კოსმოსური ხომალდიდან), ვინაიდან სიმალლით მრავალი დეტალი შეუმჩნეველია. რაც უფრო მაღლა მდებარეობს გადამღები აპარატურა, მით უფრო მეტია განზოგადება, მაგრამ მცირეა მასშტაბი და დეტალურობა, კონტრასტულობა, სიმკვეთრე, ობიექტები და საზღვრები. ეს განსაკუთრებით ვლინდება კოსმოსური სიმაღლეებიდან. გარდა ამისა, რაც უფრო მაღლაა გადამღები აპარატურა, მით უფრო სქელია ატმოსფეროს ფენა, მეტია მასში წყლის ორთქლი, გატუჭიანება. ეს კი იწვევს ობიექტების ძნელად გარჩევადობას, არ ჩანს მათი საზღვრები, მცირდება კონტრასტები, რამდენიმე ობიექტი აღიქმება ერთიანად, ე.ი. ადგილი აქვს ერთგვარ გენერალიზაციას. ამიტომ ფოტოგრაფიკული გენერალიზაცია მექანიკური პროცესია, თუმცა გარკვეულად შეიძლება მისი მართვაც. მაგალითად, აპარატურისათვის „მგრძნობიარე“ მასალის შერჩევა, სპეციალური გადამღები აპარატურით სარგებლობა. მიუხედავად ამისა, დღეს ეს პროცესი მაინც მექანიკურად ხორციელდება [Берлятин, 1997].

3.6. სივრცითი ინფორმაცია გეოინფორმაციულ სისტემებში **SPATIAL INFORMATION IN GIS**

3.6.1. სივრცითი ინფორმაციის სტრუქტურა **STRUCTURE OF SPATIAL INFORMATION**

სივრცითი ინფორმაციის სრულყოფილი შესწავლისათვის აუცილებელია მათი ორგანიზება, კლასიფიცირება და დახარისხება. ამას საჭიროებს გისების სტრუქტურაც. ნებისმიერი ინფორმაცია, მათ შორის რუკაც, რომელიც შეყვანილია კომპიუტერის მეხსიერებაში, მანქანისათვის არაფერს არ ნიშნავს. მისთვის გაუგებარია, სად რაა დატანილი და რას წარმოადგენენ ისინი. ამიტომ ობიექტების სივრცითი განაწილების განსაზღვრისათვის აუცილებელია ე.წ. ფორმალური ენის შექმნა, რომელიც დაფუძნებული იქნება ციფრულ (ერთებისა და ნულების) მოდელზე. ასეთი ფორმალური ენის შექმნა გულისხმობს ოპერაციების შესრულების საკმაოდ დეტალურ თანამიმდევრობას.

გისებში სივრცითი ინფორმაცია სხვადასხვა სახით არსებობს:

- ❑ ფაილებში, რომლებიც უზრუნველყოფენ მონაცემების შენახვას, დახარისხებასა და ძებნას.
- ❑ მონაცემთა ბაზებში, რომლებიც ფაილების კრებადობაა და იგი მონაცემთა მართვის უფრო რთულ პროცედურებს ემსახურება.
- ❑ გრაფიკულ ფორმატში, რომელიც სივრცითი ინფორმაციის გამოსახვის ერთ-ერთი საუკეთესო საშუალებაა.
- ❑ კომბინირებულ ფაილებში.

გისებში ინფორმაცია ინახება სხვადასხვა სტრუქტურის ფაილებში: მოუწესრიგებელ, მოწესრიგებულ და ინდექსირებულ ფაილებში.

ფაილების უმარტივესი სტრუქტურაა ჩანაწერების მოუწესრიგებელი მასივი, სადაც ინფორმაცია ინახება იმ თანამიმდევრობით, როგორითაც იქნა იგი შეყვანილი კომპიუტერის მეხსიერებაში. ასეთ ფაილებში ძებნის პროცედურის შესრულება საკმაოდ რთულია ჩანაწერების მოუწესრიგებლობის გამო. ამ ხარვეზის თავიდან აცილების მიზნით, შემოღებულია მოწესრიგებული ფაილების სტრუქტურა (ordered sequential files), სადაც

ინფორმაციის ძებნა შედარებით მცირე დროს მოითხოვს. ახალი ინფორმაციის შეყვანის შემთხვევაში, ცხადია, იგი ხელმეორედ უნდა გარდაიქმნას მოწესრიგებულ სტრუქტურად.

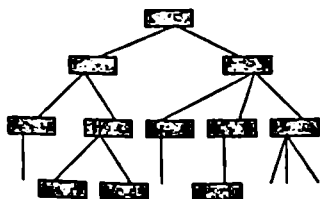
მოწესრიგებულ და მოწესრიგებულ ფაილებში არსებული ჩანაწერები მოცემულია გარკვეული მახასიათებლის – ნომრის ან სახელწოდების მიხედვით. მაგრამ სხვადასხვა ობიექტის მახასიათებლები ყოველთვის როდი არის იდენტური, რაც ართულებს მონაცემთა ძებნის პროცედურას (არ არის გამორიცხული მონაცემთა ერთმანეთში აღრევა). ამიტომ არის შემოღებული ე.წ. გარე ინდექსი. ფაილს, სადაც მოცემულია ობიექტების გარე ინდექსები, ინდექსირებულს უწოდებენ.

ურთიერთდაკავშირებული ფაილების ორგანიზებულ კრებადობას მონაცემთა ბაზას (database) უწოდებენ. მათი მართვისათვის შემუშავებულია გაცილებით უფრო რთული სისტემა (DBMS – Database Management System), ვიდრე თვით ფაილის სტრუქტურაა.

მონაცემთა ბაზები 3 ძირითად ტიპად იყოფა. ესენია: იერარქიული (ხისებრი), ქსელური და რელაციური (ცხრილური) სტრუქტურები [Healey, 1991].

მონაცემთა იერარქიული სტრუქტურა. ხშირ შემთხვევაში მონაცემებს შორის არსებობს ისეთი კავშირი, რომელსაც უწოდებენ „ერთი მრავალზე“. ეს იმას ნიშნავს, რომ მონაცემთა თითოეულ ელემენტს „ნაკადის“ (ტოტის) მეშვეობით აქვს პირდაპირი კავშირი რამდენიმე მონაცემთან. ამ უკანასკნელს კი სხვა „ნაკადით“ – სხვა მონაცემთან და ა.შ. მონაცემთა იერარქიული სისტემის მაგალითად შეგვიძლია დავასახელოთ ნებისმიერი ტაქსონომიური კლასიფიკაცია.

იერარქიული სტრუქტურის მთავარი თავისებურება მდგომარეობს პირდაპირ კავშირში ერთი ტოტისა მეორესთან. განტოტება აქ დაფუძნებულია განსხვავებული საკვანძო თვისების არსებობაზე. თუკი ასეთი თვისება არ არსებობს, მაშინ შეუძლებელია მონაცემთა იერარქიული სტრუქტურის შექმნა (ნახ. 3.19).



ნახ. 3.19. მონაცემთა იერარქიული სტრუქტურა.

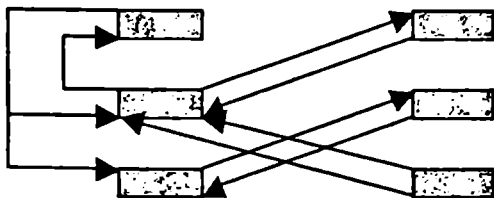
აღნიშნული სტრუქტურის მთავარი უპირატესობა ისაა, რომ იოლად სრულდება მონაცემთა ძებნის პროცედურა, ვინაიდან კარგად არის განსაზღვრული მათი ადგილი, აგრეთვე, ადვილია მონაცემთა შევსება ახალი „ნაკადების“ დამატების ხარჯზე. მაგრამ თუკი საკვანძო თვისება არასაკმარისია თითოეული „ნაკადისათვის“, მაშინ განტოტების შემდგომი გაგრძელება შეუძლებელი ხდება. ამიტომ იერარქიული სტრუქტურის შედგენისათვის აუცილებელია ყველა განტოტებისა და კვანძის გათვალისწინება. ეს შეიძლება ჩაითვალოს მონაცემთა იერარქიული სტრუქტურის უარყოფით მხარედ, ვინაიდან მონაცემთა ბაზებზე მუშაობისას ხშირად წარმოიქმნება ისეთი ურთიერთკავშირების ძებნის აუცილებლობა, რომელიც არ იყო გათვალისწინებული სისტემის რეალიზაციამდე. ამის განხორციელება კი შეუძლებელი ხდება მკაცრი იერარქიული სტრუქტურის გამო.

იერარქიულ სტრუქტურაში ატრიბუტული და გეომეტრიული მონაცემები მოთავსებულია სხვადასხვა ადგილას, რაც მოითხოვს მათ შორის დიდი რაოდენობის კავშირების არსებობას. ასეთ შემთხვევაში საკმაოდ მრავალრიცხოვანი განტოტებები და რთული სტრუქტურები იქმნება. ამიტომ მონაცემთა წარმოდგენის იერარქიული სტრუქტურა უფრო მეტად მოსახერხებელია ისეთი შემთხვევებისათვის, როცა მონაცემთა ელემენტებს შორის არსებობს შემდეგი სახის კავშირები: „ერთი ერთზე“ (one-to-one) ან „ერთი მრავალზე“ (one-to-many).

მონაცემთა ქსელური სტრუქტურა (**Database Network Structure**). გის-ის მონაცემთა ბაზები ხშირად ეფუძნება ელემენტთა შორის გაცილებით უფრო რთულ კავშირს: „მრავალი მრავალთან“ (many-to-many). ასეთ შემთხვევაში ერთ ელემენტს შეიძლება ჰქონდეს მრავალი ატრიბუტი. თითოეული ატრიბუტი კი, თავის მხრივ, დაკავშირებული იყოს მრავალ ელემენტთან. მაგალითად, საკვლევი ტერიტორია დაყოფილია გარკვეული ზომის კვადრატებად. ინფორმაცია მცენარეთა და ცხოველთა ენდემური და რელიქტური სახეობების გავრცელების შესახებ მონაცემთა ბაზაში ინახება სწორედ ამ კვადრატების მიხედვით. ამრიგად, თითოეული სახეობის შესახებ არსებობს სხვადასხვაგვარი ინფორმაცია (დასახელება, ლათინური სა-

ხელწოდება, იარუსი, სიმაღლე, არეალის ფართობი, ბიოფუნქციონირების ხასიათი და ა.შ.), ე.ი. მრავალი ატრიბუტი. რაკი თითოეული სახეობა შეიძლება შეგვხედეს ერთზე მეტ კვადრატში, შესაბამისად, თითოეული ეს ატრიბუტი დაკავშირებული იქნება სხვადასხვა კვადრატთან. ასეთი რთული კავშირების რეალიზაციისათვის იყენებენ სპეციალურ ცვლადს – მაჩვენებელს (pointer), რომელიც დაკავშირებულია მონაცემების ყველა სხვა ელემენტთან (ნახ. 3.20).

ქსელური სტრუქტურა განიხილება, როგორც სრულყოფილი იერარქიული სტრუქტურა, სადაც ძეგნის პროცედურა გაცილებით უფრო მოქნილად ხორციელდება. ამავდროულად იგი იტევს მონაცემების საკმაოდ დიდ მასივს.



ნახ. 3.20. მონაცემების ქსელური სტრუქტურა.

ქსელური სტრუქტურის მთავარი ხარვეზი ისაა, რომ მძლავრ მონაცემთა ბაზებში საკმაოდ დიდია მაჩვენებლების რაოდენობა, რაც მეხსიერების დიდ ნაწილს იკავებს. მრავალრიცხოვანი კავშირების არსებობას კი ხშირად მონაცემთა აღრევა მდუ, ინფორმაციის დაკარგვამდე და მცდარ კავშირებამდეც კი მიეყვარათ.

დიდი მოცულობის ინფორმაციის აღრევის თავიდან აცილების მიზნით მიმართავენ მონაცემთა ბაზების რელაციურ სტრუქტურას (Database Relation Structure), სადაც მონაცემები გამოსახულია თანამიმდევრული ჩანაწერების სახით. ობიექტის ატრიბუტები ჯგუფდება ცალკეულ სტრიქონებში. თითოეული სვეტი კი შეიცავს მნიშვნელობას მხოლოდ ერთი ატრიბუტის შესახებ. ამასთან, შესაძლებელია ობიექტის ატრი-

ბუტების გაერთიანება სხვა ურთიერთდაკავშირებულ ცხრილებთან.

რელაციური სისტემები დაფუძნებულია მათემატიკურ პრინციპზე, რასაც რელაციურ ალგებრას ან ფარდობითობის ალგებრას უწოდებენ. ვინაიდან რელაციური ალგებრა ეფუძნება სიმრავლის თეორიას, თითოეული ცხრილი „ფუნქციონირებს“ როგორც სიმრავლე ცხრილის თითოეული სტრიქონი უნიკალურია, ე.ი. დაუშვებელია ორი იდენტური სტრიქონის არსებობა.

შესაძლებელია ორი ცხრილის მონაცემების შეერთებაც, რასაც რელაციურ კავშირს (relation join) უწოდებენ. ეს პროცედურა საკმაოდ ხშირად გამოიყენება გეოინფორმაციულ სისტემებში. შესაძლებელია ნებისმიერი რაოდენობის ცხრილის გაერთიანება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუკი არსებობს ერთი საერთო სვეტი მაინც გასაერთიანებელ ცხრილებში. ამ პროცედურის განხორციელებისათვის შემუშავებულია გარკვეული წესები, რასაც ნორმალურ ფორმას (normal forms) უწოდებენ.

არსებობს 3 ძირითადი ნორმალური ფორმა [Демерс, 1999]:

I ნორმალური ფორმა გულისხმობს, რომ ცხრილი უნდა წარმოადგენდეს სვეტებისა და სტრიქონების ნაკრებს. სვეტებში (სტრიქონების მიხედვით) მხოლოდ ერთი მნიშვნელობა უნდა იყოს მოთავსებული.

II ნორმალური ფორმის მიხედვით, არსებობს პირველადი სვეტი – „გასაღები“ (primary key), რომელზეც დამოკიდებულია ცხრილის თითოეული სხვა სვეტი. ასეთი სტრუქტურა აადვილებს მონაცემთა ძებნის პროცედურას, ვინაიდან თითოეული სტრიქონი შეიძლება მოიძებნოს მისი პირველადი „გასაღებით“.

III ნორმალური ფორმა, თავის მხრივ, დაკავშირებულია მეორესთან. მისი მთავარი პრინციპი ისაა, რომ პირველადი „გასაღები“ არ უნდა იყოს დამოკიდებული არაპირველადზე. ამგვარად, პირველადი „გასაღები“ სხვა სვეტების მნიშვნელობების მოძებნის ფუნქციას ასრულებს.

თუკი დაცულია სამივე ეს ნორმალური ფორმა, მაშინ სისტემა გამართულად მუშაობს. მაგრამ ამის შესრულება ყოველთვის როდია შესაძლებელი, რაც ამცირებს კიდევ სისტემის ნორმალურ ფუნქციონირებას.

3.6.2 სივრცითი ინფორმაცია რასტრულ და ვექტორულ მოდელებში

SPATIAL INFORMATION IN RASTER AND VECTOR MODELS.

სივრცითი ინფორმაცია რასტრულ და ვექტორულ მოდელებში სხვადასხვა სახითაა მოცემული. ვექტორულში იგი უფრო სრულყოფილ სტრუქტურას ქმნის, თუმცა რასტრულიც, თავის მხრივ, რიგი უპირატესობით ხასიათდება.

რასტრულ მოდელებში ატრიბუტული ინფორმაცია სივრცითი ობიექტების შესახებ შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ორგანიზებული სტრუქტურით. პირველი და ამასთან უმარტივესი მეთოდი ეფუძნება პრინციპს, რომ რასტრის ერთ უჯრედს ენიჭება ატრიბუტის მხოლოდ ერთი მნიშვნელობა. მაგალითად, ციფრი 10-ით აღენიშნავენ წყალს, 2-ით – ტყეს, 3-ით – ბუჩქნარს. ეს მნიშვნელობები ჩაწერილია შესაბამისი რასტრის ზედა მარცხენა უჯრედში. სივრცითი ინფორმაციის წარმოდგენის ალტერნატიული მიდგომის მიხედვით, რასტრის თითოეული უჯრედი მონაცემთა ბაზას უკავშირდება იმგვარად, რომ ატრიბუტების ნებისმიერი რაოდენობა ენიჭება რასტრის თითოეულ უჯრედს. ეს მეთოდი ფართოდ გავრცელდა ბოლო წლებში, ვინაიდან იგი ამცირებს შენახული მონაცემების მოცულობას.

რასტრულ სტრუქტურებში ზუსტად არ არის განსაზღვრული ობიექტის ადგილმდებარეობა. აქ უფრო მეტად იგულისხმება უჯრედების შეფარდებითი მდებარეობა. რაც უფრო დიდია უჯრედის ზომები, მით უფრო მცირეა რასტრის გარჩევადობა (resolution) და მით უფრო ნაკლები სიზუსტისაა წერტილების, ხაზების, პოლიგონების ადგილმდებარეობა. ვინაიდან რასტრული სტრუქტურა ვერტიკალური და ჰორიზონტული ხაზების თანაკვეთაა, შესაძლებელია უჯრედების ნომრების გამოყენება კოორდინატებად. ზუსტი გაზომვების ჩატარება რასტრულ სტრუქტურაში საკმაოდ რთულია, ამიტომ გაზომვებისას მას ნაკლებად მიმართავენ. თუმცა რასტრულ სტრუქტურას აქვს მრავალი უპირატესობა. ესენია:

↑ სივრცის რასტრული „სურათი“ ვიზუალურად ადვილია აღსაქმელია.

† თანამგზავრიდან მიღებული სურათის გადატანა გის-ში სრულდება რაიმე დამატებითი ცვლილების გარეშე.

† გაცილებით იოლად სრულდება პოლიგონების დალაგების, ზედდების (overlay) მრავალი ფუნქცია.

რასტრული სისტემის ყველაზე მნიშვნელოვანი ხარვეზი მონაცემების სივრცითი სიზუსტის სიმცირეა, რაც თავისთავად ამცირებს ფართობების, მანძილებისა და საერთოდ განზომილებების საიმედოობას. ამასთან, იგი იკავებს დიდ მეხსიერებას. ეს იმითაა განპირობებული, რომ რასტრის თითოეული უჯრედი ინახება ცალკეული რიცხვითი სიდიდის სახით. თუმცა ეს პრობლემა თანამედროვე ტიპის კომპიუტერებისათვის ნაკლებად მნიშვნელოვანია.

ვექტორული სტრუქტურა გაცილებით მეტი სიზუსტით გამოსახავს სივრცით კოორდინატებს. რასტრული სტრუქტურისაგან განსხვავებით, გეოგრაფიული სივრცე აქ წარმოდგენილია უწყვეტად და არა დისკრეტულად. მაგრამ არც ვექტორული სტრუქტურაა აბსოლუტურად ზუსტი, ისიც გეოგრაფიული სივრცის მიახლოებითი გამოსახვაა. წერტილი არის სივრცის კოორდინატთა ნაკრები (x, y) , ხაზი – კოორდინატთა თანამიმდევრული, ხაზობრივი ნაკრები (ორი წყვილი კოორდინატი), პოლიგონი – ხაზების ისეთი თანამიმდევრობა, სადაც საწყისი და ბოლო წერტილები ერთმანეთს ემთხვევა. მრუდი ხაზის ზუსტი გამოსახვისათვის აუცილებელია კოორდინატების ისეთი სიმრავლის შერჩევა, რომელიც მაქსიმალურად იქნება მიახლოებული რეალურთან. რაც უფრო მცირეა ეს მონაკვეთები, მით უფრო ზუსტია გამოსახულება.

ვექტორული სტრუქტურა გამოსახავს კარტოგრაფირებული ობიექტების მხოლოდ გეომეტრიას. იმისათვის, რომ მას მიეცეს რუკის ფუნქცია, გეომეტრიული მონაცემები დაკავშირებული უნდა იყოს შესაბამის ატრიბუტულ მონაცემებთან, რომლებიც მონაცემთა ბაზაში ინახება ფაილების სახით.

ვექტორული სტრუქტურის უპირატესობა რასტრულთან ისაა, რომ შეიძლება მისი გამოსახვა მაღალი დონის წერტილოვანი, ხაზობრივი და ფართობითი ობიექტების სახით, როგორცაა კვანძი, ცენტროიდი, ქსელი, რეგიონი და სხვ. ეს ობიექტები, ჩვეულებრივის გარდა, შეიცავენ სხვა დამატებით ინფორმა-

ციას თვით ამ ობიექტების შესახებ. ეს დამატებითი ინფორმაცია მოცემულია ატრიბუტების სახით და გამოსახულია სიერციითი კავშირების მოწესრიგებული სტრუქტურით. ობიექტების ამ სიერციით ურთიერთკავშირს ვექტორულ ფენაზე ეწოდება ტოპოლოგია (Topology). სწორედ ეს ქმნის ვექტორული სიერციითი მონაცემების წარმოდგენის კიდევ ერთ მნიშვნელოვან უპირატესობას რასტრულთან შედარებით.

ვიზუალურად ვექტორულ ფორმატში შექმნილი კომპიუტერული რუკები უფრო კარგ შედეგს იძლევა, ვინაიდან გრაფიკული თვალსაზრისით ისინი უფრო ემსგავსებიან ხელით შექმნილს. ამიტომ კარტოგრაფების უმეტესობა რუკებს სწორედ ამ ფორმატში ადგენს. მაგრამ გასათვალისწინებელია ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება, რომ გის-ის მთავარი მიზანი არ არის რუკის ვიზუალიზაცია. გეოინფორმაციული სისტემა უფრო მეტად ემსახურება კარტოგრაფიულად ორგანიზებული მონაცემების ანალიზს. ამიტომ სისტემის შერჩევისას აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ დასახული მიზანი და ამოცანა. ვიზუალურად კარგი კარტოგრაფიული შედეგის მისაღებად უნდა ვისარგებლოთ სხვა გრაფიკული რედაქტორებით (Corel Draw, Adobe Illustrator, Handway, FreeHand). კერძოდ, ვექტორული და რასტრული რუკები უნდა გარდაექმნათ ამ რედაქტორების ფორმატში და მიეცეთ მას ვიზუალურად მაღალხარისხოვანი გამოსახულების სახე.

3.7. ანამორფული რუკები კომპიუტერის მეშვეობით **ANAMORPHIC MAPS BY PERSONAL COMPUTER**

ცნობილია, რომ დედამიწის სფეროიდის ზედაპირის სიბრტყეზე გამოსახვისათვის კარტოგრაფიაში იყენებენ სხვადასხვა კარტოგრაფიულ პროექციას. ამ პროექციების მეშვეობით დგება ნებისმიერი თემატური შინაარსის რუკაც. რუკის თითოეული უბნის ზომა დამოკიდებულია თვით ამ უბნის რეალურ ფართობზე და შერჩეულ კარტოგრაფიულ პროექციაზე. მაგრამ არსებობს რუკები, სადაც განსხვავებულად არის წარმოდგენილი კარტოგრაფიული საფუძველი.

ტრადიციული კარტოგრაფიული პროექციების გარეშე თემატური რუკების შედგენა დაიწყეს XX საუკუნის დასაწყისში,

როცა კარტოგრაფიული პროექციების გვერდის ავლით, რუკებზე დაიტანეს ეკონომიკურ-გეოგრაფიული მაჩვენებლები. კერძოდ, მიწის ზედაპირის მიზანმიმართული გარდაქმნით – ანამორფიზმით პირველი ასეთი რუკა შეადგინა გერმანელმა კარტოგრაფმა ფიშელმა (1903), რომელმაც გამოაქვეყნა მოსახლეობის რაოდენობის ამსახველი რუკების მთელი სერია. ფიშელმა ამ რუკებს ხალხმრავლობის კარტოგრამები უწოდა. შემდგომში ეს მეთოდი (სხვადასხვა მოდიფიკაციებით) არაერთხელ იქნა გამოყენებული საილუსტრაციო მიზნებისათვის.

ანამორფიზმით შექმნილ რუკებს გარკვეული ხარვეზიც აქვს, კერძოდ, სუბიექტურობა. სხვადასხვა ავტორის მიერ შედგენილი კარტოგრაფიული გამოსახულება შეიძლება სრულიად განსხვავებული იყოს. ამასთან, გეოგრაფიულ ობიექტებს დაკარგული აქვთ ბუნებაში არსებული რეალური ფორმა, მოხაზულობა. მართლაც, ანამორფოზები იძლევიან მსოფლიოს უჩვეულო სურათს, სადაც არ არის კონტინენტების, ოკეანეების ნაცნობი მოხაზულობანი: სწორედ ამიტომ ნ. ბარანსკიმ და ა. პრეობრაჟენსკიმ ეს მეთოდი დაახასიათეს, როგორც მეტად გონებამახვილური, თუმცა გეოგრაფიული თვალსაზრისით, როგორც – „მხეცური“. ისინი თვლიდნენ, რომ რუკა, რომელსაც არა აქვს მათემატიკური საფუძველი, არ შეიძლება ჩაითვალოს არათუ რუკად, არამედ კარტოგრამადაც კი. მათივე აზრით, ამ მეთოდით სარგებლობა არ შეიძლება არც სამეცნიერო და არც სასწავლო მიზნებისათვის, მიუხედავად იმისა, რომ პრაქტიკულად ისინი მოსახერხებელია. სწორედ ამ შეხედულებამ განსაზღვრა ანამორფიული რუკების შემდგომი ბედი რუსეთსა და შესაბამისად საქართველოში. საბჭოთა კარტოგრაფების ნაშრომებში მხედველობის არედან საერთოდ ამოვარდა ანამორფოზები, ამიტომ ანამორფიული რუკების შექმნა არც ჩვენში არ განვითარებულა, თუმცა საკმაოდ პოპულარული იყო დასავლეთის ქვეყნებში.

XX საუკუნის 60-იან წლებში ამ მიმართულებით მუშაობა განაგრძო ჯ. გასილევსკიმ. მან განავითარა ანამორფიული რუკების შექმნის მეთოდები, დაამუშავა პროექციები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია ისეთი სიზუსტის (ანამორფიული) რუკების შედგენა, როგორც ეს მისაწვდომია ნებისმიერი კარ-

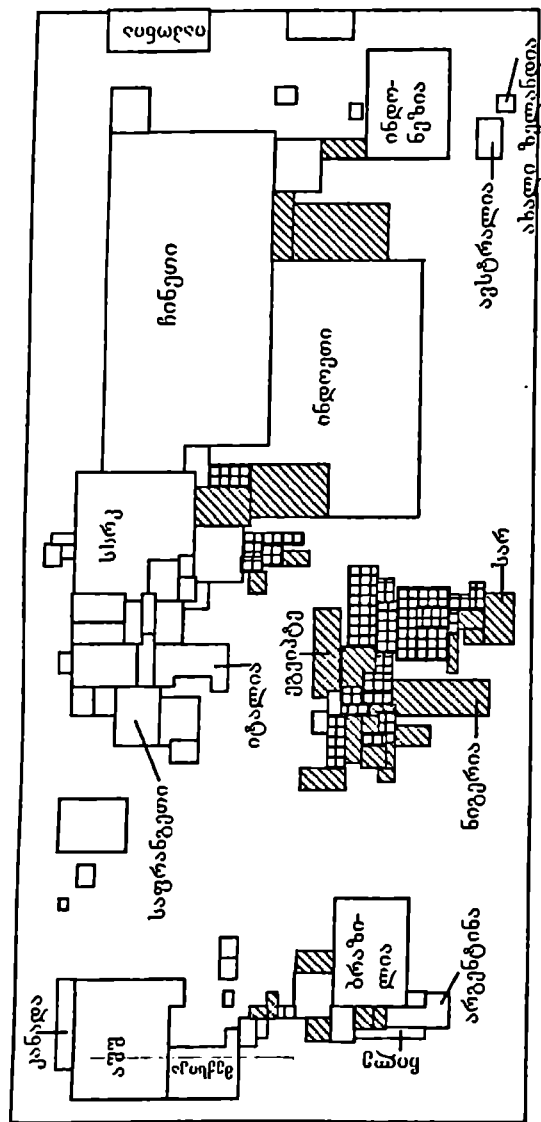
ტოგრაფიული პროექციით. ლეასილევსკიმ პირველად დაასაბუთა მეცნიერულად ამ „ახალი“ პროექციების პრინციპულად ახლებური ცვალებადმასშტაბურობა.

ამ პროექციების დამახასიათებელი თავისებურებაა საკარტოგრაფიერებელი მაჩვენებლების ჩართვა რუკათშექმნაში. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა შენარჩუნდეს სრული ინფორმაცია რუკის ყველაზე „დაძაბულ“, გადატვირთულ ნაწილებში. თუმცა ამასთან კარტოგრაფიული ბაღე იღებს უჩვეულო სახეს, მახინჯდება კონტინენტების, ქვეყნების, რაიონებისა და სხვა გეოგრაფიული ობიექტების ფორმა, მოხაზულობა.

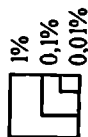
უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ანამორფული რუკების შექმნის სირთულე განპირობებულია არასაკმარისად შემუშავებული მეთოდებითა და ფსიქოლოგიური ბარიერით. ამიტომ ასეთი ტიპის რუკები საერთოდ არ არის ჩვენს ატლასებში. თუმცა დასაგლეთვის ქვეყნებში შექმნილ ატლასებში ანამორფოზები [Тисуюв] საკმაოდ ხშირია, მათ შორის სასკოლო ატლასებშიც კი.

ანამორფულ რუკებს მთელი რიგი უპირატესობანი აქვს. იგი ზოგიერთ პრობლემას იდეალურად აგვარებს. მაგალითად, ეკონომიკურ კარტოგრაფიაში დღემდე პრობლემად რჩება ორი ან მეტი სპეციალური მაჩვენებლის ერთდროული გამოსახვა ურთიერთკავშირში. სწორედ ამ პრობლემას აგვარებს ანამორფოზები – გამოსახულებები, რომლებიც მოკლებულნი არიან ტრადიციულ მათემატიკურ საფუძველს, ხოლო საწყისი გეოგრაფიული ობიექტები მოცემულია ტრანსფორმირებული სახით. მაგალითად, რუკებზე ქვეყნის ტერიტორია ასახავს არა მის ფართობს, არამედ ამა თუ იმ ეკონომიკური ან დემოგრაფიული მაჩვენებლის (ერთიანი ეროვნული პროდუქციის, სამხედრო ხარჯების, მოსახლეობის რაოდენობის) სიდიდეს. ამასთან, შენარჩუნებულია ობიექტებს შორის ტერიტორიული მეზობლობა, თუმცა მათი ჩვეული მოხაზულობა დამახინჯებულია (ნახ. 3.21).

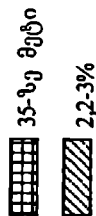
ამრიგად, ანამორფოზები გვიჩვენებს გეოგრაფიული მოვლენის სიდიდეს, რაც საკმაოდ გამომსახველად და თვალსაჩინოდ არის აღნიშნული რუკებზე. თუკი ანამორფოზები შედგენილია მთელი მსოფლიოსათვის, მაშინ ისინი სხვადასხვა ქვეყნის შედარების საშუალებას იძლევა.



ქვეყნის წილი მსოფლიოს
მოსახლეობის საერთო
რაოდენობაში, 1985



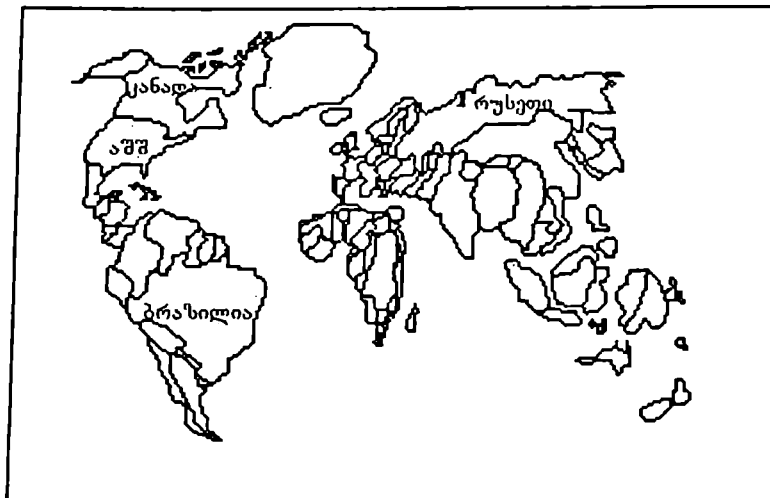
მოსახლეობის ზრდის ტემპები
(პროგნოზი, 2000 წლამდე)



ნახ. 321. მსოფლიოს მოსახლეობის ანამორფული რუკა (ე. ტიკუნოვის მიხედვით).

სულ ცოტა ხნის წინ რუკების გარდაქმნა ანამორფოზებად შესლუდული იყო პროცესის სირთულისა და სუბიექტურობის გამო. ამჟამად კი მეცნიერებმა დაამუშავეს კომპიუტერზე ავტომატური გარდაქმნის მათემატიკური გაანგარიშებანი, რომელთა საფუძველზეც გრაფიკამგების (პლოტერის) მეშვეობით იბეჭდება ანამორფული რუკები. ანამორფოზების აგება შესაძლებელია გისების მეშვეობითაც, თუმცა ჩვენს დროშიც ჯერ კიდევ არსებობს ხელით შესრულებული ანამორფოზები.

გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ ანამორფოზები მიახლოებითია. ისინი უფრო მეტად ავლენენ პროცესებს, განვითარების ტენდენციას, ვიდრე იძლევიან საკითხის საბოლოო გადაწყვეტას. ანამორფულ რუკებზე ტერიტორიულ ერთეულებს სპეციალურად ცვლიან სწორკუთხედებით, ელიფსებით ან სხვაგვარი გეომეტრიული ფიგურებით (ნახ. 3.22). თუმცა დაცულია ფიგურების სიერცობრივი (ტერიტორიული) მუზობლობა. სწორედ ამიტომ მსოფლიოს რუკას აქვს თავისებური გამოსახულება. მაგრამ მთავარი ამ შემთხვევაში ის



ნახ. 3.22. მსოფლიოს წყლის რესურსების ანამორფული რუკა
Source: GIS awareness package in agriculture research.

კი არ არის, თუ როგორ „ეხატავთ“, არამედ ის, რისი თქმაც გესურს.

3.8. ჰიპერატლასები

HYPERATLASES

ჰიპერატლასები არა მარტო ტრადიციული, სტატიკური რუკების ნაკრებია, არამედ წარმოადგენს სხვა დამატებით საშუალებებს (გეოგამოსახულებების ახალი სახეების კრებადობას), რაც რუკების კითხვადობასა და შემეცნებას უწყობს ხელს. ამიტომ ასეთ ატლასებს არა მარტო მეცნიერული დანიშნულება აქვთ, არამედ ფართოდ გამოიყენება სასწავლო-შემეცნებითი მიზნით. თანამედროვე პროგრამული უზრუნველყოფა და გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების მონაცემთა მძლავრი ბაზები სრულყოფილი ჰიპერატლასების შექმნის საშუალებას იძლევა.

რა ძირითადი თავისებურებებით ხასიათდება ჰიპერატლასები:

- ① რუკებს თან ახლავს ხმიანი ეფექტები.
- ① რელიეფურ რუკებზე შესაძლებელია ვერტმფრენიდან ყურების ასოცირების შექმნა.
- ① „დროის“ ისარი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია დროის სასურველი პერიოდის (მაგალითად, წელიწადის) შესახებ შესაბამისი ინფორმაციის მიღება.
- ① მრავალმხრივი ინფორმაციის მიღება. მაგალითად, ისტორიული, გეოგრაფიული, ბიოლოგიური და სხვ.
- ① ინფორმაციის ძებნა პარამეტრებით.
- ① ინფორმაციის მიღება სხვადასხვა დონეზე (ზოგადი, დეტალური, სპეციალური)
- ① და ა.შ.

ზოგიერთი ჰიპერატლასი შექმნილია ინტერაქტიულ რეჟიმში, რაც კიდევ უფრო აადვილებს სრულყოფილი ინფორმაციის მიღებას სასურველ ობიექტებზე. ჰიპერატლასებზე შეიძლება შემდეგი ოპერაციების ჩატარება [ბერუჩაშვილი]:

დეკომპოზიცია – ობიექტის დაშლა ცალკეულ ნაწილებად. ეს მრავალი თემატური რუკის შექმნის შესაძლებლობას იძლევა.

რეკომპოზიცია – ცალკეული ნაწილებისაგან ერთიანი ობიექტის შედგენა.

შედარება – სხვადასხვა გეოგრაფიული ობიექტების ურთიერთკავშირი.

სუპერპოზიცია – დგინდება არსებობს თუ არა კავშირი ორ თემატურ რუკას (შინაარსს) შორის.

ლექსიკონი – ტერმინოლოგიური განმარტებები.

დეტალური ინფორმაცია – ინფორმაცია გეოგრაფიული ობიექტების შესახებ და ა.შ.

3.9. რუკის შენების ზედდება ბის-ის მეშვეობით (რუკების კომბინირება)

MAP LAYERS OVERLAY IN GIS

გეოინფორმაციული სისტემების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და მძლავრი შესაძლებლობაა კარტოგრაფიული გამოსახულებების კომბინირება, ე.ი. თემატური ინფორმაციის (რუკების) ერთმანეთზე დალაგება. ამ პროცესს უწოდებენ რუკების ფენების ერთმანეთზე დალაგებას, ზედდებას, ოვერლეის (Overlay). სხვადასხვა თემატური შინაარსის ფენების ურთიერთდალაგებით ხშირად შესაძლებელია დადგინდეს ვიზუალური კორელაციური კავშირები ამ ორ თემატიკას შორის. მაგრამ, ცხადია, რომ არ შეიძლება ამ კავშირის დადგენა მექანიკურად. ამ დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ამ კავშირის რეალობა.

მაჩვენებლებს შორის ურთიერთკავშირის განსაზღვრის სხვადასხვა ცდა არსებობს, რისთვისაც იყენებენ თემატური რუკების ერთმანეთზე ზედდების მეთოდს. ამ მეთოდს ჯერ კიდევ კომპიუტერების გამოგონებამდე მიმართავდნენ. შემუშავდა ობიექტების სივრცითი კორელაციის თეორიული საფუძვლები. მაგალითად, *სოიერმა* (Sauer) შეიმუშავა რელიეფისა და ლანდშაფტების მორფოლოგიის ურთიერთკავშირის მოდელი. ამ გამოკვლევებით დადგინდა, რომ არსებობს კორელაციური კავშირები ადამიანის საქმიანობას, რელიეფის ფორმებსა და სხვა ფიზიკურ პარამეტრებს შორის. თუმცა სოიერს არ განუხორციელებია ამ კავშირის ასახვა რუკაზე. იყო კიდევ სხვა

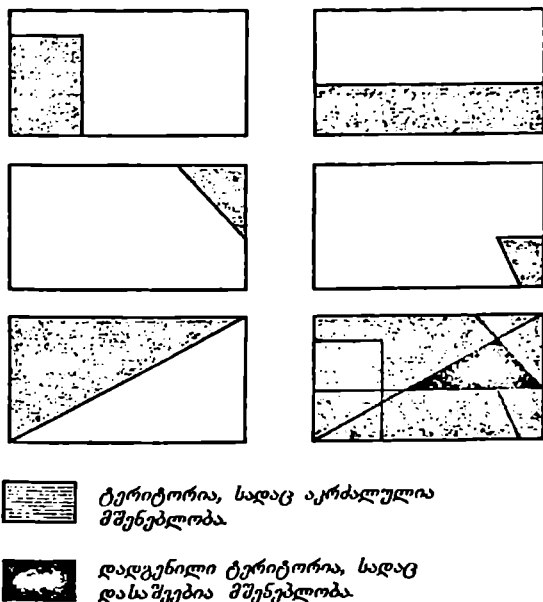
არაერთი ცდა, მოეხდინათ თემატური რუკების ერთმანეთზე ზედდება არაკომპიუტერული მეთოდით, რისთვისაც იყენებდნენ „გამგოლ“ პლასტიკურ ფირს. ეს რთული და შრომატევადი პროცესი იყო, რომელიც საკმაოდ დიდ დროს მოითხოვდა. ამიტომ ამგვარი კვლევები მაინც შეზღუდულად მიმდინარეობდა. გეოინფორმაციული სისტემები კი ამ პროცესს მეტად აადვილებენ. პოლიგონების ზედდების პროცესი ხშირად იმდენად რთულია, რომ შეუძლებელია მისი განხორციელება ტრადიციული მეთოდებით. ამიტომ მიმართავენ გის-ებს. სწორედ მათი მეშვეობით ჩამოყალიბდა სივრცითი კორელაციების მრავალი ახალი ჰიპოთეზა და თეორია.

სივრცითი კორელაცია ხშირად ავლენს ისეთ ფაქტებს, რაც მანამდე უხილავი იყო. ამასთან, გის-ები „გვთავაზობენ“ ზედდების არა ერთ, არამედ ათეულობით მეთოდს. თუმცა ამ მეთოდებს საკმაოდ მიზანმიმართული და გააზრებული შერჩევა სჭირდება, რათა ამით თავიდან იქნეს აცილებული შეცდომები.

ამრიგად, გის-ები რუკის „კითხვის“ ახლებურ შესაძლებლობას იძლევა.

ფენების ზედდება სხვადასხვა პრინციპით ხდება. ზოგიერთ შემთხვევაში საქმე გვაქვს გამოწვევის ცვლადებთან (exclusionary variables), ე.ი. ისეთ მაჩვენებლებთან, რომლებსაც თანაბარი მნიშვნელობა აქვთ კონკრეტული ამოცანის გადასატრელად. მაგალითად, ტერიტორიის დაგეგმარებისათვის საჭიროა დადგინდეს ის ტერიტორია, სადაც უნდა დაიწყოს ინტენსიური ქალაქმშენებლობა [Demery, 1999]. გეგმის შემუშავებისას გასათვალისწინებელია მთელი რიგი ფაქტორები: 1. მშენებლობა დასაშვებია იქ, სადაც ნიადაგ-გრუნტი ვარგისია ფუნდამენტური სახლების მშენებლობისათვის. 2. ხელუხლებელი უნდა დარჩეს ის ტერიტორიები, სადაც მაღალნაყოფიერი ნიადაგებია, გამოყენებულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებისათვის, ბინადრობს იშვიათი და გადაშენების პირას მისული ცხოველები. ამ მიზნის მისაღწევად, დაგეგმარებისათვის ადგენენ სხვადასხვა თემატურ რუკას (ნიადაგების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, ცხოველთა სამყაროსა და ა.შ.), რომლებსაც გის-ის მეშვეობით ერთმანეთზე „აღაგე-

ბენ“. ასეთი პროცედურის შედეგად ვლინდება ის ტერიტორია, რომელიც ყოველმხრივ მიზანშეწონილია ქალაქის მშენებლობისათვის (ნახ. 3.23). ამ მაგალითში ფენების ზედღებობისათვის გამოყენებულია გამონაკლისი ცვლადები – ე.ი. მაჩვენებლები, რომლებიც „კრძალავენ“ მშენებლობას.



ნახ. 3.23. რუკის ფენების ზედღება გამონაკლისი ცვლადების მიხედვით (ნ. დემერსის მიხედვით).

გამონაკლისი ცვლადებით პოლიგონების ზედღების პროცედურა ხშირია გის-ების პრაქტიკაში, მაგრამ სკალის ბინარული სტრუქტურის გამო თავისი შესაძლებლობებით იგი შეზღუდულია. რეალურად სიტუაცია გაცილებით უფრო რთული და მრავალფეროვანი არის ხოლმე. ზემოთ აღნიშნული მაგალითის შემთხვევაში ნიადაგ-გრუნტი განსხვავებულად ეარგისია სახლების მშენებლობისათვის: ზოგან საერთოდ დაუშ-

ვებელია მშენებლობა, ზოგან – შეზღუდული. თანამედროვე გის-ები ამ ნიუანსის გათვალისწინების საშუალებასაც იძლევა. კერძოდ, რუკის ფენების ზედდება ხორციელდება მათემატიკური ზედდების პრინციპით (Mathematically Based Overlay). გაზომვების ჩატარებისას იგი გაცილებით მეტ სიზუსტეს იძლევა. ასეთი მიდგომისას, ზემოთ აღნიშნული მაგალითის შემთხვევაში, მიიღება სამი კატეგორიის უბანი:

❖ სადაც დაუშვებელია მშენებლობა.

❖ არის სხედასხვა სახის შეზღუდულობა.

❖ შეზღუდულობის გარეშე უბნები.

ამასთან, გათვალისწინებული უნდა იქნეს, როგორი მნიშვნელობა აქვს თითოეულ ფაქტორს გადაწყვეტილების მისაღებად. ამისათვის, ფაქტორებს ენიჭებათ „წონა“, რაც თავისთავად გამოსახავს მათ მნიშვნელობას.

რუკის ფენების ზედდებისას გამოიყენება შემდეგი მათემატიკური ოპერაციები: მიმატება (add), გამოკლება (subtract), გაზრდვა (multiplication), ხარისხში აყვანა, უდიდესი ან უმცირესი მნიშვნელობების შერჩევა, გასაშუალოება და სხვ. ამ ოპერაციების ჩატარება კი კომპიუტერის გარეშე შეუძლებელია.

არსებობს პოლიგონების დალაგების სელექციური მეთოდი (Selective method), რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გის-ების გარეშეც. იგი ეფუძნება ექსპერტის გადაწყვეტილებას – რომელი ფაქტორი გამოიყენოს ზედდებისათვის და რომელი – არა. ამ მიდგომას უწოდებენ კომბინირებული ზედდების წესებს (rules-of combination overlay), ვინაიდან იგი გულისხმობს ლოგიკას, შეფასებასა და მათემატიკურ ოპერაციებს ერთდროულად. წესების ნაკრები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს შემდეგი ალგორითმით:

თუ ასეა → მაშინ → სხვანაირად

ოვერლეის განხორციელება შეიძლება, როგორც რასტრულ, ისე ვექტორულ ფორმატებში, სადაც განსხვავებულია პოლიგონების ზედდების პროცედურა.

რასტრულ გის-ებში თითოეული თემატური შინაარსი რასტრების კრებადობაა. ამიტომ რუკების ზედდების დროს სწორედ ეს რასტრები გვიჩვენებს, რომელი მათგანია განლაგებული

ლი სასურველ პოლიგონში. მაგალითად, ერთ ფენაზე მოცემულია წიფლის გაერცელების არეალი, მეორე ფენაზე – ნაძვის. წიფლისა და ნაძვის არსებობა აღნიშნულია 1-ით, ხოლო არარსებობა – 0-ით. ამ ორი ფენის ზედდებით ვიღებთ რასტრებს სხედასხვა მნიშვნელობებით: 2 – წიფელი და ნაძვი გაერცელებულია ერთდროულად, 0 – არცერთი მათგანი არ გვხვდება, 1 – გაურკვეველ სიტუაციას ნიშნავს, ან წიფელია ან ნაძვი. ამრიგად, გაერთიანებულ ფენაზე მივიღეთ ისეთი რასტრებიც, სადაც არ გაირჩევა, სად არის წიფელი და სად ნაძვი (ნახ. 3.24). ამ ხარვეზის თავიდან აცილების მიზნით, შემუშავებულია დამატებითი ატრიბუტული მონაცემები და ლეგენდა.

1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1

1 – არის წიფელი.

0 – არ არის წიფელი.

1 – არის ნაძვი.

0 – არ არის ნაძვი.

1	1	1	0	1	2	1	0
2	1	2	1	0	2	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
2	0	0	1	0	1	2	1
1	2	2	1	1	1	0	1
2	2	0	2	0	1	0	2
0	1	0	1	0	1	1	2
1	0	1	1	2	1	2	2

0 – არც წიფელია, არც ნაძვი.

1 – ან წიფელია, ან ნაძვი.

2 – წიფელიცაა და ნაძვიც ერთდროულად.

ნახ. 3.24. ფენების ზედდება რასტრულ რუკებზე.

ფენების რასტრული დალაგების უპირატესობა მის სისწრაფეში მდგომარეობს. გამოთვლები აქ გაცილებით უფრო იოლად და შედარებით სწრაფად ხორციელდება. ეს განპირობებულია იმ ფაქტით, რომ გრაფიკულად ერთი ფენის რასტრი შეესაბამება მეორე ფენის რასტრს და ამისათვის არ იხარჯება დამატებითი დრო სხვადასხვა ფენის გეოგრაფიული კოორდინატების ურთიერთშეთანხმებაზე. ეს ოპერაციები რაღაცით მატრიცულ ალგებრას ემსგავსება, ამიტომ მას კარტოგრაფიული ალგებრა ან რუკის ალგებრა (Map Algebra) უწოდეს.

ფენების ზედდება ექტორულ ფორმატში იმავე უპირატესობით სარგებლობს, რითაც თვით ექტორული რუკა. ექტორულ ფორმატში შექმნილი რუკები უფრო მეტად წააგავს ტრადიციული მეთოდით შექმნილს. თუმცა აქ გარკვეული პრობლემები წარმოიქმნება.

ექტორული რუკების ზედდებისათვის აუცილებელია ყველა ობიექტი ერთ საკოორდინატო სისტემაში იყოს მოთავსებული. ოეერლეთის შედეგად ვიღებთ გამოსახულებას ეკრანზე, მაგრამ არა ფაილის ფენაში, ვინაიდან სისტემა ვერ უზრუნველყოფს ობიექტების ატრიბუტების გაერთიანებას. ეს განპირობებულია იმით, რომ ატრიბუტები უფრო ხშირად ნიშნებია, რომლებიც გრაფიკულ ელემენტებზეა „მიბმულნი“ და, რაც მთავარია, არ არსებობს ცხრილები, რომლებიც დააკავშირებდა ამ ნიშნებს სხვა ატრიბუტებთან. ზედდებულ ფენაზე არ არსებობს არც ტოპოლოგია.

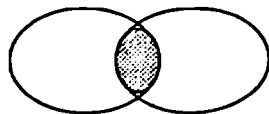
ამრიგად, ეკრანული გამოსახულება მხოლოდ ცალკეული ობიექტების გრაფიკული გამოსახვაა. თუმცა იგი შეიძლება გამოიბეჭდოს ქაღალდზე, შევინახოთ ფაილში. მაგრამ იგი მაინც არ არის რუკის ფენა (layer). მაგალითად, გზებისა და ჰიდროგრაფიული ქსელის ერთდროული გამოსახვა არავითარ პრობლემას არ წარმოადგენს, მაგრამ ამ ორ მაჩვენებელს შორის კავშირის განსაზღვრისათვის ისინი აუცილებლად ერთ ფენაზე (და არა ერთ კვანძზე) უნდა იყვნენ მოთავსებული. ამგვარად წარმოიქმნა ორი სხვადასხვა ტერმინი: layer და coverage¹ შესაბამისად წარმოიქმნა მათი შესატყვისი ქარ-

¹ თუმცა ტერმინი coverage ზოგიერთ სისტემაში „ფენის“ სახელწოდებითაც გამოიყენება.

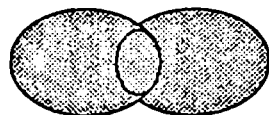
თული თარგმანებიც: ფენა და ზედდებული (ოვერლეი). პირობითად მას შეიძლება კომბინირებული, ან ზედდებული ფენა ეწოდოს. მთავარია, განისაზღვროს ფენასა და კომბინირებულ ფენას შორის არსებითი განსხვავება.

რუკის ფენების ზედდებისას მონაცემთა ტოპოლოგიური სტრუქტურა საშუალებას იძლევა მოხდეს ობიექტების მრავალი ატრიბუტის გადატანა კომბინირებულ ფენაზე. ეს ტოპოლოგიური რეზულტატი ეფუძნება უმცირესი გეოგრაფიული ერთეულის (least common geographic unit) პრინციპს. იგი გულისხმობს იმას, რომ პოლიგონების ცვლილებამ შეიძლება მიაღწიოს იმ დონეს, როცა შეუძლებელი ხდება მათი და შესაბამისად ატრიბუტების შემდგომი დაყოფა. პოლიგონების ზედდებისას პროგრამა განსაზღვრავს მათი თანხვედრის ადგილებს, რომლებიც, ფაქტობრივად, კვანძებად ყალიბდება. შესაბამისად იქმნება ახალი ცხრილი ამ ახალი კვანძების ატრიბუტებით (ნახ. 325). პოლიგონების ზედდების პროცესი ზოგჯერ საკმაოდ დიდ დროს მოითხოვს, ამიტომ თავდაპირველად უნდა განისაზღვროს – შესაძლებელია თუ არა მისი განხორციელება შედარებით უფრო მარტივი მეთოდით.

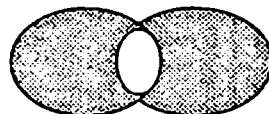
ვექტორულ გისებში ფენების ზედდება დაახლოებით ისევე წარმოებს, როგორც რასტრულში, განსხვავება მხოლოდ ზოგიერთ დამატებით ოპერაციაში მდგომარეობს. ამასთან, რასტრულ და ვექტორულ სისტემებში შესრულებული ფენების ზედდება შეიძლება სხვადასხვანაირად



გადაკვეთა



გაერთიანება

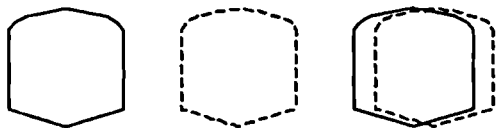


დამატება

ნახ. 325. პოლიგონების გაერთიანება რუკის ფენების დალაგებისას

გამოიყურებოდეს. რა არის ამის მიზეზი? ვექტორულ სისტემაში შეიძლება პოლიგონების საზღვრების გასწვრივ წარმოიქმნას ათეულობით ან ასეულობით „პატარა“ პოლიგონი. ვიზუალურად ეს ზოგჯერ შეუმჩნეველიც კია, თუმცა ატრიბუტულ შედგეგბზე ის მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს. ამის მიზეზი ხშირად ერთ-ერთი ფენის მცირედ შემოტრიალება, ე.ი. ფენების „ერთგვარი“ აცდენაა (ნახ. 3.26).

ამ ხარვეზის გამოსწორება ზოგჯერ შეუძლებელიც კია, ვინაიდან ირდევია სხვა პოლიგონების შეთანხმება. ამიტომ რუკის ფენების ზედდებისას უფრო ხშირად რასტრულ სისტემას მიმართავენ, მიუხედავად იმისა, რომ იგი შედარებით უფრო ნაკლები სიზუსტისაა. სამაგიეროდ, ამით თავიდან არის აცილებული გამოსახულების „მორგების“ ძლიერ შრომატევადი სამუშაო.



ნახ. 3.26. რუკის ფენების ზედდებისას წარმოქმნილი პოლიგონების „შეუთავსებლობა“.

გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ ფენების ზედდება ყოველთვის კონკრეტული ამოცანის გადაჭრას ემსახურება და ეფუძნება თვით ექსპერტის ინტუიციასა და გამოცდილებას. ამიტომ დაუშვებელია ამ ოპერაციის მექანიკური და დაუფიქრებელი განხორციელება. ამასთან, წინასწარ უნდა განალიზდეს, როგორი იქნება შეცდომის სიდიდე. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ვერცერთი თანამედროვე გეოინფორმაციული სისტემა, რამდენადაც მძლავრი არ უნდა იყოს იგი, ვერ გადაჭრის საკითხს, რამდენად არის ერთმანეთთან ფუნქციურად დაკავშირებული ფენები. ამიტომ საჭიროა ანალიზის ჩატარება და განსაზღვრა იმისა, როგორ სიერციტ კავშირშია ერთმანეთთან განსახილველი ფაქტორები.

3.10. რუკის ფურცლების „მიბმა“ COMBINE OF MAP'S SHEETS IN GIS

მოსაზღვრე ტერიტორიების რუკების შეყვანისას ხშირად წარმოიქმნება პრობლემა, რომელიც დაკავშირებულია გეოგრაფიული ობიექტების ერთმანეთთან შეუთანხმებლობასთან. ამისათვის შემუშავებულია გარკვეული კომპიუტერული პროცედურები, რომლებიც ემსახურებიან რუკების გეოგრაფიული „მიბმის“ პროცედურას. იგი, უპირველესად, გულისხმობს რეგისტრაციის წერტილების¹ შერჩევას, რომელთა ზუსტი გეოგრაფიული მდებარეობა განსაზღვრულია გის-ის რუკაზე.

გეოინფორმაციული სისტემა ფუნქციონირებს რეალური სამყაროს კოორდინატთა სისტემაში, მაგრამ მონაცემთა შეყვანას იგი „აღიქვამს“ დიგიტალიზერის დეკარტულ საკოორდინატო სისტემაში. ამიტომაც საჭირო საყრდენი წერტილების გეოგრაფიული კოორდინატების განსაზღვრა. როგორც რასტრულ, ისე ვექტორულ სისტემებში კოორდინატების განსაზღვრისას გამოიყენება პროექციების მათემატიკური მოდელირების განტოლებები.

რასტრულ სისტემებში გეოგრაფიული „მიბმისათვის“ ორ ხერხს იყენებენ: ტრანსფორმირებასა და კალიბრირებას. ტრანსფორმირების შედეგად წარმოიქმნება ახალი ფენა, სადაც პიქსელების კოორდინატები ზუსტად შეესატყვისება იმ პროექციას, რომელშიც ხორციელდება ტრანსფორმაცია. კალიბრირების შედეგად კი ახალი ფენა არ წარმოიქმნება, ხოლო „მიბმის“ პარამეტრები ინახება ფენის ფაილთან ერთად. კალიბრირების უპირატესობა ისაა, რომ ყოველთვის შეიძლება შეეცვალოს პროექცია იმგვარად, რომ არ შეეცხოთ მონაცემებს. ეს კი არ იწვევს კომპიუტერული რესურსის ხარჯვას გამოსახულების ხელმეორედ გადაანგარიშებაზე და ამასთან არ უარესდება მონაცემების ხარისხი. მიუხედავად ამისა, ტრანსფორმირებაც ხშირად გამოიყენება, ვინაიდან ზოგიერთი

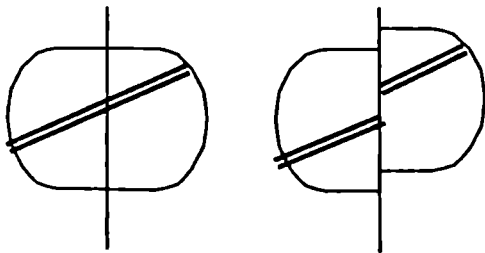
¹ წერტილებს, რომლებიც გამოიყენება მონაცემების დიგიტალიზერით შეყვანისას („მიბმისათვის“), ეწოდება რეგისტრაციული, ხოლო წერტილებს, რომლებსაც იყენებენ მოსაზღვრე რუკების ფურცლების „მიბმისათვის“ - საყრდენი.

სისტემა „უუნარო“, კალიბრირების მიხედვით შეასრულოს რთული გარდაქმნები [Мемерс, 1999].

