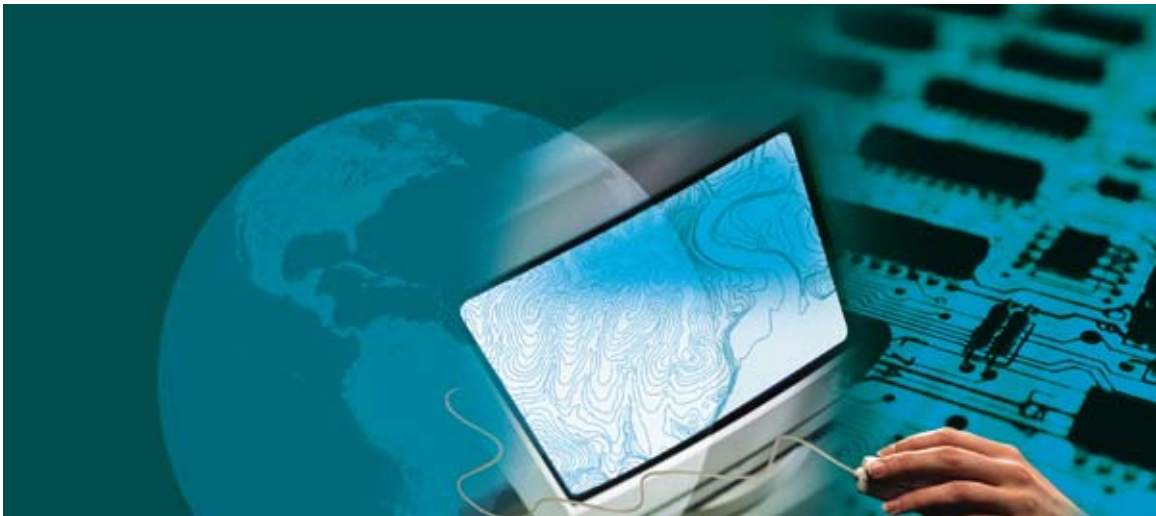


გ.ჩხაიძე, ი.სალუქვაძე

ინფორმაციული ტექნოლოგიები გეოგრაფიაში



თბილისი
2016 წ.

წინასიტყვაობა

წინამდებარე ნაშრომი განკუთვნილია იმ მკითხველთათვის, (განსაკუთრებით სტუდენტებისათვის) რომლებიც იცნობენ გეოგრაფიისა და კარტოგრაფიის ძირითად პრინციპებს და სურთ თავიანთი ცოდნის პრაქტიკული რეალიზება თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით.

ეს წიგნი არავითარ შემთხვევაში არ უნდა განიხილოს როგორც რომელიმე კონკრეტული გეოინფორმაციული სისტემის სახელმძღვანელო, ან მოხმარების ინსტრუქცია. მასში არ არის შესული კონკრეტული ტექნიკური დეტალები და ინსტრუქციები.

წიგნზე მუშაობისას ჩვენ ვეცადეთ მაქსიმალურად აგვედწერა ის გამოცდილება, რომელიც მივიღეთ ბოლო წლებში სხვადასხვა ქართულ და საერთაშორისო პროექტებში გეოინფორმაციული სისტემების აგებისა და გამოყენების პროცესში.

ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა ჩამოგვეყალიბებინა და თქვენთვის მოგვეწოდებინა ის პრინციპები, რომლებიც საფუძვლად უდევს გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების აგებას.

ვიმედოვნებთ, რომ ეს წიგნი დაგეხმარებათ თქვენი ამოცანების უფრო ეფექტურ დაპროექტებაში და გააკეთოთ სწორი არჩევანი კონკრეტული აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფის შერჩევის დროს.

ვ. ჩხაიძე, ი. სალუქვაძე

შინაარსი:

0. შესავალი	4
1. ძირითადი ცნებები და კონცეფციები: მონაცემთა ცნების განსაზღვრა – მონაცემები ანუ ინფორმაცია	5
2. ინფორმაცია და გეოინფორმაცია; მათი ციფრული წარმოდგენისა და შენახვის საშუალებები.....	9
3. გეოინფორმაციული სისტემები და დისტანციური ზონდირება: ტერმინების განმარტება და პრინციპების განსაზღვრა.....	12
4. გეოინფორმაციული სისტემების (GIS - გის) აგების საფუძვლები.....	16
5. გის-ი და რუკები: ინფორმაციის ციფრული წარმოდგენის მეთოდები.....	27
6. სივრცითი მონაცემების მოდელირება და მოდელირების მეთოდები.....	40
7. მონაცემთა წყაროები; მონაცემთა შექმნის მეთოდები; მონაცემთა სანდოობა და ხარისხი.....	49
8. სივრცითი მონაცემების აღრიცხვის მეთოდები – კადასტრის მაგალითი.....	60
9. მონაცემთა ბაზების ცნება.....	66
10. გეოინფორმაციული სისტემიდან გეომონაცემთა ბაზამდე: მონაცემთა დამუშავების განვითარების ეტაპები.....	74

0. შესავალი

კაცობრიობის მიერ შექმნილი ცოდნა და გამოცდილება გამოისახება მრავალი აბსტრაქტული ფორმების მეშვეობით. ამ აბსტრაქციებით სარგებლობა, ანუ გამოცდილების გააზრებისა და გადაცემის მცდელობას მიუყვართ ცოდნის განზოგადების, გამსხვილების აუცილებლობამდე. აბსტრაქციები, როგორცაა ტექსტი, იეროგლიფები, ენა, მათემატიკა და სტატისტიკა, მუსიკა და მხატვრობა, გამოსახულებები და რუკები გამოიყენება დაგროვილი გამოცდილების, კულტურისა და ისტორიის თაობიდან თაობამდე გადასაცემად*.



ციფრული ტექნოლოგიები იძლევა ამ ინფორმაციის გამოსახვისა და მიმოცვლის ხარისხობრივად ახალ საშუალებებს. ამავე დროს გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები უზრუნველყოფენ სამყაროს მრავალი ასპექტის უკეთეს, უფრო ეფექტურ წარმოდგენას, აღწერასა და მართვას.

* ESRI President Jack Dangermond, ESRI Publishings, 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA.

1. ძირითადი ცნებები და კონცეფციები: მონაცემთა ცნების განსაზღვრა – მონაცემები ანუ ინფორმაცია

თანამედროვე საზოგადოების განვითარების პირობებში უკვე აღარავის აღარ ებადება შეკითხვა ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების აუცილებლობის შესახებ.

ეს პირველ რიგში განპირობებულია იმ ინფორმაციის სიუხვით, რომელიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ადამიანის საქმიანობის ეფექტურობასა და წარმატებულობას. ამავე დროს თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარების სწრაფმა ტემპებმა მნიშვნელოვნად გაზარდა ინფორმაციის როგორც მოცულობა, ასევე მოთხოვნილებები ინფორმაციის დამუშავების სისწრაფისადმი.

როგორც შედეგი, ინფორმაციული ნაკადების დამუშავება თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე შეუძლებელი გახდა.

მეორეს მხრივ, თანამედროვე ტექნოლოგიების მიღწევებმა მისცა საშუალება ამ ტექნოლოგიების გამოყენების სფეროების ისეთ გაფართოებას, რომ მათ ადამიანის ყოველდღიურ ყოფაცხოვრებაშიც კი დაიმკვიდრეს მნიშვნელოვანი ადგილი.

ყოველივე ეს განაპირობებს ინფორმაციული ტექნოლოგიების კატეგორიებით აზროვნების სწავლების აუცილებლობას საზოგადოების ნებისმიერი ასაკისა თუ ფენისთვის.

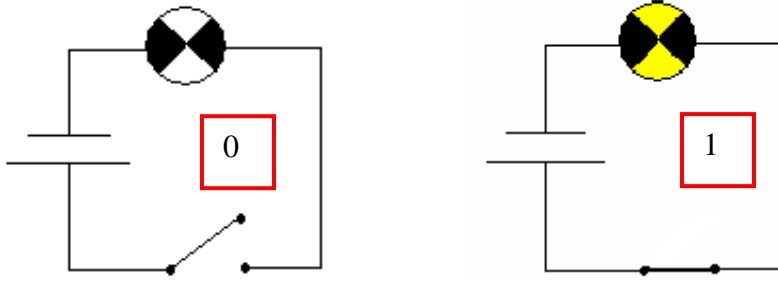
თავის მხრივ, ინფორმაციული ტექნოლოგიების ძირითადი კონცეფციები და კატეგორიები დაფუძნებულია ციფრული ელექტრონიკისა და მიკროპროცესორული სისტემების თანამედროვე მიღწევებზე, რაც ნებისმიერი სახის ინფორმაციის ელექტრონული სახით წარმოდგენისა და, მაშასადამე, მისი დამუშავების საშუალებას იძლევა.

ინფორმაციის ელექტრონული ფორმით გამოსახვის პრინციპისა და ლოგიკური საფუძვლების საილუსტრაციოდ განვიხილოთ მარტივი მაგალითი:

უმარტივესი ელემენტული სქემა, რომელიც შედგება კვების წყაროსგან, ნათურისგან და ჩამრთველისგან ორ უკიდურეს მდგომარეობაში შეიძლება იმყოფებოდეს: ჩართული ან გამორთული (გარდამავალი მდგომარეობები არ განიხილება).

დაუშვათ, გამორთულ მდგომარეობას (ნათურა ჩამქრალია) შეესაბამება ციფრი 0, ხოლო ჩართულს (ანთებული ნათურა) ციფრი 1. ერთი ასეთი

სქემით შესაძლებელია ერთი “0”-ის ან “1”-ის გამოსახვა ანუ “დამახსოვრება”.



რაც უფრო მეტი ასეთი სქემების ერთობლიობას წარმოვიდგენთ, მით უფრო მეტი “0” ან “1” დამახსოვრება იქნება შესაძლებელი.

მეორეს მხრივ განვიხილოთ რიცხვების წარმოდგენის მარტივი ლოგიკა, რომელიც ათვლის ორობითი სისტემის სახელითაა ცნობილი.

ჩვენთვის ჩვეულ (“არაბულ”) რიცხვთა წარმოდგენის სისტემას კიდევ ათობით ათვლის სისტემასაც უწოდებენ, რადგან ნებისმიერი მთელი რიცხვის ჩასაწერად გამოიყენება ათი ციფრის (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9) ნიშნადი კომბინაცია. თუ გამოვიყენებთ ათწილადურ ნიშანს (მძიმე ან წერტილი) და უარყოფითი რიცხვის აღნიშვნას, მაშინ ამ სისტემით შეგვეძლება ნებისმიერი რაციონალური რიცხვის წარმოდგენა.

წარმოვიდგინოთ რომ ათი ციფრის ნაცვლად გვაქვს მხოლოდ ორი ციფრი: 0 და 1.

გამოვიყენებთ რა იგივე ლოგიკას, შესაძლებელია ათობითი და ორობითი რიცხვების შესაბამისობის ცხრილის შექმნა:

ათობითი	ორობითი	შენიშვნა
0	0	ათობითი ციფრი, ორობითი ციფრი
1	1	ათობითი ციფრი, ორობითი ციფრი
2	10	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
3	11	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
4	100	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
5	101	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
6	110	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
7	111	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
8	1000	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
9	1001	ათობითი ციფრი, ორობითი რიცხვი
10	1010	ათობითი რიცხვი, ორობითი რიცხვი
11	1011	ათობითი რიცხვი, ორობითი რიცხვი
12	1100	ათობითი რიცხვი, ორობითი რიცხვი
13	1101	ათობითი რიცხვი, ორობითი რიცხვი
		და ასე შემდეგ . . .

მოყვანილი ცხრილიდან და ზემოთ აღწერილი ლოგიკის საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ რომ შესაძლებელია ნებისმიერი რიცხვის გამოსახვა ორობით ათვლის სისტემაში, მაშასადამე გამოსახვა ანუ “დამახსოვრება” ელექტრული სქემების ერთობლიობების მეშვეობით.

თუ ელექტრული შეერთებებიდან გადავალთ ელექტრონული სქემების პრინციპებზე და ლოგიკაზე, ანუ ციფრ 1-ს შეესაბამება იმპულსის არსებობა დროის გარკვეულ მონაკვეთზე, მაშინ ვიღებთ ხარისხობრივად ახალ მიდგომას.

ელექტრონული სქემების ლოგიკურად ურთიერთდაკავშირება თავის მხრივ იძლევა ასეთ რიცხვებზე ოპერაციების ჩატარების ანუ ამ სახით წარმოდგენილ მონაცემთა (ინფორმაციის) დამუშავების საშუალებას.

ინფორმაციის წარმოდგენის ამ პრინციპებს **ციფრული ანუ დიგიტალური (Digital) ეწოდება.**

ჩვენ უკვე დავასაბუთეთ, რომ ნებისმიერი რაციონალური რიცხვი შეიძლება იყოს წარმოდგენილი ორობითი რიცხვების ანუ ელექტრონული სიგნალების მეშვეობით. მაგრამ მარტო რიცხვების წარმოდგენა არ არის საკმარისი.

იმისათვის რომ განვიხილოთ სხვა სახის ინფორმაციის წარმოდგენის საშუალებები, ჩავატაროთ ინფორმაციის ტიპების ანლიზი და მონაცემთა სტრუქტურების პირველადი კლასიფიკაცია:

ინფორმაციის ტიპი	მონაცემთა სტრუქტურული ჯგუფი
რიცხვითი	რაციონალური რიცხვები
ტექსტური	ანბანური
ნახატი/სურათი	გრაფიკული
ხმა	ბგერითი
მოძრაობა	ნაკადი

ტექსტური ინფორმაცია წარმოადგენს ანბანური სიმბოლოების ერთობლიობას. თუ თითოეულ ანბანურ სიმბოლოს რიცხვით კოდს შეესაბამებთ, მაშინ მივიღებთ ტექსტის რიცხვების საშუალებით გამოსახვის შესაძლებლობას, მაგალითად:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ	ი	კ	ლ	მ	ნ	ო	პ	ჟ	რ
0224	0225	0226	0227	0228	0229	0136	0230	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0237	0238	0239
ს	ტ	უ	ფ	ქ	ღ	ყ	შ	ჩ	ც	ძ	წ	ჭ	ხ	ჯ	ჰ	
0240	0241	0242	0243	0244	0245	0246	0247	0248	0249	0250	0251	0252	0253	0254	0255	

მაშინ სიტყვა “ინფორმაცია” ციფრულად შემდეგნაირად შეიძლება გამოისახოს:

ი ნ ფ ო რ მ ა ც ი ა
0231-0235-0243-0236-0239-0234-0224-0249-0231-0224.

საგულისხმოა, რომ ტექსტში რიცხვების გამოყენების შემთხვევაში ციფრებსაც შესაბამისი ანბანური კოდი ენიჭება.

გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენის შემთხვევაში გამოსახულება პირობითად “იშლება” წერტილოვან ელემენტებად. ბუნებრივია რომ რაც უფრო მეტია წერტილების რაოდენობა, ანუ მცირეა ელემენტარული წერტილის ზომა, მით უფრო ხარისხიანია ციფრული გამოსახულება. თითოეული წერტილი აღიწერება მისი **ეკრანზე მდებარეობის კოორდინატთა წყვილით** (რიცხვებით) და **ფერის კოდით**. ამ რიცხვების ერთობლიობა ქმნის ე.წ. რასტრს (Raster), რომელიც შეიძლება ასე გამოიყურებოდეს:



ბგერითი ინფორმაციის წარმოდგენისათვის ხმოვანი სიგნალი ანალოგიურად იშლება ერთეულოვან ელემენტებად (მაგ. ნოტებად ან სიხშირეებად) და თითოეულ გამოყოფილ ერთეულს მიენიჭება შესაბამისი რიცხვითი კოდი.

გრაფიკულ გამოსახულებათა ერთობლიობა შეიძლება წარმოდგენილ იქნას თანმიმდერული რასტრების მეშვეობით და აღწერილ იქნას როგორც ე.წ. ნაკადი (Stream). გამოსახულებათა ნაკადური ცვლილება ქმნის მოძრაობის ეფექტს.

გრაფიკული და ბგერითი (ხმოვანი) ინფორმაციის გაერთიანებას ნაკადში კიდევ მულტიმედიაურსაც (Multimedia) უწოდებენ.

მონაცემთა თითოეულ სტრუქტურულ ჯგუფს გააჩნია კლასიფიცირების მახასიათებლები (კრიტერიუმები), რომლებსაც დეტალურად განვიხილავთ მონაცემთა სტრუქტურების შესწავლისას.

2. ინფორმაცია და გეოინფორმაცია; მათი ციფრული წარმოდგენისა და შენახვის საშუალებები

ჩვენ უკვე განვიხილეთ მონაცემთა (ინფორმაციის) ციფრული წარმოდგენის ძირითადი პრინციპები. ამ პრინციპებზე დაყრდნობით განვიხილოთ გეოგრაფიული ინფორმაციის კლასიფიცირებისა და წარმოდგენის მეთოდები.