რუკის კომპიუტერის მეხსიერებაში შეყვანის შემდეგაც აუცილებელია განხორციელდეს რუკის სხვადასხვა ფურცლის საზღვარზე შეპირაპირების (edge matching) პროცედურა, ეინაიდან ხშირად წარმოიქმნება შეუთანხმებლობა გეოგრაფიულ ობიექტებს შორის. ეს გასაგებია იმ შემთხვევაში, როცა ორი სხვადასხვა პროექციის (ან ერთი პროექციის სხვადასხვა მოდიფიკაციის) რუკა შეგვეყავს კომპიუტერის მეხსიერებაში. მაგრამ ხშირად ამგვარი პრობლემები წარმოიქმნება თვით ერთი და იმავე პროექციაში შესრულებული რუკის ფურცლების „მიბმისას“. მაგალითად, ხაზობრივი ობიექტი, რომელიც მდებარეობს ორი რუკის საზღვარზე, მათი გაერთიანების შემდეგ, წარმოქმნის გარდატეხილ ხაზს (ნახ. 3.27). აუცილებელია ამ გარდატეხის წერტილის მოსპობა.

რუკების შეპირაპირებისას წარმოქმნილი პრობლემები და მახასიათებელია, როგორც რასტრული, ისე ვექტორული რუკებისათვის.

რუკის ფურცლების ერთმანეთზე „მიბმის“ შემთხვევაში პრობლემები წარმოიქმნება არა მარტო რუკის ფურცლის კიდის გასწვრივ, არამედ თვით რუკის შიდა არეშიც ხშირად ერთმანეთს არ ემთხვევა გეოგრაფიული ობიექტები. ასეთი სირთულეები წარმოიქმნება უმთავრესად ვექტორულ სისტემებში, თუმცა იგი შეიძლება შეგვხედეს რასტრულშიც. ეს პრობლემა წარმოიქმნება განსაკუთრებით მაშინ, როცა სხვა-



ნახ. 3.27. რუკის ფურცლების შეპირაპირებისას საზღვრის გასწვრივ წარმოქმნილი უზუსტობანი.

დასხვა დროს შექმნილი რუკების ერთმანეთზე ზედდებას ეახდენთ და ვაანალიზებთ რაიმე პროცესის დინამიკას.

როცა ერთმანეთს არ ემთხვევა გეოგრაფიული ობიექტები რუკაზე, ასეთ შემთხვევაში ჯერ ვირჩევთ იმ რუკას (ფენას), რომლის კოორდინატებიც უფრო ზუსტია და იმ ობიექტებს, რომლებიც მეტ-ნაკლები სიზუსტით „თავის ადგილზე“ მდებარეობენ, შემდეგ კი ეახდენთ იმ ობიექტების გადაადგილებას, რომლებიც გადანაცვლებულნი არიან. ამ პროცესს უწოდებენ ფურცლის რეზინისებრ გადაადგილებას (rubber sheeting), ვინაიდან ეს პროცედურა მართლაც მოგვაგონებს რეზინის გაჭიმვას. თუმცა უფრო ფართოდ გამოიყენება ტერმინი კონფლიაქცია (conflation).

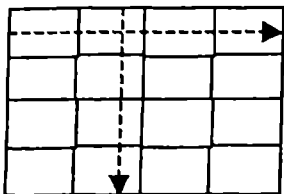
რუკის კიდის გასწვრივ გეოგრაფიული ობიექტების „შეთანხმების“ პროცედურა, ანუ კონფლიაქცია წმინდა ინტერაქტიული პროცედურაა. ოპერატორი თვითონ განსაზღვრავს, რომელი ფენა უნდა „გაიჭიმოს“ და დაემთხვეს მეორეს.

კონფლიაქციის განხორციელებისას უნდა გვახსოვდეს, რომ იგი გრაფიკული ოპერაციაა და არ იძლევა გარანტიას იმისას, რომ კოორდინატთა სისტემასთან ობიექტების „მიბმის“ პროცედურა აბსოლუტურად ზუსტი იქნება. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ კონფლიაქციის შედეგად შეიძლება მივიღოთ არასასურველი შედეგიც (შეიძლება უარესიც კი, ვიდრე საწყისი მონაცემებია). ამიტომ ერთმანეთს უნდა შევადაროთ საწყისი და კონფლიაქციური ფენები და გავაკეთოთ უკეთესის არჩევანი მათ შორის.

3.11. გაზომვები გეოინფორმაციული სისტემის რუკებზე MEASUREMENTS ON GIS MAPS

გეოინფორმაციული სისტემების რუკებზე შესაძლებელია გრაფიკული ობიექტების გაზომვების ჩატარება, რაც განსხვავებულად სრულდება რასტრულ და ვექტორულ რუკებზე. განსხვავებული შედეგები მიიღწევა სიზუსტის თვალსაზრისითაც [Демеч, 1999].

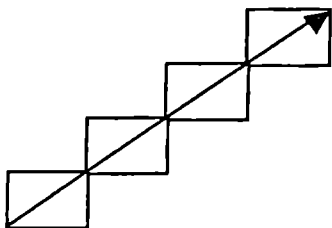
გის-ის რუკაზე ორ პუნქტს შორის მანძილის განსაზღვრა სირთულეს არ წარმოადგენს, მაგრამ ხშირად საჭიროა არა



ნახ. 3.28. სწორი ხაზის სიგრძის განსაზღვრა რასტრულ რუკაზე.

ვიდებთ სხვა ატრიბუტულ მანქანებებს). რასტრულ რუკებზე მანძილის განსაზღვრა ხდება რასტრის უჯრედების რაოდენობის გადათვლით. რასტრის თითოეულ უჯრედს აქვს თავისი ზომა (პიქსელური მასშტაბი), რაც მრავლდება რასტრის უჯრედების რაოდენობაზე. მაგალითად, სწორ ხაზს პორიზონტული ან ვერტიკალური მიმართულებით უკავია 4 უჯრედი. თუკი 1 პიქსელის სიგრძე შეესაბამება 25 მ-ს, მაშინ ხაზის სიგრძე იქნება: $4 \times 25 = 100$ (მ) (ნახ. 3.28).

მაგრამ როცა ხაზი დახრილია, მისი სიგრძე განისაზღვრება რასტრის დიაგონალური ხაზის მიხედვით (ნახ. 3.29). დიაგონალის (ჰიპოტენუზის) სიგრძე კი კათეტების (ცალ-ცალკე) სიგრძეზე მეტია. მარტივი სისტემები ამ გარემოებას ვერ ითვალისწინებს და ტოლად „აღიქვამს“ რასტრის კიდურა ხაზებსა და დიაგონალს. ამიტომ ასეთი ანგარიშით ვიდებთ საკ-



ნახ. 3.29. დიაგონალური ხაზის სიგრძის განსაზღვრა რასტრულ რუკაზე.

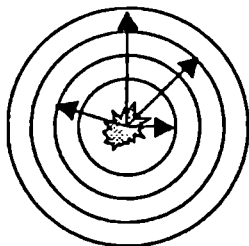
მარტო უმოკლესი მანძილის გაზომვა პირდაპირი ხაზით, არამედ მარშრუტის. ჩვეულებრივ კი, მარშრუტი სწორხაზობრივი არ არის. სწორედ ეს ქმნის სირთულეს.

ხაზობრივი ობიექტები ერთადერთი სიდიდითაა მოცემული სისტემაში (თუ, რა თქმა უნდა, მხედველობაში არ მი-

მაოდ დიდ ცდომილებას. რასტრულ რუკებზე ჩატარებული გაზომვებისას ეს ნაკლი აუცილებლად გასათვალისწინებელი. შედარებით უფრო სრულყოფილ სისტემებში მანძილის განსაზღვრის პროცედურა ტრიგონომეტრიული ფორმულით (პითაგორას თეორიის) ხორციელდება: $c^2 = a^2 + b^2$, სადაც c არის ჰიპოტენუზა, a და b - კათეტები.

ამგვარად, სწორი ხაზის მანძილის განსაზღვრა მეტ-ნაკლები სიზუსტითაა გადაწყვეტილი. მაგრამ რუკებზე, ჩვეულებრივ, ხაზობრივი ობიექტები ძლიერ დაკლაკნილია. მათი სიგრძის განსაზღვრა კი გაცილებით უფრო რთულია. სირთულე წარმოიქმნება განსაკუთრებით მაშინ, როცა ძლიერ დაკლაკნილი ხაზის (sinuous) სიგრძეს განესაზღვრავთ. ამ საკითხის გადაჭრისათვის შემუშავებულია სხვადასხვა მეთოდი. მაგალითად, კონცენტრული წრეების მეთოდი. იგი ეფუძნება გაზომვების დაწყების წინ ობიექტების გარშემო კონცენტრული წრეების რადიუსების განსაზღვრას. კონცენტრული წრეების ცენტრი მდებარეობს მოცემული ობიექტის „სიმძიმის“ ცენტრზე. თითოეულ მომდევნო წრეს აქვს ერთი უჯრედით მეტი რადიუსი (ნახ. 3.30). ამრიგად, იქმნება იზოტროპული ზედაპირი (isotropic surface). სამგანზომილებიან სისტემებში იზოტროპული ზედაპირი კონუსისებრი ფიგურებითაა წარმოდგენილი. ამგვარად შექმნილ რუკას იზოტროპულს უწოდებენ, რომელიც გვიჩვენებს მანძილს მოცემული წერტილიდან სხვა ობიექტამდე. იზოტროპული რუკის უპირატესობა ისაა, რომ მისი მეშვეობით შესაძლებელია ერთი წერტილიდან ჩავატაროთ მრავალრიცხოვანი გაზომვა.

პიქსელური სტრუქტურის გამო რასტრულ რუკაზე ხაზის სიგრძის განსაზღვრა დიდ ცდომილებას იძლევა. ამიტომ უფრო მიზანშეწონილია მანძილების განსაზღვრა ვექტორულ რუკებზე. რაც უფრო მეტი სიზუსტით არის შეყვანილი კომპიუტერის მეხსიერებაში მრუდის კლაკნილობები, მით უფრო კარგი შედეგი მიიღწევა, ვინაიდან სისტემა აფიქსირებს გეოგრაფიული ობიექტების თითოეული სწორი მონაკვეთის ბოლოებს ათვლის სიერციითი სისტემის მიმართ. შესაბამისად, შესაძლებელია მანძილის განსაზღვრა თითოეული ამ მონაკვე-



ნახ. 3.30. მანძილის განსაზღვრა კონცენტრული წრეების მეთოდით რასტრულ რუკაზე.

თისათვის და მათი შეჯამებით – მთელი ხაზობრივი ობიექტისათვის. თუმცა აბსოლუტურად ზუსტი შედეგები არც ვექტორულ რუკებზე მიიღწევა, ვინაიდან მრუდი ხაზი აპროქსიმირებულია.

ექვტორულ ფორმატში იზოტროპული ზედაპირის შექმნა ხდება *არარეგულარული ტრიანგულაციური ქსელის* (TIN) მეშვეობით, მაგრამ ეს ნაკლებშედეგიანია. ამიტომ უფრო მიზანშეწონილია რასტრული ფორმატით სარგებლობა.

ტრადიციულ რუკებზე ორ წერტილს შორის მანძილის განსაზღვრისას (სახაზავით, კურვიმეტრით) არ არის გათვალისწინებული რელიეფის უსწორმასწორობანი. გეოინფორმაციული სისტემები კი ამ ხარვეზის თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა, ცხადია, იმ შემთხვევაში თუ მათ გააჩნიათ სამგანზომილებიანი გამოსახულების დამუშავების „უნარი“. ამრიგად, მანძილების განსაზღვრისას სისტემა ითვალისწინებს ზედაპირის ხასიათს, ანუ როგორც ამბობენ – ბარიერებს. კომპიუტერულ რუკაზე მოცემულ დედამიწის ზედაპირს, სადაც გამოსახულია ბარიერები, რომლებიც აფერხებენ გადაადგილებას და ზრდიან მოცემულ წერტილამდე მისვლის დროს, ფრიქციულს უწოდებენ.

არსებობს აბსოლუტური (absolute) და პირობითი (relative) ბარიერები [Демерс, 1999]. *აბსოლუტური ბარიერის* არსებობისას საერთოდ შეუძლებელია გადაადგილება ან შესაძლებელია მხოლოდ სხვა ადგილის მოძებნის მეშვეობით. *პირობითი ბარიერები* კი მხოლოდ აფერხებენ მოძრაობას. მათ უკავიათ შედარებით მცირე ტერიტორიები. მაგალითად, პატარა ბორცვები, ღელეები, ტყის მცირე მასივები და ა.შ.

მანძილის გაზომვისათვის, ბარიერების არარსებობის შემთხვევაში, სისტემა ერთი რასტრით გადაადგილებისას ამატებს მისი სიგრძის (მასშტაბის გათვალისწინებით) ერთ ერთეულს და აჯამებს მათ. პირობითი ბარიერების შემთხვევაში კი რასტრის თითოეულ უჯრედს უნდა მიენიჭოს გარკვეული მნიშვნელობა – არა ერთი, არამედ ორი, სამი და ა.შ. (იმისდა მიხედვით, თუ როგორი დონის წინააღმდეგობაა¹). ამ მნიშვნე-

¹ წინააღმდეგობა შეიძლება იყოს მანძილისა და სიჩქარის საზომი.

ლობას იმპედანსი (impedance) ეწოდება (ნახ. 3.31). იმპედანსის მნიშვნელობის მინიჭება საკმაოდ რთულია, ვინაიდან ხშირად არ არსებობს სრულყოფილი ინფორმაცია ბარიერების შესახებ.

პოლიგონებზე შეიძლება ჩავატაროთ შემდეგი გაზომვები: ფართობის, პერიმეტრის, პოლიგონის ორიენტაციის, უმოკლესი და უგრძესი ღერძის განსაზღვრის.

პოლიგონის პერიმეტრის განსაზღვრა ხდება მისი მონაკვეთების სიგრძეების შეჯამებით, ანალოგიურად ხაზობრივი ობიექტებისა. კერძოდ, სისტემა განსაზღვრავს ობიექტის საზღვრის გასწვრივ არსებული უჯრედების რაოდენობას და ამრავლებს მას რასტრის სიდიდესზე. რასტრულ რუკებზე არც ამ შემთხვევაში მიიღება მაღალი სიზუსტე. საზღვრების სირთულისა და დიაგონალური მონაკვეთების არსებობის შემთხვევაში საკმაოდ დაბალია გაზომვების სიზუსტე.

ანალოგიურად ხდება ფართობის განსაზღვრა: გასაზომი უჯრედების რაოდენობა მრავლდება რასტრის სიდიდესზე. გეომეტრიული ფიგურების (წრის, სამკუთხედის, ტრაპეციის, ელიფსის) ფართობების განსაზღვრა არ არის რთული და შედარებით მაღალი სიზუსტეც მიიღწევა. მაგრამ გეოგრაფიული

პირობითი ბარიერი

1	2	3	4	5	11	12	13	14
---	---	---	---	---	----	----	----	----

იმპედანსი = 6

აბსოლუტური ბარიერი

1	2	3	4	5		err	err	err
---	---	---	---	---	--	-----	-----	-----

ანგარიში წყდება

ნახ. 3.31. მანიძილების განსაზღვრა იმპედანსით.

სივრცე არაგეომეტრიული ფიგურებითაა წარმოდგენილი, ამიტომ პოლიგონების ფართობის განსაზღვრა საკმაოდ რთულია: თავდაპირველად ხდება რთული პოლიგონების დანაწევრება მარტივ გეომეტრიულ ფიგურებად, მათი ფართობების გამოთვლა და შემდეგ შეჯამება. თანამედროვე გის-ების უმეტესობა ფართობების გამოთვლას ახდენს მონაცემების შეყვანისთანავე და შესაბამისად ინფორმაცია მათ შესახებ თავსდება ატრიბუტების ცხრილში. ამიტომ ასეთ სისტემებში ფართობების განსაზღვრა მხოლოდ ობიექტების მონიშვნას საჭიროებს.

პოლიგონის ორიენტაცია გულისხმობს ობიექტების უგრძესი ღერძის მიმართულების განსაზღვრას. რასტრული რუკების უმეტესობას არ გააჩნია უგრძესი ღერძის ძეხვის ფუნქცია, რაც არანაირ პრობლემას არ წარმოადგენს ვექტორული სათვის. სისტემა განსაზღვრავს ურთიერთსაწინააღმდეგო „მწვერვალების“ წყვილებს შორის მანძილს. ყველაზე დიდი მანძილი მიჩნეულია პოლიგონის ორიენტაციად.

თანამედროვე გის-ებს „ხელეწიფებათ“ განსაზღვრონ პერიმეტრისა და ფართობის თანაფარდობა, რაც პოლიგონის სირთულის მაჩვენებელია. ყველაზე მცირეა ეს თანაფარდობა წრეებისათვის, ხოლო დიდი – კლაკნილი პოლიგონისათვის. მაგალითად, ტბისათვის თუ ეს თანაფართობა დიდია, ეს იმას ნიშნავს, რომ დიდია სანაპირო ხაზის, პლაჟის სიგრძე, რაც ხელსაყრელია ტურიზმის განვითარებისათვის. აქედან გამომდინარე, ტერიტორიის ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალის შეფასებისას მიზანშეწონილია ამ პარამეტრის გათვალისწინება.

კიდევ უფრო რთულია პოლიგონის ფორმის განსაზღვრა. სისტემა შეზღუდულია იმ ფიგურების ჩამონათვალით, რომელთა ფორმები გამოკვლეულია. აქ მოთავსებულია მხოლოდ მარტივი ფორმები. თუმცა, ბოლო პერიოდში არის მცდელობა გის-ებში „დაინერგოს“ გეომეტრიის არატრადიციული მიდგომები, კერძოდ, *ფრაქტალური*. იგი გულისხმობს წარმოსახვითი რიცხვების გამოყენებას. არის მცდელობა „დანერგონ“ ეს მეთოდი, როგორც რასტრული, ისე ვექტორული ფორმატებისათვის.

ხაზის კლაკნილობის განსაზღვრისას მოხვეული ადგილები მინეულია რკალად (arc) და დგინდება მათი რადიუსები. ამ პროცედურის შესრულება, უმეტეს შემთხვევაში, ინტერაქტიულ რეჟიმში მიმდინარეობს როგორც რასტრულ, ისე ვექტორულ რუკებზე. ეს შრომატევადი სამუშაოა, ამიტომ წინასწარ ზუსტად უნდა განისაზღვროს, რამდენად არის იგი აუცილებელი. თუმცა, თანამედროვე გის-ებს აქვთ დანართები, რომელთა მეშვეობითაც კლაკნილობის განსაზღვრა ავტომატურად სრულდება.

3.12. რელიეფის გამოსახვა გეოინფორმაციულ სისტემებში

REPRESENTATION OF RELIEF IN GIS

გეოინფორმაციული სისტემების რუკების საფუძველს ხშირად წარმოადგენს ტოპოგრაფიული რუკა, სადაც დატანილია ჰორიზონტალები – ხაზები, რომლებიც ერთი და იმავე აბსოლუტურ სიმაღლეებს აერთებენ. ასეთ შემთხვევაში ობიექტებს აქვს x , y და z კოორდინატები. z უფრო ხშირად აბსოლუტური სიმაღლის მაჩვენებელია, მაგრამ რეალურად იგი ფიქსირებულია მხოლოდ სამგანზომილებიან სისტემებში. ხშირად z აღნიშნავს არა გეოგრაფიულ კოორდინატს, არამედ რაიმე სხვა სიდიდეს, მაგალითად, მოსახლეობის რაოდენობას, სიმჭიდროვეს, ნიადაგის ტენიანობას, ცხოველთა რიცხოვნებასა და ა.შ. ამ გაზომვადი სიდიდეებით იქმნება ზედაპირი, რომელსაც სტატისტიკურს (Statistical surface) უწოდებენ.

ზედაპირის z მონაცემების მისაღებად ორ მეთოდს მიმართავენ:

≡ *შერჩეული წერტილების მეთოდს* ამგვარად შექმნილ რუკას **იზომეტრულს** (isometric) უწოდებენ. მას უფრო მეტად იყენებენ ჰორიზონტალების ასაგებად, ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურების რუკების შესაქმნელად;

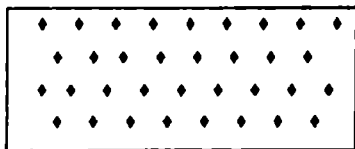
≡ *შერჩეული სივრცეების მეთოდს*. z ზედაპირის ასაგებად იყენებენ არა წერტილებს, არამედ გარკვეულ სივრცეებს. მართალია, ეს სივრცეებიც დისკრეტულია, მაგრამ განიხილება როგორც უწყვეტი. თითოეული ეს სივრცე განიხი-

ლება წერტილად და ამგვარად იქმნება იზოხაზების რუკის ანალოგი. ასეთ რუკებს იზოპლეტებს (isoplethic map) უწოდებენ. იზოპლეთი არის უწყვეტი სტატისტიკური თანაბარი სიდიდეების შემაერთებული ხაზი. სხვანაირად მათ *ფსევდოხაზებსაც* უწოდებენ, ვინაიდან მათ შორის სტატისტიკური სიდიდე შეიძლება იცვლებოდეს ნახტომისებურად. ჩვეულებრივ, იზოპლეტებით გამოსახავენ გამოსათვლელ და არა გასაზომ სიდიდეებს.

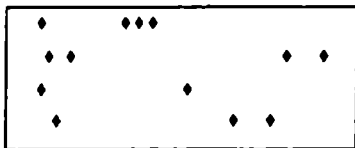
იზოპლეტების რუკების შედგენისათვის იყენებენ ორ მეთოდს (ნახ. 3.32):

1. რეგულარული ქსელის (Regular lattice, Regular grid) მეთოდს, რომელიც საკმაოდ მარტივია. იგი არ საჭიროებს წერტილების შერჩევას. თუმცა აუცილებელია მათ შორის ინტერვალის განსაზღვრა.
2. არარეგულარული ქსელის (Irregular lattice) მეთოდს, რომლის დროსაც ხდება წერტილების სიმჭიდროვის შერჩევა. მაგრამ ეს პროცედურა ხდება არა ჰორიზონტალის, ვერტიკალის ან გარკვეული არეალის, არამედ ზედაპირის ხასიათის მიხედვით. იზოპლეტების რუკის კარგი მოდელის შესაქმნელად აუცილებელი არ არის უსაზღვროდ ბევრი წერტილის შერჩევა. მათი რაოდენობა მცირე უნდა იყოს მოსწორებულ ზედაპირზე და ბევრი – რთული რელიეფის პირობებში. წერტილების სიჭარბე არ იძლევა არსებითად ახალ ინფორმაციას, იგი მხოლოდ დროის ხარჯვასა და მეხსიერების უმართებულოდ გადატვირთვას იწვევს. ზოგიერთ შემთხვევაში წერტილების სიჭარბის გამო ვიდეო „უჩვეულო“ სურათსაც კი [Демерс, 1999].

რეგულარული ქსელი



არარეგულარული ქსელი



ნახ. 3.32. ზედაპირის z სიდიდის გამოსახვა რეგულარულ და არარეგულარულ ქსელებში.

იზოპლეტების რუკის შექმნისათვის აუცილებელია მონაცემების დიდი რაოდენობა. ამიტომ მათი სიმცირის შემთხვევაში იყენებენ ინტერპოლაციას (Interpolation). ეს აუცილებელი პროცედურაა არარეგულარული ქსელის მეთოდით სარგებლობისას. ტრადიციულ კარტოგრაფიაში ჩვეულებრივი მოუღენაა ინტერპოლაციის გამოყენება იზოხაზების რუკის შედგენისათვის. ანალოგიური შეიძლება ითქვას გის-ებზეც.

ზოგჯერ საჭიროა ეიზუალიზაციის სხვა ფორმების გამოყენებაც, როგორიცაა ბლოკ-დიაგრამები, ზედაპირის დახრილობის, ექსპოზიციის, განივი კვეთების განსაზღვრა. ყველა ამ პროცედურის შესრულებას სისტემა ინტერპოლაციით ახდენს. თეორიულად ინტერპოლაციის განხორციელება შეიძლება მარტივი მოგვეჩვენოს, მაგრამ მისი მათემატიკური აპარატი საკმაოდ რთულია.

ინტერპოლაცია შეიძლება სხვადასხვა გზით განხორციელდეს. მაგალითად, მოცემული გვაქვს აბსოლუტური სიმაღლეების თანამიმდევრობა: 200, 300, 400, 600, 700, 800, 1000 მ. თუკი ჩვენთვის ცნობილია, რომ აქ ორი ციფრია გამოტოვებული, მაშინ არითმეტიკულ პროგრესიაზე დაყრდნობით უნდა დაანგარიშდეს გამოტოვებული სიდიდეები: $400+100=500$ (მ) და $800+100=900$ (მ). ამრიგად, აბსოლუტური სიმაღლეების ცნობილი მნიშვნელობების ხარჯზე განისაზღვრება „უცნობ“ სიმაღლეთა მნიშვნელობები (ხაზობრივი ინტერპოლაცია). იგი უნდა განვახორციელოთ არა მარტო ერთი კვეთის გასწვრივ, არამედ მთელ ზედაპირზე. ამით მივიღებთ წერტილებს, რომელთა შორის ინტერვალია 100 მ, ე.ი. 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 მ.

მაგრამ საქმე ყოველთვის როდი გვაქვს აბსოლუტური სიმაღლეების ხაზობრივ ცვლასთან. ზოგჯერ იგი ლოგარითმულია. თუკი ასეთ შემთხვევაში გამოვიყენებთ ხაზობრივ ინტერპოლაციას, მაშინ ადეკვატურ შედეგს ვერ მივიღებთ. ამ პრობლემის გადასაჭრელად გამოიყენება შეწონილ მანძილთა, ტრენდისა და კრიგინგის მეთოდები [Demirci, 1999].

შეწონილ მანძილთა მეთოდი ეფუძნება იმ მოსაზრებას, რომ რაც უფრო ახლოა მონაცემთა წერტილები ერთმანეთთან, მით უფრო ახლოა მათი მნიშვნელობები. მაგალითად,

სისტემაში არის ასეთი დაშვება: დედამიწის ზედაპირზე გადაადგილებისას (სულერთია რელიეფის დადებითი თუ უარყოფითი ფორმების ფარგლებში) დასაკვირვებელ წერტილთან ახლოს მდებარე ყველა წერტილი, აბსოლუტური სიმაღლის მიხედვით, ერთმანეთის მსგავსია, მოშორებული კი – განსხვავებული. ასეთი დაშვება შეიძლება მხოლოდ ერთფეროვან ზედაპირზე და გარკვეულ მიდამოებში. ამისათვის წინასწარ უნდა განისაზღვროს ამ გარკვეული მიდამოს არეალი, ე.ი. მანძილი დაკვირვების წერტილიდან. სისტემა ავტომატურად ახდენს მანძილის გაზომვას საწყისი (დასაკვირვებელი) წერტილიდან ორ წყვილ წერტილამდე.

ზოგიერთ შემთხვევაში აუცილებელი არ არის ზედაპირის ზუსტი მოდელირება და საკმარისია ზოგადი ტენდენციის დადგენა. ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ ტრენდის მეთოდს, რომელიც ეფუძნება გარკვეულ არეალში მოცემული წერტილების ნაკრებს. ამისათვის გამოიყენება ის მათემატიკური განტოლებები, რომლებიც ყველაზე უკეთ ასახავენ არსებულ სიტუაციას. ფართოდ გამოიყენება პოლინომები (Polynomials) და სპლაინები (Splines). ეს მათემატიკური განტოლებები არ არის ხაზობრივი. ისინი აპროქსიმირებას უკეთებენ მრუდებს ან რიცხვითი თანამიმდევრობის სხვა ფორმებს. ტრენდის ზედაპირის აგებისათვის თითოეულ მნიშვნელობას შეესატყვისება კონკრეტული განტოლება. ამით ვიღებთ მნიშვნელობებს საინტერპოლაციო წერტილებისათვის. ტრენდის ზედაპირი არის ბრტყელი და გვიჩვენებს ზოგად ტენდენციას. მაგრამ რთული ზედაპირის შემთხვევაში იგი ნაკლებშედეგიანია და უფრო მეტად გამოიყენება პოლინომები. იგი განსაზღვრავს ზედაპირის ტალღობრიობას. რაც უფრო მარტივია ტრენდის ზედაპირი, მით უფრო ნაკლებია მისი რიგითობის ნომერი. მაგალითად, I რიგის ტრენდი გამოიყურება როგორც სიბრტყე, რომელიც გარკვეული კუთხითაა დახრილი მთელი ფენის მიმართ. თუკი ზედაპირს აქვს ერთი შევრილი, მაშინ ასეთ ზედაპირს უწოდებენ II რიგის ტრენდს და ა.შ. ეს უკანასკნელი განიხილება როგორც კრიგინგი (kriging). ზედაპირის უკეთესი წარმოდგენისათვის კრიგინგი ამუშავებს სხვა-

დასხვა ცვლადს. ამასთან დაკავშირებით არსებობს რამდენიმე ტერმინი:

დრეიფი ანუ ზედაპირის სტრუქტურა (Drift, Structure), რომელიც ზედაპირს წარმოადგენს როგორც ერთ ტრენდს გარკვეული მიმართულებით. იგი გამოხატავს აბსოლუტური სიმაღლის ზრდას.

„შემთხვევითი ხმაური“ (Random noise) – მიჩნეულია როგორც მცირე გადახრა საერთო ტენდენციიდან. მაგალითად, მცირე ბარიერები ზედაპირზე, რომელიც უნდა გადაიღახოს. ყოველივე ეს კი გის-ში წარმოდგენილი უნდა იყოს, როგორც აბსოლუტური სიმაღლის მნიშვნელობის „შემთხვევითი ხმაური“, რომლებიც უშუალოდ არ არის დაკავშირებული ზედაპირულ სტრუქტურასთან.

დრეიფი ფასდება მათემატიკური განტოლებით, რომელიც ზედაპირის ხასიათს ზოგადად აღწერს და წააგავს ტრენდს. სიმაღლის მოსალოდნელი მნიშვნელობა განისაზღვრება ვარიოგრამით (variogram, semivariogram), სადაც x ღერძზე დატანილია მანძილი ათელებს შორის (რასაც Lag-ს უწოდებენ), y ღერძზე – ნახევარდისპერსია (semivariance) – სტანდარტული კვადრატული გადახრა სიმაღლის თითოეულ მნიშვნელობასა და მის მეზობელს შორის.

ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ რაც უფრო მეტია წერტილები, მით უფრო ზუსტ სურათს მივიღებთ, მაგრამ წერტილების დიდი რაოდენობა ყოველთვის როდი აუმჯობესებს შედეგის ხარისხს. იგი მხოლოდ ზრდის გამოთვლის დროსა და მონაცემების მოცულობას. ზოგიერთ შემთხვევაში ჭარბმა მონაცემებმა შეიძლება უჩვეულო შედეგებამდეც კი მიგვიყვანოს.

მაგრამ ეს იმას როდი ნიშნავს, რომ რელიეფის აღეკვეთური გამოსახვისათვის საკმარისია წერტილების მცირე რაოდენობა. რაც უფრო რთულია ზედაპირი, მით უფრო მეტი წერტილია საჭირო. ისეთი ობიექტებისათვის, როგორიცაა ქვაბული, ხეობა, კანიონი – აუცილებელია დამატებითი წერტილების გამოყენებაც კი.

რელიეფის ამგვარი გამოსახვა სხვა მნიშვნელოვანი პროცედურების ჩატარების საშუალებასაც იძლევა. მაგალითად, სამგანზომილებიან გამოსახულებაზე გზის (მარშრუტის) რე-

აღური სიგრძის დადგენისათვის საჭიროა მისი განსაზღვრა არა სიბრტყეზე, არამედ ტოპოგრაფიულ ზედაპირზე.

3.13. გეოგრაფიული ობიექტების კლასიფიკაცია გეოინფორმაციულ სისტემებში

CLASSIFICATION OF GEOGRAPHICAL OBJECTS IN GIS

გრაფიკული ობიექტების კლასიფიკაციის საკითხებს იკვლევს არაერთი სამეცნიერო მიმართულება. განსაკუთრებული ინტერესი მისადმი გამოიკვეთა ისეთ ორგანიზაციებში, რომლებიც ახდენენ ბუნებრივი რესურსებისა და მიწათმოქმედების კონტროლსა და მართვას. მოთხოვნილება მათზე განსაკუთრებით გაიზარდა დისტანციური ზონდირების, კომპიუტერული კარტოგრაფიისა და გის-ის ტექნოლოგიის განვითარების პარალელურად. ამ სისტემის მეშვეობით მუშავდება სივრცითი ინფორმაციის უზარმაზარი მასივები, რასაც კლასიფიკაციის ახლებურ გაგებამდე მივყავართ. თუმცა ერთი შეხედვით, თითქოსდა მარტივი პროცედურა, არც ისე იოლი გადასაწყვეტია სისტემისათვის.

კლასიფიკაცია დამოკიდებულია გრაფიკული ობიექტის ტიპზე, ამიტომ განსხვავებულია რელიეფის ტიპების, მცენარეული და ნიადაგური საფარის, გეოლოგიური ფორმაციების, სოფლის მეურნეობის, მიწათსარგებლობისა და ლანდშაფტების კლასიფიკაციები.

კლასიფიკაცია შეიძლება იყოს მარტივი, ან რთული (ფუნქციური). კლასიფიკაციის დონე განისაზღვრება თვით რუკის მასშტაბით, პროგრამული და ტექნიკური უზრუნველყოფის დონეებით. ნებისმიერი კლასიფიკაცია ორიენტირებული უნდა იყოს საბოლოო მომხმარებელზე. სწორედ იგი განსაზღვრავს კლასიფიკაციის დეტალურობას.

გეოინფორმაციულ სისტემებში მუშაობისას ზოგჯერ შესაძლებელია უკვე არსებული კლასიფიკაციით სარგებლობა, ზოგჯერ კი – ახალი კლასიფიკაციის შესადგენად ატრიბუტების ხელმეორედ გადამუშავებაა საჭირო. ამ კომპიუტერულ პროცედურას განმეორებით კლასიფიკაციას უწოდებენ [Demerc, 1999].

განმეორებითი კლასიფიკაცია შეიძლება განხორციელდეს ატრიბუტების განმეორებითი კოდირებით, ან რასტრის უჯრედის მნიშვნელობის ხელმეორედ კოდირებით. ამით იქმნება რუკის ახალი ფენა. ამ პროცედურის შესრულებისას იცვლება მხოლოდ ატრიბუტები და მეტი არაფერი. მაგალითად, კოდების რიცხვი ან რასტრის უჯრედების სახელი. ისეთ რასტრულ რუკებზე (მარტივ გის-ებში), სადაც არ არსებობს კავშირი რასტრისა და ცხრილის ატრიბუტებს შორის, უნდა შეიცვალოს ახალი ფენის ლეგენდაც, რათა აისახოს შეტანილი ცვლილებები. მაგრამ ეს პროცედურა ყოველთვის როდი იძლევა სასურველ შედეგს. მაგალითად, მოცემული გვაქვს სავარგულების ფენა, სადაც ატრიბუტების კოდი 1-დან 15-მდე შეესაბამება სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს. კერძოდ, რიცხვები 1-დან 5-მდე და 13 ნიშნავს ხორბალს, ხოლო დანარჩენი (6-დან 12-მდე და 14, 15 რიცხვები) – სიმინდს. საჭიროა შექმნათ რუკა მხოლოდ ორი კოდით: ხორბალი (კოდი-1) და სიმინდი (კოდი-2). ამისათვის, თავდაპირველად კოდ 1-ს ვანიჭებთ რიცხვებს 2-დან 5-მდე და 13-ს (თვით რიცხვის 1-ის შეცვლა საჭირო არ არის), შემდეგ კი კოდ 2-ს ვანიჭებთ რიცხვებს 6-დან 12-მდე და 14-ს და 15-ს. ამ ცვლილების შედეგად ვიღებთ ხორბლისა და სიმინდის გავრცელების რუკას კოდებით 1 და 2 შესაბამისად. ატრიბუტების ცხრილში ნაცვლად 15 კოდისა მოცემული იქნება მხოლოდ ორი (ნახ. 3.33). თუკი იგივე პროცედურას ჩავატარებთ სხვა თანამიმდევრობით, ე.ი. ჯერ შევცვლით სიმინდის კოდს, შემდეგ

თავდაპირველი ფენა
ატრიბუტების კოდებით

	2	3	4	5
6	1	8	9	10
11	12	13	14	15

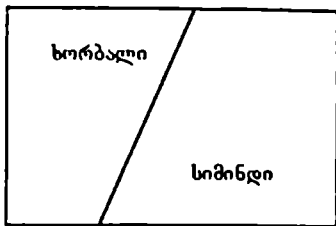
სწორი კლასიფიკაციით
მიღებული კოდები

1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
2	2	1	2	2

არასწორი კლასიფიკაციით
მიღებული კოდები

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

ნახ. 3.33. მარტივი განმეორებითი
კლასიფიკაციის მაგალითი.



ნახ. 3.34. საზღვრების გამეორებითი კლასიფიკაცია და ანულირება.

ხორბლისას, მივიღებთ მცდარ შედეგს, კერძოდ, რუკას კოდებით 1 [Demerc, 1999].

ამ ხარვეზის თავიდან აცილების მიზნით, ირწევენ ატრიბუტების სრულიად ახალ კოდებს, რომლებიც არ არსებობს ფენაზე (ან თვალყური უნდა ვადევნოთ ამ პროცედურის განხორციელების თითოეულ ეტაპს, რაც

გაცილებით რთული და შრომატევადი პროცედურაა). ამიტომ მარტივ სისტემებში განსაკუთრებული სიფრთხილეა საჭირო განმეორებითი კლასიფიკაციისას, თუმცა ზოგიერთი სრულყოფილი რასტრული გის-ები ასეთ პრობლემას არ ქმნის.

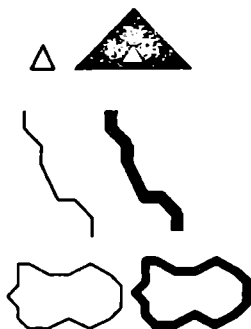
ვექტორულ სისტემებში განმეორებითი კლასიფიკაცია მოითხოვს როგორც ატრიბუტების, ისე გრაფიკის შეცვლას. ჯერ ერთი, საჭიროა მოიხსნას ყველა ის ხაზი, რომელიც ერთმანეთისაგან გამოყოფს ორ კლასს და რომელიც უნდა გაერთიანდეს. ამ პროცედურას საზღვრების გაუქმება, ანულირება (Line dissolve) ეწოდება. შემდეგ ამ ორი პოლიგონის ატრიბუტები მიენიჭება ახალ ფენას, როგორც ერთიანი მთლიანი ობიექსათვის წინა მაგალითიდან გამომდინარე, ეთქვათ, გესურს შეექმნათ, მხოლოდ ერთი კატეგორია სახელწოდებით „მარცვლეული კულტურა“. ასეთ შემთხვევაში ხელმეორად შექმნილ კატეგორიას „ხორბალს“ ვათავსებთ ატრიბუტების ცხრილში და მას ვანიჭებთ ახალ, დიდ პოლიგონს (ნახ. 3.34). ცხადია, რეალურად გაცილებით მეტი საზღვარი იქნება ანულირებული და გაცილებით მეტი ატრიბუტი შეცვლილი.

როგორც რასტრულ, ისე ვექტორულ განმეორებითი კლასიფიკაციაში ვიღებთ პოლიგონების კატეგორიების შედარებით მცირე რაოდენობას, ვიდრე ეს გექონდა დასაწყისში. ასეთ შედეგს აგრეირებულ მონაცემებს (Data aggregation) უწოდებენ.

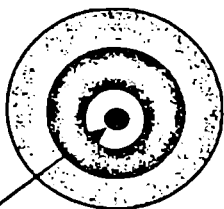
ზემოთ განვიხილეთ გის-ში ნომინალური სკალის მონაცემების ნომინალური კლასიფიკაცია, თუმცა ზოგჯერ იგი ხორციელდება მონაცემთა კატეგორიების დიაპაზონების შექმნით. ასეთ კლასიფიკაციას რანჟირებულს (Range graded) უწოდებენ. ამ შემთხვევაში მონაცემების ხელმეორედ კოდირება წარმოებს კლასების ინტერვალების საფუძველზე. აქაც, მსგავსად ნომინალური სკალისა, ვახდენთ რასტრის უჯრედის ხელმეორედ კოდირებას, ვახდენთ ატრიბუტების ცვლას და საზღვრების ანუღირებას.

ბუფერი (Buffer) განმეორებითი კლასიფიკაციის ერთ-ერთი მეთოდია. ბუფერი არის პოლიგონი, რომელიც შექმნილია ობიექტის ირგვლივ გარკვეულ მანძილზე. ამ მანძილს თვით მომხმარებელი განსაზღვრავს. ბუფერის შექმნის პროცესს ბუფერიზაცია ეწოდება. ბუფერი იქმნება გეოგრაფიული ობიექტების გარშემო: წერტილებისა და პოლიგონების ირგვლივ, ხოლო ხაზობრივი ობიექტების ორივე მხარეს. მართალია, ბუფერიზაციის შედეგად რუკაზე ვიღებთ ობიექტისა და ბუფერის ერთდროულ გამოსახულებას, თუმცა ბუფერი დამოუკიდებელი ობიექტია და შეიძლება მისი გამოსახვა ცალკე ფენაზეც. ბუფერის შექმნისათვის საკმარისია მანძილის განსაზღვრა ობიექტიდან (ე.ი. მანძილი შერჩეული ობიექტის საზღვრის თითოეული წერტილიდან). ამ პროცედურის განხორციელებისათვის გის-ების უმეტესობას აქვს სპეციალური ბრძანებები.

ამრიგად, ბუფერიზაცია არის მანძილის განსაზღვრა ობიექტიდან, სულერთია ეს რა ობიექტი იქნება – წერტილი, ხაზი, თუ პოლიგონი. წერტილის შემთხვევაში ვირჩევთ ერთ მანძილს ყველა მიმართულებით, ხაზის შემთხვევაში – ერთ მანძილს მთელი ხაზის გასწვრივ და პოლიგონის შემთხვევაში – ერთ მანძილს მისი პერიმეტრიდან (ნახ. 3.35).



ნახ. 3.35. ბუფერი წერტილოვანი, ხაზობრივი და ფართობითი ობიექტების ირგვლივ.



წერტილოვანი ობიექტი

ნახ. 3.36. მრავალდონიანი ბუფერი.

ზოგჯერ საჭიროა მეორე ბუფერის შექმნა პირველის ირგულივ, მესამე ბუფერის შექმნა მეორის ირგულივ და ა.შ. ასეთ ბუფერს მრავალდონიანს (Doughnut buffer) უწოდებენ (ნახ. 3.36).

ვექტორულ სისტემაში თითოეული ხელმეორედ შექმნილი პოლიგონისათვის უნდა მოვახდინოთ ტოპოლოგიური ინფორმაციის კოდირება. კერძოდ, უნდა შეიქმნას

ტოპოლოგიური ინფორმაცია პოლიგონებს შორის კავშირის შესახებ, ვინაიდან მრავალდონიანი ბუფერიზაციის პროცედურა ქმნის „კუნძულოვან“ პოლიგონს, რომელიც დაკავშირებული არ არის მეზობელ პოლიგონთან.

ბუფერის სიდიდე იმ ამოცანის შესაბამისი უნდა იყოს, რომლისათვისაც ექმნით მას. მართალია, ბუფერის შექმნის მიზანი არ განსაზღვრავს მის სიდიდეს, მაგრამ იგი გარკვეულ გაყვლენას ახდენს მასზე. ბუფერის ზომები განპირობებულია თვით ამ ობიექტის ხასიათით. მაგალითად, თბოელექტროსადგურების, მშენებარე ტერიტორიების, რადიაქტიურ ნივთიერებათა გავლენის არეალები განსხვავებული სიდიდისაა. თითოეულ მათგანს გარკვეული კრიტერიუმები უნდა მივუყენოთ, მაგრამ არც ისე იშვიათად ბუფერის ზომები შეირჩევა ნებისმიერადაც. ასეთ ბუფერს ნებისმიერს (Arbitrary buffer) უწოდებენ. იგი იგება ინტუიციით, მაგრამ ეს სრულებით არ წარმოქმნის პრობლემას, ვინაიდან ბუფერის „ზედმეტი“ ფართობი მის სიმცირეზე უკეთესია.

ხშირად აგებენ ისეთ ბუფერს, რომელიც დაფუძნებულია ობიექტის ფუნქციურ და არა ეკლიდურ მანძილზე.¹ მას მოტივირებულ ბუფერს (Causative buffer) უწოდებენ. იგი ეფუძნება

¹ ეკლიდეს გეომეტრია - გეომეტრიის თეორია, რომელიც შეისწავლის მოძრაობისას ფიგურების უცვლელ თვისებას.

ბუფერის ფართობის შერჩევის აპრიორულ ცოდნას. კერძოდ, ერთი ობიექტის სხვადასხვა ნაწილისათვის შეიძლება შეირჩეს განსხვავებული ზომის ბუფერი, რაც დამოკიდებულია მოვლენის გავრცელების მანძილზე. მაგალითად, ექმნით მდინარის ბუფერს იმისათვის, რომ ვაჩვენოთ ნიადაგის დაბინძურება ხეობის ორივე მხარეს. თუკი ცნობილია, რომ ხეობის ერთი მხარე აგებულია ქვიშნარით, რომელიც უკეთ ატარებს დამაჭუჭყიანებლებს, ხოლო მეორე – თიხნარით, რომელიც მის აკუმულირებას ახდენს, მაშინ ბუფერიზაცია სხვადასხვა ნაპირისათვის განსხვავებული უნდა იყოს.¹ კერძოდ, ბუფერები თიხნარი ნაპირისათვის უნდა აიგოს ფრაქციული ანუ იმპედანსური თვისებების გათვალისწინებით (Frictional, Impedancel quality). ამის შედეგად მივიღებთ ბუფერს, რომლის სიგანე ხეობის სხვადასხვა მხარეს განსხვავებული იქნება. ნებისმიერ ბუფერებთან შედარებით ეს უფრო შედეგიანია.

ბუფერი შეიძლება დაფუძნებული იყოს ხილვადობის არეალზე. მას გაზომვადი ბუფერი (measurable buffer) ეწოდება. აქ განზომილებები ნებისმიერი არ არის. მაგალითად, მდინარის გასწვრივ ხეებია, რომლებმაც შეიძლება დამჭუჭყიანებელი მასალის ფილტრის როლი შეასრულონ. ამასთან, რაც უფრო მეტია ხეები, მით უკეთესია ფილტრაცია. ამისათვის უნდა განესაზღვროთ მცენარეთა სიხშირე მდინარის ხეობის გასწვრივ და მის საფუძველზე განესაზღვროთ იმპედანსის სიდიდე და შემდგომ ბუფერის ზომა.

ნორმატიული ბუფერი (Mandated buffer) განისაზღვრება „ნორმატიული“ აქტებით. მისი შერჩევა შეიძლება ნებისმიერად. მართალია, თვით სიდიდე გაზომვადია, მაგრამ მისი შერჩევა სხვა გაზომვად სიდიდეებს შორის ნებისმიერად ხდება.

ნებისმიერი ტიპის (ნებისმიერი, მოტივირებული, გაზომვადი, ნორმატიული) ბუფერის შექმნისას ყოველთვის არსებობს ალბათობა იმისა, რომ ბუფერი ერთნაირი არ იქნება მთელი ხაზობრივი ობიექტის გასწვრივ, წერტილისა და პოლიგონის ირგვლივ. ასეთ ბუფერს ვარირებადს (Variable buffer) უწოდებ-

¹ ცხადია, არსებობს ინფორმაცია ტერიტორიის ქვიშნარი და თიხნარი სუბსტრატით აგების შესახებ მონაცემთა ბაზაში.

ბენ. იგი შეიძლება განისაზღვროს იმპედანსით ან სხვა ფუნქციით. ექვტორულ რუკებზე ხაზების გასწვრივ არსებული კვანძები შეიძლება გამოვიყენოთ ვარირებადი ბუფერის შესაქმნელად. რასტრულ რუკებზე კი უჯრედები განსხვავებულად უნდა კოდირდებოდეს.

ბუფერიზაციის მთავარი პრობლემა ისაა, რომ იგი მოითხოვს გაცილებით მეტ ცოდნას ობიექტებს შორის კავშირზე, ვიდრე რეალურად გვაქვს. რაც მეტია ეს ცოდნა, მით უფრო რეალურია შერჩეული ბუფერის ზომა.

3.14. შერთა სისტემა კომპიუტერულ რუკებზე

COLOUR SYSTEM ON THE COMPUTER MAPS

ფერის სწორ შერჩევას დიდი მნიშვნელობა აქვს კარტოგრაფიული გამოსახულების შექმნისას, ვინაიდან იგი ზრდის მის კითხვადობას. ფერი გვიჩვენებს ამა თუ იმ გეოგრაფიული მოვლენის, როგორც ხარისხობრივ, ისე რაოდენობრივ მაჩვენებლებს. როგორც წესი, მოვლენის ხარისხობრივი მაჩვენებლები გამოისახება ფერით, ხოლო რაოდენობრივი – მათი ტონალობით. მუქი ფერი მოვლენის მეტ ინტენსივობაზე მიგვანიშნებს.

კარტოგრაფიულ გამოსახულებებში ფერის მნიშვნელობიდან გამომდინარე, წარმოიქმნა ფერთა პალიტრის შექმნის მეთოდების აუცილებლობა არა მარტო ტრადიციულ, არამედ გეოინფორმაციულ კარტოგრაფიაშიც. გეოინფორმაციული სისტემა წარმოუდგენელია რუკის (განსაკუთრებით თემატური) და სხვა კარტოგრაფიული გამოსახულებების გარეშე, ამიტომ საჭირო გახდა კომპიუტერული ტექნოლოგიების შესატყვისი ფერთა სისტემების შემუშავება. ცხადია, ეს სისტემები უკვე არსებულ ფერთა მოდელებს (RBG, HSB, SMY, SMYK და სხვ.) ეფუძნება.

არსებობს სხვადასხვა სახის მოდელი, რომლებიც სხვადასხვა პრინციპზეა აგებულნი და განსხვავებული დანიშნულება გააჩნიათ. რუკის დანიშნულებიდან და მისი გამოყენების სფეროდან გამომდინარე, კომპიუტერული რუკების შედგენი-

სას, გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ამ მოდელების ძირითადი თავისებურებანი და შესატყვისობა დასახულ მიზანთან.

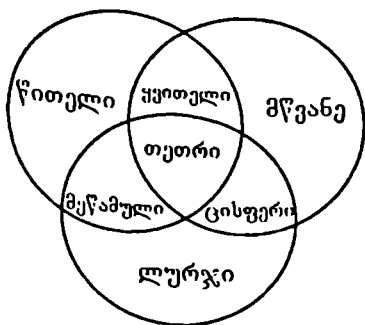
კომპიუტერის მონიტორზე კარტოგრაფიული გამოსახულება შეიძლება მოცემული იყოს, როგორც შავ-თეთრი, ნახევარტონური, ისე ფერადი სახით. თანამედროვე კომპიუტერების ეკრანებზე გამოსახულებაზე შეიძლება მოცემული იყოს 65 536 (high color რეჟიმში) ან 16,8 მლნ (true color რეჟიმში) ფერი ერთდროულად [Тахт, 2001]. თითოეულ ფერს შეიძლება ჰქონდეს 256 ტონი – ნულოვანი სიკაშკაშიდან 255-მდე.

განარჩევენ ფერის სამ ძირითად თვისებას: *ფერით ტონს* (სისტემატიზაციას შეფერილობის მიხედვით), *გაზავებულობას* (ტონალობის გამოსხივების ინტენსივობას) და *სიმკვეთრეს* (სიკაშკაშეს) [Назаров, 1962].

შავ-თეთრი და ნახევარტონური გამოსახულებების ფერთა სისტემისათვის, მათი სიმარტივის გამო, არ არის შემუშავებული ფერთა მოდელები, ვინაიდან თითოეული პიქსელი მხოლოდ ერთადერთი ფერითაა წარმოდგენილი და არა მათი ნარევი. თუმცა იმ სისტემებს, რომლებიც გამოიყენება შავ-თეთრი და ნახევარტონური გამოსახულებების შესაქმნელად, ხშირად არასწორად მოდელების სახელითაც იხსენიება.

ნახევარტონური გამოსახულება შავ-თეთრისაგან იმით განსხვავდება, რომ აქ ერთადერთი ფერია წარმოდგენილი, კერძოდ რუხის 256 ტონალურობიდან (შავიდან თეთრამდე) ერთერთი. ფერების ასეთ დიაპაზონს რუხ სკალას (grayscale) უწოდებენ. იგი შეიძლება განისაზღვროს შავი ფერის პროცენტული რაოდენობითაც (თეთრი ფერი 0%-ის ტოლია, ხოლო შავი – 100%-ის). ერთი პიქსელის კოდირებისათვის საჭიროა 8 ბიტი (1 ბაიტი) მეხსიერება. არსებობს Duotone სისტემებიც, რომლებიც ეფუძნებიან ორფერიანი (duotone), სამფერიანი (tritone) და ოთხფერიანი (quadtone) გამოსახულებების შექმნის პრინციპს.

RGB მოდელი ეფუძნება 3 საბაზო ფერს (ძირითად ტრიადას): წითელს (Red), მწვანესა (Green) და ლურჯს (Blue). ამ სამ ფერს *ძირითად ფერთა სისტემას* უწოდებენ. ფერები შეიძლება გეომეტრიულად გამოსახული იყოს საკოორდინატო სისტემაში. კერძოდ, 3 ურთიერთპერპენდიკულარულ კოორდი-



ნახ. 3.37. ფერების
ადიტიური შერევა
წყარო: Востокова, 1985.

ნატოა ღერძზე. რომელიმე კონკრეტული ფერი გამოისახება 1 წერტილის სახით ამ სამგანზომილებიან ფერით სისტემაში. თითოეულ საკოორდინატო ღერძს შეესაბამება რომელიმე საბაზო ფერი (კომპონენტი) – წითელი, მწვანე ან ლურჯი. მათი შერევისას წარმოიქმნება განსხვავებული ფერები: ცისფერი, მეწამული, ყვითელი და თეთრი (ნახ. 3.37). თეთრი ფერი მიიღება სამივე ფერის ერთდროული შერევისას¹. ფერთა შერევის ამ ხერხს ადიტიურს

უწოდებენ, ხოლო თვით ფერებს – **ადიტიურ ფერებს**². ამ შერეულ ფერებს ადამიანის თვალი ცალ-ცალკე ვერ არჩევს და ერთ ფერად აღიქვამს. ამრიგად, RGB მოდელით მიღებული გამოსახულების თითოეული პიქსელი არის წითლის, მწვანისა და ლურჯის გარკვეული პროპორციით შეზავების შედეგი.

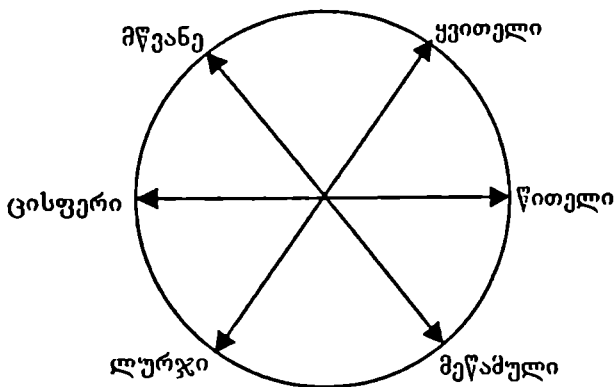
მოდელში თითოეული პიქსელის ფერის ინტენსივობა გამოისახება 0-დან (შავი) 255-მდე (თეთრი). მაგალითად, მკვეთრად წითელი ფერი გამოისახება შემდეგნაირად: R=246, G=20, B=50; მუქი ლურჯი – R=46, G=49, B=146; ღია ყვითელი – R=255, G=247, B=153 და ა.შ. როცა სამივე ფერი თანაბარი რა-

¹ ი. ნიუტონმა დაამტკიცა, რომ სინათლის სხივი, რომელიც ადამიანის თვალის მიერ თეთრად აღიქმება, არის სპექტრული ყველა ფერის შერევით წარმოქმნილი და რომ მათი შერევით მიიღება, აგრეთვე, ახალი ფერი, რომელიც თვით სპექტრში არ არსებობს. მაგალითად, მეწამული ფერი. წითელი, მწვანე და ლურჯი მიწნეულია ძირითად ფიზიოლოგიურ ფერებად, ვინაიდან ადამიანის ბადურაზე მოთავსებული ფოტორეცეპტორები (კოლებები) ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სწორედ ამ სამი ფერისადმი მგრძნობელობით. ეს მოსაზრება პირველად ახსნეს XIX საუკუნეში ინგლისელმა და გერმანელმა მეცნიერებმა ტ. იუნგმა და პ. ჰელმჰოლციმ. ასე შემუშავდა ხედვის სამფეროვანი ბუნება, ანუ ფერთა აღქმის სამკომპონენტიანი (ტრიკომატული თეორია).

² სიტყვა „ადიტიური“ მომდინარეობს ინგლისური სიტყვისაგან „add“, რაც ღამატებას ნიშნავს.

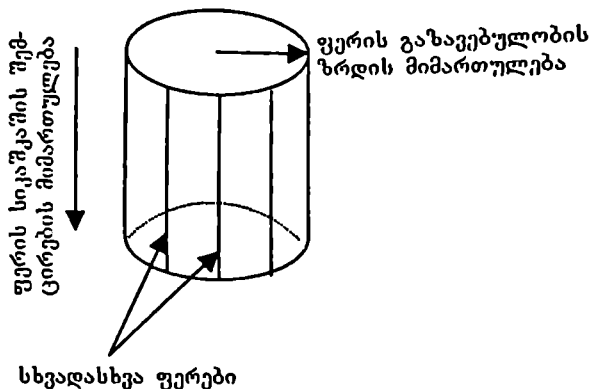
ოდენობითაა წარმოდგენილი, მაშინ მიიღება რუხი ფერი. მაგალითად, ღია რუხი ფერი გამოისახება შემდეგნაირად: R, G და B ტოლია 230-ის, მუქი რუხისა და შავი ფერების შემთხვევაში კი R, G და B ტოლია 255-ისა და 0-ის შესაბამისად.

HSB მოდელი¹ აგებულია RGB მოდელის საფუძველზე, მაგრამ იგი ეფუძნება ფერთა სხვა საკოორდინატო სისტემას. აბრევიატურა მომდინარეობს იმ ძირითადი პარამეტრების სახელწოდების პირველი ასოებიდან, რომლებიც განსაზღვრვენ ქრომატული ფერების თავისებურებებს. ესენია: ფერადი ტონები ანუ ფერი (Hue), გაზავებულობა (Saturation) და სიკაშკაშე (Brightness). ფერადი ტონები გულისხმობს მის მიკუთვნებას ამა თუ იმ სპექტრულ ფერზე (წითელი, ნარინჯისფერი, ყვითელი, მწვანე, ცისფერი, ლურჯი, იისფერი). იგი იზომება სტანდარტულ ფერითს ბორბალზე (ნახ. 338) მდებარეობით, 0-დან 360°-ის ფარგლებში. ფერის გაზავებულობა განისაზღვრება რუხი ფერის დამატების ხარისხით (პროცენტებში), ხოლო მისი სიკაშკაშე – სიმუქის ხარისხით (პროცენტებში: შავი – 0%, თეთრი – 100%).



ნახ. 338. ფერთა ბორბალი.

¹ ამ მოდელით ხშირად სარგებლობენ კომპიუტერული მხატვრები.



ნახ. 3.39. HSB მოდელის გრაფიკული გამოსახვა.

გრაფიკულად ეს მოდელი შეიძლება წარმოვიდგინოთ ცილინდრის სახით, სადაც ფერი განისაზღვრება მისი მდებარეობით ფერთა წრის კიდევებზე, კუთხური სიდიდით 0-დან 360°-მდე (ნახ. 3.39). აქ ფერებს აქვს მაქსიმალური გაზავებულობა და სიკაშკაშე (100-100%). ფერის გაზავებულობა იზრდება წრის კიდიდან, რადიუსის გასწვრივ, ცენტრამდე. ფერის სიკაშკაშე კი მცირდება (ე.ი. მუქდება) ზემოდან ქვედა მიმართულებით ცილინდრის ვერტიკალური ხაზის გასწვრივ. ამრიგად, ამ ხაზის გასწვრივ წარმოდგენილია მხოლოდ ერთადერთი ფერი, განსხვავებული სიკაშკაშით, ე.ი. ყოველი ვერტიკალური სიბრტყე არის ერთი ტონის ფერების ცხრილი, განსხვავებული შეზავებითა და სიკაშკაშით [Востокова, 1991].

HSB მოდელში სამივე ძირითად ფერს აქვს თანაბარი სიკაშკაშე, რაც არ შეესაბამება რეალობას (აღამიანის თვალის მიერ აღქმულს). სინამდვილეში მაქსიმალური სიკაშკაშე აქვს მწვანე, შემდეგ წითელ და ყველაზე ნაკლები ლურჯ ფერებს [Таїш, 2001].

CMY მოდელი ეფუძნება RGB მოდელს, კერძოდ, ფერები მიიღება თეთრისაგან ადიტიური ფერების გამოკლებით. ფერთა მიღების ასეთ ხერხს სუბსტრაქტიულს უწოდებენ, ხო-

ლო მიღებულ ფერებს – სუბსტრაქტიულ ფერებს¹ (subtractive colours). ცხადია, რომ CMY მოდელშიც სამი ძირითადი ფერი იქნება: ცისფერი (Cyan – თეთრი მინუს წითელი), მეწამული (Magenta – თეთრი მინუს მწვანე) და ყვითელი (Yellow – თეთრი მინუს ლურჯი). სწორედ ამ ფერების სახელწოდების პირველი ასოებით დგება მოდელის აბრევიატურაც. დასახელებული სამი ფერის მაქსიმალური რაოდენობის შერევით მიიღება შავი ფერი, მათი სრული არარსებობისას – თეთრი, ხოლო თანაბარი რაოდენობით შეხავებისას – რუხი ფერი.

CMYK მოდელი, ფაქტობრივად, იგივე CMY მოდელია გარკვეული შესწორებებით. იგი ფართოდ გამოიყენება პოლიგრაფიაში. ამიტომ CMY მოდელის ძირითად სამ ფერს – ცისფერს, მეწამულსა და ყვითელს, პოლიგრაფიულ ტრიადასაც უწოდებენ. მაგრამ იგი კარგ შედეგს ყოველთვის როდი იძლევა. საქმე ისაა, რომ ტოპოგრაფიული საღებავები შეიცავენ გარკვეულ მინარევებს და ისინი ზუსტად არ შეესატყვისებიან თეორიულად გათვლილ ფერს. განსაკუთრებით ცუდი შედეგი მიიღება ცისფერის გამობეჭდვისას ან სამივე ფერის შერევისას (შავის ნაცვლად მიიღება მღვრიე ყავისფერი). ამიტომ ტიპოგრაფიულ საღებავებში და, შესაბამისად, CMY მოდელში დამატებულია შავი ფერი, რომელსაც არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება მაღალხარისხოვანი ფერადი კარტოგრაფიული ნაწარმის მისაღებად. ასე წარმოიქმნა CMYK მოდელი, სადაც სიმბოლო K აღნიშნავს შავი ფერის ინგლისური სახელწოდების (Black) ბოლო ასოს². ამრიგად, CMYK მოდელი უფრო „ემპირიულ“ ხასიათს ატარებს, ვინაიდან იგი გამოსახავს ფერების წარმოდგენის არა თეორიულ, არამედ რეალურ მოდელს [Тама, 2001]. CMYK მოდელი სტანდარტული მოდელია, მაგრამ არც აქ არის შესაძლებელი ფერების ზუსტი დიაპაზონის შექმნა პოლიგრაფიული ბეჭდვისათვის, ვინაიდან ეს დამოკიდებულია საბეჭდი მოწყობილობის ხარისხზე.

¹ სიტყვა „სუბსტრაქტიული“ მომდინარეობს ინგლისური სიტყვისაგან subtract, რაც გამოკლებას ნიშნავს.

² ბოლო ასო იმიტომაცაა შერჩეული, რომ ამით თავიდან იქნება აცილებული ლურჯის ინგლისურ შესატყვისთან (Blue) აღრევა.

ფერის ინტენსივობა მოდელში განისაზღვრება ღია და მუქი ფერების პროცენტული თანაფარდობით. მაგალითად, კაშკაშა წითელი ფერისათვის $C=2\%$, $M=93\%$, $Y=90\%$ და $K=0\%$ -ს; მუქი ლურჯისათვის $C=100\%$, $M=100\%$, $Y=0\%$ და $K=0\%$ -ს. სუფთა თეთრი ფერი კი წარმოიქმნება მაშინ, როცა თითოეული კომპონენტის პროცენტული რაოდენობა ნულის ტოლია.

XYZ და L^*a^*b მოდელები ზემოთ დასახელებული მოდელებისაგან ერთი მთავარი თავისებურებით გამოირჩევიან. ისინი არ არიან ორიენტირებულნი კომპიუტერულ აპარატურაზე, კერძოდ, მონიტორის ლუმინოფორების¹ ხარისხზე. ამ მიზეზის გამო არც ისე იშვიათად რომელიმე მოდელით შექმნილი გამოსახულება სხვადასხვა მონიტორზე სხვადასხვანაირად გამოიყურება. ცხადია, ამ მხრივ, არც ეს მოდელია სრულყოფილი, შეუძლებელია ფერების ზუსტი აღეკატურის შექმნა, ვინაიდან ფერი აღქმის მახასიათებელია და დამოკიდებულია დამკვირვებელსა და გარემო პირობებზე. თუმცა მეცნიერები შეეცადნენ, მოეხდინათ ამ გარემო პირობების სტანდარტიზაცია. 1931 წელს განათების საერთაშორისო კომისიამ (CIE – Commission Internationale d'Éclairage) ჩაატარა მრავალრიცხოვანი დაკვირვება ფერებზე და ადამიანთა მიერ მათ აღქმაზე. ჩატარებული დაკვირვებების საფუძველზე განისაზღვრა ფერთა XYZ მოდელის საბაზო კომპონენტები და ფერთა განზომილებების საერთაშორისო სტანდარტები. ამდენად, მიიღეს მოდელი, რომელიც დამოკიდებულია არა აპარატურაზე (device independent) – მონიტორზე, პრინტერზე, პლოტერზე, სკანერზე, არამედ აღიწერება ისე როგორც მას აღიქვამს ადამიანის თვალი [Tafel, 2001].

XYZ მოდელის საფუძველზე შეიქმნა L^*a^*b მოდელი², რომელიც ფართოდ გამოიყენება კომპიუტერულ გრაფიკაში (ნახ. 3.39).

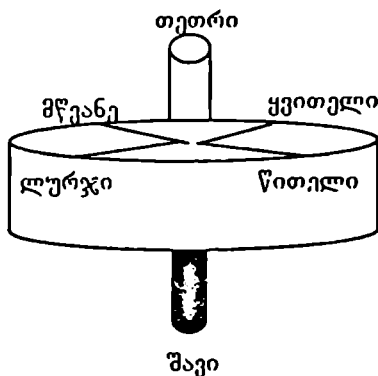
¹ ლუმინოფორები (ლათ. lumen – სინათლე, ბერძნ. phoros – გადამტანი) – ნივთიერებები, რომლებიც შთანთქმულ ენერგიას გარდაქმნიან სინათლის გამოსხივების ენერგიად. მათ იყენებენ ეკრანების დასაზოადებლად.

² მოდელი შეიმუშავეს ამერიკელმა მეცნიერებმა დ. პიუბლმა და ტ. ეაიზელმა. როგორც აღმოჩნდა, ეს მოდელი საოცრად შეესაბამება ადამიანის თვალის მიერ ფერების აღქმის ბიოლოგიურ მექანიზმს. ამ აღმოჩენისათვის მათ 1981 წელს მიიღეს ნობელის პრემია.

L გულისხმობს გამოსახულების სიკაშკაშეს (განისაზღვრება 0-დან 100-მდე), ხოლო a და b – ქრომატულ კომპონენტებს, ანუ ფერებს. a იცვლება მწვანიდან წითლამდე, ხოლო b – ლურჯიდან ყვითლამდე (განისაზღვრება +120-დან -120-მდე). მოდელში სიკაშკაშე ფერისაგან სრულიად დამოუკიდებლად არის წარმოდგენილი. მოდელის მნიშვნელოვანი უპირატესობა იმაშიც მდგომარეობს, რომ შედარებით იოლად რეგულირდება გამოსახულების კონტრასტულობა, ფერის სიმკვეთრე და სხვა მახასიათებლები, თუმცა თვით მოდელის მუშაობის პრინციპი საკმაოდ რთულია. იგი არის შუალედური მოდელი, ფერთა ერთი მოდელიდან მეორეზე გადასასვლელად.

დასახელებულ მოდელებს შორის L^*a^*b მოდელს აქვს ფერთა ყველაზე ფართო გაზა (gamut), ვინაიდან იგი მოიცავს RGB და CMYK მოდელების ყველა ფერს. RGB შეზღუდულია იმ ფერების გამოთ, რომელიც შეუძლიათ აჩვენონ მონიტორზე, ხოლო CMYK (გაცილებით მცირე ფერებითაა წარმოდგენილი) – იმ ფერებით, რომელთა გამოყენება შეიძლება ბეჭდვისას.

ინდექსირებული ფერის (Indexed colore) მოდელი გამოიყენება გამოსახულების ერთი მოდელიდან მეორეში გადაყვანისათვის. მოდელის საფუძველზე დგება ფერების ცხრილი (CLUT), სადაც ინახება თითოეული ფერის ინდექსი. ინდექსირებულ ფერებში გამოსახულების გარდაქმნისას მცირდება ფერების რაოდენობა. თუკი გამოსახულების რომელიმე ფერი არ არის ცხრილში ასახული, მაშინ პროგრამა თვითონ შეარჩევს ყველაზე ახლო მდებარე ფერს. ეს პროცედურა საშუალებას იძლევა, გამოსახუ-



ნახ. 3.39. L^*a^*b მოდელის გრაფიკული გამოსახვა

ლების ხარისხის შენარჩუნებით, მოხდეს ფაილის ზომის შემცირება. თუმცა მოდელი შეზღუდულია ფერთა პალიტრითა და გამოსახულების რედაქტირების საშუალებებით.

ინფორმაცია გამოსახულების ფერის სიკაშკაშის შესახებ ინახება პალიტრის არხში (palette channel). ფერადი გამოსახულების არხები მოდელის საბაზო ფერებს შეესაბამება. თითოეული არხი არის ნახევარტონურ ფერთა სისტემა, სადაც პიქსელების სიკაშკაშე დამოკიდებულია საბაზო ფერების შეზაფხების ხარისხზე. არხი კოდირებულია 8 ბიტით, ე.ი. ფერის გრადაციების რიცხვი 256-ის ტოლია. Bitmap, duotone და ინდექსირებული ფერების გამოსახულებას აქვს მხოლოდ 1 არხი, RGB, HSB, SMY და L^*a^*b მოდელებს – 3, ე.ი. ნახევარტონურ გამოსახულებასთან შედარებით 3-ჯერ მეტ მეხსიერებას იკავებენ. თითოეული პიქსელის აღწერისათვის საჭიროა 8 ბიტი, ე.ი. სულ: $3 \times 8 \text{ ბიტი} = 24 \text{ ბიტი}$. CMYK მოდელი 4-არხიანია: $4 \times 8 \text{ ბიტი} = 32 \text{ ბიტი}$. სხვადასხვა მოდელში ფერთა გარდაქმნისათვის გამოიყენება მრავალარხიანი (multichannel) გამოსახულებები. არის დამატებითი არხების შექმნის საშუალებაც (გამონაკლისია მხოლოდ bitmap გამოსახულება). მათ ექსტრაარხებს, ანუ აღფაბეტურ არხებს (extra channels, alpha channels) უწოდებენ. გამოსახულებას შეიძლება ჰქონდეს 24 არხი.

3.15. ბერიწორმაციული სისტემების საბოლოო პროდუქტი (დოზაიონი)

LAST PRODUCT OF GIS (DESIGN)

რუკების გაფორმება გულისხმობს კარტოგრაფიული ნიშნების შერჩევისა და გამოყენების თეორიული და პრაქტიკული საკითხების შემუშავებას. მთავარი მისი ამოცანაა ამ ნიშნების რაციონალური და ეფექტური სისტემის, კარტოგრაფიული ნაწარმოების საერთო კომპოზიციური სტრუქტურის შექმნა და რუკის ორიგინალების მომზადების საშუალებების შემუშავება (Востокова, 1985).

კომპიუტერული რუკების დიზაინი იმავე პრინციპებს უნდა ემორჩილებოდეს, რასაც ტრადიციული. მაგრამ არის მრავალი ისეთი ნიუანსი, რომელიც დამახასიათებელია მხოლოდ ეკრანული რუკებისათვის. ამიტომ გის-ის მეშვეობით შექმნილ რუკებზე აუცილებლად მაქსიმალურად უნდა იქნეს გათვალისწინებული პროგრამული შესაძლებლობები.

გეოინფორმაციული სისტემის საბოლოო პროდუქტი არა მარტო მისი ანალიზია, არამედ მისი ვიზუალიზაციაც. ანალიზის შედეგების გამოტანა შეიძლება იყოს მუდმივი (Permanent) ან დროებითი (Ephemeral). პირველს განეკუთვნება შედეგის გამოტანა ქაღალდზე, მაგნიტურ ლენტზე, რომლებიც დიდი ხნის მანძილზე შეიძლება შევინახოთ. მეორე კი არის შედეგის გამოტანა მონიტორის ეკრანზე ან პროექციულ ეკრანზე (დემონსტრირებისათვის).

გის-ების საბოლოო პროდუქტი შეიძლება იყოს მრავალგვარი. მათ შორის უმთავრესია კარტოგრაფიული გამოსახულება, განსაკუთრებით რუკები, ვინაიდან ისინი გეოგრაფიული ინფორმაციის წარმოდგენის ყველაზე კომპაქტური საშუალებაა. გის-ები მრავალგვარი რუკებისა და დამატებითი ეფექტების შექმნის საშუალებას იძლევა, მაგრამ ამ სისტემებს საკმაოდ შეზღუდული შესაძლებლობები აქვს კარტოგრაფიული წარმოებისა და დიზაინის თვალსაზრისით.

გის-ის საბოლოო პროდუქტი უმეტეს შემთხვევაში არის რუკა, რომელიც ნაკლებად არის ზოგადგეოგრაფიული. იგი უფრო მეტად თემატური რუკითაა (Thematic map) წარმოდგენილი. ამავდროულად ისინი იძლევიან ინფორმაციას ობიექტების სივრცობრივი განლაგებისა და განზომილებების შესახებ. თემატური რუკა უპირველესად უნდა იყოს ინფორმაციატევადი და კითხვადი იმ თვალსაზრისით, რისთვისაც შეიქმნა თვით გეოინფორმაციული სისტემა. მასზე არ უნდა იყოს არაფერი „ზედმეტი“, ე.ი. იგი უნდა იყოს დამუშავებული და გენერალიზებული.

რუკის დიზაინი საკმაოდ რთული შესასრულებელია, მიუხედავად იმისა, რომ პროგრამულ პროდუქტებს საკმაოდ ფართო შესაძლებლობები გააჩნიათ. კარტოგრაფიული დიზაინის ლოგიკური (ინტელექტუალური) და გრაფიკული (ვიზუ-

ალური) ამოცანები ხშირად ერთმანეთთან არათავსებადია, ამიტომ გარკვეულ კომპრომისზე წასვლაა საჭირო. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ გრაფიკული ობიექტები აბსოლუტური სიზუსტით არ იქნება მოცემული [Demerc, 1999].

სხვადასხვა გეოგრაფიული ობიექტების (დასახლებული პუნქტების, გზებისა და სხვა) ზუსტი ადგილმდებარეობის „მიკუთვნებით“ რუკაზე შეიძლება მივიღოთ ურთიერთგადაფარული პოლიგონები. ამიტომ შემუშავებულია ისეთი კომპრომისები გეოგრაფიული ობიექტების სიერცობრივ განლაგებაში, რომელთა მეშვეობითაც ყველაზე ეფექტური შედეგი მიიღება. დადგენილი ნორმებისაგან გადახვევა კი რუკას ნაკლებად ეფექტურს ხდის.

რუკის დიზაინისათვის თავდაპირველად თვით რუკის ტიპი უნდა შეირჩეს, აგრეთვე, მასზე ობიექტების განლაგება და ზოგადი ხედი. ეს ინტუიციური პროცესია. შემდგომ უნდა შეირჩეს სიმბოლოები, კლასების ინტერვალები, ფერი, ხაზების ტიპი და სხვა გრაფიკული ელემენტები. ზემოთ აღნიშნული ყველა ეს პროცედურა შეიძლება თავდაპირველად ხელით შესრულდეს ესკიზის სახით. დიზაინის პროცესის საბოლოო სტადია კი ესკიზის რეალურ პროდუქტად ქცევაა.

უნდა გაითვალისწინოთ ის გარემოებაც, რომ ქალაქზე გამოიბეჭდილი (პრინტერით ან პლოტერით) რუკა განსხვავდება ეკრანისაგან, რაც განპირობებულია სხვადასხვა მიზეზით. ხშირად კომპიუტერის და პრინტერის შრიფტები განსხვავებულია, რაც იწვევს წარწერების ურთიერთგადაფარვას, ან გადაადგილებას. ეკრანულ რუკაზე კი ასე არ არის გამოსახული, ზოგჯერ შეცვლილია სიმბოლოებიც, განსაკუთრებით ეროვნული აღფაბეტის სიმბოლოები და სპეციალური ნიშნები (რომელთა კოდები განსხვავებულია კომპიუტერსა და პრინტერზე).

ხშირად წარმოიქმნება ფერების შეუსაბამობის პრობლემა – კომპიუტერული და ქალაქის რუკის ფერები საგრძნობლად განსხვავებულია. ამიტომ წინასწარ უნდა გამოიბეჭდოს რუკის რომელიმე მცირე ნაწილი, რათა ამით შეფასდეს ფერების შეთავსებადობა, ან გამოვიყენოთ კალიბრირების სპე-

ციალური პროგრამები, რითაც მიღწეული იქნება ეკრანისა და ქაღალდის რუკების მაქსიმალური შესაბამისობა.

რუკის სიმბოლოები უნდა შეირჩეს იმგვარად, რომ ისინი ადვილად კითხვადი იყოს. ცვალებადობა უნდა გამოვსახოთ ვიზუალური კონტრასტებით: ზომით, ფერით, შრაფირებით, სიკაშკაშით, სიდიდით, აგრეთვე, ახალი სახვითი საშუალებებით – ციმციმით, ანიმაციით, ხმიანი ეფექტით და ა.შ.

ვინაიდან რუკა აღიქმება როგორც ერთიანი მთლიანი, აუცილებელია ყურადღება მიექცეს ღიზანის ისეთ მახასიათებლებს, როგორიცაა კითხვადობა (legibility), ვიზუალური კონტრასტი (visual contrast), ძირითადი გამოსახულებისა და ფონის დამოკიდებულება (figure-ground) და იერარქიული სტრუქტურა (hierarcial structure).

სიმბოლოების ზომის შერჩევისას უნდა გავითვალისწინოთ ის მანძილი, საიდანაც დაიკვირვება რუკა, ამიტომ მისი ზომები ინდივიდუალურად იცვლება რამდენიმე ათეული სანტიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდე (დემონსტრირებისას). ამ დროს უნდა გავითვალისწინოთ მოწყობილობებისა და ადამიანის თვალის ვიზუალური შეზღუდულობანიც.

რუკისათვის შერჩეული სიმბოლოები უნდა იყოს თემატური შინაარსის „შესატყვისი“, მისი „ხატი“, ე.ი. გამოსახვის ფორმა უნდა შეესაბამებოდეს ობიექტის შინაარსს. ტრადიციულ კარტოგრაფიაში შემუშავებულია მთელი რიგი აღნიშვნები (გეოლოგიური აგებულების, სასარგებლო წიაღისეულის, მთების, ბერშტრიხების და სხვათა). უმჯობესია ვისარგებლოთ ამ სისტემით, მიუხედავად იმისა, რომ იგი არ არის მთლიანად უნიფიცირებული.

ზოგჯერ ობიექტები გამოსახულია სხვადასხვა ზომით, შრაფირებით და სხვა პარამეტრებით, მაგრამ ისინი მაინც ერთნაირად გამოიყურება. ასეთ შემთხვევაში უნდა შეირჩეს მკვეთრად განსხვავებული, კონტრასტული ვარიაციები, მაგრამ კონტრასტები ძლიერ დიდი არ უნდა იყოს.

რუკის შედგენისას უნდა გავითვალისწინოთ მისი წყობა (დაკაბადონება). ზოგჯერ რუკა არასაინტერესოდ გამოიყურება იმის გამო, რომ მასზე ბევრია ან ცოტა თეთრი ფონი. მაგალითად, წაგრძელებული, მოღუნული, ირიბი ორიენტა-

ციის მქონე რეგიონის რუკის შედგენისას წარმოიქმნება ბევრი „ცარიელი“, თეთრი ადგილი, სადაც შეიძლება მოვათავსოთ მასშტაბი, ჩრდილოეთის მიმართულების მანევრებელი, ცხრილი, გრაფიკი, ლეგენდა და სხვა კომპონენტები. თუკი რუკაზე ფონს დიდი ადგილი უკავია, იქმნება შთაბეჭდილება, რომ იგი არასრულყოფილია.

ყველა გრაფიკული ელემენტი რუკაზე ისეთ იერარქიულ ორგანიზაციაში უნდა იყოს, რომ გამოიკეთოს, რომელია ყველაზე მნიშვნელოვანი მათ შორის. ეს პრინციპი ნაკლებად გამოიყენება სოციალგეოგრაფიულ რუკებზე (ვინაიდან მისი მიზანია სხვადასხვა ინტერესების მქონე მომხმარებელს მისცეს საშუალება ფოკუსირება გაუკეთოს მისთვის საჭირო ელემენტს, ამიტომ რუკის ყველა ელემენტს, თანაბარი მნიშვნელობა აქვს). რაც შეეხება გის-ის თემატურ რუკებს, მათზე განსაკუთრებულად უნდა იყოს გამოყოფილი კონკრეტული ობიექტები და ანალიზის შედეგები. ეს კი შეიძლება განხორციელდეს იერარქიული ორგანიზაციით ან ელემენტების დაყოფით ვიზუალური მნიშვნელობების დონეების მიხედვით. იერარქიული ორგანიზაციის მიღწევის სამი ძირითადი მეთოდი არსებობს [Демерс, 1999]:

- **სტერეოგრამული მეთოდი (Stereogrammic method)** – მოითხოვს გრაფიკული ხერხებისა და მოდიფიკაციების იმგვარად შერჩევას, რომ ყველაზე მნიშვნელოვანი ელემენტები განსაკუთრებულად მკაფიოდ გამოირჩეოდეს, ვიდრე ნაკლები მნიშვნელობის ელემენტები. ამისათვის იყენებენ სამგანზომილებიან ობიექტებს, სისქის, ფერის, სიკაშკაშის, ზომების განსხვავებულობას.
- **განგრცობითი მეთოდი (Extensional method)** – ყველაზე ხშირად გამოიყენება ხაზოვანი და წერტილოვანი ობიექტების გამოსახვისათვის. მაგალითად, ძირითადი გზები უფრო გამოკვეთილი უნდა იყოს, ვიდრე მეორეხარისხოვანი. აქ შეიძლება ვარირება გაუუკეთოთ ხაზის სისქეს, სიკაშკაშეს, შიდა სტრუქტურას (წყვეტილობა, შრაფირების სიგრძე და ა.შ.).
- **დანაწილებითი იერარქიის მეთოდი (Subdivisional hierarchical method)** – გამოიყენება უმთავრესად შიდა სტრუქტურის საჩვენებლად. მაგალითად, საძოვარი შეიძლება იყოს აქტიური, ზომიერი ან ნაკლები ზემოქმედების ქვეშ. თითოეულ მათ-

განს განსხვავებული ინტენსივობის ფერი ან შრაფირება ეძლევა. ეს მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ საზღვრების შემთხვევაშიც. კერძოდ, სახელმწიფო საზღვრების გამოსახვისათვის გამოვიყენოთ მსხვილი ხაზები, ხოლო ადმინისტრაციული ერთეულებისათვის – შედარებით წერილი ხაზები და ა.შ.

განვრცობითი და დანაწილებითი იერარქიის მეთოდებს შორის განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ პირველი უფრო მეტად შეესაბამება გაზომვების თანამიმდევრულ სკალას, მეორე კი – ნომინალურს.

დიზაინის ხასიათი დამოკიდებულია თვით რუკის დანიშნულებაზეც (purpose), ვინაიდან გის-ში შექნილი რუკა გამიზნულია ანალიზის კონკრეტული შედეგის გამოსახვისათვის. აქ მნიშვნელოვანია გამოსახვის სიმარტივე, რაც უფრო მეტადაა ფოკუსირებული შედეგი, მით უფრო ადვილია მისი აღქმა, გაგება. თუმცა მონაცემთა უზარმაზრი მასივები და თანამედროვე პროგრამული პროდუქტების ფართო შესაძლებლობები რუკების გადატვირთვის ტენდენციას ქმნის. ასეთ შემთხვევაში უმჯობესია ანალიტიკური პროცესების სხვა შედეგები მოვათავსოთ სხვა რუკაზე (ფენაზე).

რუკას აქვს ერგონომიული ამოცანაც (affective objective), რაც გულისხმობს არა იმდენად იმას, რა არის გამოსახული, არამედ როგორ კეთდება იგი. რუკა უნდა იყოს იმის ადეკვატური, რისი თქმაც გესურს. მაგალითად, თუკი რუკაზე დეტანილია ზეავსაშიში ზონები, მაშინ მისმა დიზაინმა დემონსტრირება უნდა გაუკეთოს მას. თუ ეს ზეავსაშიში ზონები „სასიამოვნო“ გამოსახულებების სახით იქნება წარმოდგენილი, მათ შეიძლება ჰქონდეთ მხოლოდ სამხატვრო ღირებულება, მაგრამ არ გამოხატავდეს იმას, რისი „თქმაც“, შეტყობინებაც სურდათ მომხმარებლისათვის. აქედან გამომდინარე, რუკა არა მარტო გარეგნულად უნდა გამოიყურებოდეს „ლამაზად“, არამედ შინაარსობრივად თემატიკის შესატყვისი უნდა იყოს.

რუკის ლეგენდის შექმნისას ხშირად წარმოიქმნება პრობლემა კატეგორიებთან დაკავშირებით. კერძოდ, არასაკმარისი

იერარქიული დაყოფის გამო რთულად განიხილება რომელი პოლიგონი რომელ კატეგორიას მიეკუთვნება.

რუკის მასშტაბის ცვლილებისას პროპორციულად მცირდება სიმბოლოები და რუკის დეტალურობა. მაგრამ დგება მომენტი, როცა შემცირების შემთხვევაში ინფორმაცია იკარგება.

რუკის დიზაინზე მუშაობისას გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მისი შემდგომი გამოყენების პირობები. კერძოდ, თუკი რუკა გამოყენებული იქნება ცუდი განათების პირობებში, მაშინ უნდა გაეზარდოს კონტრასტები და სიმბოლოების ზომები.

რუკის ტრადიციული ფორმით წარმოდგენის გარდა, ბოლო ხანს მიმართავენ არატრადიციულ ვიზუალიზაციასაც, რაც მრავალ კომერციულ გის-ს გააჩნია. თემატური რუკების არატრადიციული წარმოდგენისათვის ერთ-ერთი პირველი ვექტორული გრაფიკული გამოსახვა იყო „მავთულისებრი“ დიაგრამები (fishnet maps, wire-frame diagrams). ამჟამად იგი ერთ-ერთი ყველაზე გაერცელებული კარტოგრაფიული ფორმაა, რაც სამგანზომილებიანის შთაბეჭდილებას ტოვებს, თუმცა ანალიზის თვალსაზრისით ნაკლები ღირებულებისაა.

გასათვალისწინებელია დიზაინის დამატებითი პარამეტრები: მანძილი, აზიმუტი და ხედვის კუთხე, აგრეთვე, განათების წყაროს მდებარეობა.

რუკების არატრადიციულ ვიზუალიზაციაში დღეს განსაკუთრებული ადგილი უკავია ანიმაციას, როგორც ორგანზომილებიან (დინამიკა ასახულია რეალურად, როგორც მიმდინარეობს), ისე სამგანზომილებიან (ზემოდან ფრენის ეფექტით) სისტემებში.

არსებობს ვიზუალიზაციის სხვა ფორმებიც, როგორიცაა დაჩრდილება. იგი განსაკუთრებით ხელსაყრელია ტოპოგრაფიული ზედაპირის ვიზუალიზაციისას (სამგანზომილებიანი რუკების შექმნის გარეშე). ასეთი რუკა გამოიყურება როგორც სურათი ზემოდან.

შესაძლებელია კარტოგრამების (cartograms), აგრეთვე, კარტოდიაგრამების, კარტოსქემების შექმნა.

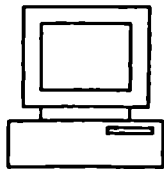
მართალია, გის-ის საბოლოო პროდუქტი, უმეტეს შემთხვევაში, არის რუკა, თუმცა მონაცემები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს გრაფიკის, ან ცხრილის სახით.

ტექსტისა და დიზაინის საკითხები ზოგადად ცნობილია: შრიფტი უნდა იყოს კითხვადი, „მორთულობების“ გარეშე, შრიფტის ფერი და ფონი შესაბამისი - კარგი კონტრასტებით. ცხრილი და სხვა დამატებითი კომპონენტები ჩარჩოთი უნდა იყოს გამოყოფილი რუკისაგან.

გრაფიკები, ჩვეულებრივ, იგება დეკარტულ სისტემაში, იშვიათად სხვა, მაგალითად, პოლარულ სისტემაში, სადაც კოორდინატები ვექტორის კუთხე და სიგრძეა, რომლებიც გატარებულია საწყისი წერტილიდან. მარტივ გრაფიკებზე მონაცემები მოცემულია წერტილების სახით, რომლებიც შეერთებულია სწორი ხაზებით ან მრუდით. ხშირად მიმართავენ პისტოგრამებსაც, სადაც წერტილების ნაცვლად გამოსახულია სვეტები (ვერტიკალური ან ჰორიზონტული). იგი საუკეთესოა დისკრეტული მონაცემების გამოსახვისათვის.

შესაძლებელია გრაფიკებზე სხვა დამატებითი შესაძლებლობების გამოყენებაც: ფერის, ხაზების, ფიგურების, მოცულობითი არეების, სახალისო სიმბოლოების და ა.შ. მაგრამ მათი ჭარბი გამოყენება არ არის სასურველი, ვინაიდან ხშირად ისინი აუარესებენ კითხვადობას და ძაბავენ თვალს.

ფოტოსურათი გეოინფორმაციული სისტემის ერთ-ერთი ახალი არაკარტოგრაფიული ფორმაა, რომელიც სულ უფრო პოპულარული ხდება. ეს გამოსახულება შეიძლება მივიღოთ სკანირებით, ვიდეოკასეტის ცალკეული კადრების დაციფრით. მაგრამ მათი გამოყენება ყოველთვის არ არის სასურველი, ვინაიდან ისინი ყურადღებას ფანტავენ. მათ მიმართავენ იმ შემთხვევაში, როცა ისინი რეალურად ასახავენ გისის ძირითად არსს.



ხელოვნური ინტელექტი (AI – Artificial intelligence) არის სამეცნიერო კვლევების მიმართულება, რომელიც დაკავშირებულია ექსპერტულ სისტემებთან, თეორიების ავტომატურ დამტკიცებასთან, სახეების ამოცნობასთან, რობოტტექნიკასთან, ბუნებრივი ენების გაგებასთან და ა.შ. [Проходаков, Теплицкий, 2002].

1950 წელს შემოთავაზებული იქნა (ა. ტიურინგი) ტერმინი კომპიუტერული ინტელექტი (computer intelligence). მაგრამ იგი ვერ დამკვიდრდა. გაცილებით უფრო ფართოდ დაინერგა ტერმინი ხელოვნური ინტელექტი (1956 წლიდან, შემოთავაზებული ჯ. მაკარტის მიერ).

ხელოვნური ინტელექტის სისტემებს დღეს მრავალ სფეროში იყენებენ. პროცესორების ტექნიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესების ფონზე ხელოვნური ინტელექტის მრავალი საინტერესო თეორიული იდეა განხორციელდა: თუმცა იგი ჯერ კიდევ არ არის ისე სრულყოფილად განვითარებული, როგორც გეოინფორმაციული სისტემები.

თავდაპირველად ხელოვნური ინტელექტის სისტემები ეფუძნებოდა დაპროგრამების ენებს: ლისპსა და პროლოგს, რომლებიც დღეისათვის მოძველებულად ითვლება. ამჟამად უფრო ფართოდ გამოიყენება ისეთი ტექნოლოგიები, რომლებიც ეფუძნება უსასრულო რაოდენობების ლოგიკას (ნაცვლად ორობითი ლოგიკის „კი-არა“ პრინციპისა). მაგალითად, Bayesian-ქსელი, რომელიც გულისხმობს კვანძებიდან სხვა მდგომარეობაში გადასვლის მრავალ შესაძლებლობას [Бонровский].

ხელოვნური ინტელექტის შესახებ სამეცნიერო ნაშრომები არც ისე ხშირია. რამდენიმე წლის წინ კი იგი გაცილებით ხშირად გვხვდებოდა. თეორიული კვლევებიდან ექსპერიმენ-

ტულზე გადასვლა გაცილებით უფრო რთული აღმოჩნდა, ვიდრე ამას ვარაუდობდნენ. ამ პრობლემის მთავარი მიზეზი ორია: კომპიუტერული და ადამიანური რესურსების უკმარისობა.

კომპიუტერული რესურსების უკმარისობა უპირველესად გულისხმობს გამოთვლითი სისტემების, ოპერატიული და შიგა მეხსიერების ტევადობას. ხელოვნური ინტელექტის განვითარებას განაპირობებს კომპიუტერების გამოთვლითი სიმძლავრეები. როგორც ვარაუდობენ, უახლოეს 5-10 წელიწადში ეს რესურსი სათანადო დონეს მიაღწევს, რის შედეგადაც გადაწყდება საკმაოდ რთული პრაქტიკული ამოცანები. ამას ხელს უწყობს ის ფაქტორიც, რომ ალგორითმების შედგენის ხარისხი თანდათან მალღდება.

ადამიანური რესურსების უკმარისობა კი უმთავრესად დაკავშირებულია იმ ფაქტთან, რომ ხელოვნური ინტელექტის სისტემების განვითარებისათვის აუცილებელია ცოდნის ახალი სპეციალისტების ჩართვა და ხანგრძლივი კვლევითი პროექტების ორგანიზება. ეს გაცილებით რთულად გადასატრელებელი პრობლემაა, რაც კიდევ უფრო რთულდება თანამედროვე მსოფლიოში. დღეისათვის არსებული ხელოვნური ინტელექტის ცენტრები, რომლებიც განლაგებულია მხოლოდ დიდ უნივერსიტეტებში, სრულიად არასაკმარისია [Бонровский].

ხელოვნური ინტელექტის განვითარების რამდენიმე მიმართულება არსებობს. ზოგიერთი მათგანი დღეს მხოლოდ თეორიულ დონეზეა განვითარებული და არანაირ სერიოზულ ინტერესს არ იწვევს პრაქტიკულ საქმიანობაში. მაგრამ არის ისეთი სფეროები, განსაკუთრებით სამხედრო საქმე, რომელიც წარმოდგენილია ამ სისტემების გარეშე. რიგითობის მიხედვით, ყველაზე დიდი დაინტერესების არეალში ექცევა ნეირონული ქსელები.

ს. ბობროვსკი გვთავაზობს ხელოვნური ინტელექტის განვითარების რამდენიმე მთავარ მიმართულებას [Бонровский]:

I. ნეირონული ქსელები (ANN – artificial neural network) ახდენს ისეთი ქსელის მოდელირებას, სადაც უჯრედები ერთმანეთზე ურთიერთზემოქმედებენ, მსგავსად ადამიანის ნერვული სისტემისა [Проходаков, Теплицкий, 2002]. სახელწოდებაც აქედან

მომდინარეობს. ნეირონული ქსელების მეშვეობით უნდა მოხდეს კანონზომიერებების გამოვლენა ისეთ სიტუაციებში, რომლებიც ქაოტურადაა მიჩნეული და უნდა გააკეთოს ამ სიტუაციის შემდგომი განვითარების პროგნოზი [კომპიუტერული ტერმინოლოგიის..., 2000]. ნეირონული ქსელების პროგრამებით უნდა მოხდეს:

- ♣ სწავლების ალგორითმების შემუშავება.
- ♣ ბუნებრივი ენების დამუშავება.
- ♣ გამოსახულებების, საუბრის (speech recognition), სიგნალების ამოცნობა.
- ♣ ინტელექტუალური ინტერფეისის მოდელების შექმნა.

II. ევოლუციური გამოთვლები – ავტონომიური ქცევის მოდელების შექმნა

- + რობოტტექნიკა.
- + ვირტუალური მასწავლებლის ფუნქციების შესრულება.

III. აერთიანებს რამდენიმე მიმართულებას:

არაზუსტი ლოგიკა.

გამოსახულების დამუშავება.

ექსპერტული სისტემები.

ინტელექტუალური დანართები – გულისხმობს რთული კომპიუტერული ამოცანების გადაჭრისას ძეგნის ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღებას.

განაწილებული გამოთვლები – ახდენს პროცესორების ოპტიმალურ დატვირთვას ქსელებში (მაქსიმალური ეფექტურობისათვის), მოწყობილობების თვითკონფიგურაციას, ავლენს შეუსაბამობას ქსელის ობიექტებს შორის.

ინტელექტუალური საინჟინრო საქმე – მსხვილი პროგრამული საინჟინრო სისტემების შემუშავება.

თვითორგანიზებადი მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა (DBMS) – პროცესი იქნება თვითმართვადი და არ დასჭირდება აღმინისტრირება.

IV. ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები:

- ① ბუნებრივი ენების ავტომატური ანალიზი.
- ① OLAP-ანალიზი – შეკითხვების ვიზუალური მიცემა.
- ① სამედიცინო სისტემები.

- ① სრულიად ავტომატიზებული კიბერქარხნების შექმნა.
- ② კონკრეტული ამოცანების გადასაჭრელად გამოყენებითი მეთოდების შემუშავება ფინანსების, მედიცინისა და მათემატიკის სფეროში.

4.2. ცნება ექსპერტული სისტემების შესახებ

DEFINITION OF EXPERT SYSTEMS

XX საუკუნის 80-იანი წლების დასაწყისში მეცნიერებაში – ხელოვნური ინტელექტის სფეროში განვითარდა ახალი მიმართულება, რომელიც ექსპერტული სისტემების (ეს)¹ სახელითაა ცნობილი. ეს მიმართულება სულ უფრო და უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს თანამედროვეობაში, ვინაიდან ითვლება, რომ იგი იქცევა V თაობის კომპიუტერების ინტელექტუალურ ბაზად.

ექსპერტული სისტემების (Expert Systems) მიზანია ისეთი კომპიუტერული პროგრამების შემუშავება, რომლებსაც შეუძლიათ ლოგიკური გადაწყვეტილებების მიღება, ამასთან ექსპერიმენტისათვის რთულად გადასაჭრელი ამოცანების შესრულებისას ისეთი შედეგების მიღწევა, რომლებიც ხარისხითა და ეფექტურობით არ ჩამორჩება ექსპერტის მიერ მიღებული საგან [Тихонов, 1989]. ექსპერტული სისტემის გამოყენება ეფექტურია ისეთ შემთხვევაში, როცა დასმული ამოცანა რთულად მუშავდება რაოდენობრივად და ალგორითმულად. ამიტომ ექსპერტული სისტემები უმთავრესად გამოიყენება რთულად ფორმალიზებული ამოცანების, ან ისეთი ამოცანების ამოსახსნელად, რომლებსაც არა აქვთ ალგორითმული ახსნა (ე.ი. მიზნისაკენ მიმავალი ვარიანტების მექანიკური გადაარჩევა) [Берушавицкии, Кевкхиашвили, 1989]. ამგვარად, მთავარი განსხვავება ექსპერტული სისტემისა გეოინფორმაციული სისტემისაგან მდგომარეობს იმაში, რომ ეს უკანასკნელი ახდენს

¹ მეორენაირად მას უწოდებენ *ცოდნაზე დაფუძნებულ სისტემას* (knowledge-based system), ან *ცოდნის ინჟინერიას* მაგრამ მთავარი აქ არის ის გარემოება, რომ სისტემამ რთულ სიტუაციაში უნდა მიიღოს გადაწყვეტილება, რისთვისაც აუცილებელია ექსპერტის ცოდნა. სწორედ ამიტომ უფრო მეტად დამკვიდრდა ტერმინი „ექსპერტული სისტემა“.

ინფორმაციის არა მარტო მიღებასა და დამუშავებასა, არამედ ინფორმაციის გარკვეულ ექსპერტულ შეფასებასაც.

ექსპერტული სისტემის მთავარი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მეცნიერებაში (ან სხვა სფეროში) დაგროვილი „ცოდნა“ და გამოცდილება ასახოს მონაცემთა ბაზაში. სისტემის მთავარი ღირებულებაა მისი კონსტრუქციული ხასიათი. მისი გამოყენება არასპეციალისტსაც შეუძლია. ექსპერტული სისტემა იგივე კომპიუტერული პროგრამაა, რომელიც ემსახურება ინფორმაციის შეფასებასა და მის მოწოდებას მომხმარებლისადმი.

ექსპერტულია ისეთი სისტემა, რომელიც აერთიანებს კომპიუტერის შესაძლებლობებსა და ექსპერტის ცოდნა-გამოცდილებას ისეთი ფორმით, რომ სისტემა იძლევა „გონებრივ“ პასუხს ან იღებს „გონებრივ“ გადაწყვეტილებას [Heñuop, 1991]. ეს განსაზღვრება გამოხატავს ექსპერტული სისტემის მთავარ არსს. თუკი კომპიუტერული სისტემა ზემოხსენებულ პირობას არ აკმაყოფილებს, მაშინ ის ექსპერტულად არ ჩაითვლება. ამასთან აღნიშნულ განსაზღვრებაში არ არის მოცემული ყველა ის შესაძლებლობა, რომელიც „ხელეწიფება“ თანამედროვე ექსპერტულ სისტემებს.¹ ეს შესაძლებლობები შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც სისტემის დამატებითი თავისებურებანი, მაგალითად, სისტემის მიერ მიღებული „გადაწყვეტილების“ ახსნა, რომელიც, ცხადია, მოცემული იქნება მომხმარებლისათვის გასაგებ ენაზე (დაპროგრამების ან სალაპარაკო) ლოგიკური დასკვნების სახით.

ამრიგად, ექსპერტული სისტემების მეშვეობით შესაძლებელი უნდა იყოს გარკვეული „გონებრივი“ გადაწყვეტილებების მიღება. ყოველივე ამას კი ხელოვნური ინტელექტის კვლევები ეწოდება. ბოლო წლებში ხელოვნური ინტელექტის სისტემების მსოფლიო პროდუქციის 90% სწორედ ექსპერტულ სისტემებზე მოდის.

დღეისათვის ექსპერტულ სისტემებს მრავალმხრივ იყენებენ მედიცინაში, გამოთვლით ტექნიკაში, სამხედრო საქმეში, სამეცნიერო კვლევებში – გეოლოგიაში, მათემატიკაში, სოფლის მე-

¹ თუმცა ზოგი ამ თვისებას არსებითადაც კი მიიჩნევს ექსპერტული სისტემისათვის.

ურნეობაში, ელექტრონიკაში, იურისპრუდენციაში და ა.შ. შედარებით ახალია იგი გეოგრაფიაში.

გეოგრაფიაში ექსპერტულ სისტემებს სხვადასხვა კუთხით იყენებენ, უპირველესად გისების უკეთ ფუნქციონირებისა და სრულყოფისათვის, მონაცემთა ბაზების მართვისათვის, კარტოგრაფიის ზოგადი საკითხების გადაჭრისათვის და სხვ. ექსპერტული სისტემების მეშვეობით შესაძლებელია უფრო ეფექტური და იოლად გამოსაყენებელი გახდეს გეოინფორმაციული სისტემა. მისი მეშვეობით გაიოლებულია ინფორმაციის ძებნა მონაცემთა დიდ მასივებში. განსაკუთრებით ხელსაყრელია იგი რთული ბუნებრივ-ანთროპოგენური სისტემების კვლევისას, სოციალური ეკოლოგიისა და დემოეკოლოგიის საკითხების შესწავლისას.

ამრიგად, ექსპერტული სისტემები ხსნიან არაფორმალზე ბულ ამოცანებს. მათ მიეკუთვნება ისეთი ამოცანები, რომლებიც ხასიათდებიან ერთი რომელიმე ქვემოთ ჩამოთვლილი თვისებით [Берушанский, Кевкшанский, 1989]:

- ამოცანები არ შეიძლება გამოისახოს რიცხვით ფორმაში.
- მიზნები არ შეიძლება გამოისახოს ზუსტად განსაზღვრული ტერმინებით.

არ არსებობს ამოცანის გადაჭრის ალგორითმული გადაჭრა.

ალგორითმული გადაწყვეტა არსებობს, მაგრამ არ შეიძლება მისი გამოყენება დროის, მეხსიერების ან სხვა ფაქტორების შეზღუდულობის გამო.

ზემოთქმული იმას როდი ნიშნავს, რომ ექსპერტული სისტემები უარყოფს პროგრამების შემუშავების ტრადიციულ მიდგომებს, რომლებიც ორიენტირებულია ფორმალზე ბულ ამოცანებზე. უბრალოდ, მათი გამოყენება განსაკუთრებით ხელსაყრელია ისეთი პროცესებისა და მოვლენების შესასწავლად, რომლებიც რთულად ფორმალიზდება მათემატიკური მეთოდებით. ამასთან, ექსპერტული სისტემები მოსახერხებელია ისეთი მრავალრიცხოვანი მონაცემების დასამუშავებლად, რომლებიც სწრაფად ცვალებადია დროში (იცვლება მათი არა მარტო რაოდენობა, არამედ ხარისხიც). ექსპერტული სისტემები შეტად „დრეკადია“ ასეთი პრობლემის გადასაჭრელად.

ამრიგად, ექსპერტული სისტემები ხასიათდება შემდეგი ძირითადი თავისებურებებით [Берушашвили, Кевхишвили, 1989]:

- ⊗ გამოიყენება მხოლოდ რთული პრაქტიკული ამოცანების გადაჭრისათვის.
- ⊗ გადაწყვეტილების (შედეგის) ხარისხითა და ეფექტურობით არ ჩამოუვარდებიან ექსპერტის გადაწყვეტილებას.
- ⊗ გადაწყვეტილება მომხმარებელს მიეწოდება მაღალხარისხობრივ დონეზე.
- ⊗ შესაძლებელია სისტემამ შეაესოს „ცოდნა“ (ინფორმაცია) ექსპერტთან ინტერაქტიულ რეჟიმში.
- ⊗ წყვეტს შემდეგი სახის ამოცანებს:
 1. სიმბოლოებისა და სიგნალების ინტერპრეტაციას (აზრობრივი აღწერის შედგენა მონაცემების მიხედვით).
 2. მოსალოდნელი სიტუაციების განსაზღვრას.
 3. დიაგნოსტიკას (დარღვევის განსაზღვრას).
 4. მოქმედების დაგეგმვას.
 5. კონტროლის (დაკვირვებადი მონაცემების შედარება დაგეგმილთან, შეცდომის მოძებნა და მოსპობა).
 6. ინსტრუქტაჟს.
 7. პროგნოზს.

ექსპერტული სისტემის და საერთოდ ხელოვნური ინტელექტის სისტემების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი განსხვავება მონაცემთა ბაზებისა და გეოინფორმაციული სისტემებისაგან სწორედ იმაში მდგომარეობს, რომ მონაცემების დამუშავება და წარმოდგენა ხდება სიმბოლურ და არა რიცხვით ფორმაში.

ინფორმაცია ექსპერტულ სისტემაში 2 სახისაა: მუდმივი და ცვალებადი. მუდმივი ინფორმაცია თავსდება ცოდნის ბაზაში და შეიცავს უცვლელ მონაცემებს. ცვალებადი ინფორმაცია კი არ შეიძლება მოხედეს ცოდნის ბაზაში. მისი სპეციფიკა მოცემულ მომენტში კონკრეტული ამოცანიდან გამომდინარეობს. მაგალითად, ამინდის პროგნოზის ექსპერტული სისტემისათვის მუდმივი ინფორმაცია იქნება ცნობები სხვადასხვა ამინდის შესახებ ზოგადად, ხოლო ცვალებადი ინფორმაცია ის მონაცემებია (კერძოდ, სინოპტიკური), რომლებიც საშუალებას აძლევს სისტემას, განახორციელოს ამინდის პროგნოზი.

ექსპერტული სისტემა არის ინტელექტუალური სისტემა, რომელიც შედარებით ვიწრო დარგის ამოცანების გადაჭრისათვის იყენებს „ცოდნას“ იმგვარად, როგორც ამას გააკეთებდა ადამიანი – ექსპერტი (დაინტერესებულ პირთან დიალოგის მეშვეობით, რომელიც ექსპერტს აწვდის აუცილებელ კონკრეტულ საკითხებს).

ექსპერტულ სისტემებში ცოდნის წარმოდგენისათვის შემუშავებულია გარკვეული სტრუქტურა, კერძოდ, ფრეიმი (frame). იგი წარმოადგენს უჯრედების, ანუ სლოტების (slot) ნაკრებს. თითოეული სლოტი არის კვანძის ატრიბუტი და მოიცავს სახელწოდებას და მასთან დაკავშირებულ მნიშვნელობას (მონაცემებს, პროცედურებს, სხვა ფრეიმებზე მიმართვებს და ა.შ.). ექსპერტული სისტემების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის ეს მეტად მოსახერხებელი სტრუქტურაა [Храмов, 1991, Англо-русский..., 2002].

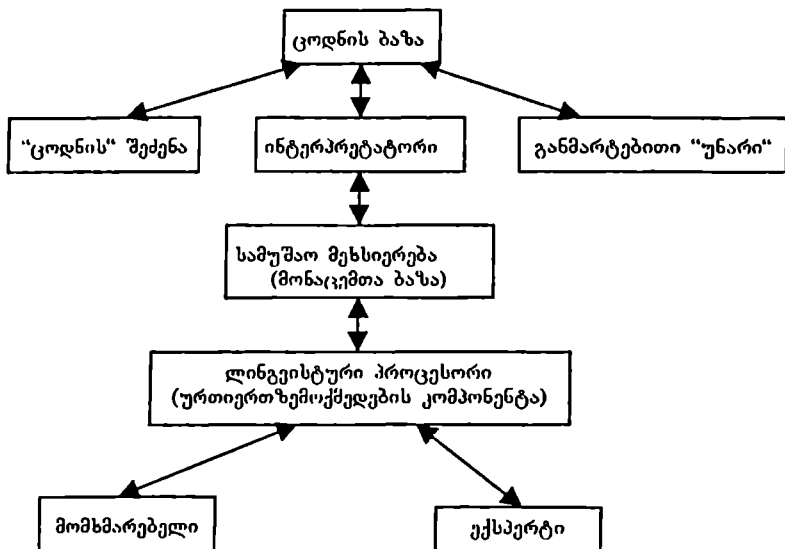
4.3. ექსპერტული სისტემების სტრუქტურა და მუშაობის რეჟიმები

STRUCTURE AND WORK REGIMES OF ES

ტიპური ექსპერტული სისტემა მოიცავს მინიმუმ 4-5 კომპონენტს. ესენია: ცოდნის ბაზა, ცოდნის დაგროვების სისტემა, განმარტებითი სისტემა, მომხმარებელთან ურთიერთობის სისტემა. ზოგიერთ შემთხვევაში იგი უფრო მეტ ბლოკსაც მოიცავს [Тихонов, 1989] (ნახ. 4.1):

- ცოდნის ბაზას (knowledge base), რომელიც წარმოადგენს ფორმალიზებული ცოდნის აღწერას, წესების სიმრავლეს და ჩაწერილია დაპროგრამების გარკვეულ ენაზე.¹ ექსპერტის ცოდნის ფორმალიზებას, რომელიც გამოიყენება მისი კომპიუტერის მეხსიერებაში შესაყვანად, ცოდნის წარმოდ-

¹ ცოდნის ბაზისაგან უნდა განვასხვავოთ ფაქტების ბაზა. ეს უკანასკნელი შეიცავს მხოლოდ მონაცემებს ობიექტების შესახებ, განსხვავებით ცოდნის ბაზისაგან, რომელიც არის ფაქტების საფუძველზე შექმნილი წესების სიმრავლე. გარკვეული თვალსაზრისით, ცოდნის ბაზა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ცოდნის წარმოდგენის ენაც [Храмов, 1991].



ნახ. 4.1. ექსპერტული სისტემის განზოგადებული სქემა
(ნ. ბერუაშვილისა და ა. კეხიშვილის მიხედვით).

გენის ენა ეწოდება. ამრიგად, ცოდნის ბაზა მოიცავს კონკრეტული საგნის შესახებ ყოველგვარ ექსპერტულ ცოდნას, რომელიც კი არსებობს სისტემაში.

სამუშაო მეხსიერებას, რომელიც შეიცავს მონაცემებს (მონაცემთა ბაზას).

ლინგვისტურ პროცესორს, რომელიც ახორციელებს დიალოგურ ურთიერთობას მომხმარებელთან (ექსპერტთან) ბუნებრივ ენაზე. ლინგვისტური პროცესორი ახდენს იმ მონაცემების გარდაქმნას სისტემის ენაზე, რომელიც წარმოდგენილია ბუნებრივ ენაზე.

ინტერპრეტატორს, რომელიც სისტემაში არსებული „ცოდნის“ საფუძველზე წყვეტს წაყენებულ ამოცანას.

„ცოდნის“ შექმნის კომპონენტას – „ცოდნის“ ბაზებთან აკავშირებს სახალ, ხელმეორედ შეყვანილ მონაცემებს.

განმარტებით კომპონენტას, რომელიც მოიცავს სისტემის მოქმედების ახსნებს. აგრეთვე, პასუხობს კითხვებს – რატომ იქნა მიღებული ან უარყოფილი ესა თუ ის დასკვნა.

ექსპერტული სისტემა მუშაობს „ცოდნის“ შეძენისა და ამოცანების გადაწყვეტის რეჟიმებში. „ცოდნის“ შეძენის რეჟიმში მონაწილეობს ექსპერტი. ამ დროს ექსპერტი სისტემას ავსებს „ცოდნით“ (წესებით), რომლის საფუძველზეც სისტემა დამოუკიდებლად გადაჭრის ამოცანებს. ეს წესები მოცემულია მომხმარებლისათვის მისაწვდომ ბუნებრივ ენაზე. ამოცანების გადაწყვეტის რეჟიმში მონაწილეობს მომხმარებელი, რომელსაც აინტერესებს შედეგები ან გადაწყვეტილების მიღების ხერხები.

ექსპერტული სისტემის მომხმარებელი შეიძლება იყოს მოცემული პრობლემის გადაწყვეტის სპეციალისტი. ასეთ შემთხვევაში მომხმარებელი თვითონ განსაზღვრავს, თუ რა შედეგის მიღწევა სურს, ექსპერტულ სისტემას კი მიმართავს მხოლოდ პროცესის დაჩქარებისათვის. თუკი სისტემის მომხმარებელი არასპეციალისტია, მაშინ იგი თვითონ ვერ განსაზღვრავს წინასწარ შედეგს და სისტემას მიმართავს, ფაქტობრივად, „რჩევისათვის“.

4.4. ექსპერტული სისტემების განვითარების ისტორიიდან FROM THE HISTORY OF DEVELOPMENT EXPERT SYSTEMS

პირველი ცდა, შეექმნათ ისეთი სისტემა, რომელიც იმიტირებას გაუკეთებდა ადამიანის ტვინს, დაიწყო XX საუკუნის 50-იან წლებში, მაგრამ ეს საკმაოდ რთული გადასაწყვეტი აღმოჩნდა. ამიტომ დღეს პირველ პლანზე წამოიწია ისეთი სისტემების შექმნამ, რომლებიც უფრო რეალურ ამოცანას გადაჭრის და, რომლებიც დაკავშირებული იქნებიან კერძო შემეცნებით პროცესებთან.

პირველი რეალური ექსპერტული სისტემები გამოჩნდა 1960-იან წლებში. ეს იყო მხოლოდ კვლევითი პროექტები (MYCIN, DENDRAL) და მათ არანაირი პრაქტიკული დანიშნულება არ ჰქონიათ. დღეისათვის კი ექსპერტული სისტემები ინფორმაციული ინდუსტრიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნაწი-

ლად იქცა. თანდათან იზრდება პროგრამული პროდუქტების რაოდენობაც, რომელთა საფუძველზეც იქმნება ექსპერტული სისტემები [Храмов, 1991]. თუმცა მისი განვითარების სიჩქარე ბევრად ჩამორჩება გის-ებისას. ეს, ალბათ, იმიტომაც აიხსნება, რომ თანამედროვე კომპიუტერების ტექნიკური დონე ვერ უზრუნველყოფს ექსპერტული სისტემების სწრაფ განვითარებას. აქ, უპირველესად, უნდა აღინიშნოს სისტემის მიერ „გადაწყვეტილების“ მიღების შესაძლებლობა, რაც ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა ასეთი სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. მეოთხე თაობის კომპიუტერებს კი ეს ნაკლებად „ხელეწიფებათ“.

თავიდანვე იყო ნათელი, რომ ექსპერტული სისტემების გამოყენება მრავალი საქმიანობისათვის იქნებოდა შესაძლებელი – მეცნიერებაში, სამედიცინო, სამხედრო, მუნიციპალურ საქმეში და სხვ. თითოეული მათგანი შეიძლება დაფუძნებოდა ერთი და იგივე ლოგიკური გამოტანის მექანიზმსა და „ცოდნის წარმოდგენის ენას“. ამიტომ თავდაპირველად შემუშავდა ისეთი სისტემები, რომლებიც ზოგადი დანიშნულების იყო, ე.ი. არ იყო პრობლემაზე ორიენტირებული. ასეთ პროგრამებს ექსპერტული სისტემების გარსი (Expert systems shells) უწოდეს. ამიტომ მომხმარებელი თვითონ ქმნიდა „ცოდნის“ საკუთარ ბაზას და მისი წარმოდგენის საშუალებებსაც. თუმცა, არც ისე იშვიათად, დაპროგრამების ენების (ლისპი, პროლოგი, ბეისიკი, პასკალი) საფუძველზე იქმნებოდა ასეთი სისტემები. თუმცა პროგრამა-გარსებს ექსპერტული სისტემებისათვის დღესაც ფართო გამოყენება აქვს.