გეოგრაფიული ინფორმაცია სპეციფიური ხასიათის ინფორმაციაა. იგი წარმოადგენს კავშირების ერთობლიობას სამყაროს ძირითადი კონცეფციების წარმოსადგენად. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, გეოგრაფიული ინფორმაცია წარმოადგენს სივრცითი ობიექტების აღწერას, რომელიც შედგება მრავალი კომპონენტისაგან. თითოეული კომპონენტი ხასიათდება საკუთარი ატრიბუტებითა და მახასიათებლებით, რომელთა სრულყოფილი წარმოდგენა აუცილებელია ადექვატური გეოგრაფიული მოდელის ასაგებად. ამ მიზნის მისაღწევად გამოიყენება ე.წ. გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები – შემდგომში „გის“.

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა ანუ GIS (Geographic Information System) წარმოადგენს გეოგრაფიული ცნებების გამოსახვისა და დამუშავების შედარებით ახალ მიდგომასა და ტექნოლოგიას, რომელიც სხადასხვა სახის მონაცემთა ერთობლივი, ურთირთდაკავშირებული მოდელის შექმნისა და დამუშავების საშუალებას იძლევა.

ამავე დროს, გეოგრაფიული ინფორმაცია მოიცავს მთელ რიგ ელემენტებს, რომლებიც თავის მხრივ წარმოადგენენ ინფორმაციული ტექნოლოგიების შესწავლისა და გამოყენების საგანს. ამიტომ აუცილებელია ორი უმთავრესი მიდგომის გათვალისწინება/გაერთიანება:

- გეოგრაფიული (სივრცითი) ობიექტების კლასიფიცირება;
- კლასიფიცირებული ობიექტების ინფორმაციული ტექნოლოგიების მეშვეობით გამოსახვისა და დამუშავების პრინციპები.

გეოგრაფიული ინფორმაციის კლასიფიცირება შესაძლებელია ხუთ ძირითად ელემენტად (კატეგორიად):

- გეოგრაფიული გამოსახულება (რუკები / გლობუსი);
- გეოგრაფიულ მონაცემთა ერთობლიობა;
- მონაცემთა მოდელი / სტრუქტურა;
- მონაცემთა დამუშავების მოქმედებათა მოდელი;
- მეტამონაცემები.

გეოგრაფიული გამოსახულება წარმოადგენს გეოგრაფიული, *სივრცითი* ინფორმაციის სურათს, რომელიც განკუთვნილია მიმდინარე მდგომარეობის აღწერისა და რეალური დამუშავებისათვის.

გეოგრაფიულ მონაცემთა ერთობლიობა წარმოადგენს გეოგრაფიული ინფორმაციის მონაცემთა სათავსოს, რომელშიც სტრუქტურირებული ან ფაილური სახით ინახება საბაზო ინფორმაცია – კატეგორიები, კავშირები, ტოპოლოგია, სივრცული ზედაპირები, ზომები, ატრიბუტები და სხვ.

მონაცემთა მოდელი / სტრუქტურა გეოინფორმაციული სისტემების თვალსაზრისით განეკუთვნება განსაკუთრებულ, სპეციალიზირებულ მონაცემთა ბაზების კლასს. ეს განპირობებულია აუცილებელი მთლიანობის კანონებისა და კავშირების მოთხოვნით, რომელთა დაცვა ინფორმაციის განთავსებისათვის წინასწარ უნდა იქნას გათვალისწინებული.

მონაცემთა დამუშავების მოქმედებათა მოდელი არის ინფორმაციის დამუშავების წინასწარ მომზადებული პროცედურების ერთობლიობა, რომელთა გამოყენება აადვილებს სტანდარტული, ხშირად მოხდენადი პროცესების ავტომატიზებას.

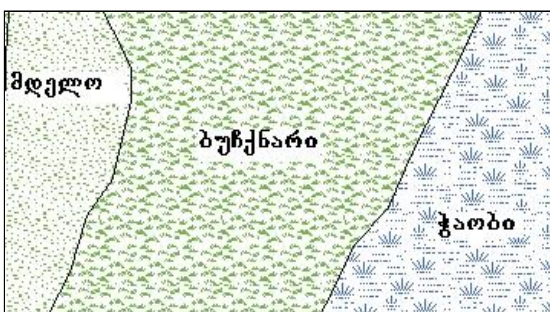
მეტამონაცემები წარმოადგენს შექმნილი მოდელის აბსტრაქტულ აღწერას, ანუ მეტამონაცემები შეიცავს წარმოდგენილი ინფორმაციის სტრუქტურულ დოკუმენტაციას, რომელიც აადვილებს ინფორმაციის ორგანიზებას, გამოყენებას და მართვას.

განვიხილოთ სივრცითი წარმოდგენის მეთოდები:

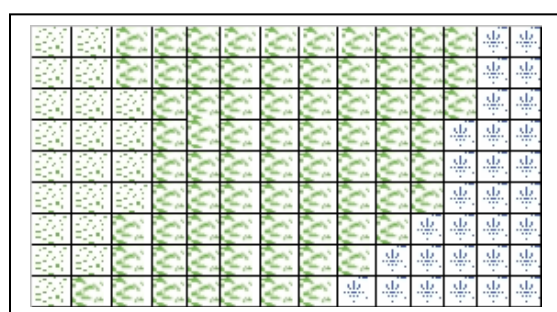
სივრცითი მონაცემების წარმოსადგენად ძირითადად გამოიყენება სამი სახის მოდელი:

- **რასტრული (Raster)** – მონაცემთა მოდელი, რომელიც წარმოადგენს სივრცულ ინფორმაციას ერთგვაროვანი ზომის ელემენტების მასივად, ორგანიზებულს სტრიქონებისა და სვეტების (მატრიცის) სახით. მაგალითი:

ზედაპირის გამოსახულება

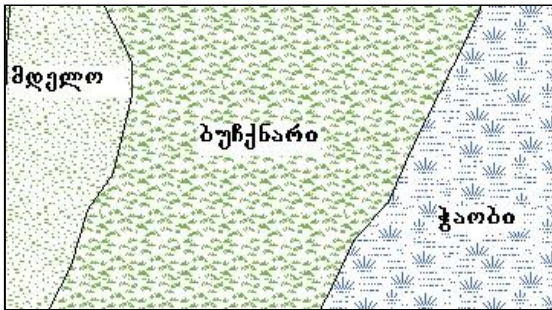


რასტრული წარმოდგენა

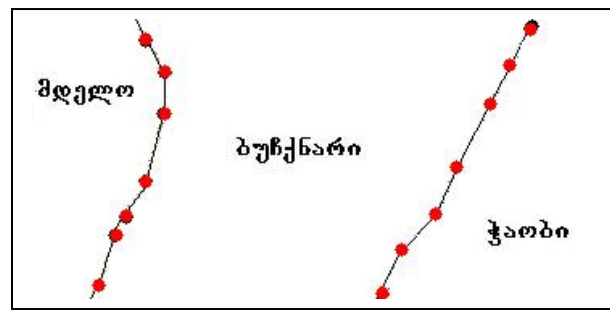


- **ვექტორული** – მონაცემთა მოდელი, რომელიც დაფუძნებულია გეოგრაფიული ობიექტის წერტილების, ხაზებისა და პოლიგონების სახით წარმოდგენაზე. ყოველი წერტილოვანი ობიექტი გამოისახება ერთი წყვილი კოორდინატების XY მეშვეობით, ხოლო ხაზოვანი და პოლიგონალური ობიექტი გამოისახება **მწვერვალთა** კოორდინატების მოწესრიგებული ცხრილების მეშვეობით. ამავე დროს თითოეულ ობიექტს შეიძლება გააჩნდეს მასთან დაკავშირებული ატრიბუტები.

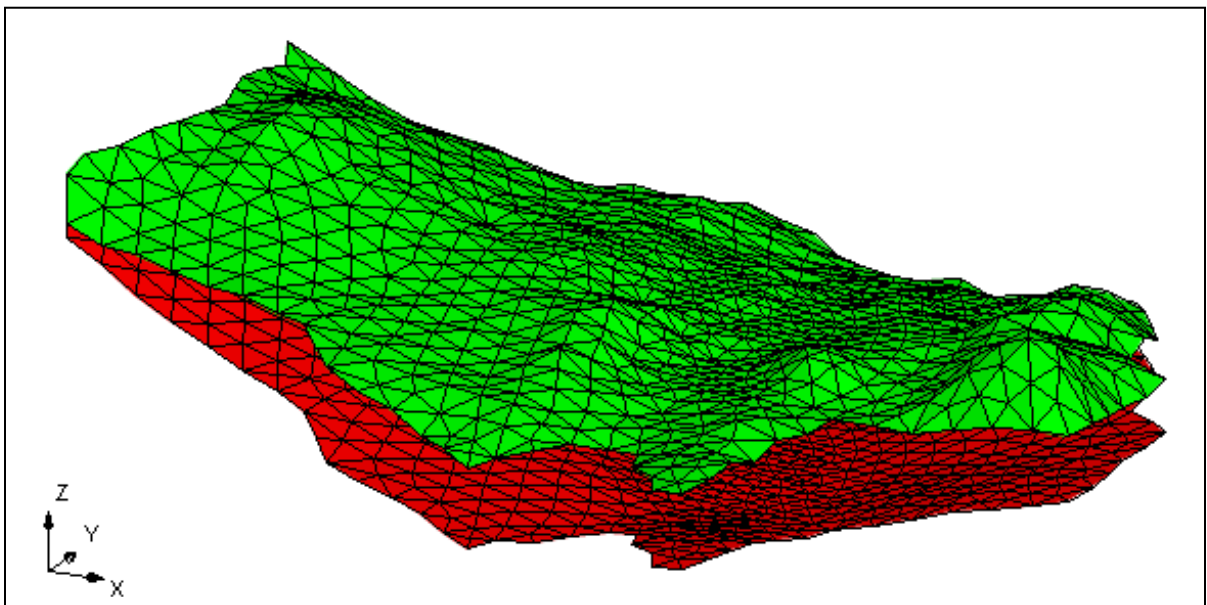
ზედაპირის გამოსახულება



ვექტორული წარმოდგენა



- **TIN (Triangulated Irregular Network)** ზედაპირების ასახვის ვექტორული მონაცემების ერთობლიობაა. გამოიყენება ზედაპირის სამგანზომილებიანი მოდელირებისათვის. იგი ფორმირდება წერტილების XYZ კოორდინატთა ერთობლიობით, რაც გამოისახება მეზობელი გერდებით ურთირთდაკავშირებული სამკუთხედების სახით.



3. გეოინფორმაციული სისტემები და დისტანციური ზონდირება: ტერმინების განმარტება და პრინციპების განსაზღვრა

გეოინფორმაციული სისტემების საფუძველს წარმოადგენს სივრცითი ინფორმაცია. ამ სახის ინფორმაციის მოპოვების მრავალი საშუალება არსებობს. ერთ-ერთ უმთავრესს წარმოადგენს ე.წ. **დისტანციური ზონდირება (Remote Sensing, RS)**.

ფართო გაგებით **დისტანციური ზონდირება** გულისხმობს ობიექტის შესახებ ინფორმაციის მოპოვებას *უშუალო, ფიზიკური კონტაქტის გარეშე*.

პრაქტიკულად **დისტანციური ზონდირება** ხორციელდება სხვადასხვა სახის მოწყობილობების მეშვეობით, რომლებიც შეიძლება იყვნენ განთავსებული მოძრავ საშუალებებზე (თვითმფრინავი, კოსმოსური ხომალდი, თანამგზავრი, გემი, და სხვ.) ან რომელიმე სხვა სახის მოწყობილობაზე, რომლებსაც შეუძლიათ გარემოს ინფორმაციის მიღება და შეგროვება.

ზოგადად **ასტრომონიაც** კი შეიძლება ჩაითვალოს **დისტანციურ ზონდირებად**, მაგრამ არსებობს შეთანხმება რომ ცნება “გეოინფორმაცია” გულისხმობს მხოლოდ დედამიწის ზედაპირის შესწავლას.

არსებობს **დისტანციური ზონდირების** ანუ დედამიწაზე არსებული ობიექტის შესახებ ინფორმაციის მოპოვების შემდეგი მეთოდები:

რადიომეტრიული

ეს მეთოდი დაფუძნებულია სხვადასხვა სახის გამოსხივების შედეგად ინფორმაციის მიღებისა დამუშავების პრინციპზე:

- რადარი, რომელიც განლაგებულია როგორც უძრავ, ასევე მოძრავ ობიექტებზე. (იხ. RADARSAT, Magellan).
- ლაზერული ამზომები იძლევიან ინფორმაციის ფართო სპექტრს.
- LIDAR (Light Detection And Ranging) იყენებს ლაზერულ იმპულსებს და ძირითადად გამოიყენება ობიექტთა სიმაღლეების ასაზომად. იგი იძლევა უფრო დიდი სიზუსტის ინფორმაციას ვიდრე ჩვეულებრივი რადარული მეთოდი.



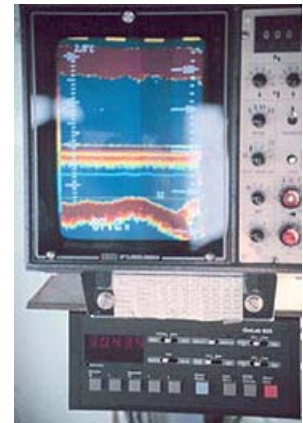
- რადიომეტრები და ფოტომეტრები – ყველაზე გავრცელებული მეთოდებია, რომლებშიც იყენებენ როგორც ხილვადი ასევე ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი სიხშირეების სენსორებს.
- აეროფოტოგადაღების სტერეოგრაფიული წყვილები გამოიყენება ტოპოგრაფიული რუკებისა დასამზადებლად. ასევე სატელიტური (თანამგზავრებიდან) მიღებული გამოსახულებაც ამ მიზნით გამოიყენება. ეს მეთოდი ასევე გამოიყენება ე.წ. **ორთოფოტოების** დასამზადებლად.
- თემატური რუკების დასამზადებლად გამოიყენება გამოსახულებები, რომლებიც მიიღება ელექტრო-მაგნიტური მრავალსიხშირიანი სიგნალების მეშვეობით. როგორც წესი, ეს მოწყობილობები დედამიწაზე დასაკვირვებელ თანამგზავრებებზეა განთავსებული (მაგ. Landsat program ან IKONOS).

გეოდეზიური

- დედამიწის გრავიტაციული ცვლილებების სატელიტური აზომვები გამოიყენება გეოლოგიური ან ჰიდროგრაფიული ინფორმაციის მისაღებად.

აკუსტიკური

- სონარი გამოიყენება როგორც დედამიწის ზედაპირზე, ასევე წყალქვეშ მდებარე ობიექტების დადგენისა და დაფიქსირებისათვის.
- სხვადასხვა ადგილებზე განლაგებული სეისმოგრაფები იძლევა ინფორმაციას ზედაპირის რხევების (მიწისძვრების) შესახებ.



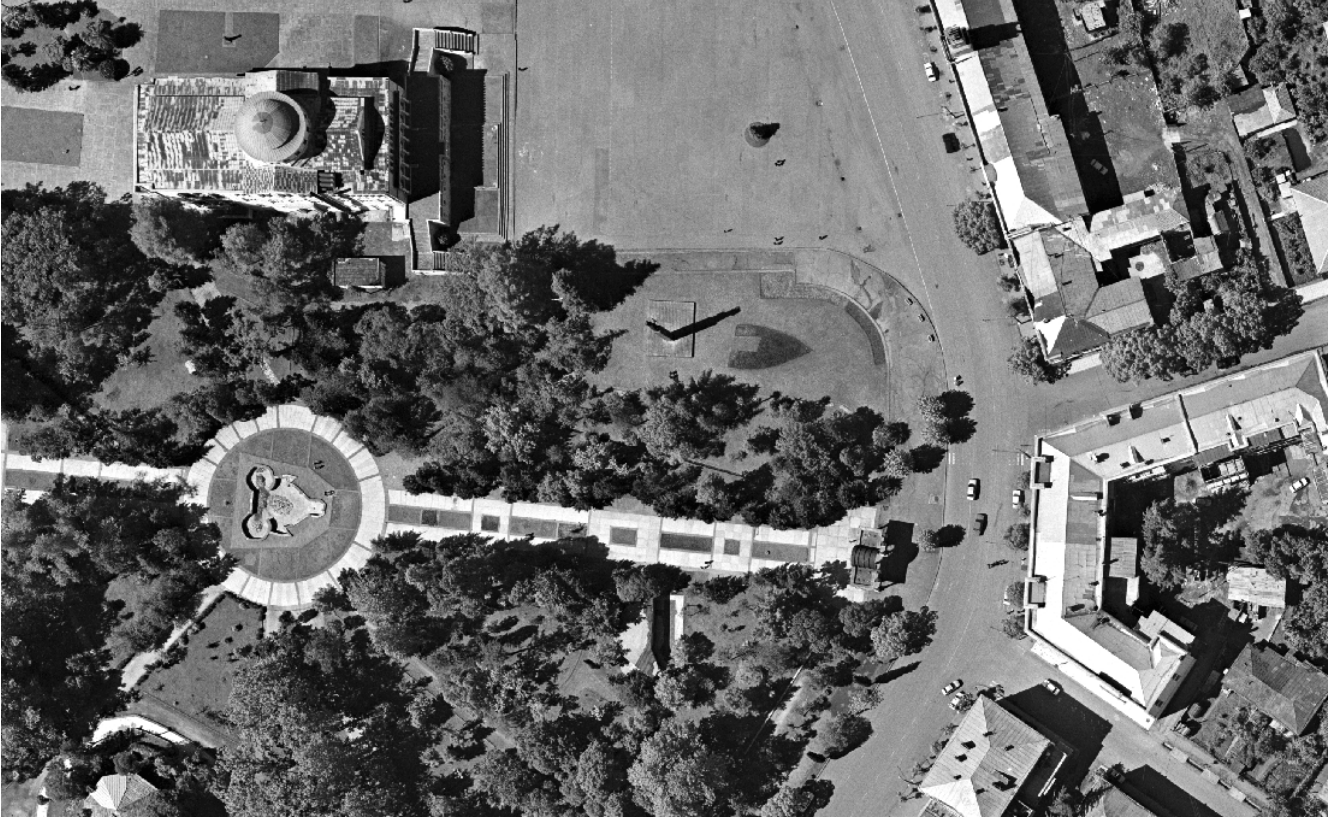
სახოგადოდ, დისტანციური ზონდირების შედეგად მიღებული ინფორმაცია ხასიათდება მისი **სივრცითი, სპექტრული, რადიომერული და დროითი** პარამეტრების სიზუსტის მახასიათებლებით. **სივრცითი** გამოსახვის სიზუსტეს განსაზღვრავს რასტრული გამოსახულების ერთეულოვანი ელემენტის – *წერტილის* ზომა. **სპექტრული** გამოსახვის სიზუსტე დამოკიდებულია ჩაწერილ სიხშირეთა ანუ გამოყენებულ სენსორთა რაოდენობაზე. **რადიომერული** სიზუსტე დამოკიდებულია სიგნალების მიმღები სენსორის ციფრულ შესაძლებლობებზე, ანუ გრადაციების რაოდენობის აღქმაზე. **დროითი** პარამეტრი განისაზღვრება ინფორმაციის მოპოვების სისწრაფით, ანუ რა რაოდენობის ინფორმაციას ვიღებთ დროის ერთეულში.

არსებობს კიდევ ერთი პარამეტრი, რომელსაც “ეკონომიკურ პარამეტრს” უწოდებენ, ანუ რა რაოდენობის ინფორმაციის მოპოვებაა შესაძლებელი ფულადი ერთეულის გამოსახულებაში.

ნებისმიერი ზემოთ მოყვანილი მეთოდებით მიღებული ინფორმაცია შეიძლება იქნას გამოყენებული გეოინფორმაციული სისტემის შემადგენლობაში, მაგალითად:



- სატელიტური სურათი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, I და II კორპუსები – ცენტრში. (წყარო - Google Earth);



- ორთოფოტო (შავ/თეთრი), ქალაქი ფოთი (ცენტრალური მოედანი, ფრაგმენტი), მასშტაბი 1:1000;
(წყარო – დამზადებულია აეროფოტო გადაღების საფუძველზე)

თემასთან დაკავშირებული დამატებითი ლიტერატურა:

- Campbell, J.B. (2002). *Introduction to remote sensing*, 3rd ed., The Guilford Press. ISBN 1-57230-640-8.
- Jensen, J.R. (2000). *Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective*. Prentice Hall. ISBN 0-13-489733-1.
- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer, and J.W. Chipman (2003). *Remote sensing and image interpretation*, 5th ed., Wiley. ISBN 0-471-15227-7.
- Richards, J.A., and X. Jia (2006). *Remote sensing digital image analysis: an introduction*, 4th ed., Springer. ISBN 3-540-25128-6.

4. გეოინფორმაციული სისტემების (GIS - გის) აგების საფუძვლები.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გეოინფორმაციული სისტემები განკუთვნილია ძირითადად დედამიწის ზედაპირის გრაფიკული გამოსახულებისა და თვისობრივი მახასიათებლების/ატრიბუტიკის წარმოდგენისა და დამუშავებისათვის თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამ პროცესში საწყისი ინფორმაციის მოსაპოვებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდი. ბუნებრივია, რომ დღევანდელ დღეს არსებობს მრავალი სახისა და შესაძლებლობების მქონე გის-ი. მიუხედავად გამოყენებული მეთოდებისა და ტექნიკური რეალიზაციისა, ყველა არსებულ სისტემას საფუძვლად უდევს საერთო ზოგადი პრინციპები, რომლებიც მარტივად შემდეგანირად აიხსნება:

ცნობილია რომ დედამიწის ზედაპირზე არსებულ ნებისმიერ ობიექტს შესაძლებელია მიესადაგოს სივრცითი (გეოგრაფიული) კოორდინატები – X, Y და Z, ანუ გრძედი, განედი და სიმაღლე ზღვის დონიდან. ამავე დროს ობიექტის კომპიუტერული, ანუ ვირტუალური წარმოდგენისათვის ასევე გამოიყენება ე.წ. ვირტუალურ კოორდინატთა სისტემა. ანუ გის-ის ზოგადი პრინციპი დამყარებულია ამა თუ იმ გეოგრაფიულ კოორდინატთა სისტემის ვირტუალურ კოორდინატთა სისტემასთან დაკავშირებაში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, რეალური სივრცითი ობიექტები აღიწერება ვირტუალურ გარემოში წინასწარ მომზადებულ და რეალურ მასშტაბთან შესაბამისობაში მოყვანილ კოორდინატთა სისტემაში.

ანუ პირველადი ამოცანაა მომზადდეს ვირტუალურ კოორდინატთა სისტემა რეალური სივრცითი ობიექტების წარმოდგენისათვის. დასმული ამოცანის გადაწყვეტის გამარტივების მიზნით დავიწყეთ ორგანოზომილებიანი (X-Y) სივრცული მოდელის აგების განხილვით. ვირტუალურ კოორდინატთა სისტემის რეალურთან შესაბამისობაში მოყვანა გულისხმობს:

- წარმოსადგენი (ასაღწერი) ფარგლების (Extent) განსაზღვრას;
- ფარგლების საზღვრებში არსებული ობიექტების კლასიფიცირების საშუალებების განსაზღვრას;
- კლასიფიცირებული ობიექტების ერთეულოვანი ელემენტების დადგენას;
- ერთეულოვანი ელემენტების წარმოდგენის საშუალებების განსაზღვრას;
- ერთეულოვანი ელემენტების ერთობლიობის დამუშავების საშუალებების შექმნას.

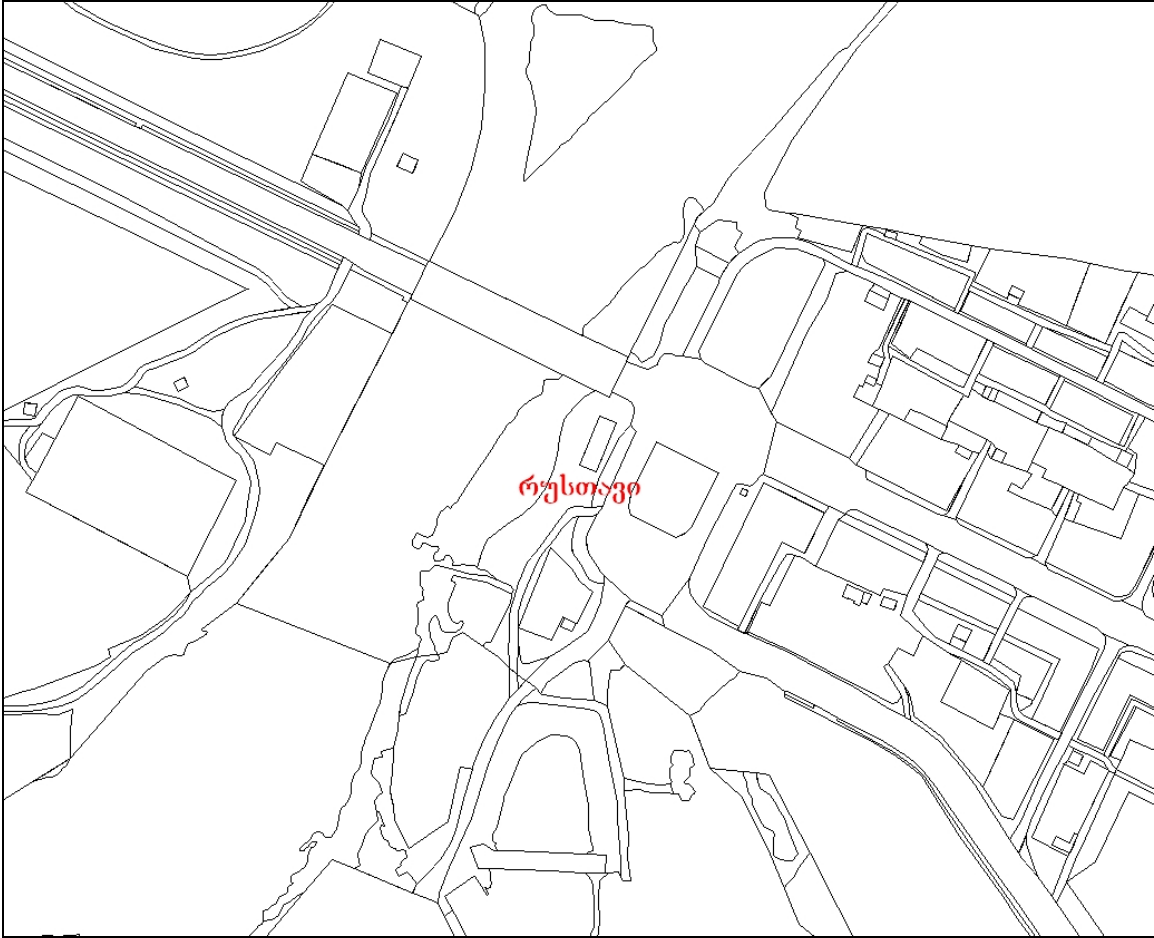
ვირტუალური ფარგლების განსაზღვრა დამოკიდებულია წარმოსადგენი სივრცის მართკუთხოვან პარამეტრებზე - X_{min} , Y_{min} და X_{max} , Y_{max} . ეს შეიძლება ასე გამოიყურებოდეს: (ნახ. 1)



ნახ. 1
ქვედა
ნაწილი
ასახავს
ზემოთ
მოყვანილი
სურათის
ფრაგმენტს
მოთავსე-
ბულს
გამოყო-
ფილი
ფარგლების
საზღვრე-
ბში.



ფარგლებში არსებული ობიექტების კლასიფიცირება შეიძლება მრავალი პარამეტრის მიხედვით. ეს დამოკიდებულია სივრცითი ინფორმაციის დამუშავების მოთხოვნებზე და პრიორიტეტებზე. მაგალითად, სივრცის ფიზიკური პარამეტრების ასახვისათვის საჭიროა ყველა იმ ელემენტის წარმოდგენა, რომლებიც მონაწილეობენ ფიზიკური რუკის შედგენისას. კლასიფიცირებული ობიექტები ჯგუფდება და ერთიანდება ცალკეულ „შრებად“, ე.წ. ლეიერებად (Layer). ეს შეიძლება ამგვარად გამოიყურებოდეს:



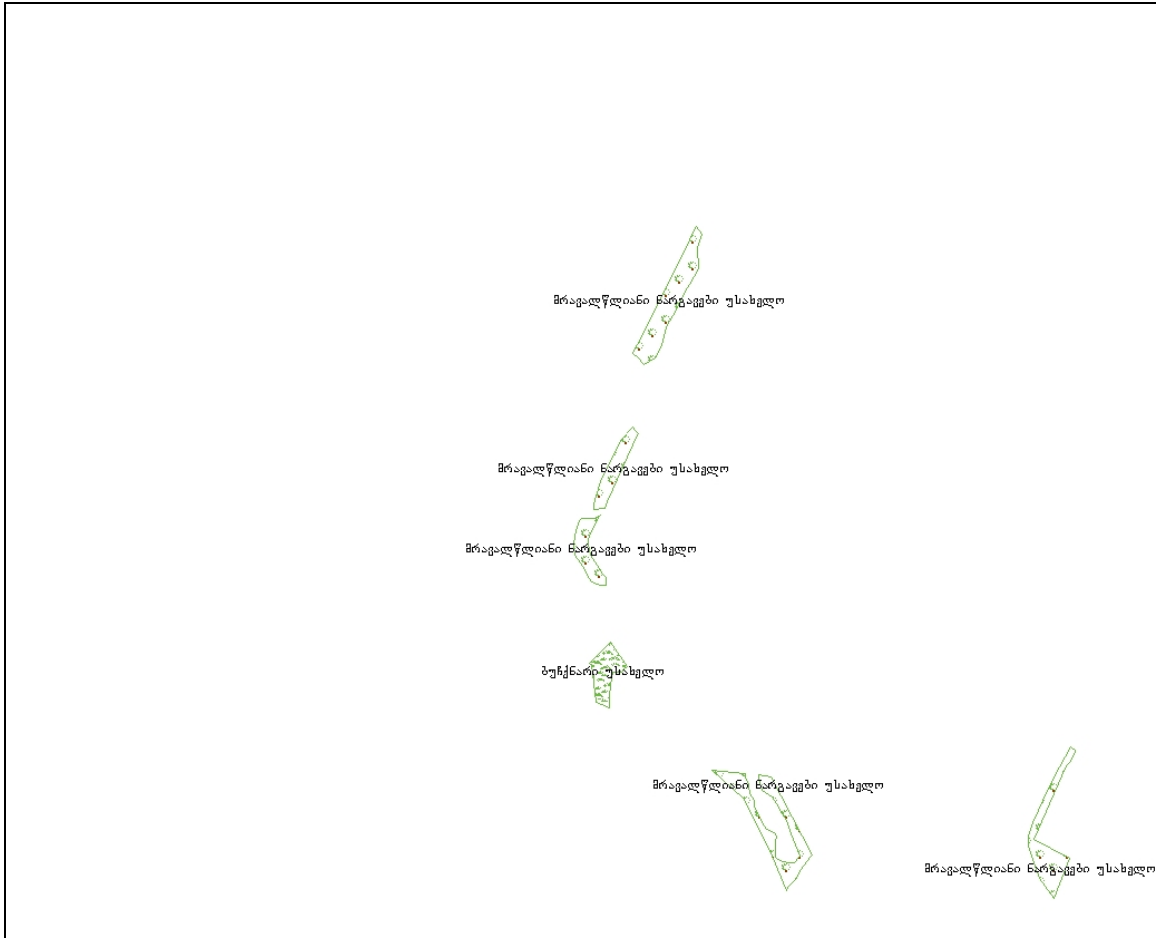
- წარმოსადგენი ობიექტის ფარგლები, სახელი და ძირითადი ელემენტების (ნაკვეთები) კონტურები.

Print on transparent film

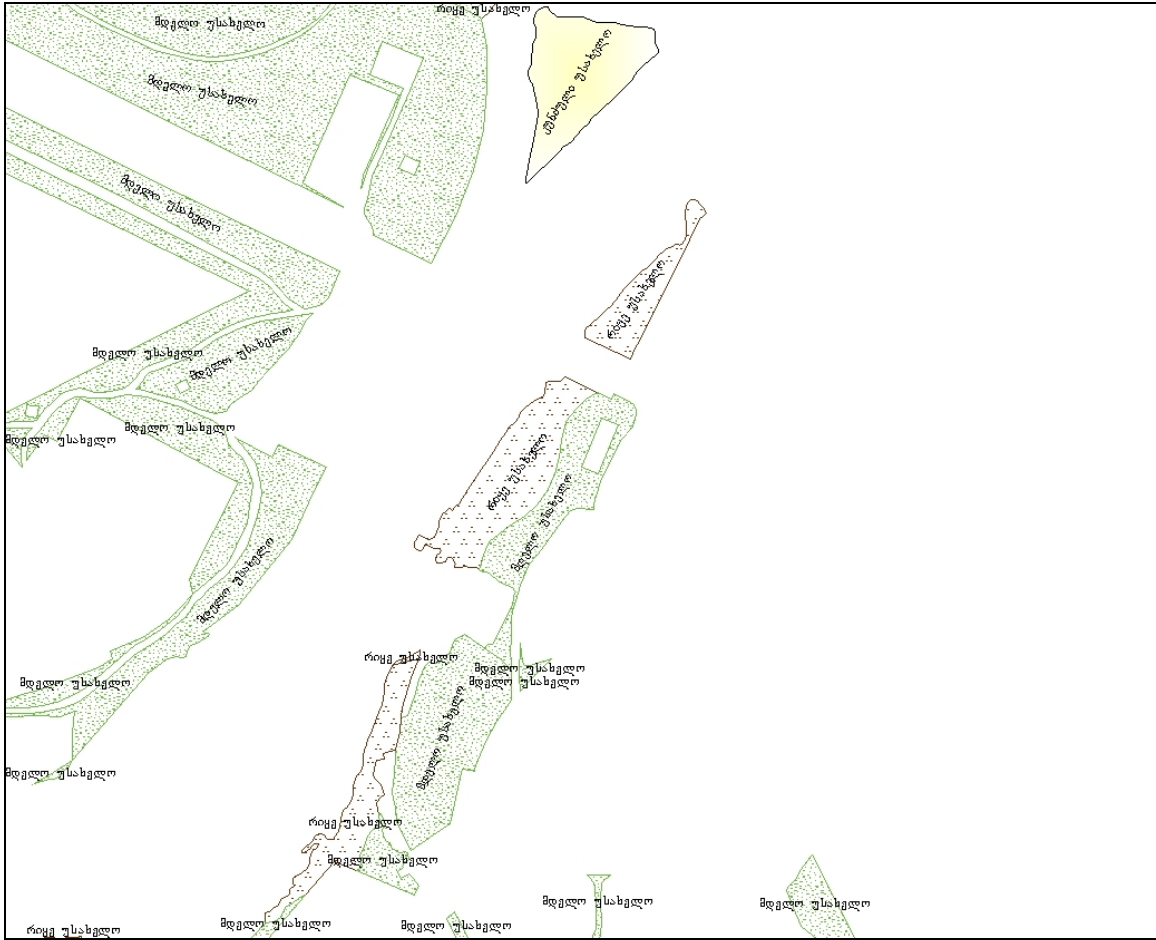


- აკვატორიები.