1960-იან წლებში ლოტფი ზადემ (Lotfi Zadeh) შეიმუშავა ლოგიკის ფორმალური სისტემა, რასაც არაზუსტი ლოგიკა (fuzzy logic) უწოდეს. იგი ბულევის ლოგიკის გაფართოებული წარმოდგენაა, კერძოდ, მნიშვნელობები „ჭეშმარიტი“ და „ტყუილი“ იცვლება ფუნქციის მნიშვნელობებით „0“ და „1“, ე.ი. ეფუძნება ორობით (ბინარულ) ლოგიკას. ასეთი მიდგომით შესაძლებელი გახდა პასუხების არაერთგვაროვანი სისტემის შემუშავება, რაც ექსპერტული სისტემების საფუძველდაც იქცა.

1971-72 წლებში ა. კოლმერაუერმა და ფ. რასელმა შეიმუშავეს (საფრანგეთი) დაპროგრამების ენა პროლოგი (PROLOG –

Programmation en Logique), რომელიც იმთავითვე გამიზნული იყო ხელოვნური ინტელექტის სისტემებისათვის და, რომელსაც დღემდე ფართოდ იყენებენ ამ სფეროში.

განსაკუთრებული ინტერესი ექსპერტული სისტემების მიმართ შეიმჩნეოდა 1980-იანი წლების დასაწყისში, როცა იგი ხელოვნური ინტელექტის დამოუკიდებელ მიმართულებად ჩამოყალიბდა [Беруашвили, Кевкhashvili, 1989].

4.5. ექსპერტული სისტემების პროგრამა-გარსები PROGRAM-COVERS OF ES

ექსპერტული სისტემების შექმნისათვის გამოიყენება სპეციალური პროგრამები, რომლებიც ცოდნის არასრულყოფილი საშუალებებით ხასიათდებიან, ისინი მოიცავენ ცოდნის წარმოდგენის ენას, ლოგიკური გამოტანის, ახსნებისა და ინტერფეისის ორგანიზაციის საშუალებებს. ასეთ პროგრამებს ექსპერტული სისტემების პროგრამა-გარსებს უწოდებენ, ვინაიდან მათი მთავარი დანიშნულებაა ექსპერტული სისტემების შემუშავება.

ექსპერტული სისტემების მრავალი პროგრამა-გარსი შექმნილია პერსონალური კომპიუტერებისათვის. თითოეული მათგანი კონკრეტული ტიპის ამოცანის გადაჭრაზეა ორიენტირებული. მათ შორის განსაკუთრებული პოპულარობით მხოლოდ რამდენიმე სარგებლობს: VP Expert, Level 5, Exsys და სხვ. [Храмов, 1991].

VP Expert (აშშ, Paperback Software) – ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული და მძლავრი სისტემაა. საკმაოდ მოხერხებული პროცედურების ჩატარების საშუალებას იძლევა dBase, VP Info მონაცემთა ბაზებისა და Lotus 1-2-3 ელექტრული ცხრილის ინფორმაციის დამუშავებისას. თუმცა, არ ხერხდება მძლავრ მონაცემთა ბაზებთან დაკავშირება. ამ პრობლემის გადაჭრის ერთადერთი საშუალებაა მონაცემთა ბაზების დაყოფა სექტორებად, რაც გარკვეულ სირთულეებს ქმნის.

Levels 5 (აშშ, ფირმა Information Builders) – ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული პროგრამა-გარსი, რომელიც ორიენტირებულია მონაცემთა განაწილების „ხისებრ“ სტრუქტურაზე, რაც

მომხმარებელს საშუალებას აძლევს იოლად გააკეთოს რედაქტირება მის ნებისმიერ დონეზე. შესაძლებელია სრული კომპილაცია dBase მონაცემთა ბაზებთან. კომპიუტერულ პროცედურებს საკმაოდ სწრაფად ასრულებს, რაც განაპირობებს კიდევ მის დიდ პოპულარობას.

Exsys Proffesional (აშშ, ფირმა Exsys) – მარტივი სტრუქტურის სისტემა, შედგენილი დაპროგრამების ენაზე C. მეტად ეფექტურია მძლავრი მონაცემთა ბაზების დასამუშავებლად. შეიძლება მისი დაკავშირება dBase, Lotus 1-2-3, Excel პროგრამების მონაცემთა ბაზებთან, რაც კიდევ უფრო აფართოებს მის შესაძლებლობებს.

Gold Works (აშშ, ფირმა Gold Hill Computers) – აქვს მეტად მოსახერხებელი გრაფიკული ინტერფეისი (მათ შორის დინამიკური). დაწერილია ლისპის (GC Lisp) დაპროგრამების ენაზე. მეტად იოლად ხდება მისი დაკავშირება dBase, Lotus 1-2-3, Excel პროგრამების მონაცემთა ბაზებთან. ASCII ფორმატის არსებობის გამო შესაძლებელია Windows-ის ნებისმიერი ტექსტისა და ცხრილის გადმოტანა Gold Works-ში და მისი დამუშავება. სისტემას ფართოდ იყენებენ წარმოების მართვასა და საბანკო სფეროში.

Guru (აშშ, ფირმა MDBS) – საკმაოდ რთული სისტემაა. უფრო მეტად ინტეგრირებული პაკეტია, ვიდრე პროგრამაგარსი, ვინაიდან მას საკმაოდ ფართო შესაძლებლობები აქვს. კერძოდ, ერთდროულად შეიძლება ცოდნისა და მონაცემთა ბაზებზე მუშაობა. მასში ჩართულია მძლავრი რელაციური მონაცემთა ბაზა. აქვს გრაფიკების დამუშავების ფართო შესაძლებლობა.

KnowledgePro (აშშ, ფირმა Knowledge Garden) – დაწერილია დაპროგრამების ენაზე Turbo Pascal. უზრუნველყოფს კავშირს პროგრამებთან dBase, Lotus 1-2-3, Excel. დამატებითი მოდულით Knowledge Maker შესაძლებელია მონაცემთა ბაზის ინფორმაცია გარდაიქმნას ლოგიკურ ფუნქციაში IF-THEN, ხოლო მოდულით Graphic Toolkit – გრაფიკული ობიექტების შექმნა.

Nexpert Object (აშშ, ფირმა Neuron Data) – მძლავრი პროგრამაგარსია, რომელიც დაწერილია C დაპროგრამების ენაზე. მისი

მეშვეობით შეიძლება დაკავშირება dBase, Oracle, Ingres მონაცემთა ბაზებთან. ამასთან, გააჩნია ახსნების why-how სისტემა. დამატებითი მოდული Nextra (ექსპერტთან ინტერაქტიული რეჟიმის საფუძველზე) ახდენს ინფორმაციის „აკუმულაციას“, მის დამუშავებასა და რედაქტირებისათვის გრაფიკული ფორმით წარმოდგენას.

4.6. ექსპერტული სისტემების კლასიფიკაცია CLASSIFICATION OF EXPERT SYSTEMS

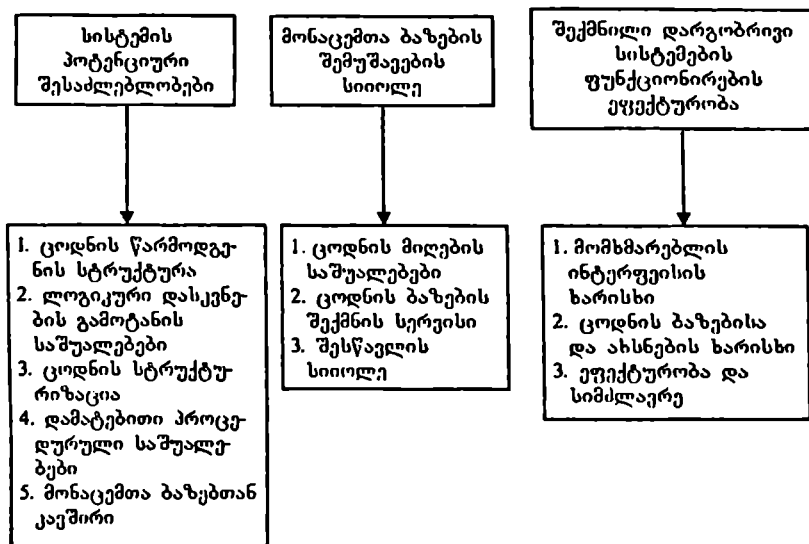
ექსპერტული სისტემების მრავალგვარი კლასიფიკაცია არსებობს, რომლებიც საკმაოდ განსხვავებულია ერთმანეთისაგან. შეიძლება მათი დაჯგუფება სხვადასხვა პრინციპის მიხედვით. ექსპერტული სისტემების შეფასებისა და შედგენის ხასიათის მიხედვით, ი. ხრამოვი გეთავაზობს ექსპერტული სისტემების კლასიფიკაციების სამ მთავარ პრინციპს: სისტემის პოტენციური შესაძლებლობა, მონაცემთა ბაზების შემუშავების სიიოლე და შექმნილი დარგობრივი სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობა (ნახ. 4.2).

სისტემის პოტენციური შესაძლებლობები სხვადასხვანაირად შეიძლება შეფასდეს. ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი კრიტერიუმია ცოდნის წარმოდგენის ენის თავისებურებები. სწორედ იგი განსაზღვრავს რთული ლოგიკური კავშირების აღწერის საშუალებას. ამ კრიტერიუმის მიხედვით, ორი სახის სისტემა არსებობს: ერთი ეფუძნება ლოგიკურ ჩანაწერს IF – THEN (ე.ი. თუ $A=a$ და $B=b$, მაშინ $C=c$, სადაც a , b და c კონსტანტებია), ხოლო მეორე – გაცილებით უფრო რთულ ლოგიკურ ჯაჭვზეა აგებული, კერძოდ, პრედიკატთა¹ გამოთვლაზე. მაგალითად, პროგრამა-გარსები: Guru, VP Expert, PC+v.

გარსი-სისტემები განსხვავდება ლოგიკური დასკვნების გამოტანის საშუალებებით, ე.ი. ცოდნის ორგანიზების მიხედვით. ინფორმაციას, თუ როგორ არის ორგანიზებული ცოდნა, მეტაცოდნას უწოდებენ, ხოლო წესებს, რომელიც ცვლის

¹ პრედიკატთა (ლათ. predicatum) ლოგიკა – სიმბოლური ლოგიკის დარგი.

ლოგიკური გამოტანის სტრატეგიას – მეტაწესებს. რაც უფრო მოსახერხებელია ცოდნის გამოყენების სისტემა (პროგრამა-გარსები Guru, VP Expert, PC+v, Level 5), მით უფრო კარგი შედეგი და დასაბუთებული პასუხები მიიღწევა პროგრამის მეშვეობით. ამ მხრივ, შედარებით შეზღუდული შესაძლებლობები გააჩნია პროგრამას Rule master.



ნახ. 4.2. ექსპერტული სისტემების კლასიფიკაციის პრინციპები (ი. ხრამოვის მიხედვით).

ცოდნის სტრუქტურიზაციის მიხედვით, არსებობს სისტემები (PC+v), სადაც კარგად არის გამოსახული ექსპერტის ცოდნის სტრუქტურა საგნობრივ სფეროში, ამიტომ ისინი უფრო კითხვადი და გასაგებია მომხმარებლისათვის. მეორე სახის სისტემებში (VP Expert, 1st Class, Level5, Exsys) კი შედარებით უფრო გართულებულია ცოდნის ბაზების შევსების შესაძლებლობა.

ხშირად სისტემებს გააჩნია ისეთი შესაძლებლობები, რომლებიც სრულიად არ არის საჭირო მომხმარებლისათვის, სამაგიეროდ, არ გააჩნიათ ის, რაც პრინციპულად მნიშვნელოვანია. ამიტომ აუცილებელია სისტემას გააჩნდეს დამატებითი პროცედურული საშუალებანი, რომელთა მანიპულაციის შედეგად მომხმარებელი თვითონ შექმნის მისთვის საჭირო ინსტრუმენტებს. სწორედ ამ პრინციპის მიხედვით, შეიძლება გარსი სისტემების კლასიფიკაცია. მძლავრი დამატებითი პროცედურები გააჩნია პროგრამა-გარსებს: Guru, PC+v, Level 5, KDS, Rule Master.

პროგრამა-გარსების ნაწილი იოლად უკავშირდება მონაცემთა ბაზებს, ნაწილი კი – რთულად. თანამედროვე სისტემების უმეტესობაში კავშირი განხორციელებადია, მაგრამ მათ შორის გამოირჩევიან (Guru) განსაკუთრებული შესაძლებლობების მქონენი. მონაცემთა ბაზებთან ძლიერ სუსტი კავშირი ან მისი სრული უქონლობა ახასიათებს პროგრამა-გარსებს: 1st Class, Rule master.

გარსი-სისტემების ფუნქციონირების მაღალ ხარისხს განსაზღვრავს მონაცემთა ბაზების შემუშავების სიოლექც, რასაც მრავალი ფაქტორი განსაზღვრავს. მათ შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია ცოდნის ბაზების ავტომატური გაფართოება, ვინაიდან ექსპერტული სისტემების შედგენისას განსაკუთრებით დიდი დრო იხარჯება სწორედ ცოდნის „მიღებაზე“. კომერციულ სისტემებში ასეთი საშუალებები წარმოდგენილია მაგალითების სახით, ან იგი სრულდება ინტერაქტიულ რეჟიმში.

იგივე შეიძლება ითქვას ცოდნის ბაზების შექმნის მნიშვნელობაზეც. აქ იგულისხმება სპეციალიზებული რედაქტორების სიმძლავრე და ხარისხი. ამ მხრივ, შედარებით მძლავრია გარსი-სისტემები: 1st Class, KDS.

შესწავლის სიოლექც, ალბათ, უმნიშვნელოვანესი თვისებანებისმიერი პროგრამული პროდუქტისათვის. მაგრამ ეს განსაკუთრებით აქტუალურია ექსპერტული სისტემების პროგრამა-გარსების შემთხვევაში, ვინაიდან აქ არ არსებობს სტანდარტები, კონცეფციები, ამიტომ საკმაოდ რთულია იგი მომხმარებლისათვის. ათვისების გაიოლება ხშირად ხდება ან თვით

პროგრამის გამარტივებით, ან მარტივი და გასაგები დოკუმენტაციის (ახსნა-განმარტებები) შედგენით. განსაკუთრებით კარგი დოკუმენტაციით გამოირჩევა პროგრამა-გარსი KDS, ხოლო Guru, რომელიც საკმაოდ მძლავრი სისტემაა, ამ მხრივ, ნაკლები ღირებულებისაა.

ექსპერტული სისტემები უმთავრესად კონკრეტულ დარგობრივ ამოცანას ემსახურება, ამიტომ დარგობრივი ფუნქციონირების ეფექტურობა საკმაოდ მნიშვნელოვანია. კერძოდ, როგორ არის ორგანიზებული მომხმარებლის ინტერფეისი (აქვს თუ არა ფანჯრების, მენიუს, გრაფიკული შესაძლებლობების გამოყენების საშუალება და ა.შ.). ამ მხრივ, გამოირჩევა პროგრამა-გარსები: Guru, VP Expert, PC+v, Level 5, KDS.

ცოდნის ბაზებისა და ახსნების ხარისხი განსაზღვრავს, თუ რამდენად ეფექტურად გამოიყენებს მომხმარებელი სისტემის მიერ გაკეთებულ დასკვნებს. კარგად ორგანიზებულ სისტემაში ნათლად ჩანს, თუ რატომ იღებს ასეთ გადაწყვეტილებას სისტემა და შესაძლებელია კორექტივების შეტანაც, თუ მას არ ეთანხმება ექსპერტი.

სისტემის ეფექტურობა და სიმძლავრე გულისხმობს ცოდნის ბაზების მოცულობასა და სინქარეს, რითაც გამოირჩევა პროგრამა-გარსები Level 5, Exsys, აგრეთვე, Guru, Rule Master.

ნაწილი 5

სტანდარტული გეოინფორმაციული სისტემები

PART 5. STANDARD GEOINFORMATION SYSTEMS

5.1. გეოინფორმაციული სისტემა

GIS MAPINFO

სტანდარტულ გისებს შორის MapInfo-ს ერთ-ერთი წამყვანი ადგილი უკავია. იგი ტიპური კარტოგრაფიული სისტემაა, რომელიც მოიცავს მონაცემთა ბაზას, შესაძლებელია, აგრეთვე, მონაცემთა საკუთარი ბაზის შექმნაც. რუკა სისტემაში, ფაქტობრივად, წარმოადგენს მონაცემთა ბაზების კრუბადობას, რომელიც გარკვეულ ფენებადაა დაყოფილი. მისი მეშვეობით უფრო მეტად ვექტორული რუკების შექმნაა მოსახერხებელი, მაგრამ აქვს რასტრული მონაცემების დამუშავების მოდულიც.

პროგრამა MapInfo შეიქმნა 1980-იანი წლების ბოლოს Mapping Information Systems Corporation ფირმის (USA) მიერ. იგი მუშაობს IBM PC-386 და უფრო მძლავრ კომპიუტერებზე და სხვადასხვა პლატფორმაზე:

- PC (Windows 3.x, 95, 98, 2000, NT).
- PowerPC (Mac OS).
- Alpha.
- RISC (UNIX).

ინფორმაციის გადატანა ერთი პლატფორმიდან მეორეზე შესაძლებელია კონვერტაციის გარეშე [Pyndov, 1998].

MapInfo ერთ-ერთი ყველაზე ფართოდ გაერცელებული გეოინფორმაციული სისტემაა, რომელიც საშუალებას იძლევა პროცედურებით განვახორციელოთ სხვადასხვაგვარი ამოცანები. ამიტომაც იგი მიჩნეული სამაგიდო კარტოგრაფიის საუკეთესო საშუალებად. MapInfo მომხმარებელს უზრუნველყოფს სრული კარტოგრაფიული გადაწყვეტილებებით.

კარტოგრაფიული გამოსახულება სისტემაში ინახება რამდენიმე ფაილის სახით:

TAB – მონაცემთა ცხრილი.

ID - იდენტიფიკატორი.

MAP - გრაფიკული მონაცემები (რუკა).

გრაფიკული მონაცემები MapInfo-ში შეიძლება იყოს წარმოდგენილი სამი სახით [Берушавили, 1995]:

- პოლიგონების.
- ხაზების.
- წერტილების.

ჩვეულებრივ, რუკის ერთ ფენაზე უმჯობესია მხოლოდ ერთ-ერთი მათგანის გამოსახვა. თუმცა შესაძლებელია ერთსა და იმავე ფენაზე ერთდროულად მოთავსდეს წერტილოვანი, ხაზობრივი, ფართობითი, აგრეთვე, ტექსტური ობიექტები. ეს MapInfo-ს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობაა ზოგიერთ სხვა პოპულარულ გის-ებთან (ArcView, ArcInfo) შედარებით. რუკის ფენების შექმნისას გასათვალისწინებელია გარკვეული თანამიმდევრობა. კერძოდ, ყველაზე ქვედა ფენა, ჩვეულებრივ, არის პოლიგონების ფენა, მათზე ზემოთ თავსდება წერტილებისა და ხაზების, ხოლო ყველაზე ზემოთ - ტექსტების ფენა¹. საინტერესოა ისიც, რომ მონაცემთა თითოეული ტიპისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ არა ერთი, არამედ რამდენიმე ფენა. ფენების შერჩევა ხდება სურვილის მიხედვით. შეიძლება ავირიჩოთ მხოლოდ ის ფენა ან ფენები, რომლებიც მოცემულ მომენტში გვესაჭიროება. შესაძლებელია ანიმაციური ფენის შექმნაც, რაც მეტად მოსახერხებელია დინამიკური ობიექტების დაკვირვებისათვის.

თემატური რუკის შედგენისას საჭიროა განვასხვაოთ ობიექტთა სხვადასხვა თემატური ჯგუფები (გრადაციები). პროგრამა ავტომატურად შეარჩევს საწყის ფერებს, რომელიც ერთი ფერის გრადაციიდან გამომდინარეობს. მაგალითად, თუ ვიყენებთ ყავისფერს - ყველაზე მუქი ტონი უჩვენებს ყველაზე მაღალ კლასს, ყველაზე ღია ტონი - დაბალ კლასს, შუალედური ტონები - შუალედურ კლასებს. მაგრამ ხშირად მოცემულია იმდენი კლასი, რომ შეუძლებელიც კია მათი გარჩევა ფერების ნიუანსებით. ამ შემთხვევაში შეიძლება თვით

¹ ეს თავისებურება გასათვალისწინებელია ყველა გეოინფორმაციული სისტემისათვის.

განესაზღვროთ ფერების პალიტრა. შეიძლება შეირჩეს არა ერთი, არამედ რამდენიმე ფერი. მაგალითად, წითელი, ყავისფერი, ყვითელი და მათი ტონები. ფერების ცვლა არ მოქმედებს არსებული რუკების (ან გრაფიკების) მონაცემებზე. რუკის გამომსახველობითი სახის უკეთ წარმოდგენისათვის შეიძლება „ვირტუალური“ განათების გამოყენებაც, რაც ობიექტებს უფრო მოცულობითს ხდის. მეტად მოსახერხებელია ფერების სკალის გარდაქმნა სასურველ ფორმაში. შესაძლებელია მოსაზღვრე ობიექტების ფერების გადაფარვის ხარისხის (წერტილების რაოდენობის) განსაზღვრაც. პროგრამის მეშვეობით შესაძლებელია შეირჩეს სხვადასხვა სისქის ხაზი, რომელიც შესაბამისობაში იქნება მოვლენის ან პროცესის ინტენსივობასთან. ასევე შესაძლებელია სიმბოლოების ზომების განსაზღვრა სხვადასხვა თემატური შინაარსისათვის. თუმცა აქ სიმბოლოებს აქვს ორგვარი გაგება. ერთ შემთხვევაში, სიმბოლოების ზომა მონაცემების პროპორციულია, მეორე შემთხვევაში – არაპროპორციული.

რუკა შეიძლება შევადგინოთ წერტილების სიხშირის მიხედვით, ე.ი. როცა ერთი წერტილი შეესაბამება მონაცემების გარკვეულ სიდიდეს. მთავარია შეირჩეს წერტილის ისეთი წონა (მასშტაბი), რომელიც საშუალებას მოგვცემს ესა თუ ის მოვლენა და პროცესი ვიზუალურად ადვილად აღქმადი იყოს.

MapInfo-ში რუკის შექმნა რამდენიმე ეტაპს მოიცავს:

მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის შექმნა (ცხრილის გენერაცია).

ობიექტის გეოგრაფიულ კოორდინატებზე მიბმა (გეოკოდირება), მასშტაბისა და პროექციის შერჩევა.

კარტოგრაფიული საფუძვლის შეყვანა.

ცხრილში მონაცემების შეყვანა (ცხრილის იმპორტი).

თემატური რუკების შექმნა.

თემატური რუკების საწყისი მონაცემების უკეთესი წარმოდგენისათვის პროგრამის ახალ ეერსიებში დამატებულია TIN ინტერპოლატორი.

MapInfo-ს მთავარი თავისებურებაა ყველა იმ კარტოგრაფიული მასალის გეოგრაფიული „მიბმის“ აუცილებლობა, რომე-

ლიც არსებობს მონაცემთა ბაზაში. მაგრამ მათი ეკრანზე გამოსახვისათვის და მანიპულაციისათვის საჭიროა ამ მონაცემების მიხედვით გეოგრაფიულ კოორდინატებთან. ამ პროცესს გეოკოდირება ეწოდება. MapInfo განსაზღვრავს დედამიწის ზედაპირის ამა თუ იმ ობიექტის კოორდინატებს – გრძედსა და განედს. დასავლეთ ნახევარსფეროში X კოორდინატი (გრძედი) მატულობს მარცხნივ, ამიტომ რუკის მარცხენა პუნქტს უფრო დიდი გრძედი ექნება, ვიდრე მარჯვენას. აღმოსავლეთ ნახევარსფეროში კი X კოორდინატი მატულობს მარჯვნივ. Y კოორდინატი (განედი) მატულობს ქვევით იმ ტერიტორიისათვის, რომელიც განლაგებულია ეკვატორის სამხრეთით და კლებულობს იმ ტერიტორიისათვის, რომელიც ეკვატორის ჩრდილოეთითაა.

MapInfo უზრუნველყოფს წინასწარ განსაზღვრულ კოორდინატთა 300 სისტემას. თუმცა, შესაძლებელია სხვა სისტემების გამოყენებაც. ამისათვის უნდა შეიცვალოს წინასწარ განსაზღვრული სისტემის პარამეტრი.

მონაცემთა ბაზის თითოეული წერტილისათვის შესაძლებელია განისაზღვროს გრძედისა და განედის მნიშვნელობები. ამ შემთხვევაში კოორდინატები უნდა გამოიხატოს ათობითი სისტემით. რეალურად MapInfo არ ცნობს კოორდინატებს გრადუსებში, მინუტებსა და სეკუნდებში. ამიტომ კოორდინატებით განსაზღვრული წერტილები უმართებულოდ განლაგდება რუკაზე, მაგრამ შესაძლებელია მათი გრადუსებში, მინუტებსა და სეკუნდებში გადაყვანა.

ზოგჯერ საჭიროა ისეთი რუკის (ან სქემის) შედგენა, რომელიც არ არის „მიბმული“ გეოგრაფიულ კოორდინატებთან. ასეთ შემთხვევაში ობიექტების კოორდინატები არ ემთხვევა გლობუსის წერტილებს და წარმოადგენს მანძილს, ათელილს ქვედა მარცხენა კუთხიდან ბრტყელ ზედაპირზე. ასეთ შემთხვევაში პროგრამას ვაძლევთ „ჩვენეული“ სისტემის ერთეულებსა და საზღვრებს. X და Y მნიშვნელობები შეიძლება იყოს დადებითიც და უარყოფითიც. მანძილების შერჩევა შეიძლება სხვადასხვა განზომილებებში: ფუტებში (pieds), დიუმებში (pouces), იარდებში (yard), მილებში (miles), მილიმეტრებში

(millimetres), სანტიმეტრებში (centimetres), მეტრებში (metres), კილომეტრებში (kilometres).

სამგანსომილებიანი სახით შეიძლება წარმოდგენილი იყოს წერტილოვანი, ხაზობრივი და ფართობითი ობიექტები. სამგანსომილებიან რუკაზე ფართობითი ობიექტები მოცემულია პრიზმების სახით. თვით პრიზმების სიმაღლე დამოკიდებულია ატრიბუტების ცხრილის ერთ-ერთი სვეტის მნიშვნელობაზე. ამგვარად შედგენილი რუკა მაინც არ შეიძლება ჩაითვალოს 3D გამოსახულებად, ვინაიდან მესამე მნიშვნელობა რეალურად არც არის z კოორდინატი. იგი მხოლოდ ატრიბუტული მნიშვნელობაა, ამიტომ ასეთ რუკას 2.5D გამოსახულებად მიიჩნევენ. კარტოგრაფიული მონაცემების წარმოდგენის ეს სტრუქტურა იმ უპირატესობით ხასიათდება, რომ შესაძლებელია მათემატიკური განტოლების სახით ჩაწერილი ატრიბუტის მიხედვით პრიზმული ობიექტების აგება. ეს მეტად ხელსაყრელი პროცედურაა თემატური რუკების შედგენისა და სივრცითი მონაცემების უკეთესი ვიზუალიზაციისათვის. მით უმეტეს, რომ სისტემა გეთავაზობს რუკა-პრიზმების მრავალფეროვანი ვარიანტების შედგენის შესაძლებლობას. შეიძლება შეირჩეს მოცულობითი ზედაპირის განსხვავებული დახრის კუთხე, მასშტაბი, ფერი, ფოკუსის წერტილის მდებარეობა, აგრეთვე, კუთხე ზედაპირის პერსპექტივაში წარმოსადგენად და ა.შ.

კარტოგრაფიული ინფორმაციის შეყვანა (დაციფერა) მოსახერხებელია როგორც დიგიტალიზერით, ისე სკანერით. MapInfo-ს უნივერსალური ტრანსლატორის მეშვეობით შესაძლებელია გეოინფორმაციული სისტემებისა და მონაცემთა ბაზების ინფორმაციის ექსპორტი და იმპორტი. პროგრამა რეგისტრაციას უკეთებს რასტრულ რუკებს შემდეგ ფორმატებში: GIF, JPEG, TIFF, TIFF CMYK, GeoTIFF, TFW, PCX, BMP, TGA, BIL, SID, PGN, WMF, PSD, MrSID, WMF, PNG [Этн Мэп., 2002]. სისტემის მეშვეობით შეიძლება, აგრეთვე, აშშ სამხედრო სისტემის კოორდინატების (Military Grid Reference System) გამოსახვა.

MapInfo-ს საკმაოდ მძლავრი მონაცემთა ბაზა გააჩნია, რომლის მეშვეობითაც მუშაედება უზარმაზარი სივრცითი ინფორმაცია. ამასთან, შესაძლებელია მისი დაკავშირება მონაცემთა

სხვა ბაზებთან: Oracle, Informix Universal Server, IBM DB2, Sybase, Microsoft Access, Microsoft Server, INGRESS6A/04, GUPTA SQLBase, ინტეგრალურ პაკეტებთან – Excel, Lotus, Quadtree.

პროგრამას გააჩნია მონაცემთა სივრცითი უზუსტობების შესწორების ზოგიერთი ფუნქცია:

- x პოლიგონების ურთიერთგადაფარვის შემთხვევაში ზედმეტი პოლიგონების მოძებნა და წაშლა კრიტერიუმის მიხედვით (მაგალითად, წაშლა ყველა იმ პოლიგონისა, რომლის ფართობიც მოცემულ სიდიდეზე ნაკლებია).
- x პოლიგონებს შორის დარჩენილი სივრცეების მოსპობა.
- x მოსაზღვრე ობიექტების კვანძების ურთიერთთანხვედრა (snap).
- x მცდარად გაერთიანებული ობიექტების დაშლა ერთი ტიპის ობიექტების მიხედვით.
- x ობიექტების კვანძების გენერალიზება და ა.შ.

MapInfo-ს ახალ ვერსიებს დამატებითი შესაძლებლობები აქვს. მაგალითად, შესაძლებელია, სიმბოლოები გამოვიყენოთ როგორც ვექტორული შრიფტების TrueType ტიპი, შესაძლებელია სიმბოლოების მასშტაბირება, ახალი ეფექტები (ჩრდრღები და სხვ.).

პროგრამის კატალოგში არსებობს რამდენიმე დამატებითი პროგრამა-მოდული, რომლებიც კიდევ უფრო აფართოებენ მის შესაძლებლობებს:

- **HTML Map** მოდული – მისი მეშვეობით შესაძლებელია html-ის ერთი გვერდისათვის შეიქმნას წერტილები, ხაზები, რკალები, ელიფსები და მართკუთხედები, აგრეთვე, რუკის მრავალრიცხოვანი ფენები და ა.შ.
- **CAD** მოდული – ინსტრუმენტი გრაფიკულ ობიექტებზე სამუშაოდ, რომელიც საშუალებას იძლევა, კოორდინატების მიხედვით შეიქმნას ობიექტები, ტოპოლოგიის გათვალისწინებით მოხდეს მათი რედაქტირება.
- **გრაფიკის მოდული** – ინსტრუმენტი მრავალფეროვანი გრაფიკების შესადგენად.
- **Vertical Mapper** – სამგანზომილებიანი ანალიზის მოდული. იგი მოსახერხებელია იმ შემთხვევისათვის, როცა მონაცე-

მები უნდა გამოისახოს უწყვეტად სივრცეში (ნიშანი). ამის განხორციელება შესაძლებელია რასტრული ფუძეშრის შესაქმნელად, სადაც რასტრის თითოეული ფრაგმენტი მიეკუთვნება ნიშნის გარკვეულ მნიშვნელობას. ეს კი მონაცემების წარმოდგენის სრულიად ახალ შესაძლებლობას იძლევა.

MapInfo-ს იყენებს სხვადასხვა სახის ორგანიზაციები: მართვის ორგანოები, ტელეკომუნიკაციური, სატრანსპორტო, საზღვაო კომპანიები, ბანკები, ნავთობ-გაზის საწარმოები, სხვადასხვა დონის მენეჯერები, მარკეტინგის სპეციალისტები და სხვ.

5.2. გეოინფორმაციული სისტემა GIS GEOGRAPH/GEODRAW

პრაქტიკულად ეს არის ორი პროგრამული პაკეტი, რომლის საფუძველია ვექტორული რედაქტორი GeoDraw, რომელიც ახდენს გეოგრაფიული მონაცემების მრავალფენიან ტოპოლოგიურ მოდელირებას. იგი გეოგრაფიული ინფორმაციის წარმოდგენის ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიული მოდელია. პაკეტის მეშვეობით შეიძლება აღიწეროს გეოგრაფიული ობიექტების არა მარტო მეტრული თავისებურებანი (კოორდინატები), არამედ მათი ხარისხობრივი თვისებებიც (მაგალითად, ურთიერთგანლაგება). ეს კი მნიშვნელოვანია ამა თუ იმ მახასიათებლის სივრცითი ანალიზისას.

ფუნქციური შესაძლებლობების მიხედვით, ეს პროგრამა უფრო სუსტია, ვიდრე სხვა გის-ები, მაგრამ მასში არის რამდენიმე მეტად მოსახერხებელი და საინტერესო ფუნქცია, რომლითაც იგი გამოირჩევა.

GeoDraw მუშაობს Windows-ის ძირითადი ბრძანებებით და გამიზნულია მაღალი სიზუსტის ელექტრონული რუკების შექმნისათვის. თუკი სწორად იქნება გამოყენებული მათემატიკური და პროექციული გარდაქმნები, მაშინ შესაძლებელია თავიდან ავიცილოთ კარტოგრაფიული გამოსახულების დამახინჯებები (რამდენიმე ასეულ მილიმეტრამდეც კი). პროგრამის თავისებურება იმაშიც მდგომარეობს, რომ მისი მეშვეობით შესაძლებელია მონაცემების საკმაოდ სწრაფი შეყვანა.

სივრცითი ინფორმაციის შეყვანა შესაძლებელია მხოლოდ დეკარტული სისტემით, შემდგომ კი მისი გადაყვანა სხვა პროექციასა და საკოორდინატო სისტემებში. კოორდინატების გარდაქმნის პროცედურა საკმაოდ რთულია, რომლისათვისაც საჭიროა პროექციების აღწერის ფაილის შექმნა. ზუსტი ხარისხის მიღება დამოკიდებულია თვით კარტოგრაფიული მასალის ხარისხზე, ამიტომ კოორდინატთა გარდაქმნის პროცესში აუცილებლად უნდა მონაწილეობდეს სპეციალისტი – კარტოგრაფი, განსხვავებით მრავალი სხვა სისტემისაგან, სადაც პროექციული გარდაქმნები საკმაოდ იოლად სრულდება.

რუკის კავშირი მონაცემთა ბაზებთან ხორციელდება მხოლოდ მომხმარებლის იდენტიფიკატორით. GeoDraw-ში იქმნება ინფორმაციული სისტემა, ხოლო GeoGraph უზრუნველყოფს მას ცხრილური ინფორმაციით. ეს უკანასკნელი უფრო მეტად განკუთვნილია მონაცემთა მართვის, ანგარიშების შექმნისა და გაფორმებისათვის.

პაკეტის ძირითადი შესაძლებლობებია:

- ★ რამდენიმე ცხრილის, მათ შორის აქტიური ცხრილის შერჩევა.
- ★ მაკროსის (მაკრობრძანების) შექმნა.
- ★ ფენისათვის რამდენიმე თემის შერჩევა (ვიზუალიზაციის მეთოდი).
- ★ რამდენიმე გრაფიკის შედგენა და აქტიური გრაფიკის ჩვენება.
- ★ ცხრილებს შორის რელაციური კავშირის ორგანიზება (ე.ი. ნებისმიერი ცხრილის მიერთება სხვა ცხრილთან).

თემატური რუკების შედგენისათვის არსებობს აუცილებელი ფუნქციების მინიმალური ნაკრები: ტოლი ინტერვალები, თანაბარი რაოდენობები და ინდივიდუალური მნიშვნელობები. მეტად ხელსაყრელია სხვადასხვა სირთულის გრაფიკებისა და დიაგრამების შედგენა (ეს თავისებურებები მრავალ მძლავრ გის-საც არ ახასიათებს), დინამიკის გამოსახვა, ელექტრული რუკებისა და ატლასების შექმნა.

პაკეტის მნიშვნელოვანი თავისებურება ის არის, რომ შეიძლება მონაცემთა ნებისმიერი ბაზის გამოყენება, რა თქმა უნდა, თუკი არსებობს შესაბამისი დრაივერები: IDAPT და

ODBC. ეს ხორციელდება Delphi BDE (Borland Database Engine) მექანიზმის მეშვეობით. პაკეტი ახორციელებს მონაცემების ექსპორტ-იმპორტს შემდეგ ფორმატებში: PC ARC/INFO-GEN, MapInfo-MIF/MID, Auto CAD-DXF, IDRISI-VEC.

5.3. გეოინფორმაციული სისტემა GIS MICROSTATION GEOGRAPHICS

Microstation Geographics დაფუძნებულია CAD-ტექნოლოგიაზე და მუშაობს შემდეგ ოპერაციულ სისტემებში: PC DOS, Windows 3-x, Windows 95, Windows NT3.5x, UNIX, Power PC და სხვ. აქვს მძლავრი ფუნქციური პოტენციალი, რაც მას სრულიად დამოუკიდებელ გეოინფორმაციულ სისტემად აქცევს.

სისტემის ერთ-ერთი თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ მონაცემების დაყოფა ხდება არა მარტო გრაფიკული, არამედ სემანტიკური ნიშნებითაც. მონაცემთა ასეთ ორგანიზაციას ლანდშაფტების ციფრულ მოდელს უწოდებენ.

პროგრამის ძირითადი შესაძლებლობებია:

- ★ სხვადასხვა ტოპოლოგიური ტიპისათვის შეცდომის გასწორების სისტემა (რედაქტირება).
- ★ ტოპოლოგიური ფენები სამი ტიპისაა: წერტილოვანი, ხაზები და პოლიგონები.
- ★ ვექტორულის გარდა, დამატებითი მოდულის (Image Manager) მეშვეობით ანაალიზებს რასტრულ გამოსახულებას. რასტრული ფაილის მოცულობა შეიძლება აღწევდეს 50-1000 მგბ-ს და მოცემული იყოს შემდეგ ფორმატებში: HMR, TIFF, CIT, COT.
- ★ შესაძლებელია ძლიერ ზუსტი სამგანზომილებიანი გამოსახულების აგება. იგი საშუალებას იძლევა მოხდეს კოორდინატების კომფორმული გარდაქმნები.
- ★ შესაძლებელია ბრძანებების თანამიმდევრობის ჩაწერა პროგრამა Basic-ის მეშვეობით. მისი გამოყენება შეიძლება მაკროსის მსგავსად.
- ★ თავსებადია დაპროგრამების უფრო მძლავრი „ჩაშენებული“ ენისათვის – MDL, რომელიც შეესაბამება ANSI სტან-

დარტს. შეიძლება დამოუკიდებელი მოდულის შექმნა, საკუთარი ინსტრუმენტების შემუშავება და ა.შ.

პროგრამის მთავარი ხარვეზი არის ციფრული კარტოგრაფიული მოდელის პრაქტიკული არარსებობა (საკოორდინატო ბაღე მხოლოდ სწორკუთხოვანია), ამიტომ შეუძლებელია გეოგრაფიული საკოორდინატო სისტემის გამოყენება. მას უფრო ფართოდ იყენებენ გეგმებისა და სქემების შედგენისათვის.

მართალია, Microstation Geographics მიჩნეულია დამოუკიდებელ გეოინფორმაციულ სისტემად, მაგრამ უფრო სწორი იქნებოდა განხილულიყო როგორც საკუთარი სისტემების შექმნის ინსტრუმენტი, ვინაიდან მაკროსებსა და დამატებით მოდულებზე მუშაობისას თითოეული პროექტი საჭიროებს ინდივიდუალურ მიდგომას.

5.4. გეოინფორმაციული სისტემა

ARCINFO GIS

ArcInfo არის ESRI-ის წამყვანი პროგრამული პროდუქტი და ერთ-ერთი ყველაზე მძლავრი გეოინფორმაციული სისტემა. მართალია, იგი პირველი გეოინფორმაციული სისტემა არ არის, მაგრამ ბევრი რამით ის პირველია. ორიენტირებულია მონაცემთა ბაზებზე, რამაც რადიკალურად შეცვალა ციფრული კარტოგრაფია. სისტემის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ მისი მეშვეობით შესაძლებელია ნებისმიერი სივრცითი ინფორმაციის დამუშავება. მისი „ღია“ მოდულური არქიტექტურა უპირატესობას ანიჭებს, იმუშაოს ნებისმიერ ქსელში და „კლიენტ-სერვერის“ რეჟიმში, AML მაკრონა აადვილებს საკუთარი დანართების შემუშავების პროცედურას [Yakov, 1997]. ამასთან, ArcInfo პირველი სისტემაა ისეთი ფუნქციებისა და თვისებების შექმნაში, რომლებიც დღეს გისების აუცილებელ ატრიბუტად ითვლება. მართალია, ESRI-ის პროგრამული პროდუქტებიდან ArcView გამოირჩევა მომხმარებლის რაოდენობით და მიჩნეულია სამაგიდო გისად (Dekstop GIS), მაგრამ მთელი რიგი ფუნქციებით ArcInfo მას მნიშვნელოვნად აღემატება.

ArcInfo შეუდარებელია თავისი უნიკალური ფუნქციური შესაძლებლობებით. ამ მხრივ, მას ანალოგი არ ჰყავს. მისი უპირატესობა კი ისაა, რომ იგი არის სივრცული მონაცემების წარმოდგენის საკმაოდ ხელსაყრელი მოდელი.

უკანასკნელი ოცდაათი წლის მანძილზე გის-ებში გამოიყენება სივრცითი მონაცემების წარმოდგენის სხვადასხვა მოდელი. მაგალითად, GRID, TIN, CAD მოდელები, რომლებიც ორიენტირებულია სხვადასხვა ამოცანების გადასატრედად. მონაცემთა ბაზებზე ორიენტირებულ გის-ებში (განსაკუთრებით ArcInfo-ში) ფართოდ გამოიყენება მონაცემთა გეოგრაფიული მოდელები. ამ მოდელებში გეოგრაფიული ობიექტების გეომეტრია და ტოპოლოგია ინახება ფაილებში, ხოლო ატრიბუტები – მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემაში. კავშირი ამ ფაილებსა და მონაცემთა ბაზას შორის ხორციელდება გის-ის მეშვეობით [Маршаев, 1999]. ეს მოდელი დაფუძნებულია ობიექტების გეომეტრიულ ტიპზე. კერძოდ, დედამიწის ზედაპირი გამოსახულია წერტილების, ხაზების, პოლიგონების ნაკრებით. თითოეულ მათგანზე, როგორც გეომეტრიულ ფიგურებზე, ოპერაციები ორგანიზებულია ცალკეული პროცედურების სახით (სკრიპტები AML). ეს საკმაოდ ხელსაყრელი მოდელია, მაგრამ გარკვეული შეზღუდულობითაც ხასიათდება, კერძოდ, მეტად რთულია გეოგრაფიული ობიექტების მთელი მრავალფეროვნების გამოსახვა მოდელირების მეშვეობით. ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ ობიექტებზე ორიენტირებულ მოდელებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ერთდროულად განხორციელდეს ობიექტის „მდგომარეობისა“ და „ქცევის“ მოდელირება. „ქცევა“ არის ის მეთოდი ან ოპერაცია, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ ობიექტებზე გარკვეული პროცედურების (შექმნის, წაშლის, ხატვის, დაყოფის) შესასრულებლად [Демерс, 1999; ARC/INFO, 1999].

ArcInfo-ს მონაცემთა მოდელი ფენობრივი და გვექტორულ-ტოპოლოგიურია. მონაცემთა ფენობრიობა გამოყენებულია ESRI-ის სხვა პროდუქტებშიც (მათ შორის ArcView-შიც) და გის-ების აბსოლუტურ უმრავლესობაშიც. ეს განპირობებულია ამ მეთოდის უნივერსალურობით. პროგრამის ერთ-ერთი თავი-

სებურება ისაა, რომ იგი არ შემოიფარგლება მხოლოდ ვექტორული მონაცემებით. მეტად ხელსაყრელია მუშაობა რასტრულ ინფორმაციაზეც, როცა ვადგენთ ადგილის რელიეფის რუკას, აერო- და კოსმოსურ სურათებს, სკანირებულ რუკებს და სხვ. ArcInfo-ში რასტრული რეჟიმის ფუნქციები რეალიზებულია საბაზო მოდულში, ნაწილი კი - დამატებით მოდულში GRID. რასტრული ინფორმაცია შეიძლება სხვადასხვა სახით იყოს მოცემული:

- * პასიური რასტრული ფენის სახით.
 - * ვექტორული ობიექტის ხელით ხაზვის გამოყენებით.
- პროგრამის ერთ-ერთი უპირატესობაა რასტრის „მიბმის“ შესაძლებლობა ვექტორულ რუკასთან და მისი გადაყვანა რეალურ კოორდინატებში (მათ შორის შესაძლებელია გეომეტრიული გარდაქმნებიც). შეიძლება საკუთარი ვექტორიზატორ-მგებულის შექმნა რასტრის მეშვეობით, რაც ხორციელდება ნახევრად ავტომატურ რეჟიმში.

ArcInfo-ს აქვს მონაცემთა სპეციალური მოდელები, რაც გულისხმობს არარეგულარული ტრიანგულაციური ქსელის (TIN) მეშვეობით რელიეფის გამოსახვას, აგრეთვე, ადგილის „პერსპექტიულ“ (როგორც მას უწოდებენ 2,5-განზომილებიან) წარმოდგენას. არსებობს სპეციალური ფუნქციები დასაკვირვებელი ობიექტიდან ხილვადობის ზონების ან ურთიერთ-ხილვადობის ზონების ანალიზის შესახებ.

ამრიგად, ArcInfo ერთგვარი „ჰიბრიდული“ სისტემაა, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია რასტრულ-ვექტორულ ფორმატებში მუშაობა.

ArcInfo განსაკუთრებით ხელსაყრელია სივრცითი ინფორმაციის დიდი ბაზების შექმნისას, აგრეთვე, მოსაზღვრე ფურცლებზე მუშაობისას. რუკების ფურცლების „გადაფარვისას“ წარმოქმნილი პრობლემების მოგვარება ხდება ქვესისტემით LIBRARIAN (რუკების ბიბლიოთეკა) და Arcscan დამატებითი მოდულით. მათი მეშვეობით შესაძლებელია „გადაფარების“ დროებითი „დავიწყება“ მანამ, სანამ ამის საჭიროება არ წარმოიქმნება. ამგვარად, კომპიუტერული პროცედურების შესრულება ხორციელდება უწყვეტ გეოგრაფიულ სივრცეში.

სხვა გის-ებთან შედარებით, ArcInfo-ს აქვს მძლავრი და საკმაოდ ხელსაყრელი გრაფიკული ინტერფეისი, რომლის ორგანიზებაც შესაძლებელია კონკრეტული მოთხოვნების შესაბამისად.

ArcInfo-ს დიდი პოპულარობა დამატებითი მოდულების არსებობაშიც მდგომარეობს, რომლებიც კიდევ უფრო აფართოებენ პროგრამის შესაძლებლობებს [Koponka, 1999]:

- **ArcStudio** – კარტოგრაფიული ინტერაქტიული დანართი მონაცემების გამოსახვისა და ანალიზისათვის.
- **ArcManager** – დანართი მონაცემთა ბაზებზე სამუშაოდ. მისი მეშვეობით შესაძლებელია მონაცემების სწრაფი მოძებნა, დათვალიერება და მართვა. გარკვეულწილად მსგავსია Windows Explorer-ის.
- **ArcToolbox** – დანართი გეოდამუშავეების ფუნქციებით (მაგალითად, ოვერლეინური ოპერაციები, ბუფერიზაცია, რუკების ტრანსფორმირება და სხვ.).
- **ArcMap** – გამიზნულია ვექტორული და რასტრული კარტოგრაფიული მონაცემების ანალიზისათვის. იგი ფუნქციონირებს ინტერაქტიულ რეჟიმში და მისი მეშვეობით შესაძლებელია მძლავრი სიერციითი მონაცემთა ბაზის შექმნა. ასეთ ბაზებს უწოდებენ გეომონაცემთა ბაზებს (GeoData-Bases).
- **ArcCatalog** – გამოიყენება მონაცემთა მართვისათვის. გარკვეულწილად იგი წააგავს პროგრამას Windows Explorer, თუმცა ორიენტირებულია სიერციით მონაცემებზე.

ArcInfo-ს თანამედროვე ვერსია ორი ძირითადი ნაწილისაგან შედგება: Workstation ArcInfo და Desktop ArcInfo. პირველი განკუთვნილია სამუშაო სადგურებისათვის. მასში ჩართულია გამოყენებითი დაპროგრამების Java ODE-ს ინტერფეისი, გენერალიზაციის ახალი საშუალებები და ა.შ. Desktop ArcInfo კი მოიცავს 3 მოდულს: ArcMap, ArcCatalog და ArcToolbox [ArcInfo bepcuu 8, 1999].

5.5. გეოინფორმაციული სისტემა ARCVIEW GIS

ArcView არის ESRI-ის პროგრამული პროდუქტი, მაგრამ იგი სტრუქტურული თვალსაზრისით შედარებით მარტივი გეოინფორმაციული სისტემაა. აგებულია მოდულურ პრინციპზე. შექმნილია სპეციალური სერვერი SDE – Spatial Database Engine (მონაცემთა ბაზის მართვის ახალი ტექნოლოგია), რომელიც ხელსაყრელია გეოგრაფიული მონაცემების სწრაფი და ეფექტური სარგებლობისათვის. ფაქტობრივად, ArcView და SDE ერთობლივად ამუშავენ მონაცემებს და ასრულებს მრავალ საინტერესო ამოცანას. მაგალითად, მონაცემების სივრცობრივი განაწილების ანალიზს.

პროგრამას თან ერთვის რამდენიმე დანართი [GeoDraw/Geograph, 1996]:

- **Spatial Analyst** – მონაცემების სივრცითი მოდელირების საშუალება, რაც ადრე მიუღწეველი იყო სამაგიდო პროგრამული პროდუქტებისათვის. გრაფიკული ინფორმაცია შეიძლება დამუშავდეს როგორც რასტრულ, ისე რასტრულ და ვექტორულ ფორმატში ერთდროულად (თემატური ანალიზის grid-მოდელით). მაგალითად, პოლიტიკურადმინისტრაციულ ვექტორულ რუკაზე შეიძლება „დაფსება“ მოსახლეობის სიმჭიდროვის რასტრული რუკა. ამით მივიღებთ ადმინისტრაციული ერთეულების მიხედვით სიმჭიდროვის განაწილების რუკას.
- **3D Analyst** – მოდული სამგანზომილებიანი გამოსახულებების დასამუშავებლად.
- **ArcView Network-ის** მეშვეობით შეიძლება ოპტიმალური მარშრუტის შერჩევა, მოცემული დანიშნულებით უახლოესი ობიექტების გამოვლენა, ორ პუნქტს შორის უმოკლესი მარშრუტის განსაზღვრა და სხვ.
- **Image Support** – საშუალებას იძლევა რუკასთან ერთად გამოვსახოთ სურათები, გაფართოებით .img, მაგრამ ანალიზის ფუნქციის გარეშე.
- **IAE (Image Analyses Extension)** – დისტანციური მონაცემების დამუშავების მოდული, რომლის მიხედვითაც შეიძლება რუ-

კასთან ერთად სურათის გამოსახვა და იმავდროულად მისი ანალიზი. კერძოდ, სურათის ანალიზის შედეგი გადაეცემა რუკას შემდგომი კელევისათვის [Андряхнов, 1999].

პროგრამის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თავისებურებაა სხვადასხვა ფანჯარაში და იმავდროულად მონაცემთა ბაზებთან ერთდროული მუშაობა, ინტერაქტიულ რეჟიმში რუკაზე ნებისმიერი ინფორმაციის დატანა – ფერის, გრაფიკების, ღიაგრამების, წარწერების სახით.

დასახლებული პუნქტებისათვის, კოორდინატთა სისტემის გარდა, გამოიყენება ე.წ. მისამართები – ლოკალიზაციის სამისამართო სისტემა, რომელიც ასევე განიხილება, როგორც გეოკოდირება.

იყენებს სხვადასხვა სისტემის (MapInfo, MIF, ArcInfo) ვექტორულ მონაცემებს.

ArcView GIS-ის უპირატესობა მდგომარეობს მეტად მოსახერხებელ ინტერფეისში. იგი Windows-ის დანართია და ამასთანავე მუშაობს Unix და Macintosh-ის სისტემებში. ArcView GIS-ით შეიძლება შეიქმნას რუკები, ცხრილები, სურათები, სქემები, ვიდეოჩანსებები [Лендева, 1997].

5.6. სამგანზომილებიანი პროგრამული პროდუქტები

THREE-DIMENSIONAL (3D) PROGRAM PRODUCTS

გამოსახულებების სამგანზომილებიანი დამუშავებისა და ვიზუალიზაციის მრავალი პროგრამული პროდუქტი არსებობს. მათ განსხვავებული ფუნქციური დანიშნულება და შესაძლებლობები აქვთ. ზოგიერთი მათგანი მეტად მოსახერხებელია რუკებისა და სხვა კარტოგრაფიული გამოსახულებების შედგენისათვის. ასეთი პროგრამები რამდენიმეა: 3D Studio Max, Truespace, LightWave 3D, Corel Dream 3D, Imagin, Bryce 3D, WCS, AWB, Internet Space Builder, Tree Design და სხვ. [Универсальные 3D пакеты].

SD Studio Max (Kinetix-ის პროგრამული პაკეტი) – არის ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული 3D პროგრამული პაკეტი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია სამგანზომილებიანი ანიმაციის შექმნა. იგი პრაქტიკულად შეიქმნა 3D Studio და Autocad-ის

ბაზაზე. არის მოდულური სისტემა, რომელსაც „უნარი შესწევს“ გამოიყენოს სხვა ფირმების მოდულებიც. მიუხედავად იმისა, რომ პროგრამის ინტერფეისი DOS-ის ტიპისაა და საკმაოდ რთულია, მაინც ერთ-ერთი ყველაზე ფართოდ გავრცელებული SD პაკეტია.

Truespace (Caligary-ის პროდუქტი) – საკმაოდ პოპულარული და ძველი 3D პროგრამული პროდუქტია. მსგავსად 3D Studio Max რედაქტორისა, საკმაოდ რთული ინტერფეისი აქვს. თუმცა მასთან შედარებით სიმარტივით ხასიათდება.

LightWave 3D (NewTek-ის პროდუქტი) – საკმაოდ მძლავრი 3D პაკეტია, სამგანზომილებიანი მოდელირებისა და ანიმაციის ფართო შესაძლებლობებით. მისთვის დამახასიათებელია ინსტრუმენტების დიდი ნაკრები და რენდერინგის¹ მაღალი სიჩქარე. პაკეტის ახალი ვერსია გამოშვებულია მხოლოდ SGI პლატფორმისათვის.

CorelDream 3D (Corel-ის პროდუქტი) – შეადგენს Corel გრაფიკული პაკეტის ნაწილს. მისი ინტერფეისი მეტად ხელსაყრელია და სიოლით ხასიათდება. ოპერაციები სრულდება მაუსითა და რამდენიმე საბაზო ინსტრუმენტით. მეტად იოლია უკვე მზა 3D მოდელების დამატება და მათზე გარკვეული კომპიუტერული პროცედურების (შემობრუნება, მასშტაბირება) შესრულება.

Imagine (Impulse-ის პროდუქტი, გამოშვებული 1996 წელს). ახასიათებს სამგანზომილებიანი მოდელირების საკმაოდ ფართო შესაძლებლობები. მისი ინტერფეისი არც ისე რთულია და მუშაობს საკმაოდ სწრაფად. პროგრამის უპირატესობად შეიძლება ჩაითვალოს დამახინჯებების თვალსაჩინოება და ობიექტების იოლი მოდიფიცირება. მეტად არახელსაყრელია კონტექსტური მენიუს არარსებობა.

Bryce 3D (MetaCreations-ის პროდუქტი) – არ არის ტიპური უნივერსალური 3D რედაქტორი. იგი ბუნებრივ ობიექტებსა და მოვლენებს გამოსახავს ისეთი ფორმით, როგორც დამახასიათებელია რეალური სამყაროსათვის. ეს პროცედურები მეტად

¹ რენდერინგი – კომპიუტერული პროცედურა, როცა მონაცემთა რედაქტირებისას ხდება გამოსახულების ავტომატური ცვლა რეალურ დროში.

იოლად სრულდება მაუსის მეშვეობით. ახასიათებს საკმაოდ „კომუნიკაციური“ ინტერფეისი, თუმცა რენდერინგის პროცედურას საკმაოდ დიდი დრო სჭირდება. ამასთან, პროგრამის მუშაობა უფრო მეტად მოსახერხებელია მძლავრი შესაძლებლობების კომპიუტერზე.

WCS-World Construction Set (Questar Productions-ის პროდუქტი) – არატიპური 3D პროგრამული პროდუქტი. დედამიწის ზედაპირის მოდელირების თვალსაზრისით, იგი ერთ-ერთი ყველაზე მძლავრ და პერსპექტიულ პროგრამად ითვლება. მას დაახლოებით ისეთივე შესაძლებლობები აქვს, როგორც Bryce 3D პაკეტი, თუმცა მრავალი ახალი თავისებურებებითაც გამოირჩევა. ესენია:

- Terraformers – ზედაპირული ეფექტები (გზები, მდინარეები, მთები და ა.შ.).
- Ecosystems – მცენარეული საფარი წარმოდგენილია არა როგორც ფერი ზედაპირზე, არამედ ბუნებაში არსებულის მსგავსად.
- დედამიწის ზედაპირი წარმოდგენილია არა როგორც სიბრტყე, არამედ როგორც სფეროიდი.

პროგრამა თავსებადია 3D Max-ისა და Lighwave ფორმატების. WCS-ში შესაძლებელია შეიქმნას დედამიწის ზედაპირის საკმაოდ დეტალური სურათი, ძლიერ მცირე ზომის ობიექტების ჩათვლით. ამიტომ ამ პროგრამაში შექმნილი მოდელები ძლიერ უახლოვდება რეალურს, განსხვავებით Bryce პაკეტი-საგან, სადაც იქმნება სამყაროს მეტად არარეალური სურათი. პაკეტის მნშვნელოვანი უპირატესობაა რუკებისა და „რეალური“ სამყაროს ანიმაციური ეფექტების შეჯერება.

AWB Animatek World Builder (Animatek-ის პროდუქტი – პროგრამული პაკეტის ინტერფეისი აბსოლუტურად იდენტურია 3D Studio Max რედაქტორის, ხოლო პროგრამაში შექმნილი „სცენები“ შეიძლება შევინახოთ 3DS, VistaPro DEM და VRML ფორმატებში.

Internet Space Builder (Parallel Graphics-ის პროდუქტი) პროგრამული პროდუქტი განკუთვნილია მაღალი დონის ვირტუალური სამგანზომილებიანი გამოსახულებების შექმნისათვის. უხვად იყენებს მულტიმედიის ეფექტებს, ლოგიკურ ოპერაცი-

ებს. შესაძლებელია გამოსახულებებისა და საკმაოდ რთული კონფიგურაციის სამგანზომილებიანი ობიექტების შექმნა ინტერაქტიულ რეჟიმში. თავსებადია VRML¹ რედაქტორის.