Print on transparent film

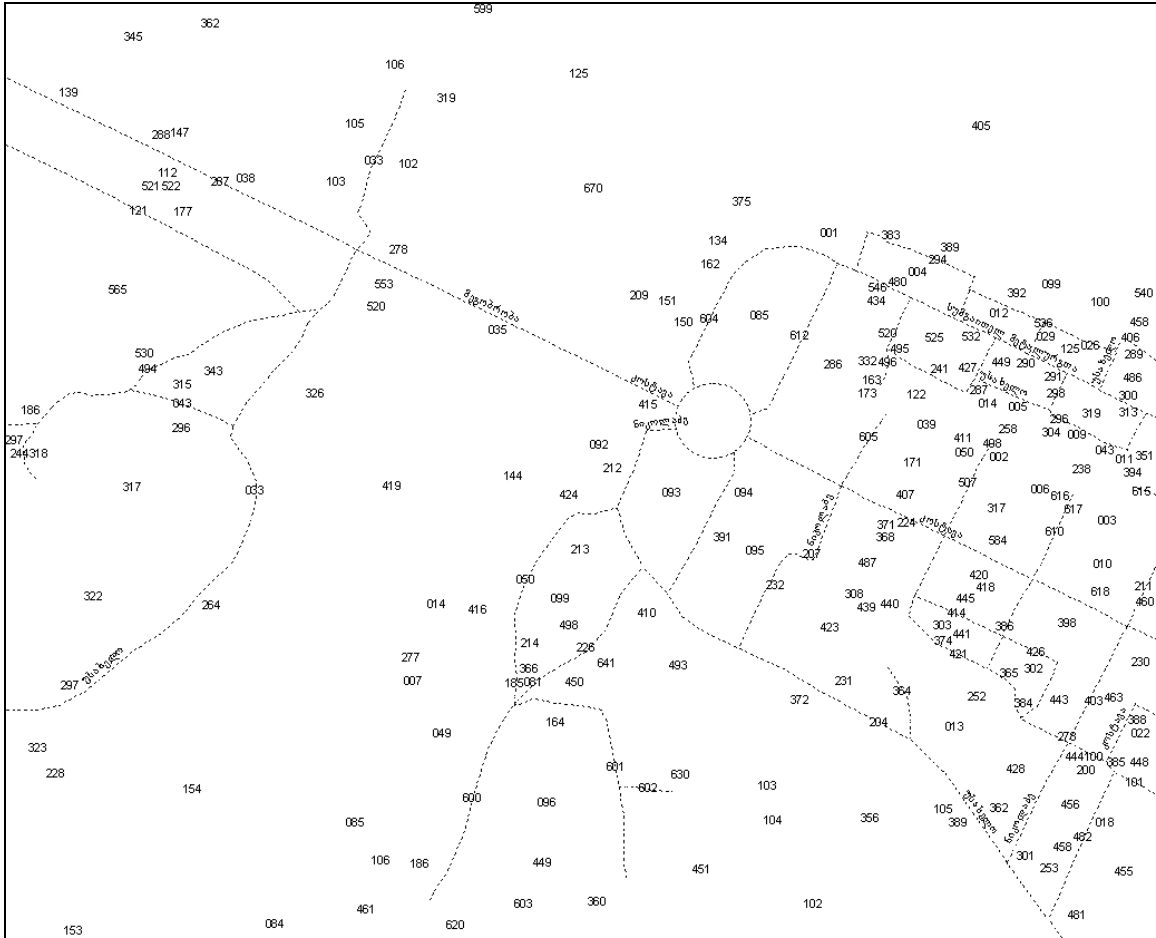


- მწვანე ნარგავები და მცენარეული საფარით დაფარული ღია სივრცეები.



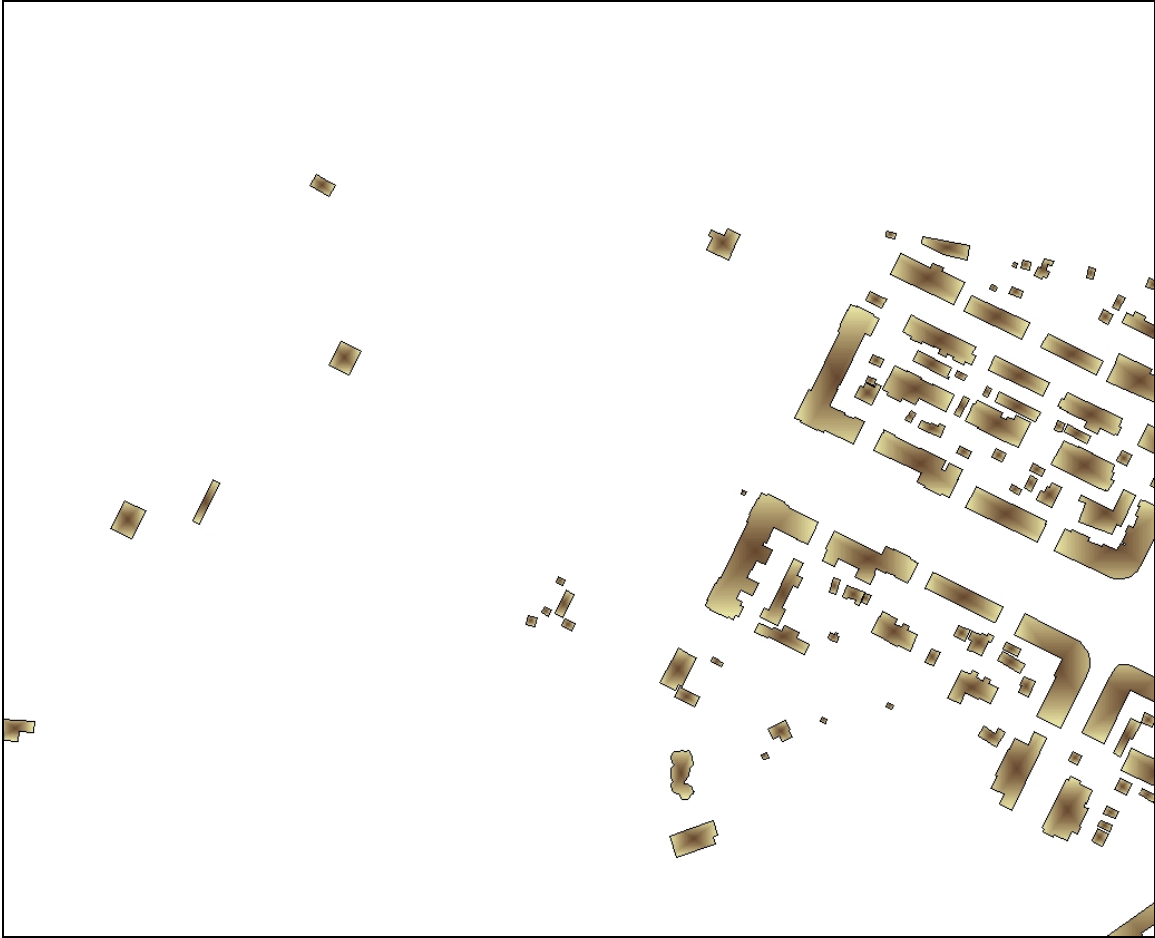
- ღაფარგის სხვა ელემენტები.

Print on transparent film



- ქუჩების სახელები და ნაკვეთების ნომრები.

Print on transparent film

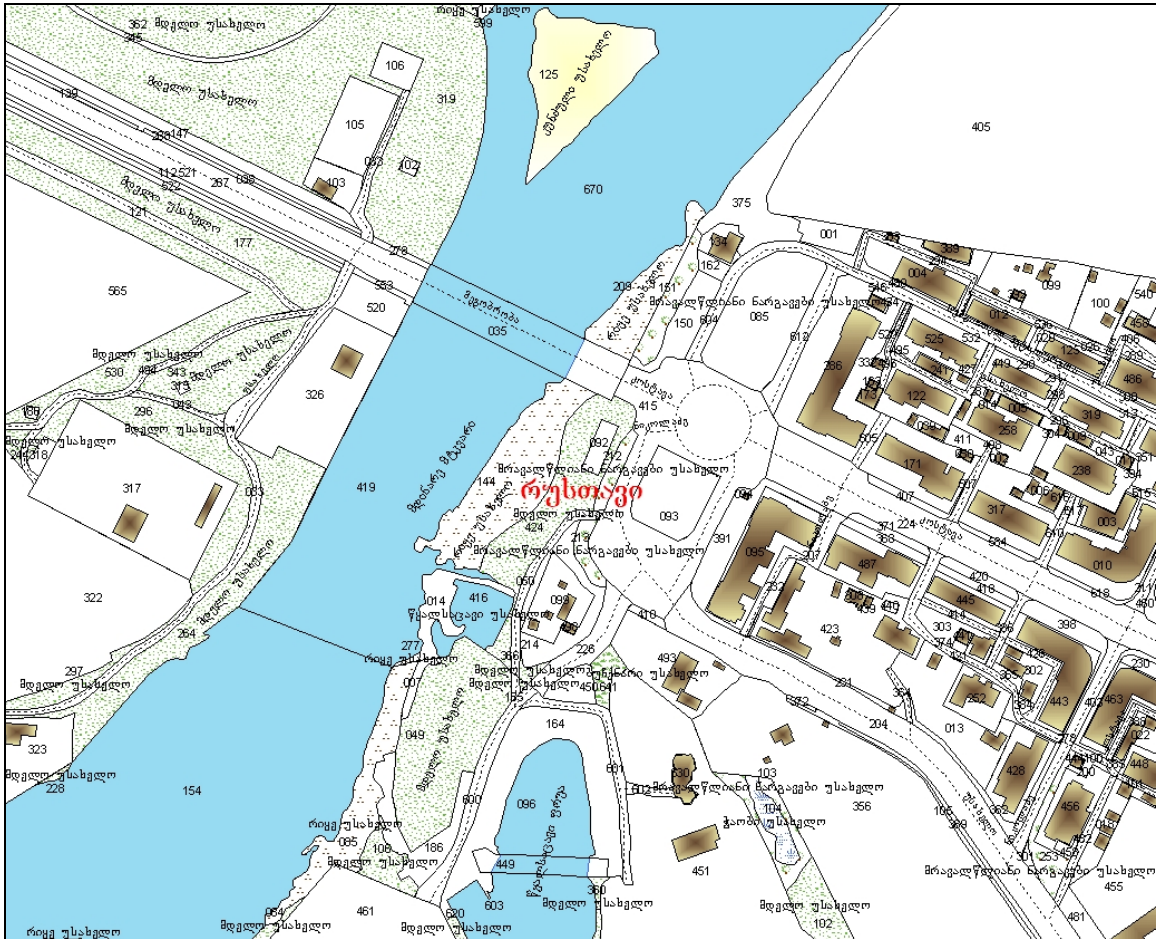


- შენობები.

Print on transparent film

Blank Page

ყველა ფენის ერთმანეთზე ზედღებით საბოლოოდ შეგვიძლია მივიღოთ ასეთი სურათი: (ნახ. 2)



საგულუსხმოა აღინიშნოს, რომ სივრცის კორექტული წარმოდგენისათვის აუცილებელია რომ ყოველი ფენა იყოს აგებული ერთგვარონად, ანუ ერთსა და იმავე გეოგრაფიულ და შესაბამისად ვირტუალურ ფარგლებსა და კოორდინატთა სისტემაში.

საზოგადოდ ნებისმიერი ობიექტი შეიძლება გრაფიკულად „დაიშალოს“, ანუ გამოისახოს ე.წ. “ერთეულოვანი ელემენტების” მეშვეობით, ესენია: წერტილები (Point), ხაზები (Line) და პოლიგონები (Polygon).

იმის და მიხედვით თუ რა მიზანს ემსახურება წარმოსადგენი ინფორმაცია, განისაზღვრება “დაშლის” ანუ გამოსახვის ელემენტების შემადგენლობა.

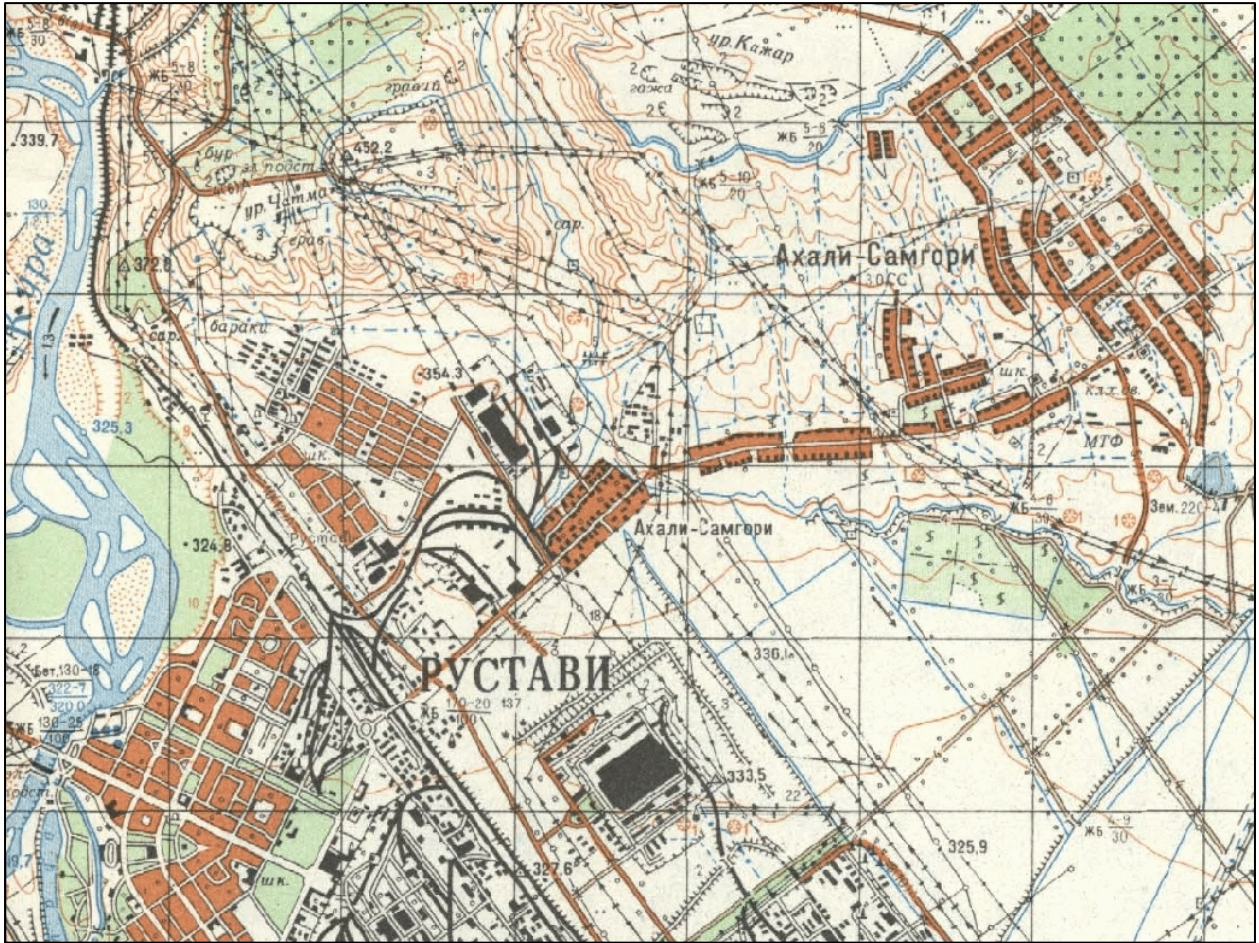
5. გის-ი და რუკები: ინფორმაციის ციფრული წარმოდგენის მეთოდები.

გეოინფორმაციული სისტემები განკუთვნილია სივრცული ინფორმაციის წარმოდგენისა და დამუშავებისთვის. ამავე დროს სივრცითი გამოსახულების კლასიკურ ფორმას წარმოადგენს *რუკა*. ბუნებრივია, რომ გის-ის საშუალებით მიღებული საბოლოო პროდუქტის უმთავრეს ფორმას ასევე *რუკა* უნდა წარმოადგენდეს.

აქედან გამომდინარე, აუცილებელია განვიხილოთ კარტოგრაფიის მთავარი კონცეფციები, წესები და მიდგომები (მეთოდები) ინფორმაციის ციფრული წარმოდგენის თვალსაზრისით.

ტრადიციული რუკები კარტოგრაფიული გამოსახვის საშუალებებით ასახავენ ინფორმაციას ობიექტების ანუ საგნების, მოვლენებისა და პროცესების სივრცით ანუ გეოგრაფიულ გამოვლინებებს (მდებარეობის) და მათი მახასიათებლების (ატრიბუტების) შესახებ. სივრცითი ინფორმაცია არის მდებარეობათა ერთობლიობა (მაგ. დასახლებული პუნქტები), ხოლო ატრიბუტები (მაგ. ქალაქი/სოფელი), დასახლება, ზომა/სიდიდე, ნომერი და ა.შ. – წარმოდგენილი ობიექტების მახასიათებლები.

მაგალითი – ტრადიციული (არაციფრული) ტოპოგრაფიული რუკა (ქ. რუსთავი, ფრაგმენტი) ნახ. 3



სადაც ნაჩვენებია როგორც სივრცითი ასევე ატრიბუტული (აღწერითი) ინფორმაცია.

განვიხილოთ რუკის **ციფრული წარმოდგენის** ერთეულულოვანი ელემენტები, მათი დანიშნულება და შესაძლებლობები:

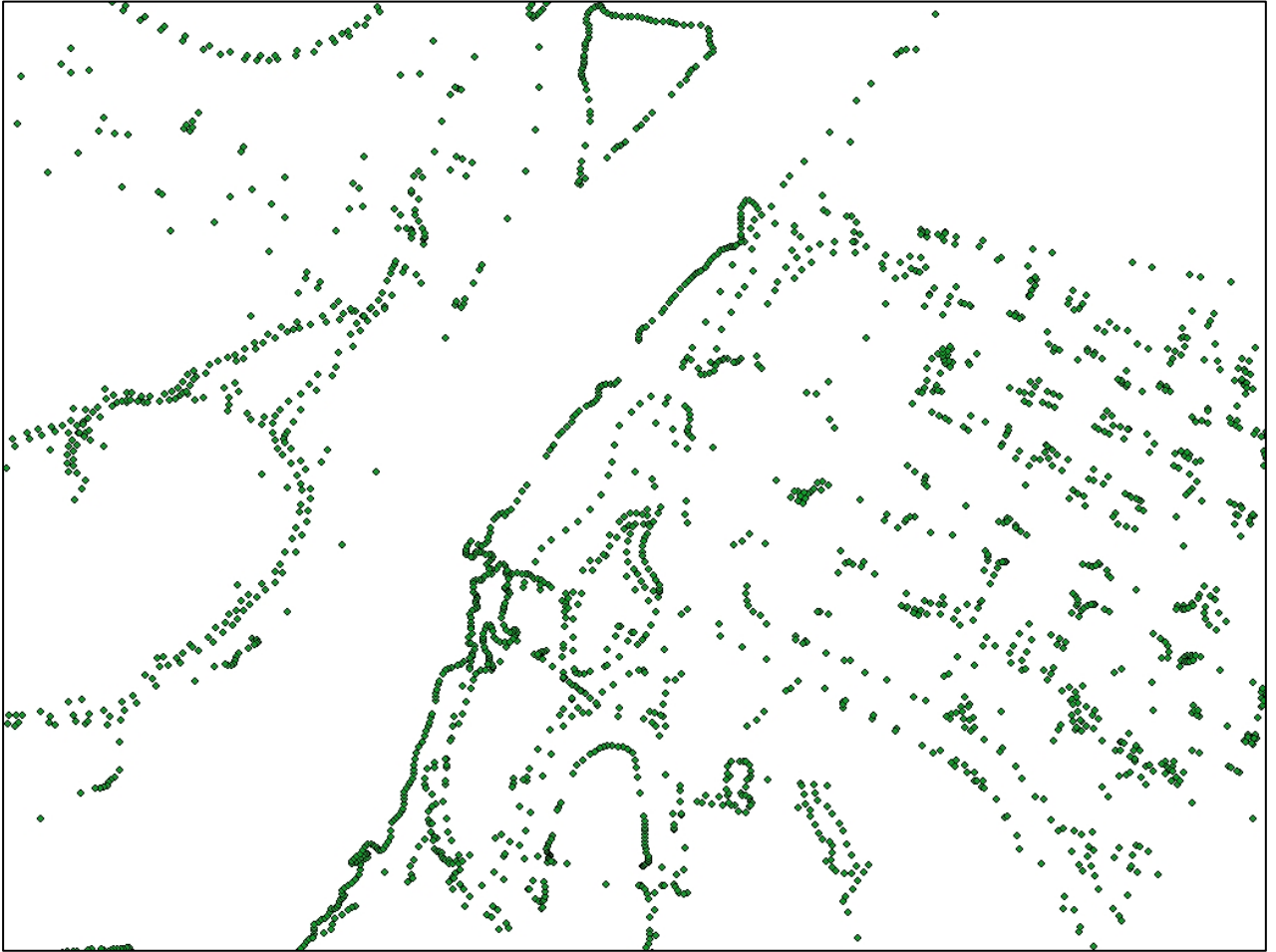
ვერტექსი (Vertex) ანუ მწვერვალი

წარმოადგენს გრაფიკული ინფორმაციის მათემაკიურ საფუძველს. მას არ გააჩნია ზომა და ატრიბუტები – მხოლოდ ადგილმდებარეობა (კოორდინატები) ვირტუალურ სივრცეში. იგი გამოსახავს მონაკვეთების შეხების (გადაკვეთის) ადგილს.

წერტილოვანი ელემენტები (წერტილები - Points)

წერტილები ციფრულ წარმოდგენაში ასახავენ უნიკალურ გეოგრაფიულ მდებარეობას. წერტილი წარმოადგენს ციფრული რუკის ერთეულოვან ელემენტს. საზოგადოდ წერტილი აღიწერება კოორდინატულ მნიშვნელობებითა (X, Y, Z) და ატრიბუტებით (თუ ასეთები არსებობს). ერთ წერტილს მხოლოდ ერთი ვერტექსი უნდა შეესაბამებოდეს.

მაგალითი: სივრცის წარმოდგენა წერტილოვანი ელემენტებით:



ნახ. 4

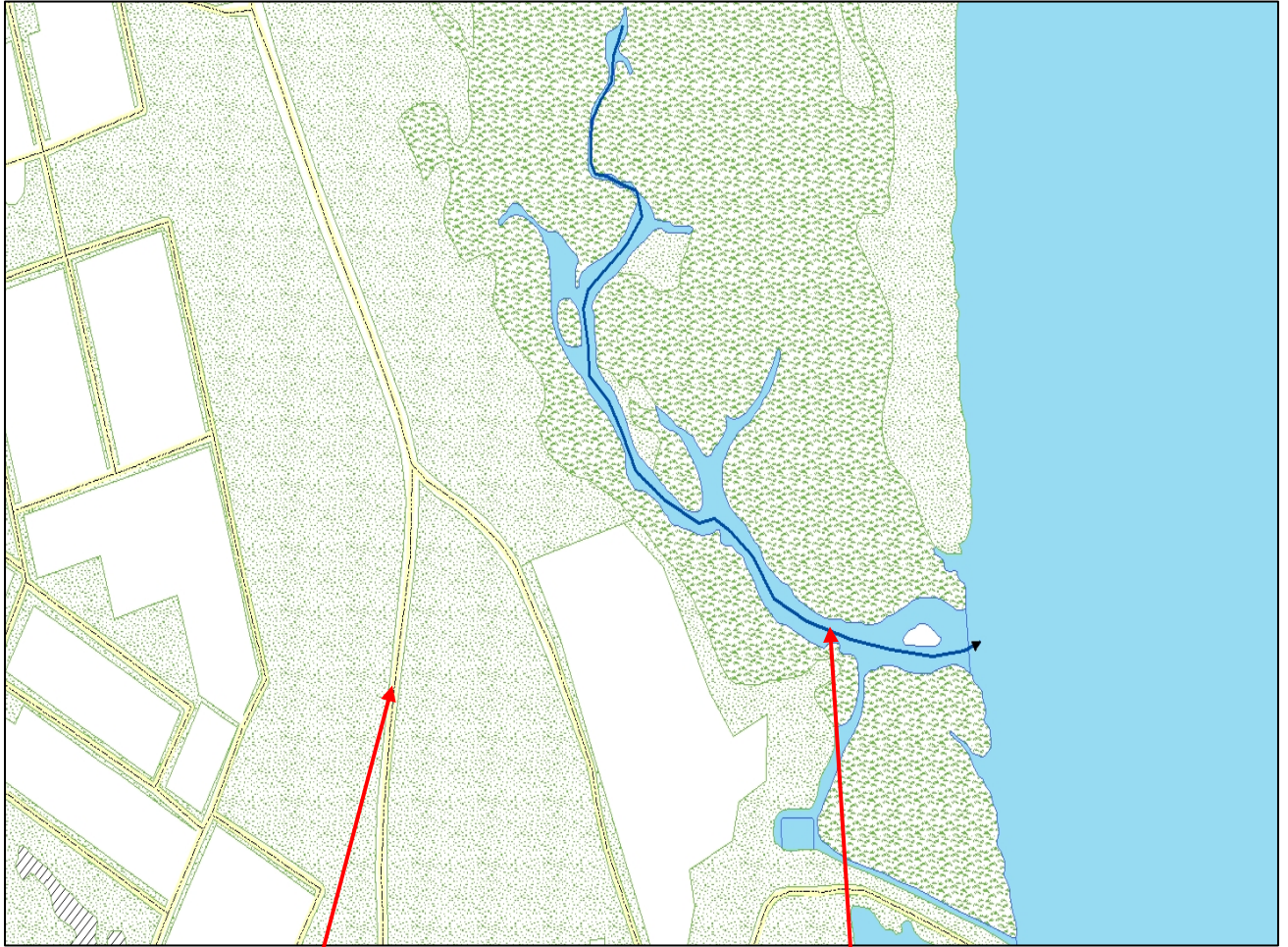
შენიშვნა – მოყვანილი სურათი წარმოადგენს მეოთხე პარაგრაფში მოყვანილი მაგალითის პირველად საფუძველს.

ხაზოვანი ელემენტები (Lines)

ხაზოვანი ელემენტები გამოიყენება ისეთი ობიექტების გამოსახვისათვის, რომელთაც არ გააჩნიათ ფიზიკური სისქე, მაგალითად გზის შუახაზი, მდინარის ღინების მიმართულება, ნაკვეთის საზღვარი და სხვა.

ამიტომ ხაზოვანი ელემენტები აღიწერებიან წერტილთა შორის შეერთებების ერთობლიობით ანუ ერთი ან რამდენიმე მონაკვეთის უწყვეტი ბმით და მათ გააჩნიათ სიგრძის რიცხვითი მნიშვნელობა.

შემდეგ მაგალითზე გამოსახული ხაზოვანი ელემენტები შეფერილია სხვადასხვა ფრად მათი გამოყენების თავისებურებათა შესაბამისად:

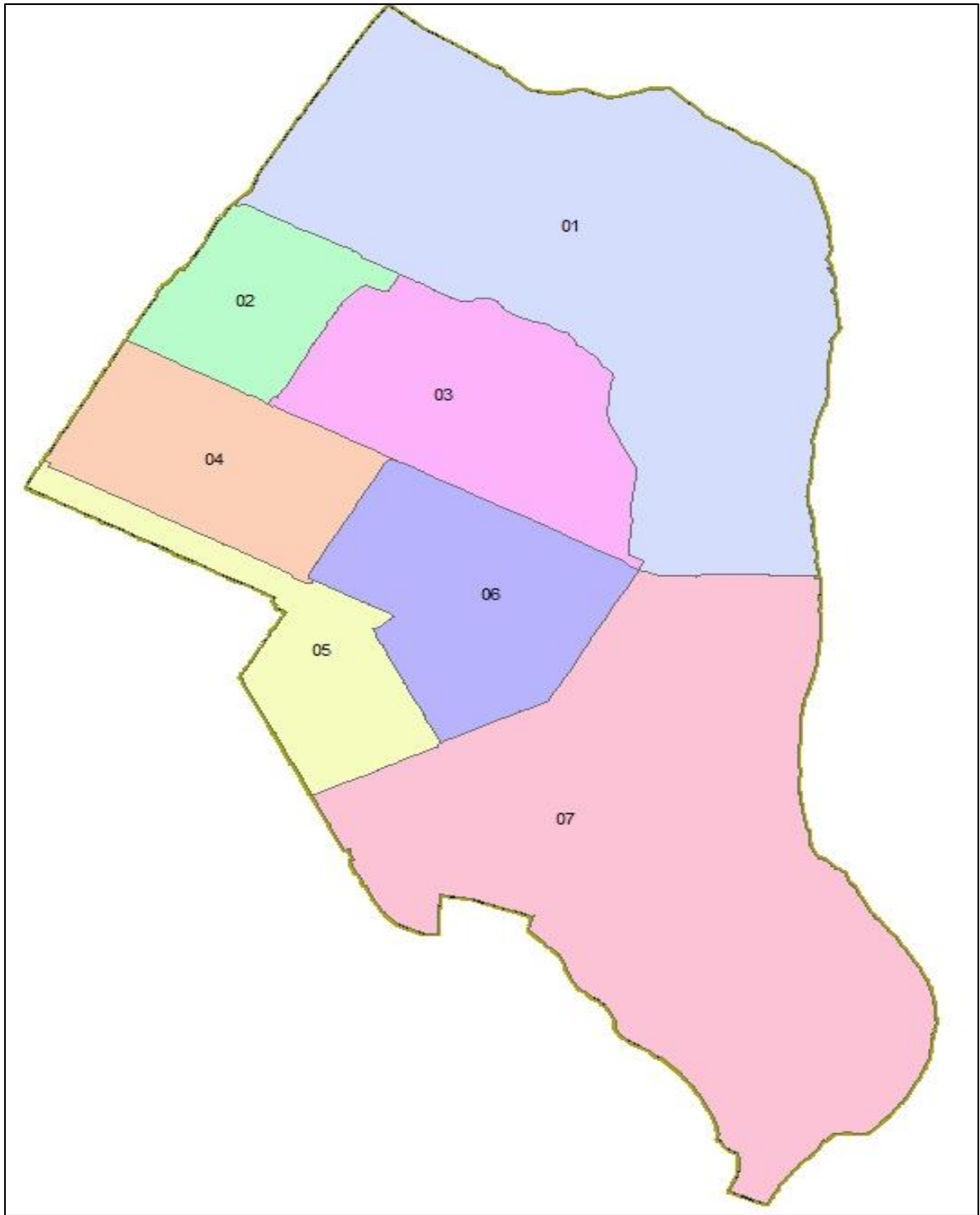


ნახ. 5 გზების შეახაზები, მდინარის დინების მიმართულება

პოლიგონური (Polygons) ანუ ფართობრივი ელემენტები

პოლიგონური ელემენტები წარმოადგენენ შეკრულ ფიგურას, რომელიც გამოსახავს შემოსაზღვრულ კომპოგენურ ერთეულს. პოლიგონური ელემენტი როგორც წესი განსაზღვრავს შემოსაზღვრულ არეალს და მას გააჩნია პერიმეტრისა და ფართობის რიცხვითი მნიშვნელობები.

ქვევით მოყვანილია პოლიგონური ელემენტების მაგალითი, სხვადასხვა ფერის პოლიგონებით გამოსახულია დასახლებული პუნქტის ერთეულები მათი ნომრების მითითებით:



ნახ. 6 პოლიგონური ელემენტები და მათი ატრიბუტული ასახვა (ფერი, ნომერი)

ციფრული რუკის მახასიათებლები

ობიექტის მდებარეობისა და მისი ატრუბუტული ინფორმაციის გარდა რუკა ასევე ხასიათდება ტექნიკური მახასიათებლებით, რომლებიც ასე განისაზღვრება:

- რუკის მასშტაბი (Map Scale);
- რუკის სიზუსტე (Map Accuracy);
- რუკის ფარგლები (Map Extent);
- მონაცემთა ბაზის არე (Data Base Extent).

განსხვავებით რუკის მასშტაბის ტრადიციული კონცეფციისა, რომელიც შემოსაზღვრულია ქალაქის ზომებითა და რუკაზე ასახული მანძილებით, ციფრული (დიგიტალური) რუკები არ არიან ფიქსირებული თავიანთ ფიზიკურ ზომებში.