Tree Designer (JHubert Software-ის პროდუქტი) გამოიყენება მცენარეული საფარის (ხეების, ფოთლების) მოდელირებისათვის. იყენებს OpenGL 3D view-ს. საკმაოდ მოსახერხებელი და იოლი ინტერფეისი ახასიათებს. პროგრამაში შექმნილი მოდელები შეიძლება გადავიყვანოთ DXG და 3DS ფორმატებში.

5.7. პროგრამული პროდუქტი

ERDAS IMAGINE

გეოგამოსახულებებისა და დისტანციური ზონდირების მონაცემების დამუშავებისათვის გამოიყენება მრავალი პროგრამული პროდუქტი – პაკეტი, მაგრამ მათგან მხოლოდ რამდენიმეა ყველაზე მეტად პოპულარული. ესენია: ERDAS Imagine, EIR Mapper, TNT mips, PHOTOMOP.

ეს პროგრამები გამოიყენება როგორც პერსონალურ კომპიუტერებზე, ისე სამუშაო სადგურებზე (Workstation), თუმცა, ამ უკანასკნელზე გაცილებით უკეთ ფუნქციონირებენ, ვინაიდან სპეციალურადაა შედგენილი UNIX გარემოსათვის.

მათ შორის ყველაზე პოპულარულია პაკეტი ERDAS Imagine, თუმცა დასავლეთის ქვეყნებში (განსაკუთრებით, აშშ-ში, გერმანიაში) სხვა პროგრამებსაც იყენებენ საკმაოდ ფართოდ. მომხმარებელთა რაოდენობის მიხედვით, I ადგილზე დგას IDRISI-ისა და EPPL 7-ის ტიპის გის-ები, რომლებსაც იყენებენ მცირე სამეცნიერო დაწესებულებები, უნივერსიტეტები და სხვ.

ERDAS – ნახევრად ფუნქციური 3-განზომილებიანი გეოინფორმაციული სისტემაა და აგებულია მოდულურ პრინციპზე, ე.ი. აქვს საბაზო ბლოკი და დამატებითი მოდულები. მაგრამ მოდულების სიძვირის გამო მცირეა ამ პროგრამის მომხმარებელი. მის ერთ-ერთ თავისებურებას წარმოადგენს დედამი-

¹ VRML (Virtual Home Space Builder) – პირველი ვირტუალური რედაქტორი მსოფლიოში (კომპანია Parallel Graphics).

წის ზედაპირზე ვირტუალური ფრენის შესაძლებლობა [Zhang, 1998].

მეტად მოსახერხებელია აეროსურათების დეშიფრირებისა და თემატური რუკების შესადგენად. აქ ხდება სურათების არა მარტო პირველადი კორექცია, არამედ კარტოგრაფიული პროექციებისა და გის-ების მეშვეობით მაღალხარისხოვანი კარტოგრაფიული ნაწარმის შექმნა. რუკათა შექმნის ინსტრუმენტები (Map Composer) საშუალებას იძლევა მრავალი პროცედურა ავტომატურად განხორციელდეს, რაც მეტად აიოლებს რუკის შექმნას. შესაძლებელია რამდენიმე ვექტორული ფენის ზედდებით სინთეზური რუკის მიღება. ასეთ რუკებს სხვადასხვა დანიშნულებითი გამოყენება აქვს. მაგალითად, სარაკეტო დანადგარების განლაგების დასადგენად თემატური რუკების (რელიეფის დახრილობის, გრუნტის ხასიათის, მცენარეული საფარის, საკომუნიკაციო ხაზების) სინთეზის საფუძველზე იქმნება რუკა, სადაც ასახულია სარაკეტო დანადგარების სავარაუდო განლაგების ადგილები [ERDAS IMAGINE..., 1999]. პროგრამა ეფუძნება EML (ERDAS Macro Language) მანქანურ ენას. მუშაობს როგორც UNIX სამუშაო სადგურზე, ისე პერსონალურ კომპიუტერებზე.

პროგრამის დანართებია [Партнер Sun-Roy..., 1996; გეოგრაფიკი, 2003]:

- **OrtoMAX** – ფოტოგრამმეტრული ქვესისტემა, რომელიც აერო- და კოსმოსურ სურათებზე დაყრდნობით ადგენს რელიეფის ციფრულ მოდელებს.
- **TNTims** – ნახევრად ფუნქციური რასტრული გეოინფორმაციული სისტემა და აგებულია მოდულურ პრინციპზე.
- **PGI** – აგებულია მოდულურ პრინციპზე.
- **PHOTOMOP** – გამიზნულია უმთავრესად ფოტოგრამმეტრიისათვის.
- **IDRISI (for windows)** – ერთ-ერთი ყველაზე უნივერსალური სისტემა, რომელიც ინტეგრირებას უკეთებს ვექტორულ და რასტრულ ინფორმაციას. იგი ახდენს რთული სივრცითი პროცესების მოდელირებას. პაკეტს აქვს უნიკალური რასტრული ბლოკი, ამიტომ იგი უფრო ძვირად ღირებულ პროგრამებსაც უწევს კონკურენციას.

- **ER – Mapper** – ყველაზე ძვირად ღირებული სისტემაა. იგი უპირატესად გამოიყენება, როგორც დისტანციური ზონდირების მონაცემების დამუშავების საშუალება.
- **Radar Mapping System** – გამიზნულია რადიოლოკაციური მონაცემებისა და ადგილის ციფრული მოდელების ასაგებად (სტერეოწყვილებზე დაყრდნობით).
- **Imagine Virtual GIS** – ახდენს სამგანზომილებიანი გამოსახულებების ვიზუალიზაციასა და ანალიზს.
- **Imagine arthoBASE** – ფოტოგრამმეტრიული მოდული, რომლის საფუძველზეც მუშავდება აეროფოტოსურათები, ხორციელდება მათი ორთოტრანსფორმაცია.
- **OrthoBASE Pro** – მოდული, რომელიც გამიზნულია ადგილის რელიეფის მოდელის შექმნის ავტომატიზაციისათვის.
- **Stereo Analyst** – ფოტოგრამმეტრიული მოდული, რომლის მეშვეობითაც ხორციელდება სურათის წყვილების სტერეორეჟიმში დამუშავება.
- **MapSeets** – მოდული, რომლითაც შესაძლებელია ERDAS IMAGINE ფორმატში შექმნილი გამოსახულებების ვიზუალიზაციის პროცედურების განხორციელება.
- **Imagine Developers Toolkit** – სპეციალური მოდული დამატებითი ფუნქციების შესაქმნელად.

ნაწილი 6

სპეციალური გეოინფორმაციული და ექსპერტული სისტემები

PART 6. SPECIAL GEOINFORMATION AND EXPERT SYSTEMS

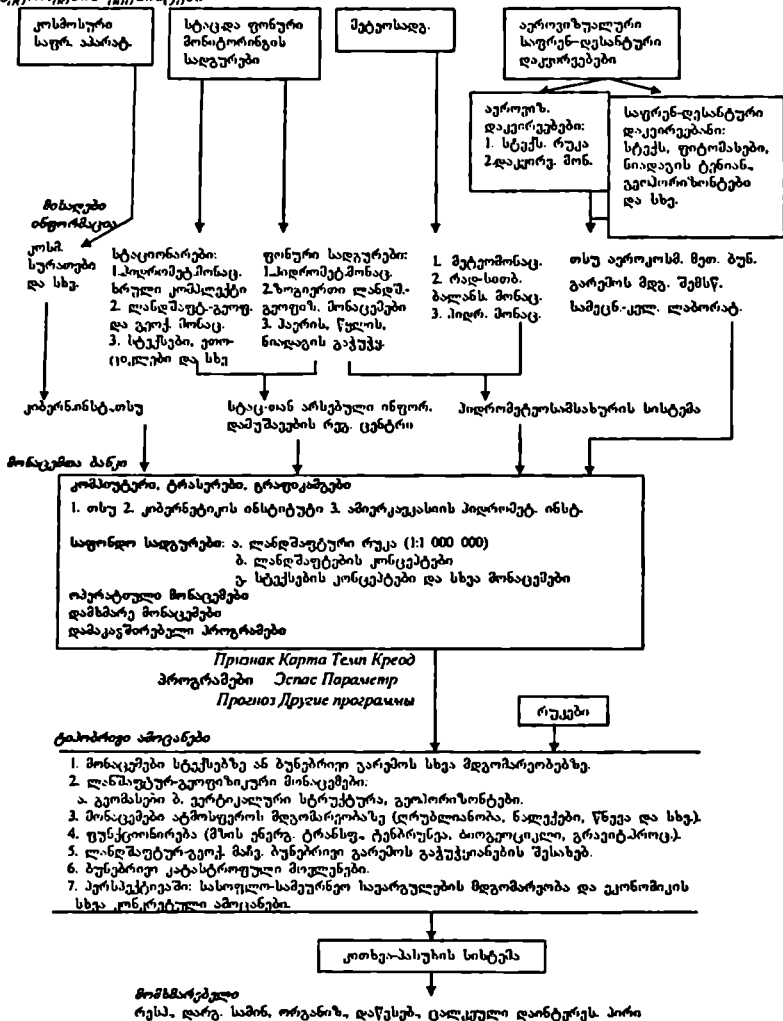
6.1. საქართველოს გეოინფორმაციული სისტემა GIS OF GEORGIA

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აეროკოსმოსური მეთოდებით გარემოს მდგომარეობის შემსწავლელ სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიაში შემუშავდა გეოინფორმაციული სისტემა – „საქართველოს გეოინფორმაციული სისტემა“, რომელიც ოპერატიულად ამუშავებს ინფორმაციას ლანდშაფტების დღეღამური მდგომარეობებისა (სტექსების) და მათი ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური მახასიათებლების შესახებ. სისტემა შექმნილია ლანდშაფტმცოდნეობის თეორიული კონცეფციის – სივრცე-დროითი ანალიზისა და სინთეზის საფუძველზე.

ამ სისტემის განხორციელებამ შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა მოითხოვა:

- საქართველოს ლანდშაფტების მდგომარეობათა კვლევა და კარტოგრაფირება;
საქართველოს ლანდშაფტების მდგომარეობათა ანალიზის საფუძველზე ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების დინამიკური პარამეტრების განსაზღვრა და კარტოგრაფირება.
საქართველოს ლანდშაფტების მდგომარეობათა პროგნოზი.
ლანდშაფტების მდგომარეობის ანალიზი საფონდო და ოპერატიულ წყაროებს ეფუძნება. საფონდო მასალა მოიცავს: საქართველოს ლანდშაფტურ რუკას (რომელიც კავკასიის ლანდშაფტური რუკის ნაწილია), სტექსების საშუალო მრავალწლიური განმეორებადობის ცხრილებს (შედგენილი ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემების საფუძველზე) და ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების ეთოციკლების სქემებს (ნახ. 6.1).

**პირველადი ინფორმაციის
შეგროვების ქეისისტემა**



**ნახ. ნ.1. საქართველოს გეოინფორმაციული სისტემის სქემა
(ნ. ბერუხაშვილის მიხედვით).**

არსებობს ოპერატიული მასალის მოპოვების რამდენიმე წყარო:

1. მდგომარეობათა კარტოგრაფირება ვერტმფრენით დასახლეთისა და აღმოსავლეთის მარშრუტებზე.
2. ზაფხულის თვეებსა და იანვარ-თებერვალში ჩატარებული საექსპედიციო მასალები.
3. ჰიდრომეტეოცენტრიდან მიღებული ყოველდღიური ბიულეტენების მასალები, სადაც მოცემულია ჰაერის საშუალო, მაქსიმალური, მინიმალური ტემპერატურები, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა, თოვლის საფარის სიმაღლე, ატმოსფერული მოვლენები.
4. დეკადური აგრომეტეობიულეტენები, სადაც მეტეომონაცემების გარდა, არსებობს მასალა ნიადაგის სინოტივისა და მდინარეთა დონეთა ცვალებადობის შესახებ.

საფონდო და ოპერატიული მასალების ურთიერთშეჯერების შედეგად დგინდება საქართველოს ლანდშაფტების მდგომარეობები. მათი კარტოგრაფირება გის-ის პირველი ეტაპია. ინფორმაციის წყაროების სიუხვე ზრდის მიღებული შედეგების რეპრეზენტულობას.

გის-ის მეორე ეტაპი კი გულისხმობს საქართველოს ლანდშაფტების დინამიკური პარამეტრების გამოთვლას, რისთვისაც გამოიყენება სტექსების კონცეპტები ცალკეული ლანდშაფტისათვის.

გის-ის ბოლო ეტაპი საქართველოს ლანდშაფტების მდგომარეობის პროგნოზია (ხუთი დღით ადრე). დგება პროგნოზული რუკები და მიმდინარეობს მიღებული შედეგების შემოწმება.

საქართველოს გეოინფორმაციული სისტემა მოიცავს შემდეგ ქვესისტემებს [Беруашвили, 1986]:

I. ინფორმაციის ქვესისტემა, რომლის წყაროებია: ჰიდრომეტეოსამსახურის, მარტყოფის ფიზიკურ-გეოგრაფიული სტაციონარის, ნახევარსტაციონარების (ლაგოდეხის, ვაშლოვნის, მიუსერის, ბევრეთის) მონაცემები და აეროვიზუალური გამოკვლევების კონკრეტული შედეგები.

გის-ის ძირითად ბაზას ქმნის ჰიდრომეტეოსამსახურის ყოველდღიური ინფორმაცია (38 მეტეოსადგურის). ინფორმაციის სხვა წყაროები გამოიყენება შეძლებისდაგვარად ან აუცილებლობის შემთხვევაში.

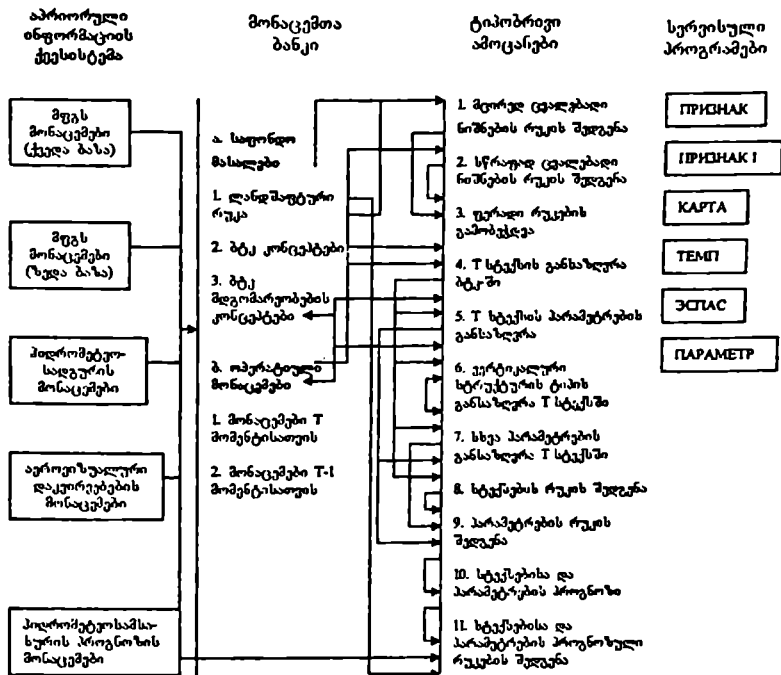
II. ინფორმაციის დამუშავებისა და ანალიზის ქვესისტემა. აქ დგინდება ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების (ბტკ) დღელამური მდგომარეობები და შესაბამისად ანგარიშდება ზოგიერთი ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური მახასიათებელი. ხორციელდება მიღებულ მონაცემთა შედარებითი ანალიზი და სივრცულ-დროითი დიფერენციაცია.

III. მონაცემთა ბანკის ქვესისტემა გის-ის ერთ-ერთი მთავარი ნაწილია. აქ თავმოყრილია სრული ინფორმაცია (ლიტერატურული, საფონდო თუ კარტოგრაფიულ მასალებზე დაყრდნობით) ლანდშაფტების შესახებ. გარდა ამისა, აქვე ინახება ის პროგრამები და კონცეპტები (გამოთვლითი ცნებები), რომელთა საფუძველზეც ხდება სტექსებისა და მათი ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური მახასიათებლების გამოთვლა.

IV. კარტოგრაფიული ქვესისტემა საქართველოს გეოინფორმაციული სისტემის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილია. თავდაპირველად კარტოგრაფირება ხდებოდა გრაფიკული პროგრამის Dr. Halo-სა და Lotus 1-2-3-ის მეშვეობით, თუმცა ამჟამად ამისათვის გამოიყენება თანამედროვე პროგრამული სისტემები (MapInfo, Excel). ამ ქვესისტემაში ხდება არა მარტო ძირითადი მონაცემების (ლანდშაფტთა მდგომარეობების), არამედ ნაწარმოები (ცალკეულ ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური) მახასიათებლების რუკების ოპერატიული შედგენა, გამობეჭდვა, აგრეთვე, მულტიპლიკაციური ფილმების (სლაიდ-ფილმების) შექმნა, რომლებიც გვიჩვენებენ სტექსების ან ცალკეული პარამეტრების დინამიკას. ეს საშუალებას იძლევა წინასწარ განისაზღვროს პოტენციურად შესაძლებელი სიტუაციები (ბტკ მდგომარეობები).

6.2. მარტყოფის გეოინფორმაციული სისტემა GIS OF MARTKOPI

მარტყოფის გეოინფორმაციული სისტემა ორიენტირებულია სპეციალისტ-გეოგრაფზე და მოიცავს ინფორმაციის მოპოვებისა და დამუშავების ქვესისტემას, მონაცემთა ბანკს [Берг-фаяншвили, 1986]. იგი საშუალებას იძლევა შესრულდეს შემდეგი მოქმედებები (ნახ. 6.2):



ნახ. 6.2. მარტყოფის ფიზიკურ-გეოგრაფიული სტაციონარის (მეფს) გეოინფორმაციული სისტემის სქემა (ნ. ბერუჩაშვილის მიხედვით).

შედგეს ბტკ მცირეცვალებად პარამეტრთა რუკები (მცენარეულობის, ნიადაგების და ა.შ.), აგრეთვე, შედარებით სწრაფად ცვალებად პარამეტრთა რუკები (ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის, თოვლის საფარის სიმაღლის, ქარის სიჩქარის და ა.შ.);

I დროის მომენტში განისაზღვროს სტექსი;

განისაზღვროს ბტკ-ების ვერტიკალური სტრუქტურის ხასიათი I მომენტისათვის;

განისაზღვროს ბტკ-ების სტრუქტურისა და ფუნქციონირების ცალკეული პარამეტრების მნიშვნელობები დროის I მომენტისათვის;

სტექსების რუკების შედგენა;

სტექსებისა და ცალკეული გეომასების ცვლილების პროგნოზი;

პროგნოზული რუკების შედგენა (სტექსების, ცალკეული გეომასების, ვერტიკალური სტრუქტურის, ფუნქციონირების პარამეტრების მიხედვით).

მარტყოფის გეოინფორმაციული სისტემა ეყრდნობა სივრცე-დროითი ანალიზისა და სინთეზის კონცეფციას. მას პრაქტიკული ღირებულებაც აქვს, ვინაიდან იგი იძლევა სტაციონარის მიდამოების (საგურამო-იალნოს ქედის ზედა მთის სუბალპური ლანდშაფტების) ფიტომასების რაოდენობის განსაზღვრის საშუალებასაც. ამით შესაძლებელია დაზუსტდეს გაძოვების პერიოდები, ტყის ბტკ-ების მდგომარეობები, თოვლის საფარის სიმაღლე (რაც აუცილებელია ზამთარში სატრანსპორტო მიმოსვლისათვის).

მართალია, გეოინფორმაციული სისტემა ასრულებს პრაქტიკულ ამოცანებს, მაგრამ მაინც არ არის რენტაბელური მისი ასე მცირე რეგიონისათვის შემუშავება. ამიტომ მარტყოფის გის-ის მეშვეობით ჩატარებული ექსპერიმენტები გახდა საფუძველი უფრო მსხვილი რეგიონების (ისეთი, როგორიცაა საქართველო და კავკასია) გეოინფორმაციული სისტემების შესაქმნელად.

6.3. კავკასიის გეოინფორმაციული სისტემა GIS OF CAUCASUS

კავკასიის გეოინფორმაციული სისტემა შემუშავებულია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აეროკოსმოსური მეთოდებით გარემოს მდგომარეობების შემსწავლელ სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიაში.

გის-ის მიზანია საფონდო მასალებში არსებული (10 წელზე მეტი პერიოდის საექსპედიციო მონაცემები) ინფორმაციის შეყვანა, დამუშავება და გაანალიზება. გის-ის მეშვეობით ხდება ველზე მოპოვებული ინფორმაციის მათემატიკური და სტატისტიკური დამუშავება, გრაფიკების აგება და რუკების შექმნა. თავდაპირველად ინფორმაციის დამუშავება წარმოებდა ინტეგრალური პაკეტებით: lotus 1-2-3- და Quadro. მოგვიანებით კი გის-ის მონაცემთა ბაზები დაუკავშირდა სტანდარტულ გის-ს MapInfo-ს.

საველე პირობებში ინფორმაციის მოპოვება ხდება ბტკ მდგომარეობების აღწერის სპეციალური ბლანკების მეშვეობით. საველე მასალები სამი სახისაა:

1. დეტალური ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური აღწერები, როცა ტარდება ტერიტორიის სრულყოფილი ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება, გეომასებისა და ბტკების ვერტიკალური სტრუქტურის დეტალური აღწერა, ფუნქციონირების ზოგიერთი პროცესის ინტენსივობის დადგენა.

2. რედუცირებული კვლევა, როცა შეისწავლება მხოლოდ გეოპორიზონტები.

3. „კარტოგრაფიული“ აღწერა გულისხმობს ისეთი ინფორმაციის მოპოვებას, რომელიც საჭიროა ამა თუ იმ რუკის შესადგენად. ასეთი აღწერისას მიეთითება აღსაწერი ტერიტორიის ზუსტი ადგილმდებარეობა, ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის სრულყოფილი სახელი და სტექსი.

გის-ის ერთ-ერთი ამოცანაა რედუცირებული კვლევისა და „კარტოგრაფიული“ აღწერის მონაცემების გარდაქმნა სრულყოფილ ლანდშაფტურ-გეოფიზიკურ აღწერებში. ამასთან, გამოიზნულია ფუნქციონირების პროცესების საორიენტაციო გამოთვლა. ეს შესაძლებელია შემდეგი დებულებების საფუძველზე: „გეომასა – ელემენტარული ფუნქციური პროცესი“,

„ვერტიკალური სტრუქტურა – ფუნქციონირება“ და „ვერტიკალური სტრუქტურა – სტექსი“.

გის-ში მონაცემები მოცემულია სხვადასხვა სახით [Беруа-швили, 1986]:

I. ფიზიკურ-გეოგრაფიული მახასიათებლებისა და გეომასების მიხედვით (DB ტიპის ფაილი);

II. მეტეოროლოგიური მანქანებლების მიხედვით (METEO-ს ტიპის ფაილი);

III. გამოთვლებისა და ექსპერიმენტებისათვის (GEOMOD);

IV. სტექსების კონცეპტების მიხედვით (KONCEPT).

ექსპედიციური მასალების შეყვანა ხდება გარკვეული თანამიმდევრობით. თითოეულ ამ სტრიქონში იწერება ფიზიკურ-გეოგრაფიული (აბსოლუტური სიმაღლე, ზედაპირის დახრილობა და ექსპედიცია, ლანდშაფტის დასახელება) და ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური (გეომასები, ვერტიკალური სტრუქტურის ტიპი) პარამეტრები. მონაცემების შეყვანის შემდეგ ხდება გეომასების რაოდენობის განსაზღვრა. „პირველადი“ ფაილების თავისებურებას ისიც წარმოადგენს, რომ შესაძლებელია ისეთი გეომასების ანგარიშიც, რომლებიც ამა თუ იმ მიზეზის გამო არ იყო განსაზღვრული საველე პირობებში. ამასთან, შესაძლებელია გეომასების რაოდენობის განსაზღვრა რედუცირებული და „კარტოგრაფიული“ აღწერების საფუძველზე. ეს ხდება კაეკასიის ლანდშაფტების ნიშნობრივი სისტემის მეშვეობით, რომელიც იმავდროულად შეყვანილია კომპიუტერის მეხსიერებაში. მაგალითად, მხოლოდ ბტკ ვერტიკალური სტრუქტურის ტიპის მიხედვით შესაძლებელია შემდეგი პარამეტრების გამოთვლა: ფიტომასების მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო რაოდენობების განსაზღვრა.

„პირველადი“ ფაილებიდან ინფორმაცია გადადის მეორეში, რომლის ძირითადი დანიშნულებაა ბტკ ვერტიკალური სტრუქტურის მახასიათებლებისა და გეომასების რაოდენობების განსაზღვრა ვერტიკალურ პროფილში. აქედან კი ინფორმაცია გადადის სხვა ფაილებში, სადაც მიმდინარეობს ფუნქციონირების პროცესების საორიენტაციო გამოთვლა. ამ ფაილში მონაცემთა ბანკი აგებულია მარტყოფის სტაციონარის, კოვალუკის, ლაგოდეხის, ვაშლოვანის, ბაკურიანისა და ბევრეთის ნახევარსტაციონარებისა და ექსპედიციური მასალების საფუძველზე. უმეტეს

შემთხვევაში შესაძლებელია ისეთი მახასიათებლების გაანგარიშება, როგორიცაა: ვერტიკალურ პროფილში მზის რადიაციის განაწილება, ატმოსფერული ნალექების პროცენტული შეღწევა და ა.შ. ამიტომ მონაცემთა ეს ბანკი საჭიროებს მნიშვნელოვან დამატებებს.

მონაცემთა ბაზა მოიცავს კავკასიის 140 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემს, სადაც განისაზღვრება თვის საშუალო და წლიური მაჩვენებლები (ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა, თოვლის საფრის სიმაღლე, ღრუბლიანობა, ქარის სიჩქარე, შეფარდებითი ტენიანობა და სხვ.). გარდა ამისა, 50 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების საფუძველზე, დგინდება უკანასკნელი წლების კლიმატური თავისებურებანი, რაც „ნორმალური“ და „ექსტრემალური“ წლების დადგენის საშუალებას იძლევა [Берушавили, 1995].

სტექსების კონცეპტების მიხედვით შექმნილი მონაცემთა ბაზები (ფაილი KONCEPT) საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სტექსური კონსტანტები (გეომასების საშუალო რაოდენობები და მათი ცვლილებების ტემპები). ფაილი მოიცავს 4000-ზე მეტ მონაცემს.

ამრიგად, კავკასიის გეოინფორმაციული სისტემა მოიცავს მრავალ ფაილს – მონაცემთა ბაზებს, ცოდნის ბაზებსა და მონაცემთა ბანკებს. ისინი დაჯგუფებულია გარკვეულ ფაილებში. თუმცა ერთი ფაილი შეიძლება მოიცავდეს არა მარტო მონაცემებს, არამედ რამდენიმე მონაცემთა ბაზას ან ბანკს. ამრიგად, გის-ში წარმოდგენილი ფაილები ერთგვარი კრებადობაა.

გის-ის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ღირსებას წარმოადგენს ის, რომ შესაძლებელია მასში ახალი ინფორმაციის ჩართვა, კერძოდ, მონაცემთა ბაზებისა და ცოდნის ბაზების გაფართოება.

6.4. კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის

გეოინფორმაციული სისტემა

GIS OF GEOPOLITICAL ATLAS OF CAUCASUS

კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის გეოინფორმაციული სისტემა შექმნილია 500 000-იან მასშტაბში ვექტორულ პროგრამაში MapInfo. იგი მოიცავს მრავალ თემატურ რუკასა და მონაცემთა ბაზას [ბერუწაშვილი, ბეშიძე, 1995].

გის-ის საბაზო რუკებია:

ზოგადგეოგრაფიული საფუძველი.

პოლიტიკურ-ადმინისტრაციული (რაიონების დონეზე).

ეთნიკური.

ისტორიულ-გეოგრაფიული პროვინციები.

ლანდშაფტური საფუძველი.

1992-94 წლების კავკასიის ეკონომიკური მდგომარეობის, მიწის პრივატიზაციის, სოციალური პირობების, სახელმწიფო-ებრივი მოწყობისა და სხვათა ანალიზის საფუძველზე შედგენილია ციფრული კომპიუტერული რუკები.

გეოინფორმაციული სისტემა საშუალებას იძლევა განხორციელდეს: რეგიონის სრული მეცნიერული ანალიზი, გეოპოლიტიკური პროგნოზი.

6.5. გეოინფორმაციული სისტემა „შავი ზღვა“

GIS “BLACK SEA”

‘შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრისათვის 1993 წელს შეიქმნა Global Environmental Facilities – (გარემოს შენარჩუნების გლობალური ფონდი) – 3 წლიანი სპეციალური პროგრამა შემუშავდა (Black Sea Environmental Programme). მონაცემთა ბაზებისა და გის-ების შექმნისათვის ჩამოყალიბდა სამუშაო ჯგუფები (GISWP).

გეოინფორმაციული სისტემა გამოიზნული იყო ფართო მომხმარებლისათვის – სახელმწიფო მართვის ორგანოების, სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების, ცალკეული სასწავლო დაწესებულებების, საზოგადოებრივი ორგანიზაციებისათვის.

გის-ს უნდა გადაეჭრა შემდეგი საკითხები:

ეკოლოგიური მდგომარეობის განვითარების დაგეგმარება ეროვნულ და რეგიონალურ დონეზე.

მოსახლეობის ინფორმირება შავი ზღვის აუზში მიმდინარე პროცესებზე (მასობრივი საშუალებებით, ლექციებით, კონფერენციებით და სხვ.).

სამეცნიერო ანალიზის ჩატარება, მოდელირება და ეკოლოგიური სისტემის განვითარების პროგნოზი.

გეოინფორმაციული სისტემა მოიცავს 7 ბლოკს: გეოგრაფიის, გეოლოგიის, მეტეოროლოგიის, ფიზიკური ოკეანოგრა-

ფიის, ბიოლოგიის, ქიმიური ოკეანოგრაფიისა და დაბინძურების, თევზის რესურსების.

ბლოკი „გეოგრაფია“ იძლევა ზოგადგეოგრაფიულ ინფორმაციას შავ ზღვაზე. იგი მოიცავს ზღვის მთელი აუზისა და ცალკეული ქვეყნების მიმოხილვით რუკას. მისი ძირითადი წყაროა 2 000 000 მასშტაბის რუკა. რუკები შედგენილია პროგრამული პროდუქტით – DIGIMAP და მოიცავს რამდენიმე თემას: ჰიდროგრაფიას, ქალაქებს, გზებსა და ა.შ. ეს რუკები მოცემულია სხვადასხვა ფენაზე. ზოგიერთი მათგანი დაყოფილია ქვეფენებადაც. მომხმარებელი სურვილის მიხედვით ააქტიურებს სასურველ ფენას. რუკებს თან ახლავს სპეციალური დანართები, რითაც შეიძლება აიგოს გრაფიკები.

ამავე ბლოკშია მოთავსებული მიწათსარგებლობის რუკა (1:2 000 000). იგი შავი ზღვის ქვეყნების ეროვნული ატლასების საფუძველზეა შექმნილი.

ბლოკში „გეოლოგია“ შედის სხვადასხვა თემატური რუკა: ტექტონიკური სტრუქტურების, გეოლოგიური აგებულების, გეომორფოლოგიური, დარაიონების, შავი ზღვისა და მდ. დუნაის დელტის სანაპირო ხაზისა და ევოლუციის და ა.შ. აქვე ინახება 48 სადგურის მონაცემი ზღვის დონის რყევის შესახებ. დროის გარკვეული პერიოდისათვის მომხმარებელს სურვილის მიხედვით შეუძლია ააგოს ზღვის დონის ცვალებადობის გრაფიკი ნებისმიერ სადგურზე.

ბლოკი „მეტეოროლოგია“ მოიცავს ინფორმაციას კლიმატისა და ამინდის პირობების ტიპურ მახასიათებლებზე, როგორიცაა: ჰაერის ტემპერატურა, ჰაერის ტენიანობა, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა. შედგენილია იზოხაზების რუკების მთელი სერია (ტრადიციული შეფერილობით). ანიმაციური პროგრამის მეშვეობით ეკრანზე გამოისახება ტემპერატურებისა და ნალექების დინამიკა, მათი ცვლილება სეზონის ან წლების მანძილზე. შემუშავებულია სპეციალური ალგორითმი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია დროის ნებისმიერი მომენტისათვის შეიქმნას ამა თუ იმ მეტეოროლოგიური პარამეტრის საშუალო მრავალწლიური მონაცემების სივრცითი განაწილების რუკა.

ბლოკი „ფიზიკური ოკეანოგრაფია“ მონაცემთა უზარმაზარ მასივს მოიცავს. შავი ზღვის მარილიანობის, სიმკვრივისა და ტემპერატურის შესახებ არსებული ასწლიანი მონაცემების საფუძველზე შედგენილია მანქანებლების განაწილების სქემა თევებისა და სეზონების მიხედვით. რუკის საფუძველად აღებულია ციფრული მოდელი. ეს საშუალებას იძლევა ნებისმიერ გეოფიზიკურ მანქანებლებს შორის აიგოს კორელაციური კავშირები.

ბლოკში „ქიმიური ოკეანოგრაფია და დაბინძურება“ მოცემულია ჟანგბადის, სულფიდების, ნიტრატების, ფოსფატების გავრცელების სქემები. მათ საფუძველზე დგინდება კრიტიკული ეკოლოგიური მდგომარეობები, ფიქსირდება დაბინძურების ცხელი წერტილები. რუკებს თან ერთვის ცხრილები, სადაც მოცემულია დაბინძურების ძირითადი წყაროები, ნარჩენების რაოდენობა და სხვ.

ბლოკის „ბიოლოგია“ დანიშნულებაა ბიომრავალფეროვნების ასახვა და იმ პრობლემების ჩვენება, რაც ართულებს ეკოლოგიურ მდგომარეობას. ამავე ბლოკში მოცემულია წყალგაობითი სავარგულების, ნაკრძალების, ეგზოტიკური ფლორისა და ფაუნის (Mnemiopsis, Aurelia) რუკები, აგრეთვე, ფიტოპლანქტონის, ზოოპლანქტონისა და ბიოპროდუქტიულობის რუკები. შედგენილია ზღვის წყალმცენარეების ადგილსამყოფლის ცვლილების რუკა (რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე). იგი გვიჩვენებს აკვატორიაში ეკოლოგიური სიტუაციის გართულების სურათს.

ბლოკი „თევზის რესურსები“ დაფუძნებულია სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების, FAO-ს მონაცემებზე. ოვერლეინური პროცედურების მეშვეობით შესაძლებელია ამ ბლოკის ნებისმიერი რუკის შეთავსება სხვა ბლოკის რუკებთან, მაგალითად, ჰიდროფიზიკური და ჰიდროქიმიური მანქანებლების რუკებთან. ეს კი საშუალებას იძლევა გამოვლინდეს და შეფასდეს ის ფაქტორები, რომლებიც ამა თუ იმ სახით განსაზღვრავენ თევზის რესურსების კანონზომიერ განლაგებას.

გის-ში მოთავსებულია 2000 რუკა, რომელთაც თან ერთვის ტექსტური აღწერები. რუკები დაკავშირებულია მონაცემთა ბაზებთან, სადაც ინახება ინფორმაცია რუკაზე მოცემული

ობიექტების შესახებ. რუკები შედგენილია ხისებრი იერარქიის პრინციპით, სადაც გადაადგილება ხდება ნებისმიერი ტოტის გასწვრივ. შეიძლება რუკების მასშტაბირება, რამდენიმე რუკის ერთ ეკრანზე მოთავსება, მონაცემების გამოსახვა ტექსტურ, ცხრილურ ან გრაფიკულ ფორმატში და სხვ. დამწყებთათვის მოცემულია გის-ის შემსწავლელი პროგრამა, რომელიც დემონსტრირებას უკეთებს ყველა ამ ოპერაციას.

გეოინფორმაციული სისტემა შემუშავებულია IBM-თან შესატყვისი პერსონალური კომპიუტერებისათვის და მუშაობს მარტივ ოპერაციულ სისტემებში (MS Windows 3.1). გის-ის შექმნაში მონაწილეობდა 11 სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი და 50-ზე მეტი ექსპერტი. ფაქტობრივად, იგი წარმოადგენს სხვადასხვა პროფილის სპეციალისტების მრავალწლიანი მუშაობის შედეგს. რა თქმა უნდა, მონაცემების ხარისხი არ არის ერთნაირი. მაგრამ იგი არის პირველი გეოინფორმაციული სისტემა შავ ზღვაზე და საკმაო სიზუსტით გამოხატავს ეკოსისტემების მდგომარეობას და საშუალებას იძლევა განისაზღვროს, როგორია მისი ანთროპოგენური დატვირთვის ხარისხი.

6.6. გეოინფორმაციული სისტემების გამოყენება სეისმოლოგიაში USE OF GIS IN SEISMOLOGY

დღეს გეოინფორმაციული სისტემები ერთ-ერთი ძირითადი ინსტრუმენტია გამოყენებით სამეცნიერო კვლევებში. მათ ფართო გამოყენება აქვთ სეისმოლოგიაშიც. მაგალითად, მიწისძვრის კერის (რეალური და პოტენციური), დედამიწის ქერქის ტექტონიკური რღვევის ხაზის ან დომენის (სეისმურად ერთგვაროვანი ტერიტორია) დადგენაში. ბევრმა სპეციალისტმა გამოთქვა აზრი, რომ სეისმოლოგიაში, გეოფიზიკაში და მრავალ სხვა სამეცნიერო დარგში შეუძლებელიც კია სრულყოფილი სამეცნიერო კვლევების ჩატარება გის-ების გარეშე. სწორედ ამიტომ მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის სეისმოლოგიის ინსტიტუტში უკვე რამდენიმე წელია გამოიყენება გის-ტექნო-

ლოგიები. ყველაზე ფართო გამოყენება აქვს სისტემებს: PC ArcINFO და ArcView. ArcInfo-ს მეშვეობით უმთავრესად იქმნება საწყისი ელექტრონული რუკები (დაციფერა, ტოპოლოგიის შექმნა და ა.შ.), ხოლო ArcView-ს მეშვეობით მიმდინარეობს სივრცითი მონაცემების (ცხრილური) დამუშავების თითქმის მთელი ანალიზი.

სეისმოლოგიური საკითხების სრულყოფილ შესწავლას აფერხებს ის გარემოება, რომ მრავლადაა ისეთი მოვლენები, რომელთაც მარტივი ლოგიკა აქვთ, მაგრამ არასტანდარტულია და ხშირად რთული ან შეუძლებელიც კი მათი შესრულება ისეთი კომპიუტერული პროგრამების მეშვეობით, როგორიცაა MapInfo, GeoGraph/GeoDraw, TNT Map. ამიტომ ამ საკითხების მოსაგვარებლად უფრო ხშირად მიმართავენ პროგრამა ArcView-ს. ცხრილური მონაცემების დამუშავებისათვის გამოიყენება ბრძანება Avenue, რომელიც სტანდარტული ოპერაციების, რთული ლოგიკური ჯაჭვების შედგენის ნებისმიერი მრავალკუთხედის ფართობის გამოთვლის საშუალებას იძლევა. ამგვარად, ArcView GIS-ის მეშვეობით შესაძლებელია მარტივი და რთული (ნებისმიერი სირთულის) ოპერაციების ჩატარება, დაწყებული დედამიწის ზედაპირის პროფილური ჭრილიდან და დამთავრებული ფიზიკური ევლების იზოხაზების აგებით [Андержанов, 1997].

მიწისძვრის კერა რუკაზე წარმოდგენილი უნდა იყოს ელიფსის ფორმით, რომელიც მობრუნებული უნდა იყოს გარკვეული კუთხით. ამის საშუალება კი მხოლოდ განხილულ პაკეტს აქვს. ზემოთ აღნიშნული ოპერაციის შესრულება ხდება აპროქსიმაციის მეთოდით. გის-ის მეშვეობით შესაძლებელია მიწისძვრების განმეორებადობის გრაფიკის აგება. მონაცემთა ბანკებში არსებობს ინფორმაცია ენერგიის ჩახშობის, განსხვავებული მაგნიტუდების გაფანტვის კერების შესახებ.

გის-ების მეშვეობით მრავალი ამოცანის ამოხსნაა შესაძლებელი, რომელიც ხელით რთული გასაკეთებელი იყო. ეს კი დიდ გავლენას ახდენდა მიღებულ შედეგებზე. ამიტომ არის მიჩნეული, რომ დღეს სერიოზული სამუშაოების ჩატარება სეისმოლოგიაში გის-ის გარეშე შეუძლებელია.

6.7. ონის რაიონის ექსპერტული სისტემა **EXPERT SYSTEM OF ONI DISTRICT**

ონის რაიონის ექსპერტული სისტემა შედგენილია დაპროგრამების ერთ-ერთ ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ ენაზე – ბეისიკზე. იგი შემუშავებულ იქნა 1988 წელს თსუ აეროკოსმოსური მეთოდებით გარემოს მდგომარეობების შემსწავლელ სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიაში. ამ სისტემის შექმნის მიზანი იყო ბტკ-ების მდგომარეობების განსაზღვრა და პოტენციურად შესაძლებელი ბუნებრივი სტიქიური (კატასტროფული) მოვლენების პროგნოზი.

ექსპერტული სისტემის შექმნის თვალსაზრისით, ონის რაიონი საკმაოდ საინტერესო მოდელური რეგიონია. იგი ბუნებრივი პირობების დიდი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა. მჭიდროდ დასახლებულ უბნებში გეოდინამიკური პროცესების შედარებით ფართო სპექტრია წარმოდგენილი, რაც ხშირად საშიშ სტიქიურ მოვლენადაც იქცევა ხოლმე. მიწის სავარგულების სიმცირის გამო, აქ აითვისეს მეწყრული უბნები (ქვედა მთისა და ნაწილობრივ საშუალო მთის ლანდშაფტებში). განვითარდა ღვარცოფული ნაკადები. იშვიათი არ არის კლდეზვავები, წყალდიდობები და სხვა ბუნებრივი სტიქიური მოვლენები.

ექსპერტული სისტემის ერთ-ერთი ძირითადი ნაწილია ცოდნის ბაზა. იგი რამდენიმე მოდულისაგან შედგება, რომელთა შორის მჭიდრო ურთიერთკავშირია. პირველი მოდული მოიცავს წესების ჯგუფს, რომელიც საშუალებას იძლევა კონკრეტული ამოცანების საფუძველზე განისაზღვროს სტექსები. მეორე მოდული ემსახურება მთელი რაიონისა და კონკრეტული პუნქტების ბტკ-ების ტიპების მდგომარეობების განსაზღვრას. ამ მოდულში ინახება საანგარიშო ფორმულები და ლოგიკური ჯაჭვები. მესამე მოდულით განისაზღვრება ლანდშაფტურ-ეთოლოგიური სიტუაციები. ამ მოდულის მუშაობა პირველ ორ მოდულზეა დამოკიდებული. მეოთხე მოდულში განისაზღვრება პოტენციურად შესაძლებელი ერთი ან რამდენიმე მოვლენა. მათ შორის გეოდინამიკური პროცესებიც – კლდეზვავები, ქვათაცვენები, მეწყერები, თოვლის ზეგებები, ღვარცოფული ნაკადები, წყალდიდობები და ა.შ. ეს ხორციელდება

მესამე მოდულზე დაყრდნობით, ლანდშაფტურ-ეთოლოგიურ სიტუაციასა და გეოდინამიკურ პროცესებს შორის ემპირიული გამოვლინების საფუძველზე. განსაკუთრებით საინტერესოა მეხუთე მოდული, რომელიც შეიცავს ლანდშაფტურ-ეთოლოგიური სიტუაციების ცვლილების სცენარს. აქ მოცემულია ლოგიკური ჯაჭვები, რომლითაც განისაზღვრება სცენარები (ჰიდრომეტეოსამსახურის ან სხვა წყაროების პროგნოზზე დაყრდნობით). მეექვსე მოდული შეიცავს რეკომენდაციებს რაიონის ხელმძღვანელის ან სამსახურების საქმიანობის შესახებ (ამა თუ იმ ლანდშაფტურ-ეთოლოგიური სიტუაციის დროს).

მონაცემთა ბაზა ექსპერტული სისტემის არანაკლებ მნიშვნელოვანი ნაწილია. გეოინფორმაციული სისტემების მონაცემთა ბაზებისაგან განსხვავებით, იგი მოიცავს ახალ, გენერირებულ მონაცემებს (ოპერატიული და საფონდო მონაცემების გარდა). ექსპერტული სისტემის საფონდო მონაცემებს მიეკუთვნება: რუკები, ცხრილები, კონცეპტებისა და კადასტრის ბლოკები.

მონაცემთა ბაზის ყველაზე მნიშვნელოვანი ელემენტია ონის რაიონის ლანდშაფტური რუკა. კომპიუტერული ლანდშაფტური რუკის შედგენისას 1 კიქსელის ზომად მიჩნეულია 100 X 100 მ (1 კექტარი). ეს სრულიად საკმარისი აღმოჩნდა სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. ლანდშაფტურის გარდა, აქ სხვა რუკებიცაა მოთავსებული. შექმნილია სლაიდ-შოუ და ანიმაციური ფილმები. ბლოკ-ცხრილი და მონაცემთა ბაზა შეიქმნა პროგრამაში Lotus 1-2-3. აქ ინახება ჰიდრომეტეოროლოგიური პოსტების მიხედვით სხვადასხვა მეტეოროლოგიური პარამეტრის საშუალო წლიური, მაქსიმალური და მინიმალური მაჩვენებლები.

კონცეპტების ბლოკი მოიცავს ინფორმაციას საბაზო ბტკების სტექსების მახასიათებლების განსაზღვრის შესახებ. კადასტრის ბლოკში მოცემულია ცნობები მეწყრების, ღვარცოფების, თოვლის ზეავეების შესახებ. თითოეულ მოვლენაზე მოცემულია ტექსტური და ციფრული ინფორმაცია, მათი წარმოშობისა და დამცავი ღონისძიებების მოკლე აღწერა.

ოპერატიული მონაცემები 4 ბლოკისაგან შედგება: პირველ ბლოკში მოცემულია ჰიდრომეტეოსამსახურის (ამბროლაურის,

ონის, შოვის, მამისიონის უღელტეხილის) ინფორმაცია, მეორე ბლოკში – მიწათმოწყობის, საგზაო სამსახურის, გეოლოგიური სამსახურისა და სატყეო მეურნეობის ინფორმაცია. მესამე ბლოკი დაკავშირებულია თსუ აეროკოსმოსური ლაბორატორიის ინფორმაციასთან, მეოთხე ბლოკი კი სხვადასხვაგვარ ინფორმაციას შეიცავს. ოპერატიული მონაცემების თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ განკუთვნილია ხანმოკლე მოხმარებისათვის და არ იწერება მუდმივ მეხსიერებაში.

ინტერპრეტატორი ექსპერტულ სისტემაში უზრუნველყოფს ცოდნის ბაზისა და მონაცემთა ბაზის ურთიერთობას. ეს არის ბეისიკის ენაზე დაწერილი პროგრამა, რომელიც ამუშავებს სისტემას, სადაც ყოველთვის შეიძლება ახალი მონაცემების დამატება.

განმარტებითი კომპონენტა (პროგრამა). იგი ბუკდავს პროგრამის შესრულების თანამიმდევრობას. იგი გასაგებია მხოლოდ ექპერტისათვის (ვინც შეადგინა სისტემა). არსებობს განმარტებითი კომპონენტის მეორე და მესამე დონე, სადაც ახსნილია მუშაობის პრინციპები.

ლინგვისტური პროცესორი კითხვა-პასუხების სისტემაა, რომლითაც ხორციელდება დიალოგი მომხმარებელსა და ექსპერტულ სისტემას შორის. კითხვები მოცემულია ბუნებრივ ენაზე. პასუხი შეიძლება იყოს რუკა, გრაფიკი, ტექსტი, დისპლეი-ფილმები. მოსალოდნელი ბუნებრივი კატასტროფული მოვლენა რუკაზე „ციმციმის“ სახით აისახება. მიღებული შედეგების შესახებ არსებობს ახსნა-განმარტებების გარკვეული სისტემა.

6.8. ექსპერტული სისტემები მიწათმოქმედებაში **EXPERT SYSTEMS IN LAND USE**

დასავლეთის ქვეყნებში შემუშავებულია მიწათმოქმედების ახალი კონცეფცია, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ ქიმიკატების დოზა უნდა იცვლებოდეს დროის კონკრეტული მომენტისათვის – ნიადაგური პირობების მიხედვით (ერთი სასოფლო-სამეურნეო მინდვრის ფარგლებში). პრაქტიკულად ამ კონცეფციის რეალიზაცია შესაძლებელია მხოლოდ კომპიუტერ

რული ტექნოლოგიით, კოსმოსური გადაღებებისა და დისტანციური ზონდირების მონაცემებით [GIS awareness..., 1997].

ცნობილია, რომ სხვადასხვა აგროქიმიკატები დიდი რაოდენობით გამოიყენება მიწათმოქმედებაში. მათი დოზები შეესაბამება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ბიოლოგიურ მახვენებლებს. თუმცა, ეს არ გამორიცხავს სასუქის სიჭარბეს ან სიმცირეს ერთი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულის გარკვეულ ადგილებში და გარკვეულ წელიწადში, ვინაიდან მცირე ფართობებზეც კი ადგილი აქვს ნიადაგური საფარის მიკროსიტრელეს. ამასთან, შეიძლება განსხვავებული იყოს მცენარის ბიოლოგიური მოთხოვნა მინდვრის სხვადასხვა ადგილას. ამიტომ ერთი და იმავე დოზის მიწოდება მცენარის თითოეული ინდივიდისათვის არ არის მართებული. ამ პრობლემის პრაქტიკული გადაჭრის მიზნით, დასავლეთის ქვეყნებში შეიმუშავეს ახალი მეთოდი, რომელიც ცნობილია „ზუსტი“ მეთოდის (precision farming), ანუ კომპიუტიზირებული მიწათმოქმედების (computer aided farming) სახელწოდებით. ეს ახალი კონცეფცია პრაქტიკულად ხორციელდება მინდვრის არაერთგვაროვანი დამუშავებით, რის საფუძველსაც ქმნის ექსპერტული სისტემა.

მაგალითად, ხორბლის ამღები კომბაინი, რომელსაც აქვს GPS მიმღები, მოძრაობს მინდორზე. მისი მდებარეობა განისაზღვრება რამდენიმე მეტრის სიზუსტით. აქვეა მოთავსებული მარცვლის ნაკადის განსაზღვრისათვის სენსორი. ამ ორი პარამეტრით (კომბაინის მდებარეობითა და ხორბლის მოსავლით) ადგენენ მოსავლის ცვლილებების რუკას (yield map). აპრიორული კარტოგრაფიული ინფორმაციისა და სავალე გამოკვლევების საფუძველზე დგინდება მოსავლის ცვლილების მიზეზები. შემდგომ მუშავდება სასოფლო-სამეურნეო მინდვრების დამუშავების სტრატეგია მომავალი წლისათვის, კერძოდ, რა სახის და რა რაოდენობის ქიმიკატია საჭირო მინდვრის გარკვეულ უბანზე. ეს სტრატეგია მუშავდება სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფით – სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ექსპერტული სისტემით. ინფორმაციის დამუშავების შედეგად ადგენენ კომპიუტერულ რუკას (treatment map), რომლის მიხედვითაც განსაზღვრავენ ქიმიკატების საჭი-

რო რაოდენობას მომავალი წლისათვის. ტრაქტორი GPS-ის მიმდებით განსაზღვრავს მანქანის ადგილსამყოფელს, ხოლო კომპიუტერი „აძღვეს“ ბრძანებას, რომელი ქიმიკატი და რა რაოდენობით მიაწოდოს იგი კონკრეტულ ადგილზე. ამრიგად, ქიმიკატი მინდურის ცალკეულ უბნებს მიეწოდება რუკასთან შესაბამისობაში.

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მდგომარეობის ოპერატიული შეფასებისა და რუკის შედგენისათვის, ტრადიციული მეთოდების გარდა, მეტად მოსახერხებელია თანამგზავრის მონაცემების გამოყენება. ყველა სახის ინფორმაცია (ტრადიციული თუ არატრადიციული) „თავს იყრის“ გის-ის მონაცემთა ბაზაში, ხდება მისი დამუშავება და მიმდინარე მომენტისათვის – სავარგულების მდგომარეობის განსაზღვრა და ოპერატიული რუკის შედგენა. სწორედ იგი ხდება გადაწყვეტილების მიღების საფუძველი. [Современные методы..., 1999]

ანალოგიური ექსპერტული სისტემებით სარგებლობს მრავალი ქვეყანა. მაგალითად, შეეციის სასოფლო-სამეურნეო საინჟინრო ინსტიტუტში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების კვებითი თვისებების შეფასება ხდება დისტანციური ზონდირების მონაცემების მეშვეობით; ინგლისში ტარდება სამუშაოები დისტანციური მეთოდებით სასოფლო-სამეურნეო მინდვრების სარეველიანობის განსაზღვრისათვის და მისი კარტოგრაფირებისათვის.

6.9. გეოინფორმაციული სისტემები

ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში

GIS IN NETWORKS

გის-ებისა და ტელეკომუნიკაციური ქსელების ურთიერთკავშირი ორმხრივია. ერთი მხრივ, ქსელი გის-ს უზრუნველყოფს სივრცითი ინფორმაციით, მეორე მხრივ, გეოინფორმაციული სისტემა უზრუნველყოფს ქსელების ოპტიმალური განლაგებისა და ფუნქციონირების ამოცანების გადაჭრას.

ქსელები არსებობს:

- გლობალური ქსელი (WAN – Wide-Area Network).
- რეგიონალური (RAN – Region -Area Network).

- ლოკალური ქსელი (LAN – Local-Area Network).

გლობალური ქსელები აერთიანებენ მრავალრიცხოვან ლოკალურ ქსელებს, რომლებშიც კომპიუტერები გაერთიანებულია კაბელების მეშვეობით. თუკი ლოკალური ქსელი ჩართულია გლობალურ ქსელში, მაშინ იგი მისი სეგმენტია. ტელეკომუნიკაციების პლანეტარული გავრცელება უზრუნველყოფილია სატელეფონო კავშირების ინტეგრაციით, ფიჭური ქსელებით, თანამგზავრთა სისტემებით.

საზღვარგარეთ განვითარება ჰმოცა ინფორმაციულმა ქსელმა, რომელიც დაკავშირებულია ეკოლოგიასა და ბუნებრივ გარემოზე არსებული ინფორმაციის გადაცემასთან, მონაცემთა ბაზების ფორმირებასთან. ასეთებია:

- GRID – Global Resource Information Database
- ERIN – Environmental Research Information Network და სხვ.

ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული საერთაშორისო ქსელია INTERNET. იგი ევროპაში პირველი და მსოფლიოში მეორე ქსელია. რუსეთში არსებობს რამდენიმე მსხვილი ქსელური სტრუქტურა: РЕЛКОМ, РОСПАК, РОСНЕТ, НАСНЕТ და სხვ.

ამრიგად, ახალი (ლოკალური) ქსელების ჩართვით იქმნება ინფორმაციული ჰიპერსივრცეები, სადაც მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია გეოინფორმაციულ სივრცეს, რომელიც მოიცავს ციფრულ გეოინფორმაციას, რუკებს, კოსმოსურ სურათებსა და სხვა გამოსახულებებს. ამ ქსელების მეშვეობით შესაძლებელია პროგნოზული (ოპერატიული) რუკების შექმნა. მაგალითად, აღმოსავლეთ აფრიკის ქვეყნებში შემუშავებულია სისტემა, რომელიც გვაღვების პროგნოზს აკეთებს. ნაირობში (კენია) არის რეგიონალური ცენტრი, სადაც დისტანციური ზონდირების მეშვეობით (თანამგზავრებიდან METEOSAT და NOAA/AVYRR) ოპერატიულ რეჟიმში ადგენენ ღრუბლის საფრის, ტემპერატურების, მოსალოდნელი წვიმების გავრცელების, მცენარეული საფრის მდგომარეობის (ვეგეტაციური ინდექსის) რუკებს. შემდგომ ეს რუკები ვრცელდება ინტერნეტის მეშვეობით. ამასთან, ოპერატიულ რეჟიმში დგება პროგნოზული რუკები, რომლებიც იძლევა ინფორმაციას მოსალოდნელი გვაღვების შესახებ.

ინტერნეტში რუკების წარმოდგენის ორი ფორმა არსებობს, რომელიც შემუშავებულია კომპანია ESRI-ის მიერ. ამ მიზნით შექმნილია ორი კარტოგრაფიული სერვერი: MapObjects Internet Map Server და ArcView Internet Map Server. ორივე მათგანი გამოიზნულია ზოგადი ხასიათის, სტანდარტული ამოცანების შესასრულებლად. MapObjects Internet Map Server-ის მეშვეობით შესაძლებელია გის – ტექნოლოგიების მონაცემთა ბაზებში „შედწევა“, ხოლო ArcView Internet Map Server გეთავაზობს მზა საშუალებებს კარტოგრაფიული ნაწარმის ინტერნეტის ქსელში გასაფრცვლებლად და არ საჭიროებს დაპროგრამების სპეციალურ ცოდნას.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, არსებობს საფუძველი იმის შესახებ, რომ ვილაპარაკოთ ტელეკომუნიკაციურ კარტოგრაფირებაზე, ე.ი. რუკებისა და სხვა კარტოგრაფიული გამოსახულებების შექმნასა და გავრცელებაზე ტელეკომუნიკაციური ქსელების მეშვეობით.

6.10. საქართველოს მიწის საკადასტრო

გეოინფორმაციული სისტემა

LAND CADASTRE GIS OF GEORGIA

კადასტრი გულისხმობს ბუნებრივი რესურსების აღრიცხვას, მდგომარეობის შეფასებასა და მათ გამოყენებას. ამიტომ შეიძლება ლაპარაკი სხვადასხვა სახის კადასტრზე. მაგალითად, მიწის კადასტრი (land cadastre), უძრავი ქონების კადასტრი (property cadastre), მრავალმიზნიანი კადასტრი (multipurpose cadastre) და ა.შ. [Мироной оныт..., 1996]. შესაბამისად, არსებობს სხვადასხვა სახის საკადასტრო გეოინფორმაციული სისტემა, რომელიც გულისხმობს ბუნებრივი რესურსების არა მარტო აღრიცხვასა და შეფასებას, არამედ მის მართვასაც.

საკადასტრო გეოინფორმაციული სისტემების შექმნა საქართველოში ათიოდე წლის წინ დაიწყო. ამიტომ ამ მიმართულებით ჯერ კიდევ ბევრი რამ არის გასაკეთებელი. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის სისტემები, რომლებიც ქვეყნის ტერიტორიის მიწის რესურსების აღრიცხვა-შეფასებას ახორციელებს. საკადასტრო გის-ის შესაქმნელად ხშირად საკა-

დასტრო გადაღებებს (cadastre survey) მიმართავენ, რაც მას კიდევ უფრო ზუსტსა და ინფორმაციულს ხდის.