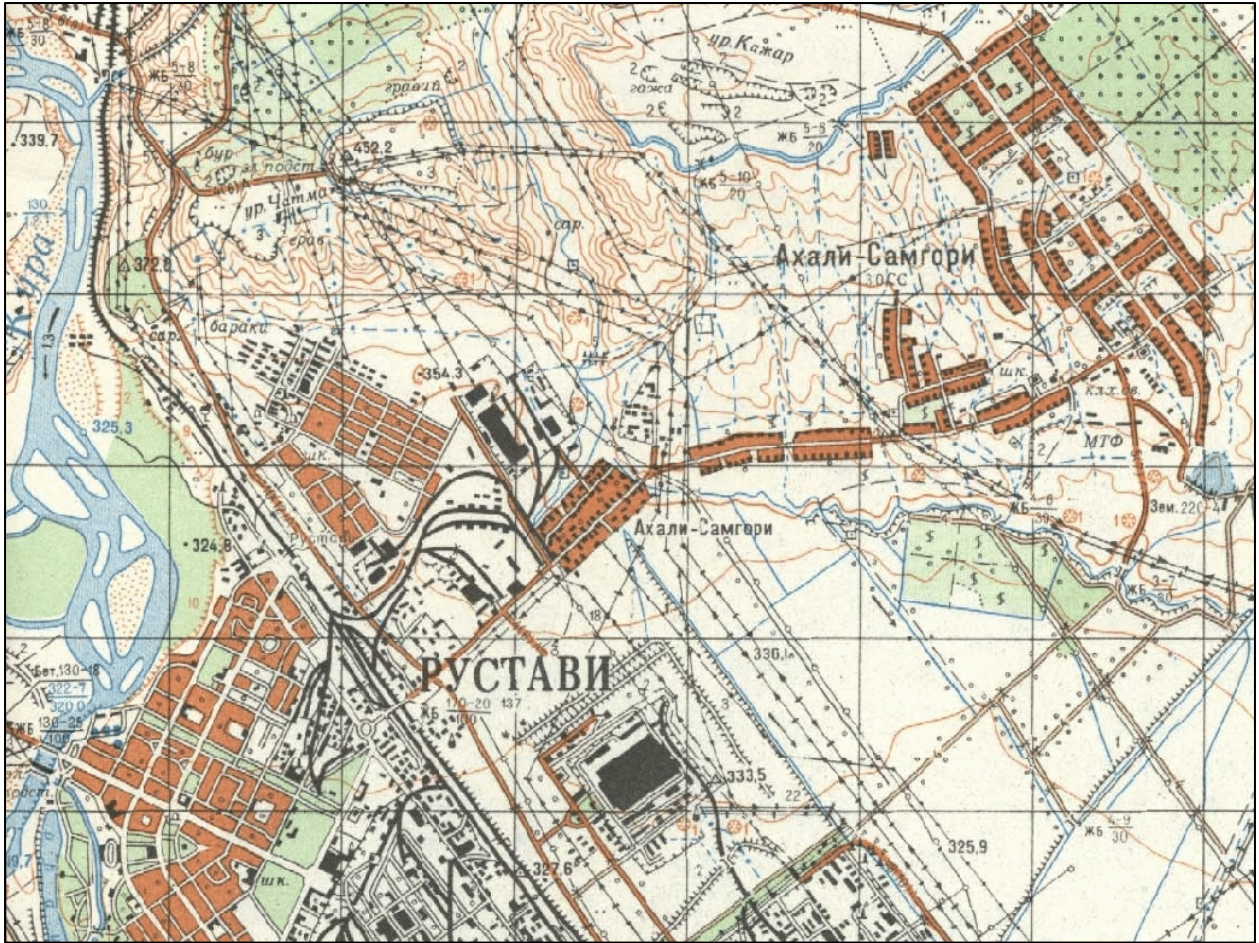
ციფრული რუკები შეიძლება ეკრანზე იქნას ნაჩვენები ან ქალაქზე დაბეჭდილი ნებისმიერი ზომით. ზომები იზღუდება მხოლოდ ტექნიკური საშუალებების აპარატურული შესაძლებლობებით.

ციფრული რუკების შემთხვევაში მასშტაბის ცნება გამოიყენება იმ საწყისი ინფორმაციის წყაროს მასშტაბის მისათითებლად, რომელიც გამოყენებულ იქნა ამა თუ იმ რუკის შესაქმნელად. მაგალითად, თუ მითითებულია რომ ციფრული რუკის მასშტაბია 1:100000, ეს ნიშნავს რომ ამ რუკას საფუძვლად დაედო ამავე მასშტაბის ქალაქის რუკა.

მიუხედავად ამისა, ციფრული რუკები იძლევა იგივე საშუალებებს მათი რაოდენობრივი და თვისობრივი მხარის შესაფასებლად (მაგ. მანძილების გაზომვებისათვის), ვინაიდან შესაძლებელია ორიგინალის სიზუსტისა და მახასიათებლების შენარჩუნება.

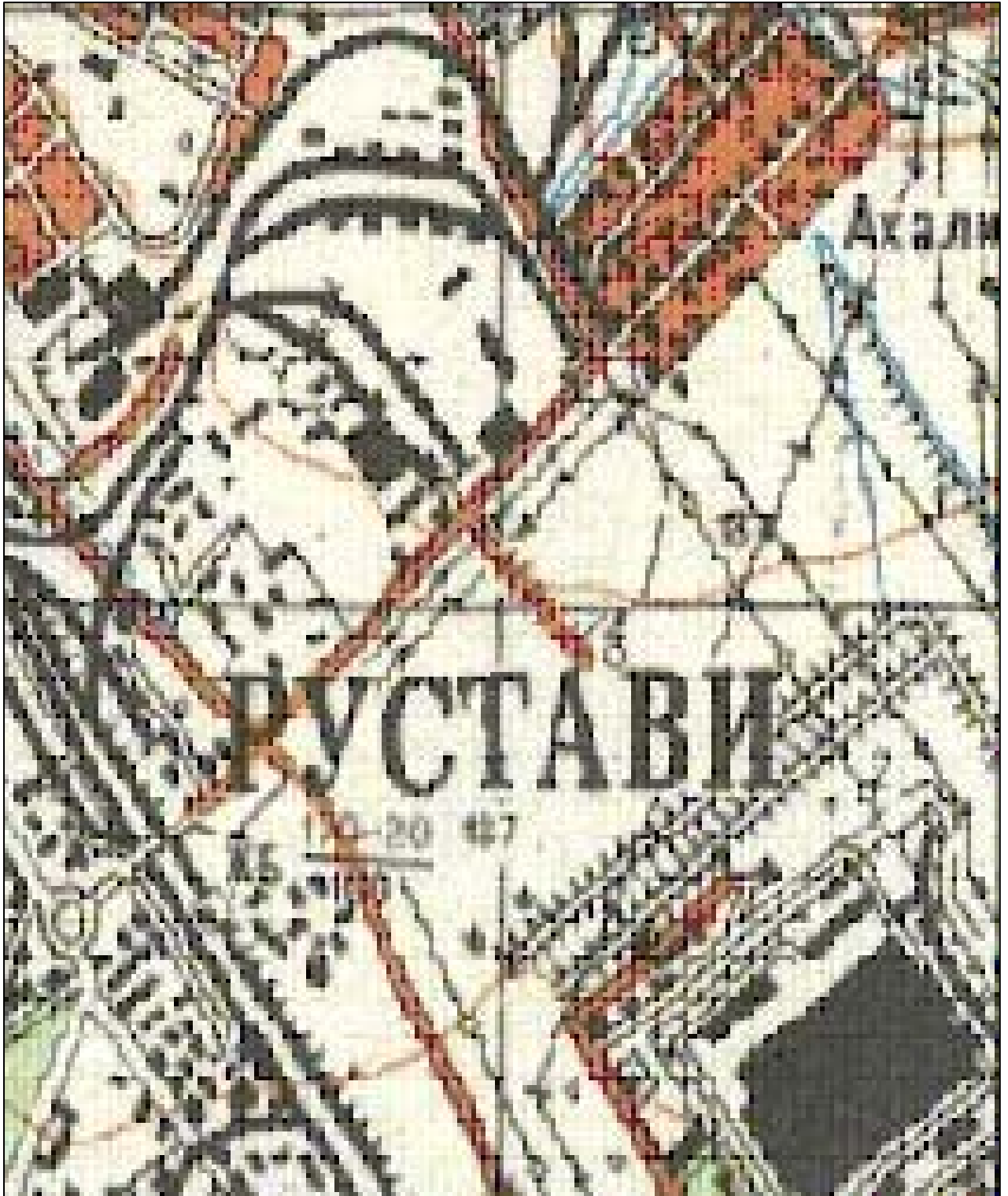
ამავე დროს, კომპიუტრის პროგრამული უზრუნველყოფა იძლევა რუკის გამოსახულების გაზრდის და/ან შემცირების (Zoom In, Zoom Out) საშუალებებს, რაც მომხმარებელს უბიძგებს ისეთი გამოსახულების გამოყენებისკენ, რომელიც ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს არსებული სურათის ადეკვატურ ასახვას. (იხ. ნახ. 7 და 8)

ტრადიციული რუკის კომპიუტერული სურათი (მასშტაბი 1:5000)



ნახ. 7

ასე გამოიყურება ამავე რუკის იგივე მასშტაბის ფრაგმენტი გადიდებული კომპიუტერული საშუალებებით (Zoom In):



ნახ. 8

როგორც მაგალითიდან ჩანს, ტრადიციული რუკის პრინციპების გამოყენება ციფრულ (კომპიუტერულ) მოდელზე ყოველთვის არ იძლევა სასურველ (კარგ) შედეგს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, რუკის “სურათის ხელოვნური”, ანუ კომპიუტერული გადიდება (Zoom In) ახდენს რუკის მთლიანი სურათის, გამოსახულების გადიდებას და არა თითოეული შემადგენელი ელემენტის პროპორციულ გაზრდას.

რუკის გარჩევადობა (Map Resolution)

რუკის გარჩევადობა ანუ რეზოლუცია მიუთითებს თუ რამდენად ზუსტად შეესაბამება რუკაზე გამოსახული თითოეული დეტალის (ობიექტის) ურთიერთ მდებარეობა გამოყენებულ მასშტაბთან მიმართებაში. მასშტაბი მოქმედებს გარჩევადობაზე. რაც უფრო მსხვილია მასშტაბი, მით უფრო დეტალურად არის წარმოდგენილი რეალობა, ხოლო მასშტაბის შემცირებისას საჭირო ხდება გამოსახულების დეტალიზაციის შემცირება ან ზოგიერთი ობიექტის საერთოდ უგულებელყოფა. ამას კარტოგრაფიაში *გენერალიზაციას* უწოდებენ.

რუკის სიზუსტე (Map Accuracy)

გარდა გარჩევადობისა რუკის გამოსახულების ხარისხს სხვა ფაქტორებიც განსაზღვრავენ, როგორებიცაა საწყისი მონაცემების ხარისხი, რუკის მასშტაბი, ხაზვის ხარისხი, ხაზების სისქე და სხვა. მაგალითად კალმით, რომლის ხაზის სისქეა 0.1 მმ, მასშტაბში 1:5000 დაიხაზება 5 მ სიგანის “დერეფანი”.

ციფრული რუკის სიზუსტის კრიტერიუმები:

- რუკის *აბსოლუტური სიზუსტე (Absolute accuracy)* ასახავს შესაბამისობას რუკაზე გეოგრაფიულ მდებარეობასა (მაგ. ქუჩის კუთხე) და მის რეალურ სამყაროში დედამიწაზე მდებარეობას შორის. აბსოლუტური სიზუსტე მნიშვნელოვანია კომპლექსური მონაცემებისათვის, როგორცაა აზომვითი სამუშაოების შედეგები.
- რუკის *ფარდობითი სიზუსტე (Relative accuracy)* მიუთითებს ცდომილებას ორ წერტილს შორის რუკაზე და რეალობაში. ანუ ფარდობითი სიზუსტე ასახავს მანძილების განსხვავებას ორ სხვადასხვა სახით წარმოდგენილ წერტილს შორის.
- *ატრიბუტების სიზუსტე (Attribute accuracy)* აღწერს დაკავშირებული მონაცემების ადექვატურობას, მაგალითად თუ რუკა მოიცავს ქუჩების/გზების მახასიათებლებს, რამდენად შეესაბამება ეს მახასიათებლები სინამდვილეს.
- რუკის *აქტუალურობა (Currency)* მიუთითებს თუ რამდენად “თანამედროვეა” მოყვანილი ინფორმაცია, ხომ არ არის ეს ინფორმაცია “მოძველებული”. აგრეთვე მნიშვნელოვანია ინფორმაციის დაძველების მახასიათებლები და კრიტერიუმები.

- რუკა შეიძლება ჩაითვალოს *დასრულებულად (Complete)*, თუ იგი მოიცავს მისთვის ყველა განსაზღვრულ ინფორმაციას. მაგალითად, დატანილია თუ არა ყველა ქუჩა. დასრულების ფაქტორი როგორც წესი დაკავშირებულია აქტუალურობასთან, რადგანაც მოქმედებს ე.წ. “დაძველების” ფაქტორი.

მოყვანილი კრიტერიუმების შერჩევას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას აქტუალურობისა და დროის ფაქტორები. მარტივად რომ ვთქვათ, მაღალი სიზუსტისა და აქტუალურობის რუკა უფრო ძვირია და მისი მომზადება უფრო დიდ დროს მითხოვს.

მიუხედავად რუკის სიზუსტის პარამეტრების წინასწარი მოთხოვნებისა, მისი სიზუსტე ასევე შეიძლება იყოს დამოკიდებული სხვა პარამეტრებზეც, რომლებიც შემდეგნაირად შეიძლება გაითვალისწინოს:

$$E = f(f) + f(l) + f(e) + f(d) + f(a) + f(m) + f(rms) + f(mp) + u$$

სადაც:

f = ცდომილება გამოწვეული დედამიწის ზედაპირის გადაყვანით ორგანოზომილებიან სიბრტყეში (სფერული გეომეტრიის პლანარულში გადაყვანა)

l = დედამიწის ზედაპირის აზომვების სიზუსტის კოეფიციენტი

c = კარტოგრაფიული ინტერპრეტაცია (თავისებურებათა აღწერის კორექტულობა)

d = ხაზოვანი ცდომილება (გამოყენებული აპარატურის, ტექნიკური საშუალებების)

a = ინფორმაციის გარდაქმნის ცდომილება (ანალოგურიდან ციფრულში)

m = ინფორმაციის მატარებლის მახასიათებლები (თანრიგები)

p = დიგიტალიზაციის პროცესის დასაშვები ცდომილება

rms = ფართობების გამოთვლის ცდომილება

mp = კომპიუტერული გამოთვლების სიზუსტე (დამრგვალებისას)

u = სხვა გაუთვალისწინებელი ცდომილებები

რუკის ფარგლები (Map Extent)

რუკის ფარგლები წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირის იმ ნაწილის საზღვრებს, რომელიც აისახება რუკაზე. საზოგადოდ რუკის არე წარმოადგენს მართკუთხედს, რომლის შიგნით თავსდება გამოსახულება. იგი უნდა იყოს საკმარისი სიდიდის, რათა დაიტოს წარმოსადგენი ტერიტორია არჩეულ მასშტაბში. რაც უფრო მცირეა მასშტაბი, მით უფრო დიდია დაფარული ტერიტორია.

მონაცემთა ბაზის ფარგლები (Data Base Extent)

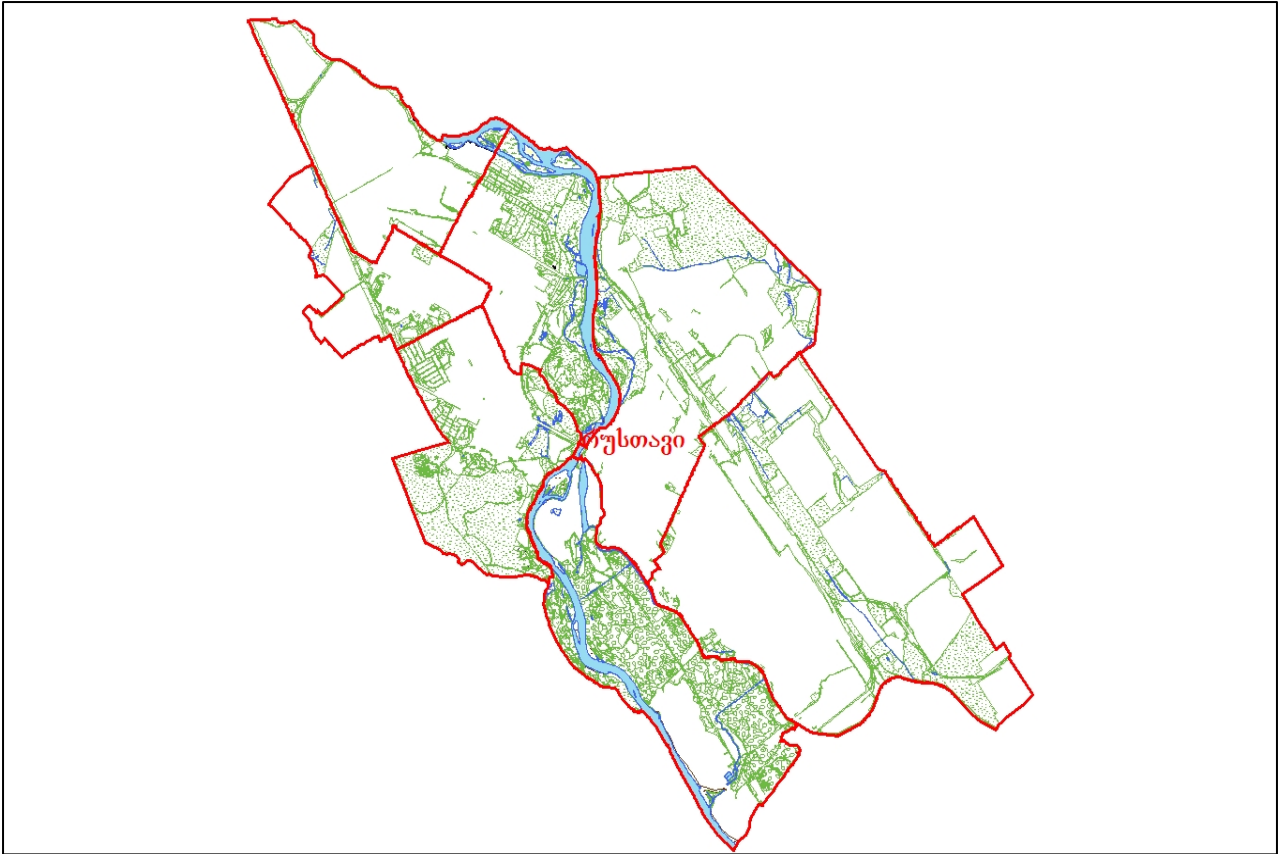
გეოგრაფიული ბაზის ფარგლების განსაზღვრა წარმოადგენს მისი შექმნის უმთავრეს ნაბიჯს. იგი განსაზღვრავს გის-ის პროექტის ფარგლებისა და რუკის ფარგლების თავსებადობასა და თანხვედრას.