დისტანციური ზონდირების მასალების გამოყენება და მისი დაკავშირება გის-ებთან საქართველოში, ფაქტობრივად, დაიწყო 1998 წლიდან, როცა მიწის საკადასტრო სამუშაოების ჩასატარებლად გამოყენებულ იქნა აეროსურათები (გეოინფორმაციული სისტემებისა და დისტანციური ზონდირების საკონსულტაციო ცენტრი Geographic). ამ მონაცემების დასამუშავებლად და ორთოფოტოს (მასშტაბი 1:5 000 და 1:12 000) მისაღებად გამოიყენეს პროგრამა ERDAS IMAGINE-ის, დამატებითი მოდული (OrthoBASE Pro), რომლის საფუძველზეც ავტომატურ რეჟიმში აიგო ადგილის ციფრული მოდელი. გამონაკლისი იყო მხოლოდ მთის ტყიანი მასივები, სადაც ორი გამოსახულების გადაფარვისას წერტილების ავტომატური შერწყმის პროცედურა (image matching) ვერ შესრულდა. ამიტომ იგი ხელით განხორციელდა.

აეროსურათებისა და მიწის ნაკვეთების ვექტორიზაციის შესრულებით ARC GIS-ის ბაზაზე შეიქმნა საქართველოს ერთიანი საკადასტრო გეოინფორმაციული სისტემა და საკადასტრო რუკები მასშტაბში 1:1 000. ამ მომენტისათვის იგი მოიცავს საქართველოს ტერიტორიის მესამედზე მეტს (დაახლოებით 100 ათას ჰექტარს) [Микеладзе, Тканладзе, 2003].



მოკლე ტერმინოლოგიური ღანართი SHORT TERMINOLOGICAL VOCABULARY

2D – იხ. two-dimensional.

3D – იხ. three-dimensional.

3D perspective view – перспективный трехмерный обзор – სამგანზომილებიანი პერსპექტიული მიმოხილვა. ადგილის სამგანზომილებიანი წარმოდგენის იმიტირება.

A

Access Basic – დაპროგრამების ენა, რომელსაც იყენებს Microsoft Access მონაცემთა ბაზა.

.acs – Microsoft Access პროგრამის ფაილი.

.adi – მონოქრონული რასტრული ფაილის გაფართოება AutoCAD პროგრამაში.

ADRG – ელემენტი, რომელიც გამოიყენება რასტრული გამოსახულების დაციფერისას. – იხ. ARC

ADRI – ელემენტი, რომელიც გამოიყენება რასტრული გამოსახულების დაციფერისას.

aerial stereopair – ორი ფოტოგრაფია, რომელიც მიიღება კამერით გადაღებისას ორ მეზობელ უბანზე.

AI – იხ. Artificial intelligence.

.ai – ფაილი, შექმნილი პროგრამა Adobe Illustrator-ში.

Almaz – რუსეთის რადიოლოკაციური თანამგზავრი, რომელმაც მუშაობა დაიწყო 1992 წელს.

American Standard Code for Information Interchange – (ASCII) – ინფორმაციის გაცემის ამერიკული სტანდარტული კოდი (ასკი-კოდი).

AM/FM – ავტომატიზებული კარტოგრაფიული სისტემა.

Analog Computer, Analogue Computer – ანალოგური მოქმედების კომპიუტერები. უწყვეტი მოქმედების კომპიუტერები, რომელ-

ბიც მონაცემებს ანალოგიურ ფორმატში ამუშავებენ. სისტემები. სადაც ერთი ფიზიკური სიდიდე (დროის ინტერვალი, ძაბვა, ელექტრული წინაღობა) გამოიყენება მეორის გასაზომად. ეს პრინციპი უფრო მეტად ძველ კომპიუტერებში გამოიყენებოდა, ციფრული მანქანების შექმნამდე.

analogical data, analogue data – ანალოგიური მონაცემები. უწყვეტი ცვალებადი სიგნალი, რომელიც ციფრული მონაცემის საპირისპიროა. მონაცემთა ანალოგიური ფორმა გულისხმობს მათ წარმოდგენას, შენახვასა და გადაცემას მუდმივად ცვალებადი ფიზიკური სიდიდეებით – დროის ინტერვალით, დენით, ძაბვით, მობრუნების კუთხით და ა.შ.

Analogical-Digital Computer – ანალოგიურ-ციფრული კომპიუტერები. კომბინირებული მოქმედების მანქანები, რომლებიც ამუშავებენ როგორც ციფრულ, ისე ანალოგიურ ფორმატში წარმოდგენილ ინფორმაციას.

analog photogrammetry – аналоговая фотограмметрия – ანალოგიური ფოტოგრამმეტრია. ოპტიკური და მექანიკური ხელსაწყოები, რომლებიც გამოიყენება ორი გადამფარავი ფოტოგრაფიიდან სამგანზომილებიანი გეომეტრიის მისაღებად.

“Analytical Engine” – „ანალიტიკური მანქანა“. უნივერსალური გამოთვლელი მანქანა, სადაც პირველად იქნა გამოყენებული ინფორმაციის ბრძანებებად და მონაცემებად დაყოფის პრინციპი. გამოიგონა ჩარლზ ბებიჯმა.

ANN – იხ. neural network.

annotation – аннотация – ანოტაცია. რუკის ან სხვა კარტოგრაფიული გამოსახულების განმარტებითი მასალა, რომელიც შეიძლება მოიცავდეს ტექსტებს, გეომეტრიულ ფიგურებს, პირობით ნიშნებს, მასშტაბიან სახაზავს, საკოორდინატო სისტემას, რუკის ჩარჩოებს, სიმბოლოებს. იგი გამოიყენება გეოგრაფიული ობიექტების აღსანიშნავად.

Apple – .ფირმა Apple Computer-ის კომპიუტერები.

Approximation – аппроксимация – აპროქსიმაცია. გეოგრაფიული ობიექტების აღწერის მეთოდი, რომლის მიხედვითაც ობიექტები დაყოფილია ცალკეულ მონაკვეთებად. თითოეული ამ მონაკვეთისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მათემატიკური ფუნ-

ქცია. მაღალი სიზუსტით „აღწერს“ გრაფიკულ ობიექტებს. თუმცა არც ეს მეთოდი იძლევა ობიექტების ზუსტ სურათს და ვიდეო მხოლოდ რეალურთან მიახლოებულ გამოსახულებას. სხვანაირად მას წვევტილ-ხაზობრივ მეთოდსაც (Piecewise linear method) უწოდებენ.

arc – дуга – იხ. line.

.arc – არქივირებული, შეკუმშული ფაილი.

ARC (Arc-Second Raster Chart/Map) – სისტემა, რომელიც დედამიწის ელიფსოიდისათვის იძლევა სწორკუთხოვან კოორდინატს და პროექციების სისტემას ნებისმიერ მასშტაბში. იგი ეფუძნება 1984 წლის მსოფლიოს გეოდეზიურ სისტემას (World Geodetic System 1984 – WGS 84).

ARC – აშშ-ის თავდაცვის სამინისტროს კარტოგრაფიული სამმართველოს (Digital Raster Imagery-Defense Mapping Agency – DMA) მონაცემები, რომლებიც მოიცავენ თანამგზავრის მიერ გადაღებულ გამოსახულებებს, სურათებს SPOT, მრვალსპექტრულ სურათებს SPOT ან Landsat TM, ტრანსფორმირებულს ARC სისტემაში. მათ თან ახლავს დამხმარე ფაილები ASCII ფორმატში.

ARC – აშშ-ის თავდაცვის სამინისტროს კარტოგრაფიული სამმართველოს (Digital Raster Imagery-Defense Mapping Agency – DMA) ციფრული რასტრული გრაფიკის მონაცემები, რომელიც მოიცავს DMA ქაღალდის ორიგინალიდან მიღებულ ასლებს, ტრანსფორმირებულს ARC სისტემაში. მათ თან ახლავს დამხმარე ფაილები ASCII ფორმატში.

ARC GENERATE data – ვექტორული მონაცემები, რომლებიც შექმნილია პროგრამაში ArcInfo-ს ბრძანებით UNGENERATE .

arc/second (дуга/секунда) – ზომის ერთეული, რომელიც გამოიყენება გეოგრაფიული კოორდინატებისათვის (Lat/Lon – განედ/გრძედ). თითოეული პიქსელი შეესაბამება განედის ან გრძედის ერთი სეკუნდის მანძილს. მაგალითად, მონაცემებში 3 arc/second თითოეული პიქსელი შეესაბამება განედის 3 სეკუნდისა და გრძედის 3 სეკუნდის ფართობს.

Artificial intelligence (AI) – искусственный интеллект – ხელოვნური ინტელექტი. სამეცნიერო კვლევების მიმართულება, რომელიც

დაკავშირებულია ექსპერტულ სისტემებთან, თეორიების ავტომატურ დამტკიცებასთან, სახეების ამოცნობასთან, რობოტ-ტექნიკასთან, ბუნებრივი ენების გაგებასთან და ა.შ.

artificial neural network – იხ. neural network.

.asc – ტექსტური ASCII ფაილი.

ASCC Mark 1 (Automatic Sequence-Controlled Calculator Mark 1, იგივე Harvard Mark I). ავტომატური მართვის გამომთვლელი მანქანა – პირველი ელექტრონული კომპიუტერი, რომლის მართვა ხდებოდა პერფორენტებით.

ASCII – იხ. American Standard Code for Information Interchange.

Atlas GIS – ფართოდ გავრცელებული სტანდარტული სისტემა.

attribute – атрибут – ცხრილის ინფორმაცია, რომელიც შეიძლება დაკავშირებული იყოს როგორც რასტრულ, ისე ვექტორულ ფენასთან.

AUTOCAD – ფართოდ გავრცელებული სტანდარტული გეოინფორმაციული სისტემა.

Automatic(al) classification – автоматическое классифицирование – ავტომატური კლასიფიკაცია. კლასიფიკაციის ავტომატური პროცესი ადამიანის უშუალო ჩარევის გარეშე.

Automatic(al) data processing – автоматическая обработка данных – მონაცემების ავტომატური დამუშავება. ტექსტის დამუშავება კომპიუტერის მეშვეობით.

Automatic(al) information retrieval – автоматический информационный поиск – ავტომატური საინფორმაციო ძებნა. ინფორმაციული ძებნა ადამიანის ჩარევის გარეშე.

Automatic(al) sorting – автоматическая сортировка – ავტომატური დახარისხება. მონაცემების, ფაილებისა და სხვათა დახარისხება ავტომატურად, ადამიანის უშუალო ჩარევის გარეშე.

Automatic(al) text processing – автоматическая обработка данных – ავტომატური დამუშავება. ტექსტის დამუშავება კომპიუტერის მეშვეობით.

Automatic Information Retrieval System – автоматическая информационно-поисковая система – ავტომატური საინფორმაციო-საძი-

ებო სისტემა. მონაცემების დამუშავება ხდება ადამიანის უშუალო ჩარევის გარეშე.

B

.bak (backup) – ფაილის ასლი.

base map – картографическая основа – კარტოგრაფიული საფუძველი. რუკა, სადაც გამოსახულია საბაზისო (ფონური) საცნობარო ინფორმაცია.

BASIC (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) – ბეისიკი. დაპროგრამების უნივერსალური ენა არაპროფესიონალი პროგრამისტებისათვის.

Basic Image Interchange Format (BIIF) – основной формат для обмена изображениями – გამოსახულების ურთიერთგაცვლის ძირითადი ფორმატი.

.bat (batch) – საბრძანებო ფაილი DOS-ში.

batch file – пакетный файл – პაკეტური ფაილი, რომელიც იკმნება პროგრამა ERDAS IMAGINE-ში.

BIIF – იხ. Basic Image Interchange Format – გამოსახულების ურთიერთგაცვლის ძირითადი ფორმატი.

binart logic – ორნიშნა ლოგიკა, რომელიც ოპერირებს ორი მნიშვნელობით: „ჭეშმარიტი“ და „ტყუილი“ (0 და 1). ამ პრინციპს ეფუძნება მრავალი კომპიუტერული სისტემა და პროგრამული პროდუქტი.

bin function – მათემატიკური ფუნქცია, რომელიც ამყარებს კავშირს მონაცემებსა და ცხრილის სტრუქტურას შორის.

bins – упорядоченные наборы пикселей – პიქსელების მოწესრიგებული ნაკრები.

BIOS (Basic Input-Output System) – შეტანა-გამოტანის საბაზო სისტემა.

BIP – მონაცემთა შენახვის ფორმა, სადაც მნიშვნელობები თითოეული სპექტრული ზოლისათვის გადაეცემა შესაბამის პიქსელებს.

bit – Бит – двоичный – ბიტი – ორობითი სიმბოლო. ინფორმაციის უმცირესი საზომი ერთეული, რომელსაც აქვს მხოლოდ ორი შესაძლებელი მნიშვნელობა: 0 და 1.

BMP (bitmap) – ფორმატი, რომელიც ინახავს ფერად გამოსახულებას RGB მოდელში. ფართოდ გამოიყენება დანართებში, მაგრამ არა საგამომცემლო საქმიანობისათვის.

book map – карта-книга – რუკა-წიგნი, ორგანიზებული წიგნის გვერდების სახით. თითოეული გვერდი შექმნილია პრინტერზე გამოსახეჭდად.

boundary – соседство – მოსაზღვრეობა. ანალიზის მეთოდი, რომლის მეშვეობითაც ელინდება თემატურ კლასებს შორის არსებული საზღვრები.

bpi (bits per inch) – число битов на дюйм – ბიტების რაოდენობა დიუმიზე. მონაცემთა შენახვისას ჩაწერის სიმჭიდროვის საზომი მაგნიტურ ლენტზე.

buffer, buffer zone – буфер, буферная зона (область) – სპეციფიკური არე, პოლიგონი გეოგრაფიული ობიექტების გარშემო გარკვეულ მანძილზე, რომელიც გამოყოფილია შემდგომი ანალიზისათვის. იგი განმეორებითი კლასიფიკაციის ერთ-ერთი მეთოდია.

bufferization – буферизация – ბუფერიზაცია. ბუფერის შექმნის პროცესი. ბუფერი იქმნება გეოგრაფიული ობიექტების გარშემო: წერტილებისა და პოლიგონების ირგვლივ და ხაზობრივი ობიექტების ორივე მხარეს.

build – построить топологию – ტოპოლოგიის აგება. რუკის ვექტორული ფენის ტოპოლოგიის შექმნის პროცესი წერტილების, ხაზებისა და პოლიგონების დამუშავების გზით.

byte – байт – ბაიტი. მონაცემების საზომი ერთეული. უდრის 8 ბიტს.

C

CAC იხ. Compressed Aeronautical Chart – საავიაციო რუკების შეკუმშვის ფორმატი.

CAC – კომპიუტერიზებული კარტოგრაფიის სისტემა.

CAD – см. computer-aided design – автоматизированное проектирование – კომპიუტერული დიზაინის სისტემა (ავტომატიზებული პროექცია).

cadastral map – кадастровая карта – საკადასტრო რუკა, რომელზედაც მოცემულია მიწის ნაკვეთების საზღვრები აღწერისა და რეგისტრაციისათვის.

CADRG – იხ. Compressed ADRG.

“Calculating Clock” – „მაჯამებელი საათი“. პირველი ავტომატური მექანიკური მოწყობილობა, რომელიც ეფუძნებოდა მექანიკური საათის პრინციპს და ახდენდა შეკრების ოპერაციას. მიმატება-გამოკლების მათემატიკურ ოპერაციებს ასრულებდა 6(7)-ნიშნად რიცხვებზე. გამოიგონა უ. შიკარდმა.

Cartesian – Декартова система – დეკარტეს საკოორდინატო სისტემა, სადაც მონაცემები მოცემულია საკოორდინატო ბადეზე, ხოლო წერტილების ადგილმდებარეობა განისაზღვრება X და Y ღერძების კოორდინატების მიხედვით.

categorical data – იხ. thematic data.

CC – Computer Cartography – კომპიუტერული კარტოგრაფია.

CCT – იხ. computer compatible tape.

.cdr – პროგრამა CorelDraw-ის გრაფიკული ფორმატის ფაილი.

CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) – დამსხმებელი გარემოწყობილობა, რომელიც ასრულებს მხოლოდ ინფორმაციის წაკითხვის ფუნქციას.

cell – ячейка – უჯრედი. მონაცემთა შესანახი უმცირესი ერთეული ელექტრონულ ცხრილებსა და მონაცემთა ბაზებში.

cell size – размер элемента – პიქსელის ზომა. ადრინდელი კონფიგურაციის მონიტორებზე პიქსელის ზომა 0,5 მმ-ს შეადგენდა, თანამედროვე მონიტორებზე კი იგი შედარებით უფრო მცირეა. კერძოდ, VGA (Video Graphics Adapter) მონიტორზე პიქსელების ზომაა 0,25-0,28 მმ, ხოლო SVGA (Super Video Graphics Adapter)¹ და PGA მონიტორებზე – 0,21-0,22 მმ. ფაქტობრივად, იგი გულისხმობს მანძილს პიქსელებს შორის.

¹ კომპიუტერის გრაფიკული სისტემის სტანდარტი, მონიტორის ტიპი.

central processing unit (CPU) – центральный процессор – ცენტრალური პროცესორი. კომპიუტერის ნაწილი, რომელიც მართავს სხვა დანარჩენი ნაწილების მუშაობას. იგი მოიცავს მართვის, არითმეტიკულ, ლოგიკურ (ALU) და მეხსიერების ბლოკებს.

Centroid – центронд – ცენტროიდი. წერტილი, რომელიც მდებარეობს პოლიგონის ზუსტ გეოგრაფიულ ცენტრში, ე.ი. თანაბრად დაშორებული ობიექტის ჩრდილოეთ და სამხრეთ, დასავლეთ და აღმოსავლეთ კიდეებიდან. მაგრამ იგი არ არის ობიექტის შუა წერტილის ანალოგი, ვინაიდან ცენტროიდი აუცილებლად უნდა მდებარეობდეს ობიექტის ფარგლებში. მაგალითად, ნახევრად მთვარისებრი ფორმის ობიექტისათვის შუა წერტილი იქნება ობიექტის მიღმა, ცენტროიდი კი – აუცილებლად ზედ ობიექტზე იქნება მდებარე.

CGIS – Canade Geographic(al) Information System – კანადის გეოინფორმაციული სისტემა (1966).

character – символ – სიმბოლო. პუნქტუაციის რიცხვი, ციფრი ან ნიშანი. ჩვეულებრივ, ერთი ასო ან რიცხვი იკავებს 1 ბაიტ მეხსიერებას.

chip (microchip) микросхема, кристалл, чип – მიკროსქემა, კრისტალი. ინტეგრალური სქემის საერთო სახელწოდება.

choropleth map – карта хороплетов – ჰოროპლეტების რუკა, სადაც მოცემულია ზედაპირის თავისებურებები სიმბოლოების გამოყენებით.

CIB – იხ. Controlled Image.

CIT – Microsoft Geographics-ის რასტრული ფაილის ფორმატი.

class – класс – კლასი. გეოინფორმაციული სისტემების პიქსელების ნაკრები, რომელიც შეესაბამება განსაზღვრულ ტერიტორიას და აკმაყოფილებს გარკვეულ პირობებს. კლასები, ჩვეულებრივ, წარმოიქმნება უწყვეტ (continuous) რასტრულ ფენაზე კლასიფიკაციის განხორციელებისას.

classification – классификация – კლასიფიკაცია. რასტრული გამოსახულების პიქსელების დანიშნულების განმეორებითი ცვლა.

clump – группа – მოსაზღვრე პიქსელების ჯგუფი ერთი კლასის ფარგლებში. სხვანაირად მას რასტრულ რეგიონსაც უწოდებენ.

CM – კომპიუტერის ერთ-ერთი ტიპი (სსრკ და სხვ.).

CMY (cyan, magenta, yellow) – ფერთა მოდელი: ცისფერი, მეწამული, ყვითელი.

CMYK – ფერთა მოდელი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება პოლიგრაფიაში, CMY მოდელის ძირითადი ფერებისათვის დამატებულია შავი.

CNES – Centre National d'Etudes Spatiales. კოსმოსური სივრცის კვლევის ეროვნული ცენტრი, რომელიც უზრუნველყოფს პროგრამა ESA-ს მუშაობას.

Colorcell – ფერის ელემენტები – წითელი, მწვანე, ლურჯი. ადგილი, სადაც ინახება მონაცემთა ფაილების მნიშვნელობები ფერების ცხრილში (colormap).

colormap – ფერების კომპონენტების ცხრილი. ფერის ელემენტების მოწესრიგებული ნაკრები.

Compressed ADRG (CADRG) – сжатый файл в формате ADRG – შეკუმშულ მონაცემთა ფორმატი, რომელიც აგებულია RPF-ზე. იყენებს აშშ-ის თავდაცვის სამინისტრო.

Compressed Aeronautical Chart (CAC) – ფორმატი, რომელიც გამოიყენება საავიაციო რუკების შეკუმშვისათვის. წარმოდგენილია CADRG ფორმატში.

Compressed Raster Graphics (CRG) – ფორმატი, რომელიც გამოიყენება რასტრული გამოსახულებისათვის.

Computer – კომპიუტერი (ინგლისურად ნიშნავს „გამომთვლელს“). ელექტრონული მოწყობილობა, რომელსაც „უნარი“ შესწევს დაიმახსოვროს სხვადასხვა სახის (რიცხვითი, ანბანური, გრაფიკული) მონაცემები, ავტომატურად შეასრულოს მათზე გარკვეული ოპერაციები, სასურველ ფორმატში მიაწოდოს მომხმარებელს ინფორმაცია (ან სიგნალი). მისი მთავარი თავისებურებაა ინსტრუქციების საკუთარი ნაკრების დამახსოვრება.

computer-aided design (CAD) – система автоматизированного проектирования (САПР) – ავტომატიზებული პროექტირების სისტემა. კომპიუტერული გამოყენებითი პროგრამები, რომელიც

გამოიყენება პროექტირებისა და გადაღებისათვის GPS-ის მეშვეობით.

computer compatible tape (CCT) – კომპიუტერთან თავსებადი მაგნიტური ლენტი. გამოიყენება ციფრული მონაცემების გადაცემისა და შენახვისათვის.

computer generations – поколение компьютеров – კომპიუტერთა თაობები. ელემენტური ბაზით განსხვავებული კომპიუტერები.

Computer Science – კომპიუტერული საკმე. გულისხმობს იმ დისციპლინების ჯგუფის ზოგად სახელწოდებას, რომელიც მოიცავს კომპიუტერების გამოყენების სხვადასხვა ასპექტს.

conflation – იხ. rubber sheeting.

connectivity radius – радиус непрерывности – უწყვეტობის რადიუსი. პიქსელების მდებარეობა გარკვეულ მანძილზე, თუმცა ისინი მოსაზღვრედ განიხილებიან, ე.ი. უწყვეტად.

continuous data – непрерывные данные – უწყვეტი მონაცემები. რასტრული მონაცემების ტიპი, რომლებიც რაოდენობრივია. მაგალითად, დისტანციური გამოსახულებები კოსმოსიდან – KA Landsat, SPOT –ის სურათები.

contour map – контурная карта – რუკა, სადაც ხაზებით შეერთებულია ერთნაირი სიმაღლის წერტილები.

Controlled Image Base – (CIB) – მონაცემების ფორმატი, რომელიც აგებულია RPF პრინციპზე და იყენებს აშშ-ის თავდაცვის სამინისტროს.

coordinate system – система координат – ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მეთოდი. ორგანოზომილებიან საკოორდინატო სისტემაში ადგილმდებარეობა განისაზღვრება სვეტისა და სტრიქონის ჩანაწერით, რასაც სხვანაირად x და y კოორდინატებს უწოდებენ.

COT – რასტრული ფაილის ფორმატი.

CP/M – Control Program for Microcomputers – ერთ-ერთი პირველი ოპერაციული სისტემა.

CPU – იხ. central processing unit.

CRG – იხ. Compressed Raster Graphics.

D

dangling node – **висячий узел** – დაკიდებული კვანძი. ხაზი, რომელიც არ არის შეერთებული. იხ. overshoot, undershoot.

data – **данные** – მონაცემები. რიცხვების ან ფაქტების ნაკრები, რომელიც საჭიროებს გარკვეულ დამუშავებას.

database (one word) – **база данных** – მონაცემთა ბაზა (ინგლისურ ენაში იწერება როგორც ერთი სიტყვა). მონაცემების რელაციური სტრუქტურა, რომელიც, ჩვეულებრივ, გამოიყენება ცხრილური ინფორმაციის შენახვისათვის. პოპულარული მონაცემთა ბაზებია: SYBASE, dBase, Oracle, INFO, INGRES, ACCESS, INFORMIS და სხვ.

data base (two words) – **база данных** – მონაცემთა ბაზა (ინგლისურ ენაში იწერება როგორც ორი სიტყვა). ERDAS IMAGINE პროგრამაში (უწყვეტი) თემატური რასტრული და ვექტორული ფენების, ატრიბუტული ინფორმაციის, აგრეთვე, სხვა სახის ინფორმაციის ნაკრები, რომელიც ორიენტირებულია ერთი ინტერესის სფეროში. ჩვეულებრივ, მონაცემთა ბაზა გეოინფორმაციული სისტემის ნაწილია.

data file – **файл данных** – მონაცემთა ფაილი. კომპიუტერული ფაილი, რომელიც შეიცავს ციფრებს გამოსახულების წარმოდგენისათვის.

data file value – **значение файла данных** – თითოეული რიცხვი გამოსახულების ფაილში. გამოიყენება, აგრეთვე, ტერმინები: ფაილის მნიშვნელობა, DN (Digital Number) – ციფრული მნიშვნელობა, პიქსელი.

.db – **Paradox** – მონაცემთა ბაზის ფაილი.

DBMS (Database Management System) – მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა.

DCT – იხ. Discrete Cosine Transformation.

default directory – **каталог по умолчанию** – კატალოგი გულისხმობის პრინციპით.

Defense Mapping Agency (DMA) – картографическое управление

министерства обороны – თავდაცვის სამინისტროს კარტოგრაფიული განყოფილება. სააგენტო, რომელიც ქმნის ფაილებს ფორმატში VPF, ARC digital raster (ციფრული რასტრული მონაცემები), DRG, ADRG и DTED.

DEM – იხ. digital elevation model.

densify – повышение плотности – კვანძების შემჭიდროება. კვანძების დამატების პროცესი ხაზებზე.

density – плотность – სიმჭიდროვე.

1. ბიტების რაოდენობა მაგნიტური ლენტის დიუმზე. 9 ბილიკიან მაგნიტურ ლენტზე ჩაწერა, ჩვეულებრივ, ხდება სიმჭიდროვით 1600 და 6250 ბიტი დიუმზე.

2. ობიექტების მოსაზღვრეობის ანალიზის მეთოდოლოგია.

Descriptor – იხ. attribute.

desktop scanners – настольные сканеры – სამაგიდო სკანერები. უნივერსალური მოწყობილობა გამოსახულების რასტრულ ფორმატში მიღებისათვის. მას აქვს შეზღუდული შესაძლებლობები გარჩევადობისა და გეომეტრიული სიზუსტის თვალსაზრისით, განსხვავებით მაღალხარისხიანი ფოტოგრამეტრიული სკანერებისგან.

detector – детектор – დეტექტორი. ელემენტი სენსორში, რომელსაც აღიქვამს ელექტრომაგნიტური გამოსხიება.

DFT – იხ. Discrete Fourier Transform.

DGPS – იხ. Differential Correction.

Digital Computer – ციფრული კომპიუტერები. დისკრეტული მოქმედების კომპიუტერები, რომლებიც ამუშავენ და გადასცემენ ინფორმაციას ციფრულ ფორმატში.

digital elevation model (DEM) – цифровая модель местности – უწყვეტი რასტრული ფენები, სადაც მონაცემთა ფაილის მნიშვნელობები წარმოადგენს ადგილის სიმაღლეს. მისი მიღება შეიძლება ფორმატში USGS (United States Geological Survey) მასშტაბში 1:24 000 და 1:25 000, ან შემდეგი პროგრამების მეშვეობით: IMAGINE IFSAR, DEM, IMAGINE OrthoMAX™ და IMAGINE StereoSAR DEM.

Digital Line Graph (DLG) – цифровой линейный граф – ციფრული ხაზობრივი გრაფი. მონაცემთა ვექტორული ფორმატი, რომელიც შექმნილია USGS-ის მეშვეობით.

Digital Number (DN) – числовой номер – რიცხვითი ნომერი. პიქსელის ნომერი, გამომდინარე თვით პიქსელის ტიპიდან. მაგალითად, განსხვავებულია წყლისა და ხმელეთის მაჩვენებელი პიქსელების ნომრები. ჩვეულებრივ, პიქსელის ნომერი მოქცეულია 0-დან 255-მდე რიცხვით დიაპაზონში.

digital orthophoto – цифровой ортофотоплан – რიცხვითი ორთოფოტოგეგმა. აეროსურათი ან თანამგზავრული ფოტოგრაფია, რომელიც გარდაქმნილია ორთოგონალური პროექციის მეშვეობით. შედეგად მიიღება რუკა, სადაც აღარ არსებობს მნიშვნელოვანი გეომეტრიული დამახინჯებები.

digital orthophoto quadrangle (DOQ) – четырехугольник цифрового ортофотоплана – ციფრული ორთოფოტოგეგმის ოთხკუთხედი. კომპიუტერის მეშვეობით შექმნილი გამოსახულება აეროფოტოსურათიდან.

digital photogrammetry – цифровая фотограмметрия – ციფრული ფოტოგრამმეტრია. ციფრული გამოსახულებისათვის გამოყენებული ფოტოგრამმეტრია, რომელიც ინახება და მუშავდება კომპიუტერის მეშვეობით.

Digital Terrain Elevation Data (DTED) – данные цифровой модели рельефа – მონაცემები, რომელსაც აერცელებს ციფრული კარტოგრაფიის სააგენტო DMA. ეს მონაცემები 2 სახით მიიღება: DTED 1 – Arc/second ფორმატში, არეალი ზომით $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ და DTED 2 – არეალი ზომით $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ და ნაკლები.

digital terrain model (DTM) – цифровая модель рельефа местности. ადგილის რელიეფის ციფრული მოდელი. ტოპოგრაფიის დისკრეტული წარმოდგენა მონაცემთა მასივში, რომელიც წარმოდგენილია 3 კოორდინატით: X, Y და Z.

digitized raster graphic (DRG) – цифровая растровая графика – ციფრული რასტრული გრაფიკა. ციფრული ზუსტი ასლი, მიღებული გრაფიკული დოკუმენტის ასლიდან (რომელსაც უშვებს DMA).

digitizing – оцифровка – დაციფურა, დიგიტალიზაცია. ნებისმიერი პროცედურა, რომელიც ახდენს არაციფრული მონაცემების გარდაქმნას ციფრულში, რომლებიც, ჩვეულებრივ, ინახება კომპიუტერში. ვექტორული რუკების შექმნისას დაციფურა გულისხმობს ვექტორული მონაცემების შექმნასაც (რასტრული გამოსახულებიდან დიგიტალიზერის, ან მონიტორზე მაუსის გამოყენებით). ამ პროცედურას ვექტორიზაციას უწოდებენ. ამიტომ ხშირად ეს ორი ტერმინი გაიგივებულია, თუმცა მათ შორის გარკვეული განსხვავება არსებობს.

DIME – იხ. Dual Independent Map Encoding.

directory– каталог – კატალოგი. კომპიუტერული დისკის არე, რომელიც გამიზნულია ფაილების შესანახად. ჩვეულებრივ, კატალოგები წარმოდგენილია ხისებრი სტრუქტურით, სადაც შეიძლება მოცემული იყოს მრავალი კატალოგი ქვეკატალოგების სახით.

Discrete Cosine Transformation (DCT) – дискретное косинусное преобразование – დისკრეტული კოსინუსური გარდაქმნა. ელემენტი, რომელიც, ჩვეულებრივ, გამოიყენება JPEG ფორმატისათვის (მონაცემთა შეკუმშვისათვის).

Discrete Fourier Transform (DFT) – дискретное преобразование Фурье – ფურიეს დისკრეტული გარდაქმნა. ზოლებისა და ხმაურის მოსპობის მეთოდი რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე.

display device – устройство отображения – კომპიუტერის აპარატული მოწყობილობა, რომელიც მოიცავს მეხსიერებისა და მონიტორის დაფას. მას გამოაქვს მომხმარებლის მიერ შექმნილი გამოსახულება მონაცემთა ფაილიდან.

display memory – память монитора – მონიტორის მეხსიერება. მეხსიერების ნაწილი გამოსახულებისათვის, რომელიც ეკრანზეა მოცემული.

display pixel – пиксел экрана монитора – დისპლეის პიქსელი. საკოორდინატო ბადის ერთი ელემენტი მონიტორზე.

display resolution – разрешение монитора – მონიტორის გარჩევადობა. პიქსელების რაოდენობა დიუმზე (pixel per inch, ppi) და-

მოკიდებულია ეკრანისა და რასტრის ბადის სიდიდეზე, ე.ი. პიქსელების რაოდენობაზე ვერტიკალისა და ჰორიზონტალის მიხედვით. ყველაზე ხშირია 96 ppi გარჩევადობის მონიტორები.

DLG – იხ. Digital Line Graph.

DLN – იხ. Digital Line Graph.

DN – იხ. Digital Number.

DMA – იხ. Defense Mapping Agency.

.doc (document, documentation) – ტექსტური ფაილი (Word, WordPerfect, FoxPro).

DOQ – იხ. digital orthophoto quadrangle.

DOS (Disk Operating System) – дисковая операционная система – დისკური ოპერაციული სისტემა. იგივე OS.

dot patterns – точечная структура – წერტილოვანი სტრუქტურა, რომელიც გამოიყენება რუკაზე სიკაშკაშის წარმოსადგენად.

dpi (dot per inch) – გრაფიკული ობიექტების გარჩევადობის საზომი ერთეული, რომელიც უჩვენებს წერტილების რაოდენობას კვადრატულ დიუმიზე.

DRG – Digitized Raster Graphic – ციფრული რასტრული გრაფიკა.

DTED იხ. Digital Terrain Elevation Data.

DTM – იხ. Digital Terrain Modelling.

DXF – მონაცემთა გაცვლის ფორმატი (ვექტორული მონაცემების შენახვის ფორმატი ASCII-ში). ფაილი, რომელსაც იყენებს პროგრამა AutoCAD.

DYSEAK (DY Standards Electronic Automatic Computer) – დისეაკი. ერთ-ერთი პირველი კომპიუტერი.

E

Earth Observation Satellite Company (EOSAT) – თანამგზავრიდან დედამიწის დამკვირვებელი კერძო კომპანია, რომელიც მართავს თანამგზავრს Landsat და იმავდროულად აერცვლებს Landsat გამოსახულებებს.

Earth Resources Observation Systems (EROS) – დედამიწის რესურსებზე დაკვირვების სისტემა, რომელიც არის ეროვნული კარტოგრაფიული სამმართველოს განყოფილება.

Earth Resources Technology Satellites (ERTS) – დედამიწის რესურსების კვლევის თანამგზავრი – NACA-ს პირველი სამოქალაქო პროგრამა, დისტანციური ზონდირებით ციფრული მონაცემების შეკრების მიზნით. მოგვიანებით მას ეწოდა Landsat. EDC – იხ. EROS Data Center.

EDSAK – ნეიმანის პრინციპებზე დაყრდნობით შექმნილი პირველი ელექტრონული ციფრული კომპიუტერი.

EIR Mapper – პროგრამული პროდუქტი დისტანციური ზონდირების მონაცემების დამუშავებისათვის.

Electronic Digital Computer – ელექტრონულ-ციფრული კომპიუტერები, რომლებიც აგებულია ელექტრონული ნაწილებით (კომპონენტებით). მთავარ საფუძველს ქმნის ცენტრალური დამუშავების ერთეული (CPU – Central Processing Unit), ძირითადი მეხსიერება (main store), გარე მეხსიერება (backing storage, backing store), შეტანა-გამოტანის მოწყობილობა (input-output device).

element – элемент – ელემენტი. სივრცითი მონაცემების ობიექტები, როგორიცაა: წერტილები, ხაზები და პოლიგონები.

elevation data – იხ. DEM.

EML – იხ. ERDAS Macro Language.

end-of-file (EOF) – ფაილის დასასრულის ზღე, ნიშანი.

ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) – ელექტრონული ციფრული ინტეგრატორი და კალკულატორი – ერთ-ერთი პირველი ელექტრონული ციფრული გამოთვლელი მანქანა.

Environmental Systems Research Institute (ESRI) – კომპანია, რომელმაც შექმნა ArcInfo და ArcView-ს ტიპის გეოინფორმაციული სისტემები (აშშ, კალიფორნიის შტატი, რედლანდი).

EOF – იხ. end-of-file.

EOSAT – იხ. Earth Observation Satellite Company.

ERDAS Imagine – პროგრამული პროდუქტი დისტანციური ზონდირების მონაცემების დამუშავებისათვის.

ERDAS Macro Language (EML) – макроязык ERDAS – მანქანური ენა, რომელსაც იყენებს პროგრამა ERDAS IMAGINE.

EROS – იხ. Earth Resources Observation Systems.

EROS Data Center (EDC) – მონაცემთა ცენტრი (აშშ, სამხრეთ დაკოტის შტატი, სიუ ფოლი), რომელიც არის Landsat-იდან პირველადი ინფორმაციის მიღების ცენტრი.

ERS-1 – the European Space Agency's (ESA) – ევროპის კოსმოსური სააგენტოს რადიოლოკაციური თანამგზავრი, გაშვებული 1991 წელს. უზრუნველყოფს ყველაზე მისაწვდომი და ზუსტი რადიოლოკაციური მონაცემებით (ERS-2 გაშვებული იყო 1995 წელს).

ERTS – იხ. Earth Resources Technology Satellites.

ESA – იხ. European Space Agency.

ESRI – იხ. Environmental Systems Research Institute.

ETAK MapBase – ცენტრალური ქუჩების ციფრული რუკა ASCII ფორმატში. იგი არის ETAK კომპანიის პროდუქტი.

ES – იხ. Expert System.

ESRI – იხ. Environmental Systems Research Institute.

ETAK MapBase – ASCII ფორმატში შედგენილი ციფრული რუკა.

Expert Systems – экспертные системы – ექსპერტული სისტემები. პროგრამები, რომლებიც აერთიანებენ კომპიუტერულ შესაძლებლობებსა და ექსპერტის ცოდნა-გამოცდილებას ისეთი ფორმით, რომ შეუძლიათ ლოგიკური გადაწყვეტილებების მიღება, ამასთან, ექსპერიმენტისათვის რთულად გადასატრელები ამოცანების შესრულებისას ისეთი შედეგების მიღწევა, რომლებიც ხარისხითა და ეფექტურობით არ ჩამორჩება ექსპერტის მიერ მიღებულისაგან.

Expert systems shells – оболочка экспертных систем – ექსპერტული სისტემების პროგრამა-გარსები. თავდაპირველი ექსპერტული სისტემები, რომლებიც არ იყო პრობლემაზე ორიენტირებული და ზოგადი დანიშნულება ჰქონდათ. ესენია: VP Expert, Exsys Professional, Guru, Knowledge Pro და სხვ.

extension – расширение – გაფართოება. ფაილის გაფართოება – უზენეებს მის ტიპს. არის სამი ასოსაგან შემდგარი ჩანაწერი, რომელიც თავსდება ფაილის სახელის შემდეგ და მისგან გამოყოფილია წერტილით.

European Space Agency (ESA) – ევროპის კოსმოსური სააგენტო, რომელიც არის ორი თანამგზავრის (ERS-1 და ERS-2) მფლობელი.

F

false node – იხ. pseudo node.

fast format – быстрый формат – სწრაფი ფორმატი. BSQ ტიპის ფორმატი, რომელსაც იყენებს კომპანია EOSAT (Landsat TM მონაცემების შენახვისათვის).

feature based matching – ობიექტებზე დაფუძნებული შედარება. გამოსახულების დამუშავების მეთოდი, რომელიც განსაზღვრავს ორ ობიექტს შორის შესაბამისობას.

field – поле – ველი. მონაცემთა ბაზის ატრიბუტი, ინფორმაციის კატეგორია, რომელიც მიეკუთვნება თითოეულ ობიექტს.

Fifth Generation – მეხუთე თაობის კომპიუტერები. მომავლის კომპიუტერი, რომელიც უნდა ეფუძნებოდეს ზედიდე ინტეგრალურ სქემებს (VLSI – Very Large Integration) – ძლიერ ფართო ფუნქციური შესაძლებლობებით.

file coordinates – файловые координаты – ფაილის კოორდინატები. პიქსელის x, y კოორდინატები ფაილის ფარგლებში. ჩვეულებრივ, უკიდურეს ზედა მარცხენა პიქსელს აქვს კოორდინატები 0,0.

file pixel – пиксел файла – ფაილის პიქსელი. მონაცემთა ფაილის მნიშვნელობა გამოსახულების ერთი წერტილისათვის.

filtering – фильтрация – სიერციითი მონაცემების წაშლა მისი გაუმჯობესების მიზნით.

First Generation – კომპიუტერების პირველი თაობა. ტექნოლოგიების ყველაზე ადრეული ტიპი. შეიქმნა II მსოფლიო ომის წლებში (1943-1945). აგებული იყო ელექტრონულ – ვაკუუმურ მილაკებზე – ტრიოდებზე.

Fourier analysis – анализ Фурье – ფურიეს ანალიზი. გამოსახულების ხარისხის ამალღების მეთოდი, რომელიც მიღებულია სიგნალების დამუშავების მეთოდებიდან.

Fourth Generation – კომპიუტერების მეოთხე თაობა (დაახლოებით 1970 წლიდან დღემდე). მარტივი არქიტექტურის მქონე კომპიუტერები, რომლებიც იყენებენ დიდ ინტეგრალურ სქემებს (LSI – Large Scale Integration), სადაც კაუის (ნახევრად გამტარის) ერთ კრისტალზე ათეულ ათასობით ელემენტია მოთავსებული.

frame – 1. фрейм – ფრეიმი. ცოდნის წარმოდგენის გარკვეული სტრუქტურა ექსპერტულ სისტემებში. არის სლოტების (უჯრედების) ნაკრები.

2. кадр – კადრი. მონაცემების წარმოდგენის ერთეული ქსელებში.

from-node – «от-узла» – პირველი კვანძი ხაზზე.

function memories – функциональная память – ფუნქციური მეხსიერება. გამოტანის მოწყობილობის მეხსიერების არე, რომელიც ინახავს ხელმეორე კოდირების ცხრილებს (lookup tables), რათა მოახდინოს მნიშვნელობების გარდაქმნა გამოსახულებაში.

Fuyo 1 (JERS-1) – იაპონური რადარული თანამგზავრი, გაშვებული 1992 წელს.

fuzzy logic – нечеткая логика – არაზუსტი ლოგიკა. ლოგიკის ფორმალური სისტემა, რომელიც ეფუძნება ორობით ლოგიკას. არის ბულევის ლოგიკის გაფართოებული წარმოდგენა, კერძოდ, მნიშვნელობები „ჭეშმარიტი“ და „ტყუილი“ იცვლება ფუნქციის მნიშვნელობებით „0“ და „1“. შეიმუშავა 1960-იან წლებში ლოტფი ზადემ (Lotfi Zadeh).

G

GAC – იხ. global area coverage.

GBF – იხ. Geographic Base File.

GCP – იხ. см. ground control point.

GCP matching – согласование GCP – GCP შეთანხმება. ერთი გამოსახულების მეორესთან შეთანხმების მიზნით მისი ტრანსფორმაციის პროცესი, როცა ერთი გამოსახულების მიწისზედა წერტილები ზუსტად უთავსდება მეორეს.

geocoded data – геокодированные данные – გეოკოდირებული მონაცემები. გამოსახულება ტრანსფორმირებული გარკვეულ კარტოგრაფიულ პროექციასა და რასტრის ზომებში.

GeoDraw – გეოინფორმაციული სისტემა გეოგრაფიული მონაცემების მრავალფენიანი ტოპოლოგიური მოდელირებისათვის.

Geographic(al) Information Systems (GIS) – геоинформационные системы (ГИС) – გეოინფორმაციული სისტემები (გის). არსებობს მრავალგვარი განმარტება:

ა) აბლერი – აპარატულ-პროგრამული საშუალებებისა და ადამიანთა საქმიანობის კომპლექსი გეოგრაფიული მონაცემების შენახვის, მანიპულირებისა და გამოსახვისათვის [The National Science Center for Geographic Information and Analysis. International Journal of Geographical Information Systems, 1987, v.1, N4, pp.302-306].

ბ) არინოფი – კომპიუტერზე დაფუძნებული პროცედურების ქსელი, რომელიც გამოიყენება გეოგრაფიულად ორიენტირებული მონაცემების შენახვისა და მანიპულაციისათვის [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

გ) ბერი ჯ. – ავტომატიზებული სივრცითი ინფორმაციული სისტემა, რომელიც იქმნება მონაცემების მართვის, კარტოგრაფიული გამოსახვისა და ანალიზისათვის [Fundamental Operations in Computer-Assisted Map Analysis. International Journal of Geographic Information Systems, 1987, v.1, pp.119-136].

დ) ბუროუ – ინსტრუმენტების მძლავრი ქსელი რეალური სამყაროს სივრცითი მონაცემების შეგროვების, შენახვის, შესწორების, ტრანსფორმირებისა და ჩვენებისათვის [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

ე) გოხმანი, ანდრიანოვი – ტექნოლოგია, რომელიც ახორციელებს ტრადიციულ ოპერაციებს მონაცემთა ბაზაში (როგო-

რიცხა ძებნა და სტატისტიკური ანალიზი), გამოირჩევა სრულყოფილი ვიზუალიზაციითა და გეოგრაფიული (სივრცითი) ანალიზით, რაც წარმოდგენილია რუკის სახით.

ვ) დეგანი ა. – დინამიკურად ორგანიზებული მონაცემების ნაკრები (დინამიკურ მონაცემთა ბაზა ან მონაცემთა ბანკი), გაერთიანებული მრავალ კომპიუტერულ მოდელთან, რომლებიც გამიზნულია მონაცემების სივრცით ინფორმაციაში (გრაფიკულ და კარტოგრაფიულ) გარდაქმნისათვის, რაც ემსახურება გარკვეული მომხმარებლის სპეციფიკურ მოთხოვნას ზუსტად განსაზღვრული კონცეფციებისა და ტექნოლოგიების ფარგლებში [Methodological Observation on the state of Geocartographic analysis in the context of automated spatial information systems. Map Data Process. Proc. NATO Adv. Study Inst. Maratea, June 18-29, 1979, Acad. Press. 1980, pp.207-220].

ზ) დევისი და ფილდი – მარათვის საინფორმაციო სისტემის (MIS – Information System) ფორმა, რომელიც რუკის ზოგადი ინფორმაციის ჩვენების საშუალებას იძლევა [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

თ) დემერსი – ინსტრუმენტი, რომლის მეშვეობითაც მუშაუდება ის სივრცითი ინფორმაცია, რომელიც „მიბმულია“ დედამიწის ზედაპირის გარკვეულ ადგილზე და გამოიყენება მართვისათვის [Демерс М.Н. Геоинформационные системы. Основы. М., 1999].

ი) დუჟაერი – საინფორმაციო სისტემების სივრცითი სახე, სადაც მონაცემთა ბაზა შეიცავს სივრცით-კოორდინირებულ ობიექტებზე დაკვირვებას, მოვლენებს, შემთხვევებს, რომლებიც სივრცეში განსაზღვრულია წერტილის, ხაზის ან პოლიგონის სახით. ძებნისა და ანალიზისათვის გეოინფორმაციული სისტემა ახდენს ამ წერტილების, ხაზებისა და პოლიგონების მონაცემების მანიპულაციას [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

კ) DoE – (დედამიწის) სივრცითი მონაცემების მოპოვების, შენახვის, შემოწმების, მანიპულაციის, ანალიზისა და დემონ-

სტორიების სისტემა [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

ლ) ვიტეკი ჯ.დ., ვალში ს.ჯ., გრეგორი მ.ს – ინფორმაციული სისტემა, რომელიც გადაწყვეტილების მიღების მიზნით უზრუნველყოფს გეოგრაფიულად განსაზღვრული მონაცემების შეტანას, მანიპულაციასა და ანალიზს [Vitek J.D., Walsh St.J., Gregory M.S. Accuracy in Geographic Information Systems: an assessment of inherent and operational errors. Records 9th Symp. Spatial technological Remote Sensing. Today and Tomorrow. Sioux Falls, S.D., 2-4 Oct. 1984. Proc. ilver Spring, 1984, pp.296-302].

მ) კარტერი – ინსტიტუციური ელემენტი, რომელიც გაელენას ახდენს ორგანიზაციულ სტრუქტურაზე, რაც, თავის მხრივ, ინტეგრირებას ახდენს მონაცემთა ბაზებზე, ექსპერტიზაზე და ხანგრძლივ ფინანსურ მხარდაჭერაზე [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

ნ) კლარკე კ.ს. – ინფორმაციული სისტემის განსაკუთრებული სახე, სადაც მონაცემთა ბაზა მოიცავს დაკვირვებებს მოვლენებისა და პროცესების სივრცით განლაგებაზე და რომლებიც შეიძლება განსაზღვრულნი იყვნენ როგორც წერტილები, ხაზები და კონტურები [Geographic Information Systems: Definitions and Prospects. Bull. Geogr. and MAp. Div. Spec. Libr. Assoc., 1985, N142, pp.12-17].

ო) კოენი – გადაწყვეტილებათა მხარდაჭერის სისტემა, რომელიც პრობლემათა გადაჭრისას ახდენს სივრცით-კოორდინირებული მონაცემების ინტეგრაციას [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

პ) კონგნი მ. – სისტემა, რომელიც შედგება ადამიანებისა და, აგრეთვე, ტექნიკური და ორგანიზაციული საშუალებებისაგან, რომლებიც გეოგრაფიულ კვლევებსა და პრაქტიკულ საქმიანობაში შემდგომი გამოყენების მიზნით ახდენენ ინფორმაციის მოპოვებას, გადაცემასა და დამუშავებას [Geografike informacni Systemy. Folia oriroved fak. UNEP v Brne, 1985, t. 26, N13, 196s].

ე) კოშკარიოვი ა.ვ. – აპარატულ-პროგრამული, ადამიანურ-მანქანური კომპლექსი, რომელიც უზრუნველყოფს სიერციტო-კოორდინირებული მონაცემების მოპოვებას, დამუშავებას, გამოსახვასა და გავრცელებას, ტერიტორიის შესახებ მონაცემებისა და ცოდნის ინტეგრაციას სამეცნიერო (გეოგრაფიული) ამოცანების გადაჭრისა და მათი ეფექტური გამოყენების მიზნით, რაც დაკავშირებულია გარემოს ინვენტარიზაციასთან, ანალიზთან, მოდელირებასთან, პროგნოზთან, მართვასთან და საზოგადოების ტერიტორიულ ორგანიზაციასთან [Картография и геоинформатика: пути развития. Изв.АН СССР, сер.геогр.1990, N1].

რ) კოშკარიოვი ა.ვ., ტიკუნოვი ვ.ს., ტროფიშოვი ა.მ. – სისტემა დამატებითი გეომოდელირების შესაძლებლობებით [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991.].

ს) ლანგეფორსე ვ. – სისტემა, რომელიც მოიცავს ტერიტორიის შესახებ არსებული ინფორმაციის მოპოვების, შენახვის, დამუშავებისა და მიწოდების კომპონენტებს [Theoretical Analysis of Information Systems. lund, 1966].

ტ) ლილესანდი თ.მ. – სისტემა, რომელიც მოიცავს მონაცემთა ბაზას, აპარატურისა და პროგრამების პაკეტს, გამიზნულს მონაცემთა ბაზების გაფართოების, მონაცემთა მანიპულაციის, რუკებისა და ცხრილების სახით ვიზუალიზაციისათვის (სამეურნეო საქმიანობის საბოლოო გადაწყვეტილების მიღებისათვის) [Lillesand T.M., Liefer R.W. Remote Sensing and Image Intepretation. N.Y., John Willey and Sons, 1987, 722p].

უ) მაკდონალდი ს.ლ., კრაინი ი.კ. – სისტემა, რომელიც პროექტირებულია გეოგრაფიულად განსაზღვრული მონაცემების მოპოვების, შენახვის, მანიპულაციის, ძებნისა და გამოსახვისათვის [MacDonald C.L., Crain I.K. Appied Computer Graphics in Geographic Information System: Problems and Successes. Computer Graphics and Applications, 1985, vol.5, N10, pp.34-39].

ფ) ოზემოუ, სმიტი, სიჩერმანი – ფუნქციათა ავტომატური ქსელი, რომელიც პროფესიონალებს უზრუნველყოფს გეოგრაფიულად ორიენტირებული მონაცემების შენახვის, შესწორების, მანიპულაციისა და ჩვენების შესაძლებლობის გაზრდით [Ma-

guire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

ქ) პარკერი – საინფორმაციო ტექნოლოგია, რომელიც ახდენს სივრცითი და არასივრცითი მონაცემების შენახვას, ანალიზსა და დემონსტრირებას [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

ლ) რეისინგერი თ.ვ., დევისი ს.ჯ. – სისტემა, რომელიც ახდენს თემატური რუკების სახით შენახული მონაცემების მანიპულაციასა და მართვას [Reisinger T.W., Davis C.J. A Map-based Decision support System for operational Planning of Timber harvests. Winter Meet. amer. Soc. Arg. Eng., Ayatt Regency, Chicago, December 17-20, 1985. Paper N1604. St. Joseph: ASAE, 1985, 12p].

ყ) სერბენიუკი ს.ნ. – სამეცნიერო-ტექნიკური კომპლექსი ავტომატიზებული მოპოვების, სისტემატიზაციის, გადამუშავებისა და წარმოდგენისათვის, რაც წარმოდგენილია შესასწავლი სივრცითი სისტემის შესახებ ცოდნის გაზრდის ახალი ასპექტით [Картография и геоинформатика, их взаимодействие. М.: МГУ, 1990].

შ) სივილე რ., სიებერი რიჩარდ რ.ე., რენსე დ.ს. – კომპიუტერული სისტემა, რომელიც ახდენს გეოგრაფიული მდებარეობის მქონე მონაცემების დაგროვებას, შენახვას, მართვასა და გამოსახვას.

ჩ) სიმონოვი ა.ვ. – აპარატულ-პროგრამული საშუალებებისა და ალგორითმული პროცედურების სისტემა, რომელიც შექმნილია გეოგრაფიულად კოორდინირებული მონაცემების ციფრული მხარდაჭერის, შევსების, მართვის, მანიპულაციის, ანალიზის, მათემატიკურ-კარტოგრაფიული მოდელირებისა და გამოსახვისათვის [Симонов А.В. Агроэкологическая картография, Кишинёв, изд-во "Штиинца", 1991, с.127].

ც) სმიტი და სხვ. – მონაცემთა ბაზა, სადაც მონაცემთა უმეტესობა სივრცით ინდექსირებულია და პროცედურების ქსელი ოპერირებულია იმისათვის, რომ გაეცეს პასუხი სივრცით რეაქციებს [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

ძ) სტარი ჯ.ლ., სოსენტინო მ.ჯ. –

- სივრცობრივად განსაზღვრული სისტემა მონაცემების მოპოვების, შენახვის, ძებნისა და მანიპულაციისათვის.

სივრცობრივად განსაზღვრული მონაცემების ანალიზისა და მართვის საშუალება.

წ) ტიკუნოვი ვ.ს. – ინტერაქტიული სისტემა, რომელსაც უნარი აქვს მოახდინოს მონაცემების მოპოვება, სისტემატიზაცია, შენახვა, დამუშავება, შეფასება, გამოსახვა და გავრცელება. ამასთან, არის სივრცე-დროით მოვლენებზე ახალი ინფორმაციის მიღებისა და ცოდნის საშუალება [Тикунов В.С. Современные средства исследования системы "Общество – природная среда". Известия Всесоюзн. Географич. Общества, 1989, т. 121, вып. с. 299-306].

- სისტემა, რომელიც პროექტირდება გეოგრაფიულად განსაზღვრული მონაცემების მოპოვების, შენახვის, მანიპულაციის, ძებნისა და ასახვისათვის [Тикунов В.С. Географические информационные системы: сущность, структура, перспективы. Итоги науки и техники. сер. картография. М., 1991]

ჭ) ტროფიმოვი – სისტემა დამატებითი გეომოდელირების შესაძლებლობებით [Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991].

ხ) ჰესტინგი დ.ა. –

- ტექნიკური, პროგრამული და ინფორმაციული საშუალებების ნაკრები, რომელიც ტერიტორიული დაგეგმარებისა და მართვის პრობლემების გადაჭრისათვის უზრუნველყოფს სივრცითი და მასთან დაკავშირებული ატრიბუტული მონაცემების შეტანას, შენახვას, დამუშავებას, მათემატიკურ-კარტოგრაფიულ მოდელირებასა და ინტეგრირებულ გამოსახვას.

აპარატული და პროგრამული უზრუნველყოფის სისტემა გეოკოდირებული მონაცემების შენახვის, მართვისა და რედაქტირებისათვის.

- აპარატული და პროგრამული უზრუნველყოფის სისტემა მონაცემების მართვისა და გამოსახვისათვის. იგი მონა-

ცემთა ბაზების მართვის სისტემების (DBMS) მსგავსია. თუმცა, გეოინფორმაციული სისტემა განიხილება როგორც „სივრცითი DBMS“, ვიდრე „ცხრილური DBMS“.

აპარატულ-პროგრამული უზრუნველყოფისა და მონაცემების სისტემა, რომელიც აადვილებს სივრცით-კოორდინირებული მონაცემების სრულყოფას, მოდელირებასა და გამოსახვას [Geographic Information Systems: A Tool for Geo-science Analysis and Interpretation, 1992].

ჯ) პროგრამული საშუალება სივრცითი ინფორმაციის (ე.ი. ისეთი ინფორმაციის, რომელიც „მიბმულია“ ორგანზომილებიან ან სამგანზომილებიან კოორდინატებზე) დაგროვების, შენახვისა და დამუშავებისათვის [The GIS-GRASS mini-HOWTO. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration. National Geographical Data Center. 1997].

კ) ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის სისტემა, რომელიც ახდენს სივრცითი და მასთან დაკავშირებული ატრიბუტული მონაცემების შენახვას, მანიპულაციას, ანალიზსა და გამოსახვას [Geographic Information Systems (GIS) Glossary. <http://www.city.grande-prairie.abica/gis-9707.htm>].

Geographic Base File (GBF) – основной географический файл (GBF). ფორმატი, რომელშიც პირველად იქნა რეალიზებული ობიექტებს შორის სივრცითი კავშირი. ფაქტობრივად, არის კარტოგრაფიული საფუძველი, ფორმატით TIGER/Line და მოიცავს აშშ, პუერტო-რიკოს, გუამის, ვირჯინიის კუნძულებს, ამერიკის, სამოასა და სხვა ტერიტორიებს.

Geiconics – გეოიკონიკა. ცოდნის სინთეზური დარგი, რომელიც შეისწავლის გეოგამოსახულებების ზოგად თვისებებს, მათი შედგენის, გარდაქმნისა და შინაარსობრივი ინტერპრეტაციის მეთოდებს.