მაგალითად:

თბილისის რაიონების რუკის ფარგლები განსხვავდება რუსთავის რუკის ფარგლებისაგან



ნახ. 9



ნახ. 10

ეს განსხვავება მდგომარეობს როგორც წარმოდგენილი ფარგლების რეალურ ფართობში, ასევე გამოყენებულ მასშტაბში, თუმცა ქაღალდზე დაბეჭდილი (ან ეკრანზე გამოსახული) რუკები ფიზიკურად დაახლოებით ერთი ზომისაა.

ციფრული რუკა იძლევა ერთსა და იმავე ტერიტორიის გაცილებით მეტი ინფორმაციის ასახვის საშუალებას, ვიდრე ტრადიციული “ქაღალდის” რუკა. უფრო მეტიც, ერთსა და იგივე ციფრულ რუკაზე დროის სხვადასხვა მომენტში, მომხმარებლის სურვილისდა მიხედვით, შეიძლება გამოისახოს სხვადასხვა სახის ინფორმაცია.

ზოგადად, ციფრული რუკა შეიძლება შეიცავდეს სამი ტიპის ინფორმაციას:

- ზედაპირის გეოგრაფიული ინფორმაცია მდებარეობისა და სპეციფიკის გამოსახულებებით;
- რუკის ყოველი ელემენტის ატრიბუტული (აღწერითი) არაგრაფიკული ინფორმაცია;

- გამოსახულების სპეციფიკაცია, რომელიც განსაზღვრავს თუ როგორ “გამოჩნდება” რუკა.

ზოგიერთი ციფრული რუკა შეიძლება არ შეიცავდეს ყველა ტიპს. მაგალითად რასტრული რუკები არ შეიცავენ ატრიბუტულ ინფორმაციას, ხოლო ვექტორული შეიძლება არ შეიცავდეს გამოსახულების სპეციფიკაციებს.

გეოგრაფიული ინფორმაცია (Geographic Information)

ციფრულ რუკებზე გეოგრაფიული ინფორმაცია ასახავს რუკის თითოეული ელემენტის მდებარეობას. ეს ჩვეულებრივ მიიღწევა მდებარეობის წყვილი X,Y ან სამგანზომილებიანი X,Y,Z კოორდინატების მითითებით. ყველა ვექტორული გეოგრაფიული სისტემები იყენებენ სამი ძირითად ტიპის გეომეტრიულ ობიექტებს:

- *წერტილი (Point)*: კოორდინატთა წყვილები;
- *ხაზი (Line)*: ორი ან მეტი წერტილი, განსაზღვრული თანმიმდევრობით;
- *პოლიგონი (Polygon)*: ხაზებით შემოსაზღვრული ტერიტორია.

ზოგიერთი სისტემა აგრეთვე იყენებს დამხმარე ელემენტებს, როგორცაა მაგალითად *რკალი*, *წრე*, *ელიფსი* და *სხვა*.

ატრიბუტული ინფორმაცია (Attribute Information)

ატრიბუტული ინფორმაცია აღწერს არსებულ ობიექტებს და როგორც წესი არ არის გრაფიკული. ხშირად ეს ინფორმაცია ინახება გრაფიკული ინფორმაციისგან დამოუკიდებლად (სხვაგან) და უკავშირდება მათ საგანგებოდ შექმნილი კავშირების მეშვეობით. ამ კავშირების თავისებურებები სხვადასხვაა ყოველი გის-ისთვის. ეს კავშირები და მათი თავისებურებები დეტალურად განიხილება მოგვიანებით, შემდეგ პარაგრაფებში.

გამოსახულების ინფორმაცია (Display Information)

გამოსახულების ანუ დისპლეის ინფორმაცია განსაზღვრავს თუ როგორ იქნება “გამონათებული” ან “დახაზული” ესა თუ ის რუკა. აქ იგულისხმება გამოყენებული ფერები, ხაზების მახასიათებლები, ტექსტის დატანის ფორმები, კანონზომიერებები და სხვა.

ბუნებრივია, რომ რუკის საბოლოო შედეგის ეფექტურობა დამოკიდებულია, თუ როგორ გამოიყურება იგი.

რუკები და ინფორმაციის ანალიზი

კომპიუტერული კარტოგრაფია ხასიათდება გარკვეული შეზღუდვებითაც. გის-ის უმთავრეს მიზანს არა მარტო ხარისხიანი რუკების (გამოსახულებების) მომზადება წარმოადგენს, არამედ რუკის ანალიზის შესაძლებლობების უზრუნველყოფაცაა. პირველ რიგში, ეს ეხება შესაძლო შეცდომების აღმოჩენასა და მათ აღმოფხვრას. ზოგადად, სივრცის რეალური სურათის ვირტუალურ გამოსახულებად გარდაქმნისას შესაძლოა მთელი რიგი ლოგიკური წესებისა და ბუნებრივი ნორმების დარღვევა, მაგალითად არსებული კავშირების (ხაზების) წყვეტა ან არარსებული გადაკვეთების წარმოქმნა. სწორედ ასეთი სახის ინფორმაციის ანალიზი (და არა მარტო ეს!) წარმოადგენს გის-ის მნიშვნელოვან შესაძლებლობებს.

6. სივრცითი მონაცემების მოდელირება და მოდელირების მეთოდები.

სივრცითი მონაცემების მოდელირებისა და წარმოდგენის საშუალებები გის-ის ყველაზე რთული და გადამწყვეტი საკითხებია.

მონაცემთა ორგანიზების მეთოდის შერჩევა განსაზღვრავს გის-ის შესაძლებლობებსა და დასმული ამოცანის გადაწყვეტის ეფექტურობას. არასწორად არჩეული მონაცემთა სტრუქტურები, მათი არასათანადო წარმოდგენა და მოდელირება მნიშვნელოვნად ართულებს დასმული მიზნის მიღწევას, ზოგიერთ შემთხვევაში კი შეუძლებელსაც ხდის მას.

მონაცემთა ციფრული მოდელი წარმოადგენს ინფორმაციის ორგანიზების კონცეფტუალურ, ლოგიკურ და სემანტიკურ საფუძველს. ამ შემთხვევაში იგულისხმება არა მხოლოდ რიცხვითი (რაოდენობრივი) მახასიათებლები, არამედ ობიექტების მდებარეობის სივრცული წარმოდგენა, ტოპოლოგიური სურათი, ურთიერთკავშირები, აღწერითი ატრიბუტიკა და სხვა. ყველა ამ ტიპის მონაცემებს ინფორმაციულ ტექნოლოგიებში უნდა შეესაბამებოდეს გარკვეული ტიპის მონაცემთა სტრუქტურა, მიუხედავად იმისა, რომ ნებისმიერი მათგანი საბოლოო ჯამში ციფრულად იქნება წარმოდგენილი.

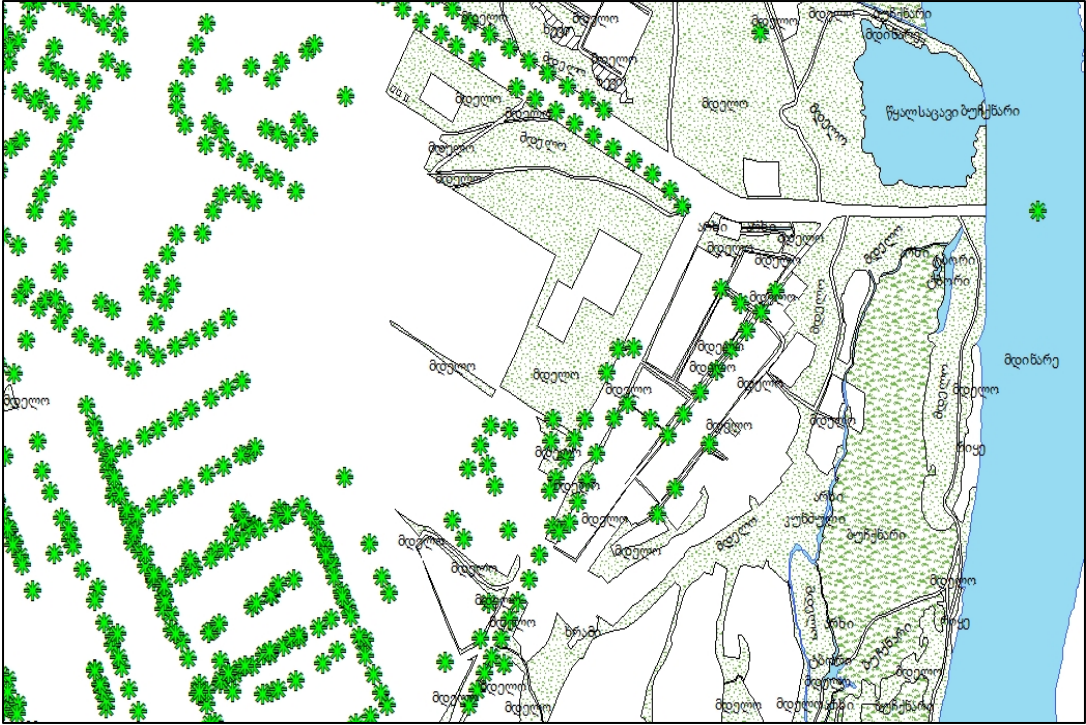
ზემოთ განმარტებული ცნებები - “წერტილი”, “ხაზი”, “პოლიგონი”, “ატრიბუტები” და სხვა - განეკუთვნება ინფორმაციის სტრუქტურირების სხვადასხვა რანგსა თუ კატეგორიას. ისინი შეიძლება შემდგენიერად დაგაჯგუფოთ:

<p>ერთეულოვანი მონაცემების მოდელი: წერტილი, ხაზი, პოლიგონი, ატრიბუტი</p>
<p>მონაცემთა სტრუქტურები: ნუსხა, მატრიცა, კავშირები, მანქანებლები</p>
<p>ფაილური სტრუქტურა, ფორმატები: ფაილების ტიპები, ფაილების ორგანიზება</p>
<p>მონაცემთა ბაზის სტრუქტურა, მეტამონაცემები: ფენები, კლასიფიკატორები</p>

პრაქტიკულად, გეოინფორმაციული სისტემის აგება შესაძლებელია ნებისმიერი ზემოთ მოყვანილი ჯგუფისა თუ კატეგორიის გამოყენებით. ზოგადად, ზემოთ მოყვანილი სქემა ასახავს გეოინფორმაციული სისტემების განვითარების ეტაპებს.

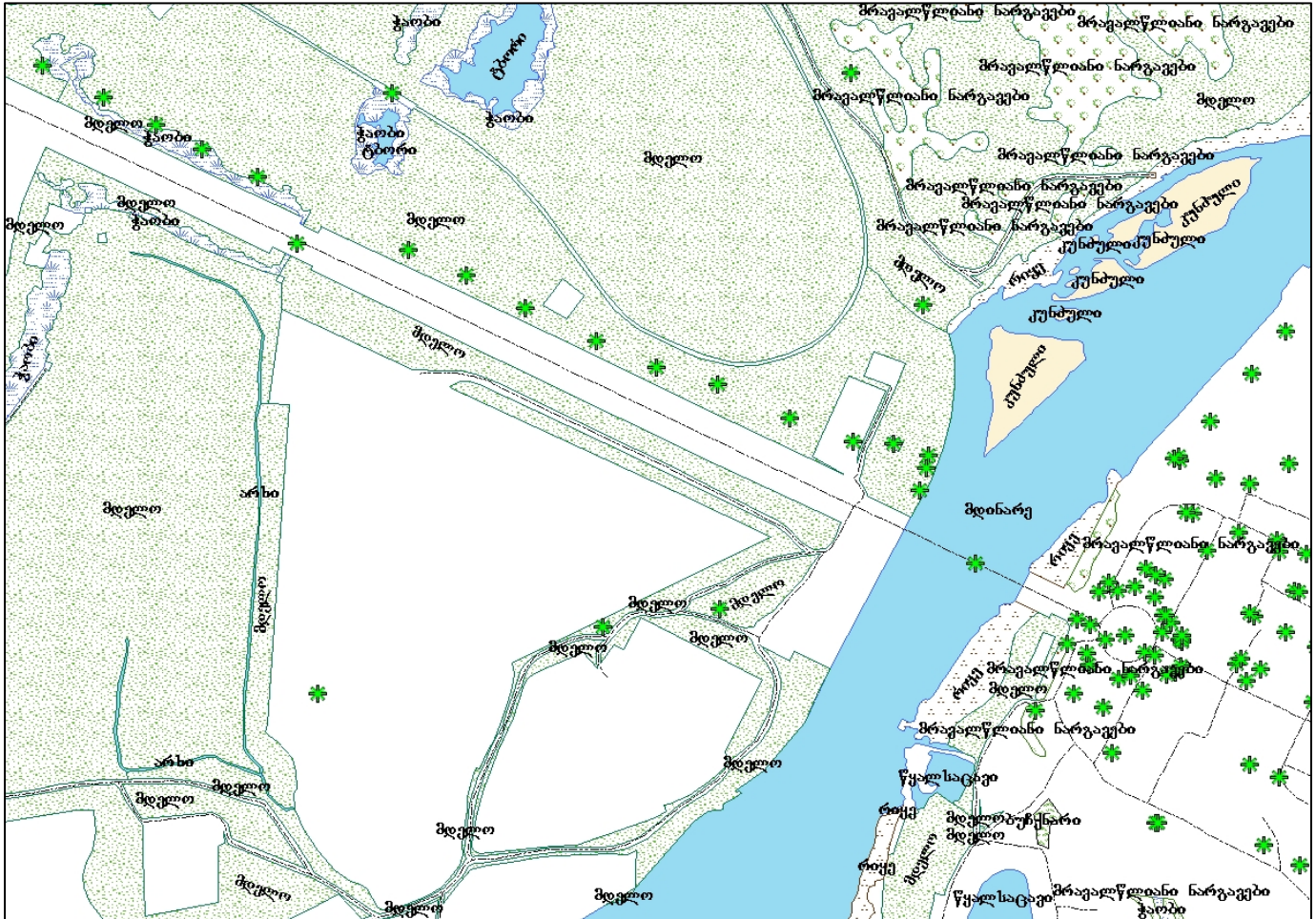
ერთეულოვანი მონაცემების მოდელის აგების პრინციპი დამყარებულია ყოველი ობიექტის ერთეულოვან ელემენტებად დაშლის პრინციპზე. ობიექტის ერთეულოვანი ელემენტი ანუ “ელემენტარული ნაწილაკი” განისაზღვრება თვით ობიექტის თავისებურებებიდან გამომდინარე.

მაგალითად, მწვანე ნარგავების წარმოსადგენად შეიძლება იყოს გამოყენებული თითოეული ხის (ან ბუჩქის) წერტილოვანი ელემენტების ერთობლიობა



ნახ. 11

ან ნარგავების მიერ დაკავებული ტერიტორიის საზღვარი გამოსახული ხაზების ერთობლიობით ან პოლიგონით.