Geoinformatics – გეოინფორმატიკა. მეცნიერული დისციპლინა, რომელიც აშუშავებს გეოგრაფიული ინფორმაციის მიღების, შენახვისა და დამუშავების (ზოგიერთის მოსაზრებით – მომხმარებლისათვის გეოგრაფიული ინფორმაციის მიწოდების ფორმის) მეთოდებს და ამისათვის იყენებს პერსონალურ კომპიუტერებს.

Geoinformational Cartography – გეოინფორმაციული კარტოგრაფია. დისციპლინა ავტომატიზებული კარტოგრაფიის, აეროკოსმოსური მეთოდების, სისტემური კარტოგრაფიისა და გეოინფორმაციული სისტემების მიჯნაზე. არის გეოინფორმატიკისა და კარტოგრაფიის ინტეგრაციის შედეგი. ყალიბდება როგორც საკვანძო დისციპლინა.

Geomatics – Геома́тика – გეომატიკა. გეოგრაფიული მეცნიერებების (აგრეთვე გეოდეზიის), მათემატიკისა და ინფორმატიკის მჭიდრო ურთიერთკავშირის ერთგვარი გამოხატულებაა. ზოგიერთი მას გეოინფორმატიკის სინონიმად მიიჩნევენ.

geometric correction – геометрическая коррекция – გეომეტრიული კორექცია. სივრცითი მონაცემების კორექცია (გადაკეთის, შემობრუნების, პერსპექტიული დამახინჯებების), რომელიც მიიღება დისტანციური მეთოდებით.

GeoTIFF – ფაილი გეოკოდირებული გამოსახულებით ფორმატში TIFF. იგი რასტრული გამოსახულებაა, რომელიც შეიცავს სრულყოფილ ინფორმაციას გეორეგისტრაციის შესახებ, როგორიცაა პროექცია და მინიმუმ სამ საკონტროლო წერტილს.

GIF (Graphics Interchange Formats) – ინტერნეტში ფართოდ გავრცელებული ფორმატი. სპეციალურადაა შექმნილი ქსელებით გამოსახულების გადასაცემად.

gigabyte – гига́йт – გბაიტი, გიგაბაიტი. დაახლოებით 1 მლრდ ბაიტი.

GIRAS – სისტემა, რომელიც ამუშავებს თანამგზავრის ინფორმაციას.

GIS – იხ. geographic(al) information system.

Global Navigation Satellite System (GLONASS) – глобальная спутниковая навигационная система – გლობალური თანამგზავრული ნავიგაციური სისტემა, წარმოებული რუსეთის კოსმოსური სააგენტოს მიერ. იგი უზრუნველყოფს ადგილმდებარეობის განსაზღვრას სივრცის სამ განზომილებაში. პირველად გაუშვეს 1993 წელს (კორპორაცია Magellan 1999).

Global Ozone Monitoring Experiment (GOME) – эксперимент по мониторингу глобального озонового слоя – ოზონური ფენის მონიტორინგის ექსპერიმენტი თანამგზავრით ESA ERS-2, რომელიც ადგენს ატმოსფეროს ქიმიურ შედგენილობას.

Global Positioning System (GPS) – глобальная система определения местоположения – ადგილმდებარეობის განსაზღვრის გლობალური სისტემა, გლობალური პოზიციონირების სისტემა. ადგილმდებარეობის განსაზღვრისათვის იგი იყენებს ორბიტალურ თანამგზავრებს.

GLONASS – იხ. GLObal NAVigation Satellite.

.gmd file – ფაილი გაფართოებით .gmd – ERDAS IMAGINE პროგრამის გრაფიკული ფაილი, რომელიც შექმნილია მოდულში Model Maker (Spatial Modeler).

GOME – იხ. Global Ozone Monitoring Experiment.

GPS – იხ. Global Positioning System.

graphical model – графическая модель – გრაფიკული მოდელი, რომელიც შექმნილია მოდულში Model Maker (Spatial Modeler). ფაილის გაფართოებაა .gmd.

graphical modeling – графическое моделирование – გრაფიკული მოდელირება. მეთოდი, რომელიც გამოიყენება რუკის ფენების მონაცემთა კომბინირებისათვის.

Graphical User Interface – графический интерфейс пользователя – მომხმარებლის გრაფიკული ინტერფეისი პროგრამაში ERDAS IMAGINE.

graphics digitizer – дигитайзер – გამოსახულების ციფრული შეტანის მოწყობილობა, რომელიც ახდენს რასტრულ ფორმატში ორგანოზომილებიანი გამოსახულების შექმნას.

GRID – грид – გრიდი, ბადე. შეკუმშული მოზაიკური რასტრული ფორმატი.

GRID (Global Resource Information Database) – информационная база данных глобальных ресурсов – გლობალური რესურსების საინფორმაციო მონაცემთა ბაზა.

grid cell – ячейка сетки, пиксел – ბადის უჯრედი, პიქსელი.

GRID Stack – набор гридов – გრიდების ნაკრები, რომელიც მუშავდება როგორც მრავალფენიანი გამოსახულება.

ground control point (GCP) – наземная контрольная точка – მიწისზედა საკონტროლო წერტილი, რომლის კარტოგრაფიული კოორდინატები ცნობილია.

ground coordinate system – наземная система координат – საკოორდინატო სისტემა (X, Y, Z), რომელიც, ჩვეულებრივ, გამოსახულია ფუტებში ან მეტრებში.

GTOS (Global Terrestrial Observing System) – დედამიწის გლობალური დაკვირვების სისტემა.

GUI – იხ. Graphical User Interface.

Н

hardcopy output – вывод твердой копии – მონაცემების გამობეჭდვა ნებისმიერი კომპიუტერიდან ქაღალდზე.

HARN – იხ. High Accuracy Reference Network.

HFA – იხ. Hierarchal File Architecture System.

Hierarchal File Architecture System (HFA) – იერარქიული ფაილური სტრუქტურის სისტემა სხვადასხვა ტიპის ინფორმაციის შესანახად (ხისებრი სტრუქტურით).

High Accuracy Reference Network (HARN) – მაღალი სიზუსტის საყრდენი ქსელი GRS 1980 სფეროიდზე. გამოთვლებისათვის მას იყენებს State Plane კარტოგრაფიული სისტემა.

High Resolution Picture Transmission (HRPT) – передача изображения с высоким разрешением – გამოსახულების გადაცემა მაღალი გარჩევადობით. მონაცემების პირდაპირი გადაცემა რეალურ დროში AVHRR სკანერით.

Hollerith code – ჰოლერიტის კოდი. სტანდარტული კოდი მონაცემების პერფობარათზე შესანახად. შექმნა პერმან ჰოლერიტმა.

Hollerith Corporation – კორპორაცია, რომელიც IBM-ს შეუერთდა.

host workstation – главная рабочая станция – მთავარი სამუშაო სადგური.

HSB (Hue, Saturaton, Brightness) – ფერთა მოდელი, აგებული RGB-ზე, თუმცა გააჩნია კოორდინატების სხვა სისტემა.

.htm, html (Hypertext Markup Language) – დაპროგრამების სპეციალური ენა Web გვერდების შესაქმნელად ან დასათვალიერებლად.

I

IAC – Interapplication communication – межприкладная связь – შიდადარგობრივი კავშირი. კომპიუტერული პროგრამის უნარი, დაუკავშირდეს სხვა პროგრამას. ორ ან მეტ პროგრამას „შეუძლია“ თანაბარი წილის მონაცემები დაამუშაოს ერთდროულად. ასეთ პროცედურებს ასრულებს ArcView-სა და ArcInfo-ს თანამედროვე ვერსიები.

identity – ტოპოლოგიური ოვერლეი (ფენების ზედდება) პოლიგონებისათვის, როცა ობიექტების გადაკვეთისას წარმოიქმნება ახალი ობიექტები.

IDRISL – რასტრული გეოინფორმაციული სისტემა.

IGDS – ინტერაქტიული გრაფიკული დიზაინის პროგრამა. შესაძლებელია ამ სისტემაში შექმნილი ფაილების ურთიერთ-გაცვლა ArcInfo პაკეტთან.

IGES – იხ. Initial Graphics Exchange Standard files.

IGIS – Inegrated Geograpic(al) Information System – ინტეგრალური გეოინფორმაციული სისტემა, რომელიც ეფუძნება დისტანციური ზონდირების რასტრული გამოსახულების დაკავშირებას გის-ის კარტოგრაფიულ ინფორმაციასთან (ვექტორულ გის-თან).

Iliak – ილიაკი. მეოთხე თაობის კომპიუტერი.

image – изображение – გამოსახულება. ობიექტების გრაფიკული გამოსახულება ოპტიკური ან ელექტრონული ხელსაწყოებით. მისი უმარტივესი მაგალითებია: დისტანციური ზონდირების (თანამგზავრული), სკანირების მონაცემები და ფოტოები. გამოსახულება შენახულია რასტრულ ფორმატში ორობით ან მთლიანი რიცხვების სახით.

image coordinate system – система координат изображения – გამოსახულების საკოორდინატო სისტემა, რომელიც ჩაწერილია ფოტოგრაფიულ ტრიანგულაციისათვის.

image data – данные изображения – გამოსახულების მონაცემები. ციფრული მონაცემები დედამიწის შესახებ, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გამოსახულების კომპიუტერული დამუშავებისას (გის-ანალიზისას).

image file – файл изображения – გამოსახულების ფაილი. მოიცავს რასტრული გამოსახულების მონაცემებს. მათ სხვადასხვა გაფართოება აქვთ: .img (ERDAS IMAGINE), .jpeg და ა.შ.

image matching – сравнение изображений – გამოსახულების შედარება. ორი გამოსახულების გადაფარვისას შესაბამისი წერტილების ავტომატური შერჩევის პროცედურა.

image memory – память для изображения – მეხსიერება გამოსახულებისათვის. მეხსიერების მოწყობილობის ნაწილი, რომელიც იმახსოვრებს მონაცემთა ფაილის მნიშვნელობებს.

image pair – იხ. stereopair.

image processing – обработка изображений – გამოსახულების დამუშავება.

image scale (SI) – масштаб изображения (СИ) – გამოსახულების მასშტაბი.

IMC – იხ. International Map Committee.

.img file – ERDAS IMAGINE პროგრამის ფაილის გაფართოება, რომელიც ინახავს თემატურ რასტრულ ფენებს.

impedance – импеданс – იმპედანსი. გის-ის ეკრანულ რუკაზე არსებული წინააღმდეგობები (მარშრუტის მანძილის, მისვლის დროის, სიჩქარის საზომები). პირობითი ბარიერების არსებობის შემთხვევაში მანძილის გაზომვისას რასტრის თითოეულ უჯრედზე გადაადგილებისას რასტრს ენიჭება იმპედანსის მნიშვნელობა – არა ერთი, არამედ ორი, სამი და ა.შ. (იმისდა მიხედვით, თუ როგორი ღონის წინააღმდეგობაა).

IMW – იხ. International Map of the World.

indexing – индексирование – ინდექსირება. ფუნქცია თემატური ფენებისათვის, რომელიც ახდენს ერთი ან მეტი ფენის მონაცემების შეჯამებას, რითაც იქმნება სრულიად ახალი ფენა.

Indian Remote Sensing Satellite (IRS) – индийский спутник дистанционного зондирования – ინდოეთის დისტანციური ზონდირების თანამგზავრი, რომელსაც მართავს Space Imaging კომპანია.

INFO – ცხრილური მონაცემთა ბაზა, რომელსაც იყენებს Arc-Info ცხრილების შენახვისა და მანიპულაციისათვის.

Informatics – ინფორმატიკა. მეცნიერება, რომელიც აერთიანებს გამოთვლით ტექნიკას, მართვის სისტემების შემუშავებას, შექმნასა და გამოყენებას.

Information Science – ინფორმაციული მეცნიერება. მეცნიერება სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის გავრცელების ორგანიზაციის შესახებ.

INFORMIX – მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა.

INFOTERRA – გაეროს გარემოს დაცვითი პროგრამის გლობალური ინფორმაციის გაცემის ქსელი.

INGRES – რელაციურ მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა.

Initial Graphics Exchange Standard files (IGES) – საერთო ფორმატი CAD მონაცემების ტრანსფორმირებისათვის. შესაძლებელია ამ სისტემაში შექმნილი ფაილების ურთიერთგაცვლა ArcInfo პაკეტთან.

initialization – инициализация – ინიციალიზაცია. პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს ფაილებში ან კომპიუტერის მეხსიერებაში მნიშვნელობების სიზუსტეს მანამ, სანამ დამატებითი ინფორმაცია არ იქნება შეყვანილი ან დამუშავებული. ჩვეულებრივ, ინიციალიზაციის მნიშვნელობა უდრის 0-ს.

Internal Average Relative Reflectance (IARR) – внутренний средний относительный коэффициент отражения. მეთოდი, რომელიც შემუშავებულია სპექტრის კომპენსაციისათვის ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების გამო.

International Map Committee (IMC) – международный картографический комитет – საერთაშორისო კარტოგრაფიული კომიტეტი (ლონდონში), რომელიც ახდენს მსოფლიოს რუკების სერიის გამოშვებას (International Map of the World).

International Map of the World (IMW) – международная карта мира – მსოფლიოს რუკები (მასშტაბი 1 000 000), რომელსაც უშვებს კარტოგრაფიის საერთაშორისო კომიტეტი.

Internet – интернет – ინტერნეტი. გლობალური კომპიუტერული ქსელი. აერთიანებს 50 ათასზე მეტ შედარებით მცირე ქსელს.

interpolation – интерполяция – ინტერპოლაცია. მონაცემებს შორის შუალედური მნიშვნელობის გამოთვლა. ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ხაზობრივი (linear) და ექსპონენტური (exponential) ინტერპოლაცია.

IRS – იხ. Indian Remote Sensing Satellite.

ISO – სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაცია.

isopleth map – карта изолиний – იზოპლეტების რუკა, სადაც მოცემულია იზოპლეტები (ხაზები, რომლებიც გამოსახავენ რიცხვებს და არ შეიძლება არსებობდნენ წერტილების სახით, როგორიცაა მაგალითად, მოსახლეობის სიმჭიდროვე).

item – ატრიბუტების ცხრილში ინფორმაციის სეკტი.

J

JERS-1 (Fuyo) 1 – იაპონური რადიოლოკაციური თანამგზავრი, რომელიც გაუშვეს 1992 წელს.

JFIF – იხ. JPEG.

Joint Photographic Experts Group (JPEG) –

1. საექსპერტო ფოტოგრაფიული გაერთიანება, რომელიც ამუშავებს მონაცემების შეკუმშვის მეთოდებს.

2. მონაცემების შეკუმშვის მეთოდი, რასაც უწოდებენ, აგრეთვე, JPEG-ს.

JPEG – იხ. Joint Photographic Experts Group.

JPEG File Interchange Format – (JFIF) – формат для обмена файлами – ფორმატი ფაილების გაცვლისათვის. სტანდარტული ფორმატი, რომელიც გამოიყენება გამოსახულების JPEG შეკუმშული ფორმატის შექმნისათვის.

jpg – გრაფიკული ფაილი JPEG ფორმატში.

K

knowledge base – база знаний – ცოდნის ბაზა. ექსპერტული სისტემის ნაწილი, რომელიც წარმოადგენს წესების სიმრავლეს და ჩაწერილია დაპროგრამების გარკვეულ ენაზე.

knowledge-based system – იხ. expert systems.

L

L'a'b – ფერთა მოდელი კომპიუტერული გრაფიკისათვის, დამოუკიდებელი აპარატურისაგან. ახასიათებს ფერთა ფართო გამა.

label point – точка метки – ნიშნის წერტილი, ჭდის წერტილი. წერტილი პოლიგონის ფარგლებში, რომელიც განსაზღვრავს თვით ამ პოლიგონის არსებობას მონაცემთა ბაზაში.

LAC – იხ. local area coverage.

Landsat – თანამგზავრების სერია, რომელიც გაყვანილია დედამიწის ორბიტაზე. იღებს მრავალსპექტრულ გამოსახულებებს (MSS) და გამოსახულებებს თემატური რუკების შექმნისათვის (TM).

.LAN files – გამოსახულების ფაილი ERDAS პროგრამაში (სახელწოდება მიიღო Landsat კოსმოსური აპარატისაგან). ჩვეულებრივ, მოიცავს დაუმუშავებელ მონაცემებს.

LAN Files – გამოსახულების ფაილები, მოცემული მრავალი სარტყლის სახით ERDAS პროგრამაში.

Laptop, Notebook – პორტარტიური კომპიუტერი. მცირე ენერგიის მომხმარებელი ბრტყელეკრანიანი (თხევადკრისტალიანი ან პლაზმური) კომპიუტერი, რომელიც მცირე ზომისაა და, ჩვეულებრივ, გამოიყენება იოლი ტრანსპორტირებისათვის.

layer – Слой – ფენა. სივრცითი ინფორმაციის დამახსოვრების სტრუქტურა, როცა სხვადასხვა თემატური შინაარსი წარმოდგენილია რუკის გამჭვირვალე ასლის სახით.

line – линия – ხაზი, ხაზობრივი ობიექტი. ვექტორული მონაცემების ელემენტი, რომელიც წარმოადგენს ხაზობრივად ორიენტირებული პიქსელების ნაკრებს.

lookup table (LUT) – таблица перекодировки – ხელმეორედ კოდირების ცხრილი.

lossy – с потерями – დანაკარგი. ტერმინი, რომელიც გამოხატავს მონაცემების შეკუმშვის ალგორითმს, რომელიც, ფაქტობრივად, ამცირებს არა მარტო ბიტების, არამედ ინფორმაციის რაოდენობასაც.

LUT – იხ. lookup table.

M

Machine Independent Format (MIF) – პლატფორმისაგან დამოუკიდებელი ფორმატი. მონაცემების დამახსოვრების ფორმატი, რომელიც გამიზნულია სხვადასხვა ტიპის კომპიუტერებზე წასაკითხად.

MAGI (Maryland Automatic Geographic Information System) – მერილენდის ავტომატური გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემა. სისტემა, რომელიც აშშ-ის სხვა შტატებისათვის შექმნილი გის-ების ერთგვარ მოდელად (ნიმუშად) იქცა.

Mainframe – იხ. Supercomputer.

map coordinates – картографические координаты – კარტოგრაფიული კოორდინატები.

MapInfo – ვექტორული გეოინფორმაციული სისტემა.

map projection – картографическая проекция – კარტოგრაფიული პროექცია.

matrix – матрица – მატრიცა. რიცხვების ნაკრები მართკუთხოვან სტრუქტურაში. თუკი მატრიცას აქვს ერთი i სტრიქონი და ერთი j სვეტი, მაშინ მას $i \times j$ მატრიცას უწოდებენ.

matrix analysis – матричный анализ – მატრიცული ანალიზი. ორი თემატური ფენის გაერთიანების მეთოდი.

.mdl – ფაილი ERDAS IMAGINE პროგრამაში Spatial Modeler Language-ის მეშვეობით.

megabyte (Mb) – Мерабайт – მეგაბაიტი. ინფორმაციის საზომი ერთეული, დაახლოებით 1 მლნ ბაიტი.

Microcomputer, Micro – მიკროკომპიუტერი. იგივე პერსონალური კომპიუტერი (Personal Computer). მცირე ზომის სრულყოფილი კომპიუტერული სისტემა, რომლის მონაცემთა დამუშავების ცენტრალური ბლოკი შედგება ერთადერთი ინტეგრალური სქემისაგან (მიკროპროცესორისაგან).

Microprocessor (MP, MPU) – მიკროპროცესორი. კომპიუტერის ერთ-ერთი მთავარი ნაწილი, რომელზედაც განთავსებულია მისი ყველა ძირითადი ელექტრონული მოწყობილობა.

MIF – იხ. Machine Independent Format.

.mif (Management Information Files) – ფაილი მართვის ინფორმაციით.

Military Grid Reference System – აშშ-ის სამხედრო სისტემის კოორდინატები.

Minicomputer, Mini – მინიკომპიუტერები. მცირე ზომის კომპიუტერები, რომლებსაც მონაცემების დამუშავებისა და დიაპაზონის მეტი შესაძლებლობები აქვთ, ვიდრე მიკროკომპიუტერებს.

modeling – моделирование – მოდელირება. არსებული ფენების გაერთიანების შედეგად ახალი ფენების შექმნის პროცესი.

MP, MPU – იხ. Microprocessor.

MrSID – იხ. Multiresolution Seamless Image Database.

MSS – იხ. multispectral scanner.

Multiresolution Seamless Image Database (MrSID) – მონაცემთა ბაზა სხვადასხვა გარჩევადობის გამოსახულებით.

N

NASA – იხ. National Aeronautics and Space Administration

National Aeronautics and Space Administration (NASA) – აერონავტიკისა და კოსმონავტიკის ეროვნული სამმართველო. ორგანიზაცია, რომელიც სწავლობს კოსმოსურ სივრცეს.

National Imagery and Mapping Agency (NIMA) – გამოსახულების მიღების ეროვნული სააგენტო. ადრეული სახელწოდებაა DMA. შეიქმნა 1996 წელს.

National Imagery Transmission Format Standard (NITFS) – გამოსახულების გადაცემის სტანდარტული ფორმატი.

neatline – линия рамки на карте – რუკის ჩარჩოს ზაზი. მასშტაბირებად რუკებზე აქვს ნიშნები (ჭდეები), რომლებიც უჩვენებენ ლოკალიზაციას რუკის საკოორდინატო სისტემაში.

neighborhood analysis – анализ соседства – მოსაზღვრეობის ანალიზი. გამოსახულების დამუშავების ნებისმიერი წესი, რომელიც ითვალისწინებს უახლესი მეზობელი პიქსელის მნიშვნელობას.

neural network (NN) – нейронная сеть (НС) – ნეირონული ქსელი, რომელიც აგებულია უჯრედების ურთიერთშემოქმედებების პრინციპზე, მსგავსად ადამიანის ნერვული სისტემისა.

NIMA – იხ. National Imagery and Mapping Agency.

NITFS – იხ. National Imagery Transmission Format Standard.

NN – იხ. Neural Network.

node – узел – კვანძი. უკიდურესი (სასრული) წერტილები ხაზზე.

nominal data – номинальные данные – ნომინალური მონაცემები. მონაცემების ტიპი, როცა კლასებს არ გააჩნიათ არაერთიანი შიგა წესრიგი. ამიტომ ითვალისწინებენ ხარისხობრივ (თვისებრივ) მაჩვენებლებს.

normalize – нормализация – ნორმალიზაცია. კომპიუტერული პროცედურა, რომლის მეშვეობითაც მიიღება ბრტყელი ზედაპირის მსგავსი გამოსახულება. ეს წესი გამოიყენება იმ დამახინჯების თავიდან აცილების მიზნით, რომელსაც იწვევს ტოპოგრაფიული ზედაპირი.

Notebook – იხ. Laptop.

number maps – იხ. digital maps.

numeric keypad – цифровая клавиатура – ციფრული კლავიატურა. ოპერატორის მუშაობისათვის განკუთვნილი რიცხვითი და/ან მათემატიკური კლავიშების ნაკრები, რომელიც, ჩვეულებრივ, განთავსებულია კლავიატურის მარჯვენა მხარეს.

O

operating system (OS) – операционная система – ოპერაციული სისტემა. წარმოადგენს კომპიუტერთან ურთიერთობის მთავარ საშუალებას. მართავს ინფორმაციის დამახსოვრების, შენახვისა და გამოტანის პროცედურებს.

Operative Cartography – ოპერატიული კარტოგრაფია. გულისხმობს რუკების შექმნასა და გამოყენებას რეალურ ან რეალურთან ახლო დროის მასშტაბში მომხმარებლისადმი ინფორმაციის დროულად მიწოდების ან მიმდინარე პროცესებზე ზემოქმედების მიზნით.

ORACLE – მონაცემთა ბაზების სისტემა.

orthomap – ортоплан – ორთოოქსა, ორთოგეგმა. კარტოგრაფიული გამოსახულება, რომელიც მიღებულია ციფრული ორთოფოტოგრაფიიდან და იმავდროულად არის სტანდარტული რუკის ანალოგი.

OrtomAX – ფოტოგრამმეტრიული სისტემა, რომელიც აერო-და კოსმოსურ სურათებზე დაყრდნობით ადგენს რელიეფის ციფრულ მოდელებს.

OS – იხ. Operative System.

OTED – Digital Terrain Elevation Data – ადგილის ციფრული მოდელის მონაცემები.

overlay – наложение – ზედდება, ოვერლეი. ფუნქცია, რომელიც ქმნის შეერთებულ ფაილს. ჩვეულებრივ, ოვერლეი გულისხმობს რუკის ფენების ზედდებას.

overlay file – оверлейный файл – ოვერლეინური ფაილი, ზედდებული ფაილი ERDAS IMAGINE პროგრამაში (გაფართოებით .ovr).

.ovr – ERDAS IMAGINE პროგრამის ფაილი.

P

Palmtop – ჯიბის კომპიუტერები. ასრულებენ „ინტელექტუალური ბლოკნოტის“ ფუნქციას. ისინი ხელსაყრელია ოპერატიული ამოცანების შენახვისა და სწრაფი მიღებისათვის.

paneled map – листы разрезанной карты – რუკის ფურცლები. რუკა, რომელიც გამიზნულია ერთი გაერთიანებული რუკის შექმნისათვის. ამიტომ რუკის ჩარჩო, რომელიც საკოორდინატო სისტემის ჭდის გარეთაა (tick marks), გამოსახული იქნება მხოლოდ შეერთებული რუკის კიდეებზე.

“Pascaline” – „პასკალის თვალი“. ერთ-ერთი პირველი მექანიკური გამომთვლელი, არითმეტიკული (შემკრები) მანქანა, რომლითაც ხდებოდა ციფრების მიმატება და გამოკლება ნიშნად რიცხვებზე.

passive sensors – пассивные датчики – პასიური სენსორები. მზის სენსორები, რომლებსაც შეუძლიათ გამოსახულების მხოლოდ მიღება და არა გადაცემა.

PCD (Photo CD) – ფორმატი სამაგიდო საგამომცემლო საკმინობისათვის.

PCX – ფორმატი PaintBrush პროგრამისათვის შავ-თეთრი გამოსახულებისათვის.

.pdf (Portable Document Format) – დოკუმენტების გადატანისათვის შემუშავებული ფაილი.

Perforated tape – პერფობარათი. მონაცემების ჩასაწერი ნაჩერტებიანი ბარათი.

PHIGS – Programmers Hierarchical Integrated Graphics System – იერარქიული უნივერსალური გრაფიკული სისტემა.

photogrammetric quality scanners – სკანერები გადაღების ფოტოგრამმეტრიული საშუალებებით. სპეციალური მოწყობილობები მაღალხარისხოვანი გამოსახულების მისაღებად. უზრუნველყოფს გეომეტრიულ სიზუსტეს.

Piecewise linear method – იხ. Approximation

pixel – пиксел – პიქსელი. გამოსახულების უმცირესი ნაწილი. ტერმინი მომდინარეობს ინგლისური სიტყვებიდან «picture element», რაც ნიშნავს სურათის ელემენტს.

pixel coordinate system – пиксельная (файловая) система координат – პიქსელური საკოორდინატო სისტემა. ათვლა იწყება ზედა მარცხენა კუთხიდან. ღერძი X მიუთითებს მიმართულებას მარჯვნივ, ხოლო ღერძი Y – ქვემოთ. საზომი ერთეულია პიქსელი.

pixel size – размер пиксела – პიქსელის ზომა, ფაქტობრივად, არის არა თვით პიქსელის ზომა, არამედ მანძილი პიქსელებს შორის.

PNG (Portable Network Graphics) – ფორმატი ქსელებში გამოსახულების გადასაცემად.

point – точка – წერტილი.

1. ელემენტი, რომელიც მოიცავს ერთ წყვილ კოორდინატს.
2. ვერტექსი – ელემენტის კვანძი. არის კვანძი („მწვერვალი“) სტრიქონის ფარგლებში (განსხვავებით node-საგან, რაც გულისხმობს უკიდურეს კვანძებს).

point mode – точечный режим – წერტილოვანი რეჟიმი. დაციფერის რეჟიმი, როცა დიგიტაიზერზე ნებისმიერი ღილაკის დაჭერისას ფორმირდება ერთი კვანძი (vertex).

polygon – полигон – პოლიგონი. ფართობში ლოკალიზებული ნიშანი, რომელიც წარმოადგენს რასტრების კრებადობას. მისი სიგრძე-სიგანე სრულ შესაბამისობაშია რეალური სამყაროს ობიექტებთან. პოლიგონის თითოეულ წერტილს განსხვავებული გეოგრაფიული კოორდინატები აქვს და თითოეული მათგანი „მიბმულია“ ათვლის სივრცით სისტემასთან.

primary colors – основные цвета – ძირითადი ფერები, საიდანაც მიიღება სხვა დანარჩენი ფერი. მონიტორზე ხდება ძირითადი ფერების (წითელი, მწვანე, ლურჯი), შეზავება და ამგვარად მიღება ფერების პალიტრის, ფერად პრინტერებზე კი – ცისფერი, ყვითელი და წითელი ფერების შეზავება.

printer – принтер – პრინტერი. საბეჭდი მოწყობილობა, რომელიც ბეჭდავს ტექსტსა და გამოსახულებას.

proximity analysis – анализ близости (соседства) – მოსაზღვრეობის ანალიზი, რომლის მიხედვითაც განისაზღვრება, რომელი პიქსელი მდებარეობს ამა თუ იმ მანძილზე მოცემული კლასის პიქსელიდან.

PSD (Adobe Photoshop Document) – ფორმატი Adobe Photoshop-ში, რომელიც თავსებადია, როგორც შავ-თეთრი, ისე CMYK მოდელის ფერადი გამოსახულებისათვის.

pseudo node, false node – псевдо узел – ფსევდოკვანძი, „ცრუკვან-

ძი“. ზედმეტი კვანძი, რომელიც არასწორად ანაწევრებს ხაზს ორ ნაწილად (ეს ასახვას პოულობს მონაცემთა ბაზაშიც). სინამდვილეში კი იგი ერთი ხაზია.

pushbroom – სკანირების მეთოდი, როცა ყველა გადასაღები ობიექტი არის უძრავი. სკანირება ხდება თვით სკანერის მოძრაობით ორბიტაზე. ასეთ მეთოდს იყენებენ SPOT კამერით გადაღებისას.

R

RADARSAT – კანადის რადიოლოკაციური სადგური.

RAM – см. random-access memory.

random-access memory (RAM) – память с произвольным доступом – მეხსიერება თავისუფალი მიღწევადობით. მეხსიერება, რომელიც გამოიყენება დანართებისათვის და მონაცემების შესანახად ციფრულ სისტემებში.

raster data – растровые данные – რასტრული მონაცემები. მონაცემები, რომლებიც ორგანიზებულია ბადის სახით. ჩვეულებრივ, გამოსახავენ ბრტყელ გრაფიკულ გამოსახულებას.

Raster image – რასტრული გრაფიკული გამოსახულება. მარტივი და ფართოდ გავრცელებული გრაფიკული გამოსახულების ტიპი, სადაც გრაფიკული ობიექტები დამახსოვრებულია ელემენტარული უჯრედების – პიქსელების სახით.

raster object – растровый объект – რასტრული ობიექტი. Model Maker მოდულში (Spatial Modeler) ერთი რასტრული ფენა ან მათი ნაკრები.

Raster Product Format (RPF) – растровый формат – რასტრული ფორმატი. NIMA-ს მონაცემები, რომლებიც უმთავრესად გამოიყენება სამხედრო მიზნით.

raster region – растровая область (регион) – რასტრული არე (რეგიონი). პიქსელების უწყვეტი ნაკრები.

RDBMS – იხ. relational database management system.

RDGPS – იხ. Real Time Differential GPS.

Real Time Differential GPS (RDGPS) – дифференциальная система GPS – GPS-ის დიფერენციალური სისტემა, რომელიც მუშაობს რეალურ დროში.

recoding – перекодирование – ხელმეორედ კოდირება. ერთი ან რამდენიმე კლასისათვის ახალი მნიშვნელობის მინიჭება.

record – запись – ჩანაწერი. გეოგრაფიული ობიექტის ყველა ატრიბუტული მონაცემის ნაკრები.

rectification – ректификация (трансформирование) – რექტიფიკაცია, ტრანსფორმაცია. გამოსახულების მონაცემების შექმნის პროცესი, რომელიც შეესაბამება კარტოგრაფიული პროექციების გარკვეულ სისტემას.

rectified coordinates – трансформированные координаты – ტრანსფორმირებული კოორდინატები. პიქსელის კოორდინატები ფაილში, რომელიც მიიღება მიწისზედა საკონტროლო წერტილებიდან (GCP). იდეალურ შემთხვევაში ტრანსფორმირების შემდეგ კოორდინატები ზუსტად უნდა შეესაბამებოდეს ამ საყრდენ წერტილებს, თუმცა ტრანსფორმირებისას დაშვებული შეცდომების გამო ეს ყოველთვის როდი შეიძლება.

reduce – уменьшение – შემცირება. პიქსელების გამოტოვების პროცესი, რათა გამოჩნდეს მთელი გამოსახულება.

reference coordinates, source coordinates – опорные (эталонные) координаты – საწყისი კოორდინატები, რეპერული კოორდინატები. გამოსახულების საყრდენი წერტილები, რომლის შესაბამისადაც ხდება გამოსახულების ტრანსფორმირება.

reference system – эталонная система – ეტალონური სისტემა. რუკის საკოორდინატო სისტემა, რომელსაც „ებმება“ გამოსახულება.

registration – регистрация – რეგისტრაცია. გამოსახულების შექმნის პროცესი, რომელიც შეესაბამება სხვა გამოსახულებას. არ არის აუცილებელი კარტოგრაფიული საკოორდინატო სისტემა.

relational database management system (RDBMS) – система управления реляционной базой данных (РСУБД) – მონაცემთა

ბაზების მართვის რელაციური სისტემა, რომელიც ინახავს SDE მონაცემთა ბაზის ფენებს.

“Relay Interpolator” – რელეური გამომთვლელი მანქანა.

remote sensing – дистанционное зондирование – დისტანციური ზონდირება. მონაცემების გაზომვა ან შეგროვება თანამგზავრიდან ან ისეთი საშუალებებით, რომლებიც იმყოფებიან ობიექტის ზემოთ ან მისგან დიდ მანძილზე. დისტანციური ზონდირების ფორმებია: აეროფოტოგადაღება, თანამგზავრიდან გადაღება და რადარი.

reshape – изменение формы – ფორმის შეცვლა. ხაზის ნაწილის ხელმეორედ დაციფერის პროცედურა.

resolution – разрешение – გარჩევადობა. მონაცემების სიზუსტის განმსაზღვრელი დონე. არსებობს სხვადასხვა სახის გარჩევადობა: დისპლეის (display resolution), გამოსახულების (image resolution), რადიომეტრიული (radiometric resolution), სივრცითი (spatial resolution), სპექტრული (spectral resolution), დროითი (temporal resolution).

RGB (Red, Green, Blue) – ფერთა მოდელი: წითელი, მწვანე, ლურჯი. პირველადი ფერების სისტემა, რომელიც გამოიყენება მონიტორების უმეტესობისათვის ფერთა მისაღებად.

ROYGBIV – ფერთა სისტემა, რომელიც ტოლი ინტერვალების მიხედვით გამოსახავს ფერთა ცვლას წითლიდან მეწამულისაკენ, ყვითლისაკენ და ა.შ.

RPF – იხ. Raster Product Format.

.rtf (Rich Text Format) – ტექსტისა და გრაფიკის კოდირების ფორმატი სხვადასხვა დანართებს შორის გაცვლისათვის.

rubber sheeting, conflation – «резиновое покрытие» – ფურცლის რეზინისებრი გადაადგილება, კონფლიაცია. რუკის მოსაზღვრე ფურცლების შეუთავსებლობის შემთხვევაში ერთ-ერთი მათგანის მეორეზე შეთავსების პროცედურა. ჯერ შეირჩევა ის რუკა (ფენა), რომლის კოორდინატებიც უფრო ზუსტია და შემდეგ ხდება იმ ობიექტების გადაადგილება, რომლებიც გადანაცვლებულნი არიან. ამგვარად წარმოიქმნება რეზინისებრი გაჭიმვის ეფექტი.

scanner – сканер – სკანერი.

scanning – сканирование – სკანირება – მონაცემების გარდაქმნის პროცედურა ციფრულ ფორმაში.

screen coordinates – координаты на экране монитора – ეკრანული კოორდინატები. პიქსელის მდებარეობა ეკრანზე, სადაც საწყისი წერტილის (ზედა მარცხენა) კოორდინატებია 0,0.

screen digitizing – оцифровка на экране – დაციფვრა ეკრანზე. ვექტორული გრაფიკის შექმნის პროცედურა მონიტორის ეკრანზე მაუსის მეშვეობით.

SDE – იხ. Spatial Database Engine.

SDTS – იხ. Spatial Data Transfer Standard.

SEAK (Standards Electronic Automatic Computer) – სეაკი. ერთ-ერთი პირველი კომპიუტერი.

Second Generation – კომპიუტერების მეორე თაობა (1950-65). ეფუძნებოდა მცირეგაბარიტიან ტრანზისტორებს (transistors).

sensor – датчик – სენსორი, გადამწოდი. მოწყობილობა, რომელიც ბუნებრივი გარემოს შესახებ ინფორმაციის მიღების მიზნით ახდენს ენერგიის მიღებას და მის გარდაქმნას ციფრულ მოდელში.

server – сервер – სერვერი. კომპიუტერულ ქსელებში ინსტრუმენტი, რომელიც ახორციელებს დამატებით მომსახურებას სხვა მანქანებისათვის.

shapefile – шейп-файл – შეიპფაილი. ESRI კომპანიის ვექტორული ფორმატი, რომელიც შეიცავს სიერციით მონაცემებს, გაფართოებით shp.

SI – იხ. image scale.

.sld (slide) – სლაიდი AutoCAD პროგრამაში.

slope image – изображение наклонов – დახრილობების გამოსახულება. თემატური რასტრული გამოსახულება, რომელიც უჩვენებს ზედაპირის დახრილობას მანძილების განსაზღვრით. ჩვეულებრივ, წარმოდგენილია კოდირებული ფერების სახით.

source coordinates – იხ. reference coordinates.

spatial data transfer standard (SDTS) – стандарт передачи пространственных данных – სიერციითი მონაცემების გადაცემის სტანდარტი.

Spatial Database Engine (SDE) – ვექტორული ფორმატი. ESRI კომპანიის პროგრამული პროდუქტი სიერციითი მონაცემების მართვისათვის.

Spatial Modeler Language (SML) – დაპროგრამების ენა, რომელიც გამოიყენება Spatial Modeler (SML) მოდულში.

spatial resolution – пространственное разрешение – სიერციითი გარჩევადობა. ყველაზე მცირე ობიექტის ზომა, რომელიც შეიძლება „დაიჭიროს“ სენსორმა.

Special GIS – სპეციალური გეოინფორმაციული სისტემები, რომელიც შექმნილია კონკრეტული ამოცანების გადასატრედად და ხშირად დარგობრივი ხასიათისაა. საფუძველს ხშირად ქმნის სტანდარტული გის-ები, ზოგჯერ კი – სპეციალური პროგრამები.

spectral resolution – спектральная разрешающая способность – სპექტრული გარჩევადობა. ტალღების სიგრძის გარკვეული ინტერვალები ელექტრომაგნიტურ სპექტრში, რომელსაც არე-გისტრირებს სენსორი.

SPOT – დედამიწის ორბიტალური თანამგზავრი, შექმნილი კოსმოსური სიერცის საფრანგეთის ეროვნული ცენტრის Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) მიერ.

SRPE – იხ. SDTS Raster Profile and Extensions.

STA – იხ. statistics file.

Standard GIS – სტანდარტული (სამაგიდო, უნივერსალური) გეოინფორმაციული სისტემა, რომელიც გვთავაზობს კომპიუტერული პროცედურების შესრულების ერთგვარ მზა ფორმატს.

Star – მეოთხე თაობის კომპიუტერი.

statistics file (STA) – სტატისტიკური პარამეტრების ფაილი ERDAS IMAGINE პროგრამაში.

“Stepped Reckoner” – „ლაიბნიცის ბორბლები“ – არითმეტიკული მანქანა, არითმომეტრი. ასრულებდა მიმატებას, გამოკლებას, გამრავლებასა და გაყოფას.

stereopair – стереопара – სტერეოწყვილი.

Sun raster data – რასტრული მონაცემი. გამოსახულება, გამოშვებული Sun კომპანიის მიერ.

Supercomputer (Mainframe) – სუპერკომპიუტერები. მძლავრი გამოთვლითი სისტემა, რომელიც გამოიყენება რთული მათემატიკური ამოცანების სწრაფი ამოხსნისათვის. გამოირჩევიან დიდი ზომით, სწრაფქმედებით, ღირებულებითა და სირთულით.

symbolization – символизация – სიმბოლიზაცია. ვექტორული მონაცემების გამოსახვის მეთოდი, სადაც გამოიყენება ატრიბუტული ინფორმაცია.

T

table object – табличный объект – ცხრილური ობიექტი Model Maker მოდულში (Spatial Modeler).

tablet digitizing – დაციფერა დიგიტაიზერის პლანშეტიდან. ციფრული პლანშეტის გამოყენების პროცედურა არაციფრული მონაცემების ციფრულში გარდასაქმნელად.

Tagged Image File Format (TIFF) – ფორმატი სკანირებული გამოსახულების შესანახად. მისი დიდი უპირატესობაა სხვადასხვა პლატფორმაზე გამოსახულების გადატანის შესაძლებლობა.

Tasseled Cap transformation – преобразование Tasseled Cap – Tasseled Cap გარდაქმნა. გამოსახულების ხარისხის ამაღლების მეთოდიკა, რომელიც ახდენს მონაცემების ოპტიმიზაციას მცენარეულობის შესწავლისას.

temporal resolution – временное разрешение (разрешение по времени) – დროითი გარჩევადობა. სიხშირე, რომლის მიხედვითაც სენსორი იღებს გარკვეული ტერიტორიის გამოსახულებას.

terrain analysis – анализ рельефа местности – ადგილის რელიეფის ანალიზი. აბსოლუტური სიმაღლის შესახებ მონაცემების დამუშავება და გრაფიკული მოდელირება.

terrain data – данные о рельефе – მონაცემები რელიეფის შესახებ. x , y და z კოორდინატებით მოცემული სიმაღლის მონაცე-

მები, რომლებიც შეიძლება გამოსახული იყოს რეგულარულად ან არარეგულარულად.

thematic data, thematic layer – тематические данные – თემატური მონაცემები. რასტრული მონაცემები, რომლებიც ხარისხობრივი მაჩვენებლებია და გამოსახავენ კლასების მნიშვნელობებს.

thematic layer – იხ. thematic data.

Thematic Mapper (TM) – тематический картограф – სკანერი КА Landsat-ზე, რომელიც გამიზნულია გამოსახულების მისაღებად შეიდ სპექტრულ ზოლში, სივრცითი გარჩევადობით 30 x 30მ.

theme – тема – თემა. გარკვეული სახის ინფორმაცია, რომელიც მოცემულია ფენის სახით.

Third Generation – კომპიუტერების მესამე თაობა (1965-1970). ეფუძნებოდა ინტეგრალურ სქემებს, ჩიპებს (Integrated Circuit – IC, Chip, Microchip).

three-dimensional image – трехмерное изображение – სამგანზომილებიანი გამოსახულება.

TIFF data – იხ. Tagged Image File Format.

TIFF-CMYK (*tif) – TIFF ფორმატის ფაილის ერთ-ერთი ვარიანტი, რომელიც იყენებს CMYK-ის ფერად სქემებს.

TIGER – იხ. Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing System.

tiled data – мозаичные данные – მოზაიკური მონაცემები. მონაცემების შენახვის ფორმატი ERDAS IMAGINE პროგრამაში.

TIN – იხ. triangulated irregular network.

TM – იხ. Thematic Mapper.

.tmp (temporary) – დროებითი სამუშაო ფაილი.

TMS – იხ. thematic mapper simulator.

to-node – «к узлу» – ხაზის ბოლო კვანძი.

topographic effect – топографический эффект – ტოპოგრაფიული ეფექტი, რომელიც ჩანს გამოსახულებაზე და წარმოქმნილია ზედაპირის უსწორმასწორობით.

Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing System (TIGER) – топологически интегрированная система географически кодированных и справочных данных – გეოგრაფიულად კოდირებული და საცნობარო მონაცემების ტოპოლოგიურად ინტეგრირებული სისტემა.

Topological Vector Profile (TVP) – топологический векторный профиль – ტოპოლოგიური ვექტორული ფაილი.

topology – топология – ტოპოლოგია. ტერმინი, რომელიც გამოხატავს ვექტორულ ფენაზე ობიექტების ურთიერთდამოკიდებულებას.

transposition – транспонирование – ტრანსპოზიცია. მატრიცის სტრიქონისა და სვეტის ურთიერთგადანაცვლება.

triangulated irregular network (TIN) – триангуляционная нерегулярная сеть – არარეგულარული ტრიანგულაციური ქსელი ადგილის რელიეფის ციფრული წარმოდგენისათვის.

TVP – იხ. Topological Vector Profile.

two-dimensional image (2D) – двухмерное изображение – ორგანზომილებიანი გამოსახულება.

.txt (text) – ტექსტური ASCII ფაილი.

U

Universal Polar Stereographic (UPS) – универсальная полярная стереографическая система – უნივერსალური პოლარული სტერეოგრაფიული სისტემა. კარტოგრაფიული სისტემა პოლარული სტერეოგრაფიული პროექციით, სადაც მასშტაბური კოეფიციენტი პოლუსზე არის 0.994.

Universal Transverse Mercator (UTM) – универсальная поперечная система Меркатора UTM – მერკატორის უნივერსალური განივი სისტემა. საერთაშორისო სწორკუთხა საკოორდინატო სისტემა.

UPS – იხ. Universal Polar Stereographic.

UTM – იხ. Universal Transverse Mercator.

V

vector data – векторные данные – ვექტორული მონაცემები, რომლისათვისაც მონაცემთა ბაზაში არსებობს ინფორმაცია მხოლოდ კვანძების შესახებ.

vector layer – векторный слой – ვექტორული ფენა. ვექტორისა და მასთან დაკავშირებული ატრიბუტების ნაკრები.

Vector Quantization – векторное квантование – ვექტორის დაკვანტვა. გამოიყენება RPF ფორმატში მონაცემთა კადრების შეკუმშვისათვის.

vertex – узел-точка – ვერტექსი. წერტილი, რომელიც განსაზღვრავს ობიექტს. მაგალითად, წერტილი, სადაც ხაზი იცვლის მიმართულებას.

VQ – იხ. Vector Quantization.

W

WGS – იხ. World Geodetic System.

Wide Field Sensor (WiFS) – сканер с широким полем обзора (WiFS) – სკანერი მიმოხილვის ფართო არეით.

WiFS – იხ. Wide Field Sensor.

.wks – ელექტრონული ცხრილის Lotus-ის შეკუმშული ფაილი.

.wkl (worksheet) – ელექტრონული ცხრილის Lotus-ის ფაილი.

.wmf (Windows Metafile Format) – აპარატულად დამოუკიდებელი გრაფიკული ვექტორული ფაილი Windows-ის გარემოში.

workspace – рабочее пространство – სამუშაო სივრცე. ადგილი, რომელიც მოიცავს ერთ ან მეტ ვექტორულ ფენას.

World Geodetic System (WGS) – Мировая геодезическая система – მსოფლიოს გეოდეზიური სისტემა.

X

X – კოორდინატი X ორგანზომილებიან გამოსახულებაზე.

XYZ – ფერთა მოდელი, რომელიც არ არის ორიენტირებული აპარატურაზე. მის საფუძველზე შეიქმნა $L*a*b$ მოდელი.

Y

Y – კოორდინატი Y ორგანოზომილებიან გამოსახულებაზე.

Z

Z – კოორდინატი Z სამგანზომილებიან გამოსახულებაზე.

ZIP (Zigzag In-Line Package) – ყველაზე გავრცელებული ფაილების შეკუმშვის სტანდარტი.

zoom – масштабирование – მასშტაბირება, მასშტაბის გაზრდა. გამოსახულების მასშტაბის შეცვლა მისი უკეთ დათვალიერების მიზნით.

ლიტერატურა გეოინფორმაციულ და ექსპერტულ
სისტემებზე, გეოინფორმატიკასა და კარტოგრაფიაზე

LITERATURAL SOURCES ABOUT GIS, ES, GEOINFORMATICS AND CARTOGRAPHY

1. ასლანიკაშვილი ალ., კარტოგრაფია. ზოგადი თეორიის საკითხები. თბილისი, 1968.
2. ბერულავა რ., ადამიანი, კომპიუტერები, რობოტები და თანამედროვეობა. თბილისი, 1988.
3. ბერულავა რ., ადამიანი და „მოაზროვნე“ მანქანები. თბილისი, 1978.
4. ბერულავა რ., ელექტრონული გამომთვლელი მანქანები და მათი გამოყენება. თბილისი, 1981, გვ. 12-13.
5. ბერულავა რ., მანქანური დაპროგრამების საწყისები. მეცნიერება და ტექნიკა, N10, 1980, გვ. 42.
6. ბერულავა რ., ქვაჩაია ი. საკომპიუტერო ტერმინების განმარტებითი ლექსიკონი. მეცნიერება და ტექნიკა. 12, 1989; №1-12; 1990, №1-3, 1991.
7. ბერუჩაშვილი ნ., ბეშიძე რ., კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის გეოინფორმაციული სისტემა //მოხს. თეზისები ი. ვეკუას საიუბილეო დღეებისადმი მიძღვნ. სამეცნ. კონფ., 1995 წლის 27-29 აპრილი. თბილისი, 1995.
8. ბერუჩაშვილი ნ., ელიზბარაშვილი ნ., ნიკოლაიშვილი დ., გეოინფორმაციული სისტემები //ლანდშაფტმცოდნეობა. თბილისი, 1992. გვ. 118.
9. ბილაშვილი კ., სავანელი ზ., გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემა. მეცნიერება და ტექნიკა. 1-3, 2000, გვ. 39-40.
10. გეოგრაფიკი. გეოინფორმაციული სისტემებისა და დისტანციური ზონდირების საკონსულტაციო ცენტრი, 2003.
11. გვარამია გ., ჩხაიძე ზ., ელიგულაშვილი ა., ინფორმატიკა და გამომთვლელი ტექნიკის საფუძვლები. II ნაწილი. თბილისი, 1988.
12. გვარამია გ., ჩხაიძე ზ., ელიგულაშვილი ა., ერისთავი ვ., დოკვაძე კ., ინფორმატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის საფუძვლები. თბილისი, 1986.

13. გორდეზიანი თ., რუკათმცოდნეობა. ნაწილი I. თბილისი, 2000.
14. ელიზბარაშვილი ნ., გეოინფორმაციული სისტემები: შედეგები და პერსპექტივები. მეცნიერება და ტექნიკა.
15. ინგლისურ-ქართული ლექსიკონი გამოთვლით ტექნიკასა და მონაცემთა დამუშავებაში. თბილისი, 1984.
16. კვიტაშვილი ა., ჩიტიაშვილი ზ., დაპროგრამების საფუძვლები. თბილისი, 1990.
17. კომპიუტერული ტერმინოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი. თბილისი, 2000.
18. ლიპარტელიანი გ., სოციალური და ეკონომიკური კარტოგრაფია. თბილისი., 1999.
19. ლიპარტელიანი გ., შეხედულებები კარტოგრაფიის საგანზე. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები. თბილისი, 1991, გვ. 113-126.
20. ლიპარტელიანი დ., კარტოგრაფია და გეოინფორმატიკა. მეცნიერება და ტექნიკა. 1-2. 1992.
21. მართვის ავტომატიზებული სისტემების ტერმინოლოგია. თბ., 1977.
22. მასლიუკოვი ო., გამოთვლითი ტექნიკა და დაპროგრამება. თბილისი, 1990.
23. ნიკოლაიშვილი დ., გეოინფორმატიკის ზოგიერთი ცნების შესახებ // მეცნიერება და ტექნოლოგიები. თბილისი. 10-12, 2001. გვ. 78-84.
24. ნიკოლაიშვილი დ., კომპიუტერული რუკების სახვითი საშუალებები // საქართველოს გეოგრაფია. თბილისი, 1, 2002. გვ. 24-29.
25. სემუელი ა.ლ., მშვიდობით, კანცელარიაჲ! მეცნიერებისა და ტექნიკის ჰორიზონტები. თბილისი, 1973, გვ. 108-112.
26. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია (ქსე). სხვადასხვა სტატია.
27. პნელაძე შ., ცერცვაძე მ., Microsoft Windows 2000. Internet E-mail. ქსელებზე ორიენტირებული თანამედროვე ოპერაციული სისტემა. თბილისი, 2001.
28. ჩეკურიშვილი რ., გორდეზიანი თ., ბექურაძე ც., კარტოგრაფიის კვლევის საგნისა და მეთოდის ურთიერთდამოკიდებულების საკითხისათვის. მეცნიერება და ტექნიკა. 78, 1993, გვ. 37-41.

29. Автоматизация в тематической географии. М., 1984.
30. Алексеева Е.Ф., Стефанюк В.Л. Экспертные системы – состояние и перспективы. Изв. АН СССР, сер. Техническая кибернетика, 1984, №5.
31. Альгина О.А., Новицкая А.Г. ГИС для устойчивого развития окружающей среды. Международная конференция "Интеркартов". (21-23 января. Новосибирск). ГИС обозрение 1'97, 339-14.
32. Андержанов Ш., Колесников Ю. Использование ArcView GIS 3.0 Сейсмологии и при оценке сейсмического риска //ArcView. №3. 1997.
33. Андриянов В. И все-таки: Что такое ГИС? //ArcReview, №3, 1997, стр. 5.
34. Андриянов В. Представляем модуль анализа снимков для ArcView GIS. ArcReview, N4(11), 1999, стр. 7.
35. Апокин И. А., Майстров Л.Е. Развитие вычислительных машин. М., 1974.
36. Асланикашвили А.Ф. Метакартография. Основные проблемы. Тбилиси, 1974.
37. Балдина Е.А. Географо-картографическое обоснование геоинформационных систем //К.А. Салишев и географическая картография (к 90-летию со дня рождения). М.: Моск. Центр. РГО, 1995.
38. Банки географических данных для тематического картографирования. М., 1987 (Под ред. К.А. Салишева, С.Н. Сербентюка).
39. Баранский Н. Преображенский А.М. Экономическая география. М., 1962.
40. Берлянт А.М. Геоизображение и геоиконика. М., 1990.
41. Берлянт А.М. Геоизображения и их свойства //Изв. ВГО. 1987. вып. 5.
42. Берлянт А.М. Геоиконика. М., 1996.
43. Берлянт А.М. Геоинформатика: наука, технология. Учебная дисциплина//Вестн. Моск. ун-та. Геогр. 1992. №2.
44. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование //Картография и Геоинформатика. М.: ВИНТИ, 1991.
45. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование М., 1997.
46. Берлянт А.М. Геоинформационное образование в России //Геодезия и Картография. 1996, №10.
47. Берлянт А.М. Интеграция картографического и аэрокосмического методов //География и Природные ресурсы. 1985. №4.

48. Берлянт А.М. Карта – второй язык географии (Очерки картографии). Книга для учителя М.: Просвещение, 1985.
49. Берлянт А.М. Картография и геоинформатика //Итоги науки и техники, картографии, М., 1991, т. 11.
50. Берлянт А.М. Картография и телекоммуникация (Аналитический обзор), М., 1998, 76 с.
51. Берлянт А.М. Новые теоретико-методологические проблемы географической картографии //Вестн. Моск. ун-та, серия 5, География 6/1989.
52. Берлянт А.М. Образ пространства: Карта и информация. М., 1986.
53. Берлянт А.М. Предисловие, картография и геоинформатика – перспективы интеграции //Итоги науки и техники. Картография, том. 14, М., 1991.
54. Берлянт А.М., Аляутдинов А.Р. Мусин О.Р. Платонов А.П. Картографирование телекоммуникационных сетей России //ГИС – обозрение, 1995. Весна.
55. Берлянт А.М., Жалковский Е.А. К Концепции развития ГИС в России //ГИС – обозрение, 1996. Весна.
56. Берлянт А.М., Машаев В.О., Мусин О.Р., Аляутдинов А.Р., Калинин И.В. Создание ГИС "Черное море" – Результат Международного научного сотрудничества //ГИС – обозрение. 1997. 38–41.
57. Берлянт А.М., Мусин О.Р., Свентяк Ю.В. Геоинформационные технологии и их использование в эколого-географических исследованиях //География. М.: Изд-во МГУ, 1993.
58. Берлянт А.М., Ушакова Л.Л. Динамические карты – новый вид картографических произведений. Геодезия и картография. 1993, №3.
59. Беручашвили Н.Л. Географические информационно – эвристические системы (ГИЭС) //Кавказ: Ландшафты, модели, эксперименты. М., 1994, стр. 119-140.
60. Беручашвили Н.Л. Геоинформационная система Марткопского стационара //Четыре измерения ландшафта. М.: Мысль, 1986. стр. 163-167.
61. Беручашвили Н.Л. ГИС MapInfo в географической информационно-эвристической системе ландшафтов Кавказа; //Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. М., 1994, стр. 141–157.

62. Беручашвили Н.Л. Некоторые теоретические проблемы картографии // Изв. ВГО. 1987. №1.
63. Беручашвили Н.Л. Об исследованиях по этологии ландшафта и создания геоинформационных систем // Вестн. МГУ, сер. Геогр., 1979.
64. Беручашвили Н.Л., Общая модель ландшафтов Кавказа (ОМК). Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. М., 1994, стр. 125-139.
65. Беручашвили Н.Л. Персональные компьютеры в географии. Тбилиси, 1992.
66. Беручашвили Н.Л. Персональные ЭВМ в картографии // Вестн. МГУ, сер. 5, география. 1988, №4.
67. Беручашвили Н.Л. Применение персональных компьютеров при решении некоторых задач геофизики ландшафтов // Геофизика ландшафта. М.: Высшая школа, 1990, стр. 254-277.
68. Беручашвили Н.Л. Роль банка данных в мониторинге геосистем // Этология ландшафта и картографирование состояний природной среды. Тбилиси, 1989, стр. 175-182.
69. Беручашвили Н.Л., Жучкова В.К. Компьютерная обработка данных, составление географических банков данных, геоинформационных систем // Методы комплексных физико-географических исследований. М., 1997, стр. 268-274.
70. Беручашвили Н.Л., Кехвишвили А.Г. Экспертные системы в географических исследованиях // Изв. ВГО, вып.1, 1989.
71. Бирюков Б.В., Тростников В.М. Жар холодных чисел и пафос бесстрастной логики. Формализация мышления от античных времен до эпохи кибернетики. М., 1977.
72. Бобровский С. Досье искусственного интеллекта.
73. Боумен У. Графическое представление информации М., 1971.
74. Бочаров М.К. Основы теории проектирования систем картографических знаков. М., 1966.
75. Бугаевский Ю.Л. Картографические проекции для анаморфированных карт // Перспективные направления развития картографии. М., 1989.
76. Василевский Л.И. Анаморфированные карты переменного масштаба и их применение в экономической картографии // Новое в тематике содержания и методах составления экономических карт. М., 1970.

77. Васмут А.С. Искусственный интеллект в картографии. Состояние и перспективы развития геодезии и картографии. М., 1986.
78. Васмут А.С. Бугаевский Л.М., Портнов А.М. Автомат и математические методы в картостановлении. М., 1991.
79. Востокова А.В. Оформление карт. М., 1985.
80. Гарелик Н.С. Географические информационные системы и дистанционное зондирование // Итоги науки и техники, серия "Исследование Земли из Космоса". М.: ВИНТИ, 1989.
81. Гармиз Н.В., Кошкарев А.В., Межеловский Н.В., Рамм Н.В. Геоинформационная технология: принципы, международный опыт, перспективы развития // обз. инф. общ. и регион. гео. картир ВНИИ экон. минер. сырья и георазв. работ. 1989.
82. Гармиз Н.В., Кошкарев А.В., Тикунов В.С., Трофимов А.М. Теоретические и методологические аспекты развития географических информационных систем // География и природные ресурсы, 19991, №1.
83. Геоинформатика. Сборник статей. ГИС-ежегодник. вып. 2, 1995.
84. Геоинтерфейс. Бюллетень семинара по геоинформатике и автоматизированной картографии. М.: МФГО. 1989, вып. 1, 1990, вып. 3.
85. ГИС для устойчивого развития окружающей среды. Интеркарто 3. Новосибирск. Россия, 1997.
86. Горбачев В.Г. Какая ГИС нужна городу? ГИС Ассоциация. Информационный бюллетень №2(4) М., 1996, стр. 33-34.
87. Горшензон В.Е., Тараканова О.Н. "Ресурс-О" сканирует землю. Место Российской космической программы в оперативном мониторинге поверхности земли // ГИС – обозрение. 1997, стр. 29-30, 48.
88. ГОСТ Р 50828-95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. М., 1995.
89. Гохман В., Андриянов В. Что такое ГИС. ArcReview. 1998. N4 (7).
90. Гохман В., Калмыков Д. Выбор подходящей ГИС. ArcReview. N 1(8), 1999. стр. 2-3.
91. Гохман В., Меклер. Теория информации и тематическое картографирование. Теоретическая география. М., 1971, с. 172-183.
92. GPS – Введение в новое достояние цивилизации.
93. Давидчук В.С., Лининг В.Г. Ландшафтный блок геоинформационной системы // Вестн. Моск. ун-та, серия 5, география 6/1989, стр. 25.

94. Давидчук В.С., Линих В.Г., Чепурко Н.Д. Организация геоинформационных систем для моделирования антропогенных нарушений природной среды крупных регионов // Глобальные проблемы современности: региональные аспекты. М.: ВНИИСИ, 1988, вып.5.
95. Данджермон Д. ГИС в следующем тысячелетии. "ArcReview". Современные геоинформационные технологии. М., 2000, N2 (13), с. 1.
96. Демерс М.Н. Геоинформационные системы. Основы. М., 1999.
97. Джордан Л. На пороге новой эры: интеграция ГИС и дистанционного изображения. ArcReview, 1997, №18.
98. Дименштейн Р.П., Яковлев А.Г. Информатика или компьютерное дело? Компьютер, вып.1. М.: Финансы и статистика, 1990, стр.13.
99. Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Современные методы географических исследований. Просвещение, 1999.
100. Жекулин В.С. Введение в географию. Л., 1989.
101. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-географическое моделирование в географии. М., 1980.
102. Журавлев В., Кочергин Д. TNTships – система обработки карт и изображения.
103. Заблочкин В.Р. GPS на комбайне. Высокие технологии в новой концепции земледелия // ГИС – обозрение. 1997. с. 35.
104. Зайцев В. Блоковая триангуляция и получение ортофото в новом модуле Imagine OrthoBASE. ArcReview. N 4(11), 1999. стр. 11-12.
105. Заруцкая И.П., Красильникова Н.В. Проектирование и составление карт природы. М.: МГУ, 1989. 296 с.
106. Иконика. М., 1968.
107. Информатика. Под редакцией С.В. Симоновича. Санкт-Петербург, 2001.
108. Информатика. Базовый курс. Учебник для вузов. Под редакцией С.В. Симоновича. Санкт-Петербург-Москва-Харьков-Минск, 2002.
109. Информатика в жизни в США. Журнал.
110. Информационные системы в науке – 95. Под ред. Дуравлева Ю.И. и Ф. М.: Фазис, 1995, 121 с.
111. Искусственный интеллект. В 3 книгах, кн. 1 – Системы общения и экспертные системы: Справочник, под ред. Попова. М., 1990.

112. История создания Российской ГИС или вчера, сегодня и завтра фирмы ТРИСОФТ // ГИС – обозрение 1'97. с. 18-19.
113. Капралов Е.Г., Коновалова Н.В. Введение в ГИС 1997. Сборник материалов конференции "МГИС' 96", 1997.
114. Картография на рубеже тысячелетий. Доклады 1-й Всероссийской научной конференции по картографии. (М., 7-10 октября, 1972 г.)
115. Картография цифровая. Термины и определения. ГОСТ 28441-90. М., 1990.
116. Катыс Г.П. Обработка визуальной информации. М., 1990.
117. Кибернетика и логика. М., 1978.
118. Киенко Ю.П. Введение в космическое природопользование и картографирование.
119. Кожарский Л.А. Экспертные системы – интеллектуальное ядро ЭВМ пятого поколения.
120. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмическое зондирование и картография. Снимок и карта // Вестн. Моск. ун-та, сер. 5., геогр. 1988, №6.
121. Колинз. Большой толковый словарь компьютерных терминов. Синклер. Перевод, 1999.
122. Комьютеры в Европе. Прошлое, настоящее и будущее. В кн.: Труды международного симпозиума по истории создания первых ЭВМ и вкладу европейцев в развитие компьютерных технологий. Киев. 5-9 октября, 1998.
123. Королев Ю.К. Общая геоинформатика, часть I "Теоретическая геоинформатика". Выпуск 1, М., 1998.
124. Королев Ю. На недостижимой высоте. ArgReview. 1999. N1'8.
125. Королев Ю.К., Баранов Ю.Б. Методы обработки данных дистанционного зондирования // ГИС – ассоциация. ИНФ. Бюл. № 2(4). М., 1996, стр. 51-55.
126. Кошкарев А.В.; Картография и геоинформатика: пути развития. Изв. АН СССР, сер. геогр. 1990, N1.
127. Кошкарев А.В. Программы, проекты и базы и банки данных географических и картографических автоматизированных информационных систем // Итоги науки и техники, сер. Картография. М.: ВИНТИ, 1981.
128. Кошкарев А.В., Каракин В.П. Региональные геоинформационные системы. М.: Наука, 1987.

129. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика, М.: 1993.
130. Кравченко Ю.А. О содержании проекта стандарта "Мета-данные электронных карт". ГИС Ассоциация, Информационный бюллетень. М., 1999. 1, N1 (18), с. 22-23.
131. Лебедева Н. ArcView 3.0 GIS – гигантский. ArcReview №1, 1997, стр. 4.
132. Леонтьев В.П. Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2002. М., 2002.
133. Лидер на рынке геоинформационных систем. MapInfo. Esri, 2001.
134. Линник. Построение геоинформационных систем в физической географии. М.: Изд-во МГУ, 1990.
135. Липаев В.В. Надежность программных средств. М., 1998. 232 с.
136. Лурье И.К. Геоинформатика. Учебные геоинформационные системы. М.: МГУ, 1997, 115 с.
137. Лютый А.А., Казанцев Н.И., Платэ А.И., Суворов А.К. Проектирование систем знаков тематических карт. М., 1996, 289 с.
138. Магвайер Д. ARC/INFO Версия 8: Объективно-компонентная ГИС. ArcReview. 1999. N 3 (10).
139. Майкл Н. Демерс. Географические информационные системы. Основы. М., 1999.
140. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. Киев, 1995.
141. Материалы конференции "Методы дистанционного зондирования и ГИС".
142. Матэр П.М. Компьютеры в географии. М., 1981.
143. Мельников В.В. Защита информации в компьютерных системах. М., 1997, 368 с.
144. Микеладзе Г., Ткабладзе Д. Использование ГИС и ДЗ в земельном кадастре Грузии. ArcReview. N 2(25), 2003.
145. Микулич Л.И. Проблемы создания экспертных систем Теория и модели знаний. №714. Тарту, 1985.
146. Миллер С.А. Проблемы развития российского рынка ГИС-технологий и ГИС-ассоциация // Информационный бюллетень. №2(4). 1996, стр.6-7, 74.
147. Мировой опыт становления кадастра. Общее понятие кадастра. ГИС-технология и ГИС-Ассоциация. Информационный бюллетень. N 2(4), 1996, стр. 25-26.

148. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Информатика — новое название теории научной информации. В сб.: Научно-техническая информация. 1966, N12, с.35-39.
149. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. М., 1968.
150. Молодникова И.Н., Петров П.В., Сербенюк С.Н. Автоматизированное математико-картографическое моделирование взаимосвязанного развития городского и сельского расселения центрального экономического района // Вестн. Моск. ун-та, сер.5, геогр. 3/ 1989.
151. Моррисон Дж. Л. Картография нового тысячелетия // Геодезия и картография. 1996, №8. 45-48.
152. Назаров В.Н. Методы и изобразительные средства в картографии, М., 1962.
153. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. Пер. с английского Н.Н. Слепова. М.: Энергоагамизда, т. 1991.
154. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. М., 1985.
155. Организация географической информации и тематическая картография. Под. ред. А.В. Кошкарева, В.П. Каракина. Владивосток, 1987.
156. Основы ГИС. Теория и практика. Wingis. Руководство пользователя, М., 1995.
157. Основы информатики и вычислительной техники, часть II, под ред. А.П. Ершова и В.М. Монахова, М., 1987, 143 с.
158. Основы информатики и вычислительной техники, часть II, под ред. А.П. Ершова и В.М. Монахова. М., 1987.
159. Очерки истории информатики в России. Сб.сост. Д.А.Поспелов, А.Я.Фет. Новосибирск, научн.-изд. центр объедин. ин-та биологии, геофизики и минералогии. СО РАН, 1998.
160. Патнёр Sun-Roy International Consulting представляет пакет ER Mapper. Информационный бюллетень. N 2(4), 1996. стр. 20-21.
161. Патрунов Ф.Г. Электронные модели. М., 1973.
162. Персональные компьютеры. Информатика для всех. М., 1987.
163. Политика в области образования и новые информационные технологии. Нац. докл. РФ // Междунар. конг. ЮНЕСКО "Образование и информатика". М., 1996, 36 с.
164. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформальных задач в диалоге с ЭВМ. М., 1987, 295с.

- 165.Портянский И.А. Компьютерный арсенал географии. М., 1989.
- 166.Поспелов Г.С., Поспелов Д.А. Искусственный интеллект – прикладные системы. М., 1985.
- 167.Построение экспертных систем. М., 1987 (ред. Хейса Роса).
- 168.Птичников. Заметка об отечественном рынке средств обработки данных дистанционного зондирования // ГИС-обозрение. 1997, стр. 24-25.
- 169.Программные средства ГИС в среде MS Windows // ГИС – обозрение. 1997. стр. 20-23.
- 170.Проект геоинформационной системы крупного региона // ГИС-обозрение. 1997. стр. 167-171.
- 171.Пытгев Ю. П., Чуличков А.И. ЭВМ анализирует форму изображения М., 1988.
- 172.Радионова И.А. Всегда ли на карте Африка больше Европы? // География в школе. 1.93, стр. 6-8, 27-28.
- 173.Ратайский Л. Развернутая концепция картологии. Картография. вып.1, М., 1983, с.17-33.
- 174.Реальности и прогнозы искусственного интеллекта. М., 1987.
- 175.Рене ван дер Сханс. "Различие и сходство ГИС и CAD"// ГИС-обозрение, Осень – зима, 1996.
- 176.Рогачев А.В. О разработке отраслевых стандартов Роскартографии в области цифровой картографии // ГИС Ассоциация. N1(18), 1999.
- 177.Родионов Б.Н. Иконика. Космическая иконика. М., 1973.
- 178.Салищев К.А. Предмет и метод картографии: Некоторые современные взгляды. Вестн. Моск. ун-та, сер.5, География. 1970, №2.
- 179.Салищев К.А. Итоги науки и техники. Картография, т. X. М., 1982.
- 180.Салищев К.А. Иден и теоретические проблемы картографии 80-годов // Итоги науки и техники. Картография. М.: ВИНТИ, 1992, т. 10.
- 181.Салищев К. Картоведение. М., 1982.
- 182.Салищев К.А. Национальные атласы. История, анализ, пути совершенствования и унификации. М.: СГУ, 1960, 149 с.
- 183.Салищев К.А., Гедиман А.В. Картография. М., 1955.
- 184.Светоличный А.А., Андерсоки В.Н., Плотницкий С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. Под ред. Г.И. Швевса. Одесса, 1997. 196 с.

185. Сербенюк С.Н. Картография и геоинформатика, их взаимодействие. М.: МГУ, 1990.
186. Сербенюк С.Н. Концепция системного моделирования и автоматизации в географической картографии // Вестн. Моск. ун-та. серия 5, География. 4/1988. М. стр.15-24.
187. Симонов А.В. Агроэкологическая картография. Кишинев, изд-во "Штиинца". 1991. с.127.
188. Слесаренко А.В. Оценка точности сканирования планшетов. ГИС Ассоциация. Информационный бюллетень, М. N1(18). 1999.
189. Смит К. Проект создания коммерческой модели ЭВМ пятого поколения в Великобритании, "Электроника", т. 58, №14, 1985, стр. 68.
190. Современные методы ведения сельского хозяйства. ArcReview. N 4 (11), 1999.
191. Тайц А.М., Тайц А.А. Самоучитель Adobe Photoshop 6. Дюссельдорф-Киев-Москва-Санкт-Петербург, 2001,
192. Тематическое системное картографирование и использование автоматики и дистанционных методов. М., 1986.
193. Тикунов В.С. Анаморфированные картографические изображения: История и способы создания // Вестн. Моск. ун-та. серия география вып. 6. М., 1986.
194. Тикунов В.С. Географические информационные системы: сущность, структура, перспективы // Итоги науки и техники картография, т. 144. М., 1991.
195. Тикунов В.С. Исследование по искусственному интеллекту и экспертных систем в географии. Вестн. МГУ, серия 5, География. 6. 1989.
196. Тикунов В.С. Классификация в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). М., Смоленск, 1997, 367 с.
197. Тикунов В.С. Классификация и картографирование нечетных географических систем. Вест. Моск. ун-та. сер.5, География, 1989, №3.
198. Тимофеева О.А. Технология создания цифровых топографических планов масштабов 1:500-1:5000 в среде MapInfo.
199. Тихонова Н. Данные дистанционного зондирования Земли сегодня. ArcReview. N 4(11), 1999.
200. Трофимов О.А. Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей средой. Казань, 1984.

201. Трофимов А.М., Панасюк М.В. Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей средой. Казань, 1984. 142 с.
202. Уинс Тон П. Искусственный интеллект. М., 1980.
203. Универсальные 3-Д пакеты. Интернет-версия.
204. Ушаков А. Гис-технологии от мировых лидеров. ArcReview. N 1, 1999. стр. 1-2.
205. Ушакова Л.Я. Динамическое картографирование и картометрический анализ поля поверхностного слоя северо-западной части Тихого океана // Геоинформатическая картография М., Мц. РГО, 1993.
206. Филинов Е. К 90-летию корпорации IBM. PC Week/RE N40, 2001, стр.31.
207. Форсайт Р. Экспертные системы. Принципы работы и примеры. М., 1987, 224 с
208. Хаксхольд В. Введение в городские геоинформационные системы. 1997.
209. Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов И.Д. Цифровые карты. М., 1992.
210. Хант Э. Искусственный интеллект. М., 1978.
211. Хейс-Рой Ф., Уотерман Д., Ленат Д. Построение экспертных систем. М., 1987, 441 с.
212. Хошенко Л.Г. Проблемы информатизации общества: первые достижения и просчеты (к 40-летию создания МЭСМ). УСИМ, 1991, N 3.
213. Храмов Ю. Средства создания экспертных систем. Компьютер. 1 (4). М., 1991.
214. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М., 1988.
215. Чернышов Ю. Нечёткие компьютеры. Компьютер, М., 3, 1990. с. 13-15.
216. Шайтура С.В. Геоинформационные системы и методы их создания. Калуга, 1997.
217. Шедова Е., Сорокина А. Новости Internet для пользователей ГИС // ГИС – Ассоциация ИНФ. бюлл. №2(4). М., 1996, стр.35.
218. Экспертные системы. Принципы работы и примеры. М., 1987.
219. Элти Д. Кульбс М. Экспертные системы – концепция и примеры. М., 1987, 191с.

- 220.Эндрю А. Искусственный интеллект. М., 1985.
- 221.Якушев Е.В. Возможности телекоммуникаций в России. М., 1995, 68 с.
- 222.Aangeenbrug R. A critique of GIS. Longley P., Goodchild M., Maguire M. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Application. 1999, 2-volume set.
- 223.Aangeenbrug R. The future of Geographic Information Systems // Computer Graphics News 2(2):4. 1982.
- 224.Abler R. The National Science Center for Geographic Information and Analysis. // International Journal of Geographical Information Systems, 1987, v. 1, N4, pp. 302-306.
- 225.Alberr R., Adams J., Gould P. Spatial Organization: the Geographer's View of the World. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. New Jerse, 1971.
- 226.Arial Mapping. Methods and Applications. 1997. Edgar Falkner. 352 pp.
- 227.Anseliu L. What is Special About Spatial Data? Alternative Perspectives on Spatial Data Analysis. NCGIA. Technical Paper 89-4, pp. 20, 1989.
- 228.Archibald P. GIS and Remote Sensing Data Integration. Geocarto International. 1987, 3:67-73.
- 229.ArcInfo версии 8 – ждать осталось недолго. ArcReview, N4(11), 1999, стр. 13-14.
- 230.ARC/INFO версия 8. объектно-компонентная ПК (По статье Д.ДЖ. Магвайера. ArcReview. N 3(10), 1999.
- 231.Armenakis C. Electronic Mapping of Time Depended Data. ASPRS /ACSM /RT 92 Conf. "Map and Monit. Global.
- 232.Aronoff S. Geographic Information Systems: A Management Perspective. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.
- 233.Asrar G. (ed.). Theory and Applications of Optical Remote Sensing. Wiley, New York, 1989.
- 234.Augarten St. An Illustrated History of Computers. Ticknor and Fields. New York, 1984.
- 235.Aybet J. Integrated mapping systems – data conversion and integration. Mapping Awareness. 1990, 4(6), p. 18-23.
- 236.Bernbardser T. Geographical Information Systems. An Introduction. 1999, 700 p.

237. **Bernstan G.B.** A fifteen-year forecast of information processing technology. Final report Washington Supply Systems Command Jan, 1969.
238. **Berry J.** Beyond Mapping. Concepts, Algorithms and Issues in GIS, 1997, 246 pp.
239. **Berry J.** Fundamental Operations in Computer-Assisted Map Analysis. International Journal of Geographical Information Systems, 1987, v. 1. pp. 119-136.
240. **Berry J.** Spatial Reasoning for Effective GIS, 1997, 224 p.
241. **Berry J., Marble D.** Spatial Analysis a Reader in Statistical Geography. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey, 1968.
242. **Berry J. and Tomlin D.** Geographic Information Analysis Workshop. New Haven, CT: Yale School of Forestry, 1984.
243. **Boote S. and Darwall G.** GIS in Environmental Research. Mapping Awareness, 6(1), 1992.
244. **Boyce J. et. al.** Inside Windows 95, 1997, 1013 pp.
245. **Brandon P.** GIS Online: Information Retrieval, Mapping and the Internet. 1997, 400 p.
246. **Burrough P.** Geographical Information Systems for Natural Resources Assessment. New York: Oxford University Press, 1983.
247. **Burrough P.** Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment. Clarendon Press, Oxford, 1986.
248. **Burrough P., Donell R.** Principles of Geographical Information Systems. 2/e. 1988, 336 p.
249. **Camplebell J.** Introduction to Remote Sensing, 1997, 622 p.
250. **Carter J.** Defining Cartography as a Profession. ACSM Bulletin. August, 23-6, 1987.
251. **Cartner C.** The study of Urban Geography, 4-th ed., 1997, 464 p.
252. **Cartographic Design.** Theoretical and Practical Perspective. Edited by Clifford H. Wood and C. Peter Keller, John Wiley & Sons, 1996, 306 p.
253. **Castrell A.** Distance and Space: A Geographical Perspective. Oxford University Press, Oxford, 1983.
254. **Chrisman N.** Explorine Geographic Information. New York: John Wiloey & Sons, 1996.
255. **Clark J.** Time-Distance Transformations of Networks. Geographical Analysis. 9:195-205, 1977.

256. **Clarke K.C.** Analytical and Computer Cartography. Englewood Cliffs, NY: Prentice-Hall, New Jersey 1990.
257. **Clarke K.C.** Geographic Information Systems. Definitions and Prospects. Bull. Geogr. and Map Div. Spec. Libr. Assoc. 1985, N142, pp.12-17.
258. **Clarke K.C.** Getting Started with Geographic Information Systems. 2/e, 1988, 368 p.
259. **Cliff A., Ord J.** Spatial Processes: Models and Applications. Pion, London, 1981.
260. **Coppock J., Rhind D.** The History of GIS. pp.21-41.
261. **Cowen D.J.** GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? // Photo-grammetric Engineering and Remote Sensing 54: 1551-5, 1988.
262. **Dandermond J., Smith K.** Geographic Information Systems and Revolution in Cartography: the nature of the role played by a commercial organization. The American Cartographer 15(3), 1988.
263. **Date C.** Introduction to Database Systems. vol.II. Reading, MA: Addison-Wesley, 1985.
264. **Davis F. and Simonett D.** GIS and Remote Sensing. Longley P., Goodchild M., Maguire M. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Application. 1999. 2-volume set . pp.119-132.
265. **Davis F., Quatrochi D.** Environmental Analysis Integrated GIS and Remote Sensing Data: some research needs and properties Photogramm. Eng. and Remote Sens. 1991, v57, N6.
266. **Degani A.** Methodological Observation on the state of Geocartographic analisis in the context of automated spatial information systems. Map Data Process. Proc. NATO Adv. Study Inst. Maratea, June 18-29, 1979, Acad. Press. 1980, pp.207-220.
267. **Demers M.** Fundamentals of Geographical Information Systems. 2/e, 512 p.
268. **Diello J., Kirk K., Callender J.** The Development of an Automatic Cartographic System. Cartographic Journal 6(1), 1968, 1969.
269. **Donell R.Mc., Kemp K.** International GIS Dictionary. 1995.
270. **Dueker K.** Land Resource Information systems: ArcView of Fifteen Years Experience. Geo-Processing, 1979.
271. **Eastman R.** IDRISI: a Grid-Based Geographic Analysis System. Graduate School of Geography Clark University. Massachusetts, 1988.

272. **Ebadom D.** Statistics in Geography: Practical Approach. 2-nd ed. Basil Blackwell, Oxford, 1985.
273. **Ehlers M., Edwards G., Bedard J.** Integration of Remote Sensing with Geographic Information Systems: a necessary evolution. Photogrammetric Engineering and Remote sensing. 55: 1619-27.
274. **ERDAS IMAGINE в военных приложениях ArcReview.** N 4(11), 1999. стр. 15.
275. **ESRI, IBM and THE** develop interactive link between ARC/INFO and IBM AS/400 Parcel Management System // Arc News Winter: 30, 1990.
276. **Foody G. and Curran P.** Environmental Remote Sensing from Regional to Global Scales, 1997, 250 p.
277. **Francesse F.** Marketing Know-How. Your Guide to the Best Marketing Tools and Sources, 1997, 337 p.
278. **Freeman H.** Computer Processing of Line – Drawing Images. Computing Surveys, 6:57-97.
279. **Fundamentals of Geographic Information Systems: A compendium.** W.Ripple. ed. Falls Church, VA: ASPRS/ACSM, pp. 3-7.
280. **Gaits G.** Thematic mapping by computer. Cartographic Journal: 6, 1969.
281. **Gareth Sh. and Dennis W.** Statistical Techniques in Geographical Analysis. Second Edition, 1997, 288 pp.
282. **Gatrell A.** Concepts of Space and Geographical Data // **Longley P., M., Goodchild M., Maguire M.** Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Application. 1999. 2-volume set. pp.119-132.
283. **GeoDraw/Geograph.** Информационный бюллетень для пользователей и разработчиков приложений. Вып. 4, Лето, 1996.
284. **Geographic Information Systems and Cartographic Modelling.** C.Dana Tomlin, 1997, 249 p.
285. **George B., Korte P.E.** The GIS Book. Understanding the value and Implementation of Geographic Information Systems. Fourth ed., 1997, 350 p.
286. **Getting to Know Arcview GIS.** 3/e, 1999.
287. **Getting to Know Desktop GIS.** 1995. pp. 120.
288. **Gilbert H., Castle I.** Profiting from a Geographic Information System, 1997, 414 p.

289. GIS: A computing Perspective, 1997. Michael F. Worboys, 390 p.
290. GIS awareness package in agricultural Research. ArcReview. N1. 1997.
291. Goodchild M., Parks B. and Steyaert L. GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues, 1997, 488 p.
292. Grimshaw D. Bringing Geographical Information Systems Into Business, 1997, 289 p.
293. Green D. GIS a Sourcebook for schools. 2000, 192 p.
294. Haines-Young R., Green D. and Cousis S. Landscape Ecology and GIS, 1997, 299 p.
295. Hanson S. The Geography of Urban Transportation, 1997, 478 p.
296. Hastings D.A. Geographic Information Systems: A Tool for Geoscience Analysis and Interpretation. 1992.
297. Hastings D.A. The GIS-GRASS mini-HOWTO. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration. National Geophysical Data Center. 1997.
298. Healey P. Database Management Systems. Geographical Information Systems: Principles and application, 1991.
299. Healey P., Cameron S., Davoudi S., Graham S. and Madahi-Pour A. Managing Cities. The New Urban Context, 1997, 322 p.
300. Herring J. TIGRIS: Topologically Integrated Geographic Information System. In Proceedings of AUTOCARTO 8. Falls Church, VA: ASPRS, 1987, pp. 282-291.
301. Heywood I., Cornelius S., Cartner S. An Introduction to Geographic Information Systems. 1998, 296 p.
302. Holder Th. Cartographic Design ArcView GIS and ARC/INFO: Making Better Maps. On World Press, 1997, 450 p.
303. How Maps Work. Alan M. MacEachren, 1997, 2-nd ed., 527 p.
304. Hunter G. and Williamson I. The Development of a Historical Digital Cadastral Database // International journal of Geographical information Systems, 1990, 4(2): 169-179.
305. Information Systems Compatibility. ed. S.H. Newman. New York, Spartan Books, 1965.
306. Jampler S. Mc, Dn. GIS in Practice, 1999, 448 p.
307. Jobston C. Geographic Information Systems in Ecology, 1997, 214 p.
308. Jones. Geographical Information systems and Computer cartography, 1997, 336 p.
309. Langeforce B. Theoretical Analysis of Information Systems. lund, 1966.

310. Lee T.A.N. Computer pioneers. IEEE computer Society Press, 1994.
311. Li Z. An algorithm for compressing digital contour data // The Cartographic Journal 25:143:-6, 1988.
312. Lillesand T.M., Liefer R.W. Remote Sensing and Image Interpretation. N.Y., John Willey and Sons, 1987, 722 p.
313. Lillesand Th. and Kilfer R. Remote Sensing and Image Interpretation, 1997, 766 p.
314. Longley P. and Batty. M. Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment, 1997, 352 p.
315. Longley P. and Clarke G. GIS for Business and Service Planning, 1997, 336 p.
316. Longley P., Goodchild., Maguire M., Rhind Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, 1999. 2-volume set.
317. Lowe Y. and Moryadas C. The Geography of Movement. Boston: Houghton Mifflin.
318. MacDonald C.L., Crain I.K. Applied Computer Graphics in Geographic Information System: Problems and Successes. Computer Graphics and Applications, 1985, vol.5, N10, pp.34-39.
319. Maguire D. An Overview and Definition of GIS. Center for Geographic Information and Analysis: some comparisons with the Regional Research Laboratories, 1991.
320. Maguire D. An overview and definition of GIS // Longley P., Goodchild M., Maguire D. Geographical information systems: principles, techniques, management and applications. 1999, pp. 9-20.
321. Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991.
322. Marain S., Baros Sh. Raster imagery in Geographic Information systems. 1996, 600 p.
323. Mather P.. Computer Applications in Geography, 1997, 704.
324. McCloy K. Resource Management Information systems. Process and Practice, 1997, 430 p.
325. Michael Heit, H.Dennison Parker and Art Shortreid. GIS Applications in nature Resources 2, 1997, 555 p.
326. Michener W., Brunt J. and Stafford S. Environmental Information Management and Analysis. Ecosystem to Global Scales, 1997, 571 p.

327. **Mitchel A.** Zeroing in: Geographic Information Systems at work in the Community. ESRI, 1997, 114 p.
328. **Modern mapping techniques.** United Nations Inter-Regional Seminar. Honefoss, Norway, 1989.
329. **Monmonier M.** Drawing the line: Tales of Maps and Cartocontrovery, 1997, 380 p.
330. **Monmonier M.** How it Lie with Maps, 1997, 220 p.
331. **Montgomery G. and Schruch H..** GIS Data Conversion Handbook, 1997, 319 p.
332. **Morain S. and Baros Sh.** Raster Imagery in Geographic Information Systems, 1997, 495 p.
333. **Moreau R.** The Computer Comes of Age. MIT Press, Cambridge, MA, 1981.
334. **Morehouse S.** The Architecture of ARC/INFO. In Proceedings of AUTOCARTO 9. Falls Church, VA:ASPRS, 1989, pp. 266-277.
335. **Muehrcke P. and Muehrcke I.** Map Use: Reading, Analysis, Interpretation. Madison, WI: Y.P.Publications, 1992.
336. **Muller J.C.** Generalization of spatial database // Longley P., Goodchild M., Maguire D. Geographical information systems: principles, techniques, management and applications, 1999.
337. **NERC.** Geographic Information in the Environmental Sciences: Report of the Working Groon Geographic Information. NERC, Swidow, 1988.
338. **Nyerges T. and Jankowski P.** A knowledge Base for Map Projection Selection. American Cartographer, 1989.
339. **Palfreman J. and Swade D.** The Dream Machine: Exploring the Computer Age. BBC Books, London, 1991.
340. **Parker H.** The GIS sourcebook. GIS world Inc., Fort Collins Colorado, 1989.
341. **Perkal J.** An attempt at objective generalization. Michigan Inter-University Community of Mathematical Geographers Discussion Paper 9, 1965.
342. **Peucker T.K.** A theory of the cartographic line. Proceedings of AUTOCARTO 2. ASPRS, Falls Church, 1975.
343. **Pickles J.** Ground Truth. The Social Imlications of Geographic Information Systems. 1997, 248 p.
344. **Quattrocchi D. and Goodchild M.** Scale in Remote Sensing and GIS. 1997, 394 p.

345. **Reisinger T.W., Davis C.J.** A Map-based Decision support System for operational Planning of Timber harvests. Winter Meet. amer. Soc. Arg. Eng., Ayatt Regency, chicago, December 17-20, 1985. Paper N1604. St.Joseph: ASAE, 1985, 12 p.
346. **Rhichardson D.E.** Rule based generalization for base map production. Unpublished Master's Thesis. ITC Enschede, 1988.
347. **Rhind D.** A GIS Research agenda. International Journal of Geographic Information Systems, 1988.
348. **Robertson B.** How to Draw Charts and Diagrams. Cincinnati, OH: North Light. 1988.
349. **Shepherd I.D.H.** Information Integration and GIS. Maguire D., Goodchild M., Rhind D. Geographical Information Systems: Principles and applications. London, 1991.
350. **Star Y. and Estes Y.** Geographic Information Systems: An Introduction. Englewood Cliffs, NY: Prentice-Hall, 1990.
351. **Stor J. Estes J.** Geographic Information Systems: an introduction. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.
352. **Tate N., Atkinson M.** Scale Issues in Geographical Analysis and GIS. 2000, 288 p.
353. **Thapa K.** Automatic line generalization using zerocrossings. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54:511-17, 1988.
354. **Tobler W.** Automation and Cartogarpthy. Geogarpical Review. 1959, 49:526-534.
355. **Tobler W.** Choropleth Maps Withous Class Intervals. Geographical Analysis, 1973, 5:262-265.
356. **Tomlin C.** Cartographic modeling. Maguire D. and others. Geographical Information Systems: Principles and applications, Longman. London, 1991. vol.1, pp. 361-374.
357. **Tomlin C.** Geographic Information Systems and Cartogarpic Modeling. Englewood Cliffs, NY:Prentice-Hall, 1990, New Jersey.
358. **Tomlin C. and Berry Y.** A mathematical Structure for Cartographic Modelling in Environmental Analysis. In Proceedings of the 39th Symposium of the American Conference on Surveying and Mapping. 1978, pp. 269-283.
359. **Tomlinson R.** Geographic Information Systems: The New Frontier. The Operational geographer. U.S..News & World Report, 1995. 20 Hot JOB Tracks, 19996 Career Guide, Oct.30, pp. 98-108.

360. Understanding GIS. The ARC/INFO Method. 1997. Workstation version, PC version, 400 p.
361. Unwin D. Academic Setting of GIS. Maguire D. and others. Geographical Information Systems: Principles and applications, Longman. London, 1991, pp. 81-90, vol. 1.
362. Unwin D. Asselabus for Teaching Geographical Information Systems. Int. Y.Geogr.Inf.Syst, 1990, N4.
363. Visualization in Modern Cartography, 1997, 2-nd ed, 527 p.
364. Vitek J.D., Walsh St.J., Gregory M.S. Accuracy in Geographic Information Systems: an assessment of inherent and Operational Errors. records 9th Symp. Spat. Technol. Remote Sens. Today and Tomorrow. Sioux Falls, S.D., 2-4 Oct. 1984. Proc. silver Spring, 1984, pp. 296-302.
365. Weibel R. and Heller M. Digital terrain modeling. // Longley P., Goodchild., Maguire M. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, 1999.
366. What is Geomatics? //Federal Geomatics Bull, 1992, v. 3, N2
367. Wikle T. Maps and Geographic Information systems. National Forum, Summer. 1991, pp. 37-39.
368. Williams M.R. A History of Computing Technology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1985.
369. Wood D. The Power of Maps. 1997, 428 p.
370. Young F. The evolutionary need of the "Geomatican – Cartographer" //Cartography (Austral), 1993. v. 22, N2.
371. Zycor N.C. Manual and automated line generalization and feature displacement. report for the US Army Enginreer Topographic Laboratories Fort Belvoir, Virginia 22060 USA, unclassified material, 2 volvs, 1984.
372. Geografike informacni Systemy. Folia oriroved fak. UNEP,Brne, 1985, t. 26, N13, 196 p.
373. Hoffmeister E.D. Programmgesteuerte Gebandegeneralisierung für die Topographische Karte 1/25000. Nachrichten aus dem Karten und Vermessungswesen. 1978.
374. Staufenbiel W. Zur Automation der Generalisierung topographischer Karten mit besonderer Berücksichtigung Großmaßstabiger Gebäudedarstellungen. Unpublished Doctoral Thesis, University of Hannover, 1973.

ლექსიკონები, ტერმინოლოგიები, ენციკლოპედიები
DICTIONARIES, VOCABULARIES, ENCYCLOPEDIA

1. ბერულავა რ., ქვაჩაძე ბ., საკომპიუტერო ტერმინების განმარტებითი ლექსიკონი. მეცნიერება და ტექნიკა. 12, 1989; 1-12, 1990; 1-3, 1991.
2. ინგლისურ-ქართული ლექსიკონი გამოთვლით ტექნიკასა და მონაცემთა დამუშავებაში. თბილისი, 1984.
3. კომპიუტერული ტერმინოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი. უახლესი ტერმინები. თბილისი, 2000.
4. მართვის ავტომატიზებული სისტემების ტერმინოლოგია. თბილისი, 1977.
5. Англо-русский словарь по вычислительной технике. М., 1964.
6. Англо-русский толковый словарь по вычислительной технике, интернету и программированию. М., 2002.
7. Вычислительная техника. Терминология. М., 1966.
8. Колинз. Большой словарь терминов. 1999.
9. Пройдаков Э.В., Теплицкий Л.А. Англо-русский словарь по вычислительной технике, интернету и программированию. М., 2002.
10. Русско-англо-французский терминологический словарь по информационной теории и практике. М., 1968.
11. Словарь иностранных слов. Под ред. И.В.Лехина и проф. Ф.Н. Петрова. М., 1955.
12. Терминологический словарь по информатике. М., 1975.
13. Элементы технической кибернетики. Терминология, вып. 77. М., 1968,
14. Dictionary of Computing. Third Edition. S.M.H.Collin. Peter Collin Publishing, 1998.
15. Donell R.Mc. and Kemp k. International GIS Dictionary, 1997, pp. 111.
16. Encyclopedia of Computer Science and Engineering. 2nd ed. editor Anthony Ralson, associate editor Edwin D.Reilly Jr., Van Nostrand Reinhold, New York, 1983.

17. **Glossary in Remote Sensing.** გეოგრაფიკი. გეოინფორმაციული სისტემებისა და დისტანციური ზონდირების საკონსულტაციო ცენტრი. საფონდო მასალები.
18. **Glossary of the Mapping Sciences.** 1997, 581 p.
19. ICA-International Cartographic Association Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography. Francz Steper Verlag GMBH. 1973.
20. **International GIS Dictionary,** 1995, 112 p.
21. **I[nternational] F[ederation] [for] I[nformations] P[rocessing] guide to concepts and terms in data processing.** Ed. by Ian Gould. Amsterdam. London, North-Holland Public, Co, 1971.
22. **Small J. and Witherick M.** A Modern Dictionary of Geography. Third Edition. 1997, pp.265.
23. სხვადასხვა პროგრამული პაკეტის Help Menu.

ინფორმაცია გეოინფორმაციულ და ელსპერტულ
სისტემებზე ინტერნეტში
INFORMATION ABOUT GIS AND ES IN THE INTERNET

- Блинкова О. Парадная история ГИС.
- Рубцов Б.Г. Геоинформационная система MapInfo. <http://www.esti-map.ru/publikat.htm>
Геоинформационные системы и технологии. [fido7.ru.geosystem](http://fido7.ru/geosystem)
Иллюстрирование истории персональных компьютеров. <http://www.computer-museum.ru>
Искусственный интеллект. fido7.ru.ai
История вычислительной техники – база данных. <http://www.fortunecity.com/marina/reach/435/storage.html>
Иллюстрированная история персональных компьютеров на русском языке. <http://www.computer-museum.ru>
Компьютерная анимация (Релком). relcom.comp.animation
Крупнейшая в России электронная компьютерная энциклопедия. <http://www.price.ru>
Озерецковский С. К 25-летию первого микропроцессора Intel. <http://www.ritmpress.ru/it/press-cwm/41-96/list.htm>
Хроника компьютерной техники. <http://doleg2000.chart.ru/history.htm>
Эсти Мэп. Геоинформационные системы. <http://www.esti-map.ru/gis.htm>
Экспертные системы. [http://blkbox.com/~cravey\(aios\)](http://blkbox.com/~cravey(aios))
Brader M. A Chronology of Digital Computing Machines (to 1952). <http://www.best.com/~wilson/fag/chrono.html>.
- Definition of GIS. <http://cnit.pgu.serpukhov.su/WIN/opred.htm>
- Geographical Information Systems (GIS) Glossary http://www.city.grande-prairie.ab.ca/gis_dict.htm
Chronology of digital computer machines. <http://www.best.com/~wilson/fag/chrono.html>
Chronology of personal computers. <http://www.islandnet.com/~kpolsson/comphist>

- Computer history. <http://www.tcm.org/html/history/index.html>
- **Pape D. VRML.** Topographic Map Generator, on <http://evlweb.uic.edu//pape/vrml/etopo> 28 april, 1996.
- The GIS history project. <http://www.geog.buffalo.edu/ncgi/gishist/TIN.html>
 What is GIS?. <http://www.geo.ed.ac.uk/home/research/whatisgis.html>
<http://www.esri.com/library/glossary.html>
<http://www.est-map.ru/gis.htm>
http://www.city.grande-prairie.ab.ca/gis_dict.htm
<http://cnit.pgu.serpukhov.su/WIN/opred.htm>

ჟურნალები და გაზეთები კომპიუტერებზე,
ბეიონფორმაციულ და ექსპერტულ სისტემებზე

JOURNALS AND MAGAZINES IN COMPUTER
SCIENCE, GIS AND ES

- Белорусский Компьютерный журнал. <http://www.nsys.minsk.by/pcworld>
- Бюллетень ГИС-Ассоциация. Москва. <http://www.ibs.ru>
- Весь компьютерный Мир. <http://www.milparade.ru/project/vkm.html/>
- ГИС-обозрение. Москва.
- Интеркомпьютер.
- Интерфейс. Журнал по вычислительной технике и связи.
- Инфо-бизнес. <http://www.ibo.ru>
- Информатика в жизни США (გამოვიდა ერთი ნომერი).
- Информатика и образование
- Компьютер. Москва.
- Компьютер и жизнь. <http://www.comlife.ru>
- Компьютер и мы. <http://www.familypos.ru>
- Компьютер информ (Петербург). <http://www.neva.ru/compinf.html>
- Компьютер пресс. Москва – ყოველთვიური. <http://www.cpress.ru>
- Компьютерная газета (белорусия). <http://www.kv.minsk.by>
- Мой компьютер (Украина). <http://www.mycomp.com.ua>
- Мультимедия. <http://www.multimedia.ru>
- Мир ПК. [tp://www.osp.ru/pcwored](http://www.osp.ru/pcwored)
- Мир Oracle
- Полный ПК. <http://www.osp.ru/fulpc>
- Программист. <http://www.programme.ru>
- Сети и системы связи. <http://ccc.ru>
- Электронный офис (газета). <http://www.vest.msk.ru/EO/>
- ArcNews. New York.
- ArcReview (Москва, Дата+) – <http://.dataplus.ru>

-  ArcUser (ESRI). <http://www.esri.com/base/news/arcuser.html>
-  ArcView
-  Computer Graphics News
-  Computer Service. <http://www.csmagazine.com>
-  ComputerWorld. Россия. <http://www.osp.ru/cw>
-  Easy Trace
-  GeoCarto International
-  Geoinformatics
-  Geoinfo Systems
-  GEOINTER. Москва. – გამოდიოდა ერთხელ კვარტალში (ფირმა Star).
-  Geoprocessing
-  GIS EUROPE
-  Hard&Soft. <http://www.hardnsoft.ru>
-  International Journal of Geographical Information Systems
-  IDRISI
-  LAN Magazine. <http://www.osp.ru>
-  PC Week. <http://www.pcweek.ru>
-  Photogrametric Engineering and Remote Sensing
-  Publish. <http://www.osp.ru/publish>
-  ReadMe. <http://www.read-me.spb.ru>
-  Technical Paper. Santa Barbara, California.
-  WinCAT
-  WinGIS
-  World GIS (ფირმა Intergraph)

შინაარსი CONTENTS

შესავალი Introduction	3
პერსონალური კომპიუტერები გეოგრაფიაში Personal Computer In Geography	5
კომპიუტერების (ელექტროგამომთვლელი მანქანების – ემ) შექმნის ისტორია The History of Creation of Computers	6
კომპიუტერთა თაობები Computer Generation	16
კომპიუტერთა კლასიფიკაცია Classification of Computers	25

ნაწილი 1

გეოინფორმატიკა როგორც მეცნიერება

PART 1. GEOINFORMATICS AS SCIENCE

1.1. გეოინფორმატიკისა და გეომატიკის ცნებების შესახებ Definition of Geoinformatics and Geomatics	32
1.2. გეოინფორმატიკის ადგილი გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სისტემაში The Place of Geoinformatics in the System of Geographical Disciplines	38
1.3. კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის ინტეგრაცია Integration of Cartography and Geoinformatics	40
1.4. კარტოგრაფია, დისტანციური ზონდირება და გეოინფორმატიკა Cartography, Remote Sensing and Geoinformatics	45
1.5. გეოიკონიკა Geoiconics	48
1.6. კარტოგრაფიისა და გეოინფორმატიკის სამი ასპექტი Three Aspects of Cartography and Geoinformatics	50
1.7. გეოინფორმაციული კონცეფცია კარტოგრაფიის თეორიაში Geoinformational Conception in Theory of Cartography	53

1.8. გეოინფორმაციული კარტოგრაფია Geoinformatical Cartography	56
1.9. ოპერატიული კარტოგრაფია Operative Cartography	59
1.10. დინამიკური კარტოგრაფია Dynamical Cartography	60

ნაწილი 2

გეოინფორმაციული სისტემები

PART 2. GEOINFORMATION SYSTEMS

2.1. გეოინფორმაციული სისტემების განვითარების ისტორია The History of GIS	62
2.2. გეოინფორმაციული სისტემების მნიშვნელობა The Significance of GIS	69
2.3. ცნება გეოინფორმაციული სისტემების შესახებ The Definition of GIS	71
2.4. გეოინფორმაციული სისტემებისათვის ინფორმაციის მოპოვების გეოგრაფიული მიდგომა Geographical Approach of Information obtain for GIS	78
2.5. ინფორმაციული სისტემების კლასიფიკაცია Classification of Information Systems	80
2.6. გეოინფორმაციული სისტემების ტიპები Types of GIS	82
2.7. სტანდარტული გეოინფორმაციული სისტემები და გრაფიკული მონაცემების წარმოდგენის ფორმატები Standard GIS and it's Graphic Formats	83
2.8. გეოინფორმაციული სისტემების სტრუქტურა და შესრულების ალგორითმი The Structure of GIS and Fulfil Algorithm	90
2.9. მონაცემთა ბაზები და გეოინფორმაციული სისტემები Database and GIS	
2.9.1. ცნება მონაცემთა ბაზების შესახებ Definition of Database	91
2.9.2. მონაცემთა ბაზის კომპონენტები და მონაცემთა ტიპები Components of Database and Type of Data	93
2.9.3. მონაცემთა ბაზების ტიპები Types of Database	96

2.9.4. გეოინფორმაციული სისტემის მონაცემთა ბაზის მართვის მოდელები Models of Database Management of GIS	99
2.10. ინფორმაციის ინტეგრაცია გეოინფორმაციულ სისტემებში Information Integration in GIS	
2.10.1 ცნება ინფორმაციის ინტეგრაციის შესახებ Definiton of Information Integration	101
2.10.2 სივრცითი და ატრიბუტული მონაცემების ინტეგრაცია Spatial and Attributal Information integration	103
2.11. მონაცემების შეყვანა გეოინფორმაციულ სისტემებში Data Input in GIS	105
2.12. მონაცემების შენახვა და რედაქტირება გეოინფორმაციულ სისტემებში Storage and Edit Data in GIS	108
2.13. ციფრული მოდელები გეოინფორმაციულ სისტემებში Digital Models in GIS	
2.13.1. ცნება ადგილის ციფრული მოდელის შესახებ Definition of Digital Terrain Modelling	113
2.13.2. მონაცემების სტრუქტურა ციფრულ მოდელებში Data Structure in Digital Models	117
2.14. კარტოგრაფიული მოდელირება გეოინფორმაციულ სისტემებში Cartographic Modelling in GIS	119
2.15. დისტანციური ზონდირება და გეოინფორმაციული სისტემა Remote Sensing and IGIS	124
2.16. სამგანზომილებიანი გეოინფორმაციული სისტემები Three-Dimensional Geoinformation Systems	126

ნაწილი 3

კარტოგრაფია და გეოინფორმატიკა: საერთო და განმასხვავებელი ნიშნები

PART 3.CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS: COMMON AND DIFFERENT SIGNS

3.1. კომპიუტერული რუკების სახვითი საშუალებები
Graphic Means of Computer Maps

3.1.1. წერტილში ლოკალიზებული ნიშნები Point Objects	129
3.1.2. ხაზში ლოკალიზებული ნიშნები Line Objects	132
3.1.3. ფართობში ლოკალიზებული ნიშნები Region Objects	135
3.1.4. წერტილში, ხაზში და ფართობში ლოკალიზებული მაღალი დონის ობიექტები High Level Point, Line and Region Objects	137
3.1.5. გეოგამოსახულების ახალი სახეები The New Geoimages	146
3.1.6. კარტოგრაფიული ანიმაცია Cartographical Animation	149
3.2. რუკა – გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის მნიშვნელოვანი ნაწილი The Map - the Main Part of Geographic(al) Information System	152
3.3. რუკის მასშტაბი გეოინფორმაციულ სისტემებში Map Scale in GIS	153
3.4. კარტოგრაფიული პროექციები და საკოორდინატო სისტემები გეოინფორმაციულ სისტემებში Cartographic Projects and Coordinate Systems in GIS	155
3.5. კომპიუტერული რუკების გენერალიზაცია Generalization of Computer Maps	162
3.6. სივრცითი ინფორმაცია გეოინფორმაციულ სისტემებში Spatial information in GIS	
3.6.1. სივრცითი ინფორმაციის სტრუქტურა Structure of Spatial information	172
3.6.2. სივრცითი ინფორმაცია რასტრულ და ვექტორულ მოდელებში Spatial information in Raster and Vector Models	177
3.7. ანამორფული რუკები კომპიუტერის მეშვეობით Anamorphic Maps information by Personal Computer	179
3.8. ჰიპერატლასები Hyperatlases	184

3.9. რუკის ფენების ზედდება გის-ის მეშვეობით (რუკების კომბინირება) Map Layers Overlay by GIS	185
3.10. რუკის ფურცლების „მიბმა“ Combine of Map's Sheets in GIS	193
3.11. გაზომვები გეოინფორმაციული სისტემის რუკებზე Measurements on GIS Maps	195
3.12. რელიეფის გამოსახვა გეოინფორმაციულ სისტემებში Representation of Relief in GIS	201
3.13. გეოგრაფიული ობიექტების კლასიფიკაცია გეოინფორმაციულ სისტემებში Classification of Geographical Objects in GIS	206
3.14. ფერთა სისტემა კომპიუტერულ რუკებზე Colour System on the Computer Maps	212
3.15. გეოინფორმაციული სისტემების საბოლოო პროდუქტი (დიზაინი) Last product of GIS (Design)	220

ნაწილი 4

მესაპერტული სისტემები

PART 4. EXPERT SYSTEMS

4.1. ხელოვნური ინტელექტის სისტემები Artificial Intellectual Systems	228
4.2. ცნება ექსპერტული სისტემების შესახებ Definition of Expert Systems (ES)	231
4.3. ექსპერტული სისტემების სტრუქტურა და მუშაობის რეჟიმი Structure and Work Regimes of ES	235
4.4. ექსპერტული სისტემების განვითარების ისტორიიდან From the History of Development Expert Systems	237
4.5. ექსპერტული სისტემების პროგრამა-გარსები Program-covers of ES	239
4.6. ექსპერტული სისტემების კლასიფიკაცია Classification of Expert Systems	241

ნაწილი 5

სტანდარტული გეოინფორმაციული სისტემები

PART 5. STANDARD GEOINFORMATION SYSTEMS

5.1. გეოინფორმაციული სისტემა	
GIS MapInfo	245
5.2. გეოინფორმაციული სისტემა	
GIS Geograph/Geodraw	251
5.3. გეოინფორმაციული სისტემა	
GIS Microstation Geographics	253
5.4. გეოინფორმაციული სისტემა	
ArcInfo GIS.....	254
5.5. გეოინფორმაციული სისტემა	
ArcView GIS.....	258
5.6. სამგანზომილებიანი პროგრამული პროდუქტები	
Three Dimensional (3D) Program Products	259
5.7. პროგრამული პროდუქტი	
ERDAS IMAGINE	262

ნაწილი 6

სპეციალური გეოინფორმაციული და ექსპერტული სისტემები

PART 6. SPECIAL GEOINFORMATION AND EXPERT SYSTEMS

6.1. საქართველოს გეოინფორმაციული სისტემა	
GIS of Georgia	265
6.2. მარტკოვის გეოინფორმაციული სისტემა	
GIS of Martkopi	268
6.3. კავკასიის გეოინფორმაციული სისტემა	
GIS of Caucasus	271
6.4. კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის გეოინფორმაციული სისტემა	
GIS Geopolitical Atlas of Caucasus	273
6.5. გეოინფორმაციული სისტემა „შავი ზღვა“	
GIS "Black Sea"	274
6.6. გეოინფორმაციული სისტემების გამოყენება სეისმოლოგიაში	
Use of GIS in Seismology	277

6.7. ონის რაიონის ექსპერტული სისტემა Expert System of Oni District	279
6.8. ექსპერტული სისტემები მიწათმოქმედებაში Expert Systems in Land Use	281
6.9. გეოინფორმაციული სისტემები ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში GIS in Networks	283
6.10. საქართველოს მიწის საკადასტრო გეოინფორმაციული სისტემა Land Cadastre GIS of Georgia	285
მოკლე ტერმინოლოგიური დანართი Short Terminological Vocabulary	287
ლიტერატურა გეოინფორმაციულ და ექსპერტულ სისტემებზე, გეოინფორმატიკასა და კარტოგრაფიაზე Literatural sources about GIS, ES, Geoinformatics and Cartography	337
ინფორმაცია გეოინფორმაციული და ექსპერტულ სისტემებზე ინტერნეტში Information about GIS and ES in the Internet	361
ჟურნალები და გაზეთები კომპიუტერებზე, გეოინფორმაციულ და ექსპერტულ სისტემებზე Journals and Magazines in Computer Science, GIS and ES	363

გამომცემლობის რედაქტორი ე. გონჯილაშვილი

ტექნოლოგიური ფ. ბუდალაშვილი

კორექტორები: ნ. ჩახაია

ც. შოლოდინი

ქ. გაჩეჩილაძე

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ლალი კურდღელაშვილი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.04

საბეჭდი ქაღალდი 60 X 84

პირ. ნაბეჭდი თაბახი 23,25

სააღრ.-საგამომცემლო თაბახი 17,17

შეკვეთა №18 ტირაჟი 200

უახსი სასელშეკრულები

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა,

0128, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ., 14.

თბილისის უნივერსიტეტის

სარედაქციო-სადუბლიკაციო კომპიუტერული სამსახური

0128, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ., 1.

შეფასებისას გათვალისწინებულია მრავალი ფაქტორი, მათ შორის, მისამართები, სახელწოდებები, საფოსტო ინდექსები და სატელეფონო ნომრებიც კი [Лидер на рынке..., 2001].

გის-ებისათვის გეოგრაფიული ინფორმაციის მოპოვების სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. მათი შერჩევა დამოკიდებულია კვლევის მიზანსა და დეტალიზაციის ხარისხზე. ნებისმიერი გეოინფორმაციული სისტემა ემსახურება კონკრეტულ ამოცანას და სწორედ ამ ამოცანის შესაბამისად უნდა იქნეს შერჩეული ინფორმაციის მოპოვების მეთოდიც.

ფიზიკურ-გეოგრაფიული კვლევისას უმჯობესია კარტოგრაფიულ საფუძვლად გამოყენებულ იქნეს ზოგადგეოგრაფიული რუკა (მასშტაბის შერჩევა ხდება იმგვარად, როგორც ეს ტრადიციულ კარტოგრაფიაშია მიღებული), ხოლო სოციალურ-ეკონომიკური კვლევებისას – პოლიტიკური და ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული დაყოფის სისტემები. მაგრამ უფრო ხშირად, გის-ების პრაქტიკული დანიშნულებიდან გამომდინარე, ორივე სახის ინფორმაციის შეჯერება ანალიზშია საჭირო. ეს საკმაოდ რთული გადასატრელები ამოცანაა. მაგალითად, ლანდშაფტებისა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების შესახებ არსებული მონაცემების ურთიერთშეჯერება. ასეთ შემთხვევაში უპირატესობა ენიჭება იმ გარემოებას, თუ რა მიზანს ემსახურება კონკრეტული გეოინფორმაციული სისტემა და როგორი მომხმარებლისათვის არის იგი გათვალისწინებული. ტრადიციულად არსებული პრობლემა (ფიზიკურ-გეოგრაფიული და სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეჯერება) შედარებით უფრო იოლად ხორციელდება გის-ების მეშვეობით. მაგალითად, რუკის განსხვავებული ფენის (ზოგადგეოგრაფიული და ადმინისტრაციული რაიონების) ერთმანეთზე დალაგებითა და სპეციფიკური გაანგარიშებების ჩატარებით ხდება ამ ორი სრულიად განსხვავებული სფეროს ურთიერთშეჯერება. კერძოდ, ადმინისტრაციული ერთეულების მიხედვით ფიზიკურ-გეოგრაფიული მანქანებლების დადგენა და ლანდშაფტურ საფუძველზე მთელი რიგი ეკონომიკური მახასიათებლების გაანგარიშება.

საკვანძო წერტილების შერჩევისას შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა მეთოდი (კვადრატული ბადის, ტრიანგულა-

(objects) უწოდებენ. არსებობს სხვადასხვა ტიპის ობიექტები [Информатика, 2002; ძნელაძე, ცერცვაძე, 2001]:

- o ცხრილები (tables) – მონაცემთა ბაზის ძირითადი კომპონენტი, სადაც ინახება მონაცემები და ფუნქციური სტრუქტურა.
- o შეკითხვა-მოთხოვნები (Queries) – ეს კომპონენტი გამიზნულია, გარკვეული კრიტერიუმით შეირჩეს მონაცემები და დახარისხდეს სასურველი ფორმატით. ამასთან, იგი საშუალებას იძლევა გარდაექმნათ მონაცემები – შეექმნათ ახალი ცხრილი, განეაზღვროს იგი და ა.შ. მონაცემთა ბაზის ამ კომპონენტის საფუძველზე იქმნება დროებითი (მოქმედი) შედეგობრივი ცხრილი, რომელიც ფაქტობრივად ელექტრული ცხრილის ანალოგიურია, ველებისა და სვეტების ჩანაწერებით. შედეგობრივი ცხრილის ერთ-ერთი მთავარი განსხვავება საბაზო ცხრილისაგან იმაში მდგომარეობს, რომ აქ მონაცემები გარკვეული პრინციპითაა დახარისხებული. საბაზო ცხრილებში კი არანაირი მნიშვნელობა არა აქვს მონაცემთა დახარისხებას. ნებისმიერი ჩანაწერი აქ შენახულია მონაცემთა ბაზაში მათი შეყვანის თანამიმდევრობის შესაბამისად. ეს არანაირად არ ართულებს მონაცემთა ბაზის ნორმალურ ფუნქციონირებას, ვინაიდან საბაზო ცხრილში მონაცემთა დახარისხების არანაირი აუცილებლობა არ არსებობს.
- o ფორმები (forms) – მონაცემთა ბაზის კომპონენტი, რომელიც გამიზნულია მონაცემთა არა ძეგნისა და მანიპულაციისათვის, არამედ შესაყვანად. იგი ერთგვარ „ანკეტას“ გვაგონებს, სადაც მხოლოდ გარკვეულ გრაფებში შეგვიძლია ჩანაწერების გაკეთება.
- o გვერდები (pages) – მონაცემთა ბაზის სპეციფიკური ობიექტები, რომლებიც მხოლოდ თანამედროვე კომპიუტერულ პროგრამებში გვხვდება. იგი წარმოადგენს HTML (Hypertext Markup Language) ფორმატის ფაილებს, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია მონაცემთა დათვალიერება (Internet Explorer Browser-ით). დამოუკიდებლად იგი არ არის მონაცემთა ბაზა, თუმცა შეიცავს ისეთ კომპონენტებს, რომელთა მეშვეობითაც ხორციელდება კავშირი ვებ-გვერდებთან (web-pages).