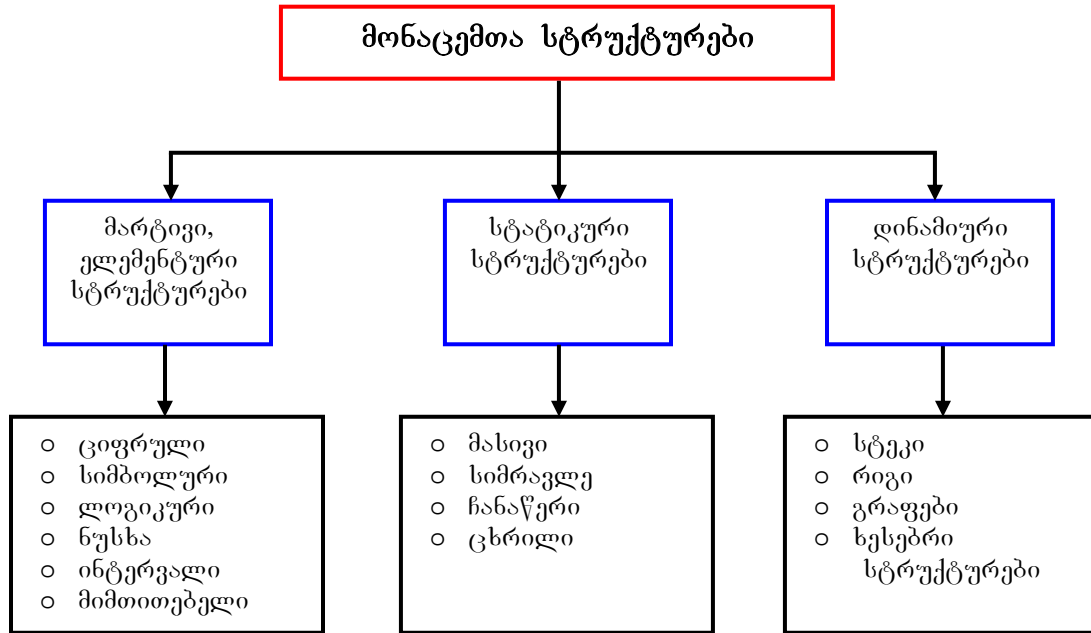


ნახ. 12

მონაცემთა სტრუქტურირების პრინციპი გამოიყენება ერთეულოვანი ელემენტების ზოგადი ტიპობრივი მახასიათებლების მიხედვით გაერთიანების მიზნით. იმისათვის, რომ უფრო მოხერხებულად წარმოვადგინოთ და მაშასადამე, დავამუშავოთ სხვადასხვა სახის ელემენტები, აუცილებელია მათი დაჯგუფება ანუ სტრუქტურირება საერთო პარამეტრების მიხედვით. ამის შემდეგ მათი დამუშავება აღარ მოითხოვს ცალკეულ მეთოდებს ყოველი ელემენტისათვის, არამედ ერთი და იგივე სტრუქტურული ჯგუფის ყველა ელემენტისათვის გამოიყენება ერთი პროცესი.

მონაცემთა სტრუქტურირების პრინციპი წარმოადგენს ინფორმაციული ტექნოლოგიების ერთ-ერთ ფუნდამენტურ მიდგომას, რომელიც საფუძვლად უდევს მონაცემთა დამუშავების მრავალ მიმართულებას. ამიტომ, ქვემოთ განვიხილავთ ამ მიდგომის ძირითად ასპექტებს.

როგორც ზევით უკვე იყო განხილული, წარმოსადგენი ობიექტის ინფორმაცია ანუ მისი აღმწერი მონაცემები შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ციფრული სახით. თვით აღმწერი მონაცემები ჯგუფდება ლოგიკური და/ან სემანტიკური (შინაარსობრივი) მახასიათებლების მიხედვით. ეს შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:



ნახ. 13

სტრუქტურირების თითოეული ჯგუფი შეიძლება შემდეგნაირად განიმარტოს:

მარტივი, ელემენტური სტრუქტურები:

- ციფრული ანუ რიცხვითი ტიპი (Number) აერთიანებს რაოდენობრივ ან ნომერულ მონაცემებს, რომლებიც თავის მხრივ ჯგუფდება –
 - მთელი რიცხვი (Integer) – რომლის მნიშვნელობათა საზღვარი განპირობებულია გამოყოფილი თანრიგების (ბაიტების Byte) ოდენობით, რაც თავის მხრივ განისაზღვრება კონკრეტული სისტემის შესაძლებლობებით. მაგალითად, თუ მთელი რიცხვის წარმოდგენისათვის განკუთვნილია 4 ბაიტი (16 ბიტი Bit), მაშინ მთელი რიცხვის წარმოდგენის საზღვრებია 0-დან 65535-მდე. ცხადია რომ ასეთი შეზღუდვა ვერ უზრუნველყოფს ყველა შესაძლო მოთხოვნებს. ამიტომ არსებობს კიდევ ე.წ. “მრავალბაიტიანი” (Long Integer) კონსტრუქციები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზრდიან წარმოდგენის საზღვრებს;
 - ნამდვილი რიცხვი (Decimal) წარმოდგენა ხდება მთელი რიცხვის ანალოგიურად, სადაც მთელი და წილადი

ნაწილების გამოსახვა ხორციელდება სხვადასხვა მათემატიკური მეთოდის გამოყენებით. ნამდვილი რიცხვის გამოსახვის სიზუსტე ასევე განისაზღვრება გამოყენებული თანრიგების (ბაიტების) რაოდენობით.

- *სიმბოლური, ანბანური ანუ ტექსტური* ტიპი (Text) აერთიანებს ტექსტური ინფორმაციის მონაცემებს, რომლებიც ასევე ჯგუფდება:
 - სიმბოლო, ანუ ანბანური ელემენტი (Character) – წარმოადგენს ერთ ანბანურ სიმბოლოს, მაგალითად A, B, C, a, x, z, და სხვა. საგულისხმოა აღინიშნოს, რომ ციფრები (0, 1, 2, და ა.შ.) და სასვენი ნისნები ასევე აღიქმება როგორც ანბანური ერთეულები.
 - ტექსტი, სტრიქონი (Text, String) წარმოადგენს ერთ ჯგუფში გაერთიანებულ ანბანურ სიმბოლოთა ერთობლიობას. ერთ ჯგუფში შემაჯალ სიმბოლოთა შესაძლო რაოდენობა შეზღუდულია და უმეტეს შემთხვევაში არ აღემატება 255-ს.
 - ტექსტური შენიშვნები (Note, Memo) შეიძლება შეიცავდეს გაცილებით მეტ სიმბოლოს, რაც ასევე განპირობებულია კონკრეტული სისტემის შესაძლებლობებით. ზოგადი წინაპირობაა, რომ *ტექსტისგან* განსხვავებით *შენიშვნის* მონაწილეობით შესაძლებელ ოპერაციათა სპექტრი შეზღუდულია. ეს თავისებურებები და შეზღუდვები უფრო დეტალურად განხილულია შემდგომ პარაგრაფებში.
- *ლოგიკური* ტიპი (Logical, Boolean) გამოიყენება ორი უკიდურესი მდგომარეობის ასახვისათვის:
 - კი/არა (Yes/No);
 - ჭეშმარიტი/მცდარი (True/False);
 - ჩართული/გამორთული (On/Off).
- *ნუსხა* (List) გამოიყენება წინასწარ დადგენილი სასრული რაოდენობის მნიშვნელობათა დასაჯგუფებლად, ასეთებია:
 - მნიშვნელობათა ჩამონათვალი – მაგალითად აკვატორიები (წყლით დაფარული ზედაპირები): “მდინარე”, “ზღვა”, “ტბა”, “ტბორი”, “ჭაობი”, “წყალსაცავი”;
- *ინტერვალის* ტიპი გამოიყენება უწყვეტი თანმიმდევრობის წარმოდგენისათვის მხოლოდ სასაზღვრო მნიშვნელობათა მითითების საშუალებით:
 - ობიექტების ერთგვაროვანი პარამეტრების სრული მითითების მაგივრად შესაძლებელია მითითებული იქნას საწყისი, საბოლოო და ინტერვალის მნიშვნელობები. ინტერვალის განსაზღვრავს ყოველი შემდგომი მნიშვნელობის გამოთვლის კანონზომიერებას. მაგალითად - ქუჩაზე სახლების ნომრების

სტრუქტურული აღწერა (5, 19, 2) წარმოადგენს ნომრებს 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, ამასთან რიცხვი 2 მიუთითებს ინტერვალის ბიჯს, ანუ ქუჩის “კენტ მხარეს”.

- მიმთითებელი (ან ბმული) (Link) გამოიყენება სხვადასხვა ინფორმაციული ბლოკების (მოდულების) დასაკავშირებლად:
 - მაგალითად აღწერა – “AllPoints” (ყველა წერტილი) მიუთითებს მონაცემთა ერთობლიობის ყველა ელემენტს, რომელიც ერთიანდება წერტილოვანი მახასიათებლებით.

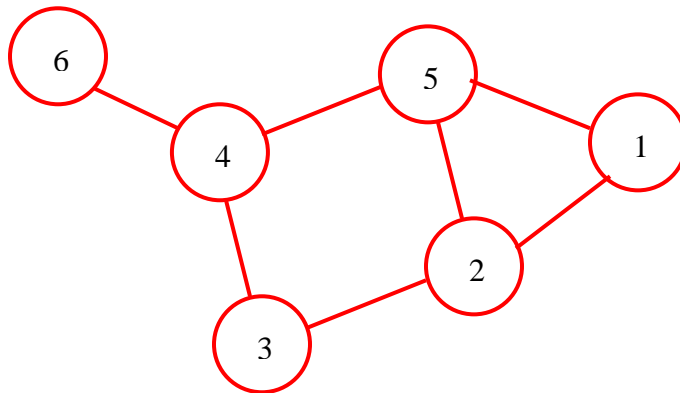
სტატისკური სტრუქტურები:

- მასივები – (Array) წარმოადგენს ერთგვაროვანი ელემენტების ერთობლიობას, მოწესრიგებულს (ინდექსირებულს ანუ გადანომრილს) არსებული კანონზომიერების მიხედვით. განვიხილოთ ძირითადი პრინციპები:
 - ვექტორი წარმოადგენს ერთგვაროვან მონაცემთა ერთგანზომილებიან ერთობლიობას, რომელიც აღიწერება საერთო სახელითა და ელემენტების მახასიათებლებით და/ან რაოდენობით: მაგალითად აღწერა - “Name(1;5000) String” ნიშნავს 5000 ტექსტურ ელემენტს, გადანომრილს 1-დან 5000-მდე, ამასთან ყოველი ელემენტის საერთო სახელია “Name”, ხოლო თვით ელემენტი განისაზღვრება რიგითი ნომრით;
 - მარტივა წარმოადგენს მონაცემთა ორგანზომილებიან სიმრავლეს, სადაც საერთოა სახელი, ხოლო ელემენტები წარმოადგენილია (ან გადანომრილი) სტრიქონებისა და სვეტების სახით. მაგალითად აღწერა - “NameAddress(1;2, 1;5000) String” ნიშნავს ტექსტური ელემენტების 2 სვეტისა და 5000 სტრიქონის ერთობლიობას, გადანომრილს 1-დან 5000-მდე, ამასთან ყოველი ელემენტის საერთო სახელია “NameAddress”, ხოლო თვით ელემენტი განისაზღვრება რიგითი ნომრების კომბინაციით – მატრიცული ინდექსირების (გადანომრვის) შესაბამისად;
- სიმრავლე – (Dataset) გამოიყენება არაერთგვაროვანი ტიპის მონაცემთა დასაჯგუფებლად. იგი წარმოადგენს მატრიცის განზოგადოებულ სტრუქტურას და გამოისახება ცხრილური ფორმით.
- ჩანაწერი – (Record) წარმოადგენს ინფორმაციის დასრულებული ერთობლიობის ასახვის სტრუქტურულ ერთეულს. ჩანაწერი შეიძლება შეიცავდეს სხვადასხვა სტრუქტურული ერთეულების ერთობლიობას, ამასთან ერთეულების განაწილება ან მდებარეობა ყოველ ახალ ჩანაწერში წინასწარ არ არის განსაზღვრული.

- *ცხრილი* – (Table) ისეთი სტრუქტურული სახეა (მატრიცა), სადაც სვეტების და სტრიქონების რაოდენობა წინასწარ არ განისაზღვრება, განისაზღვრება მხოლოდ მნიშვნელობათა შემცველი ელემენტების დასახელებები (იდენტიფიკაცია) და ტიპი. ცხრილები როგორც წესი წარმოადგენენ მონაცემთა ბაზების ერთერთ უმთავრეს სტრუქტურულ ელემენტს.

დინამიური სტრუქტურები:

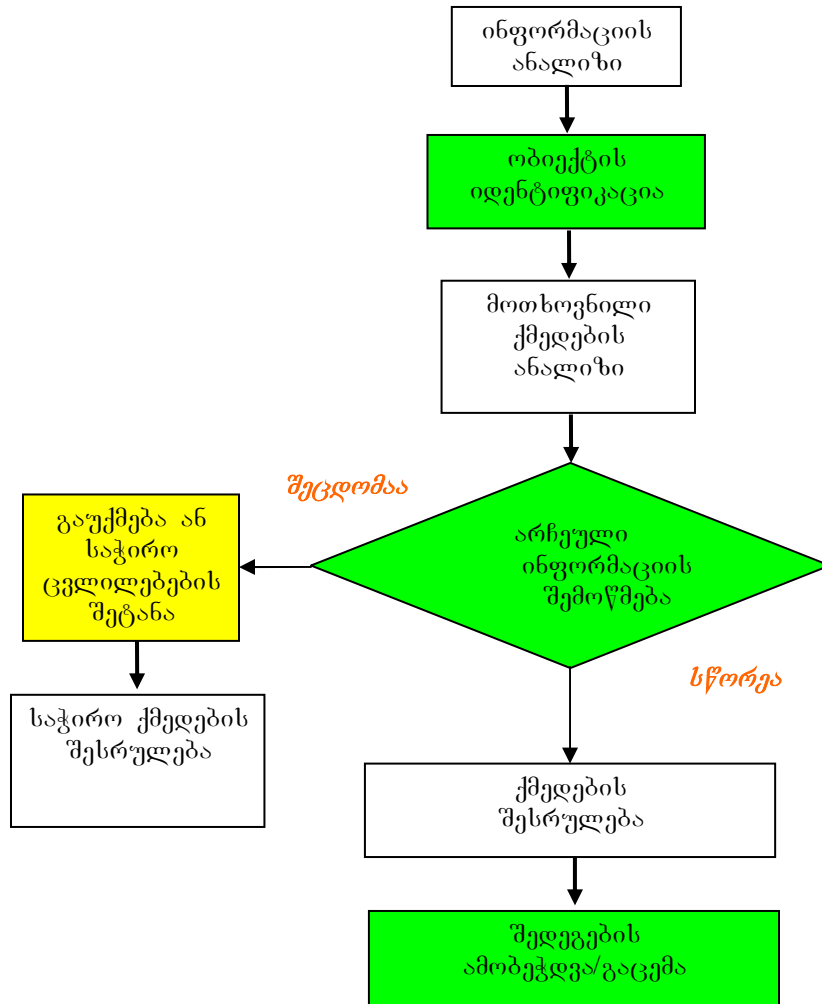
- *სტეკი* – (Steck) წარმოადგენს ერთგვაროვან მონაცემთა ისეთ ერთობლიობას, რომელთა ელემენტების რაოდენობა წინასწარ განსაზღვრულია, ხოლო თვით ელემენტების მნიშვნელობები დროის გარკვეულ მონაკვეთში იცვლება. ამასთან ყოველი ახალი მნიშვნელობა ცვლის სტეკში არსებულ ბოლო (ზედა) ელემენტს.
- *რივი* – ორგანიზებულია სტეკის ანალოგიურად, იმ განსხვავებით რომ ყოველი ახალი მნიშვნელობა იკავებს “ბოლო ადგილს”, ანუ ყოველი ახალი მნიშვნელობა “გამოდენის” პირველ ელემენტს.
- *გრაფები და ხესებრი სტრუქტურები* – წარმოადგენენ ელემენტებს შორის არსებული ლოგიკური კავშირების წარმოდგენის საშუალებებს. მაგალითად, გრაფის სტრუქტურული სახე ასე შეიძლება გამოიყურებოდეს:



ნახ. 14

ანუ ელემენტს “6” კავშირი აქვს მხოლოდ ელემენტთან “4”, როდესაც ელემენტი “1” ერთდროულად დაკავშირებულია “2” და “5” ელემენტებთან. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ინფორმაციის მიმოცვლა “1” და “6” ელემენტებს შორის შეიძლება განხორციელდეს რამოდენიმე მარშრუტით, მაგ: 1-2-3-4-6, 1-5-4-6 ან 1-5-2-3-4-6.

ხოლო ხესებრი სტრუქტურისა ასე:



ნახ. 15

როგორც მაგალითებიდან ჩანს გრაფები და ხესებრი სტრუქტურები ძირითადად გამოიყენება პროცესების/ქმედებების თანმიმდევრობათა წარმოსადგენად. ამასთან ელემენტების (ქმედებების) ერთმანეთთან კავშირები შეიძლება იყოს წარმოდგენილი მრავალმხივად.

ფაილური სტრუქტურა და მათი ფორმატები განსაზღვრავს არსებული ინფორმაციის შენახვის სათავსოებსა და მათ ურთიერთკავშირებს. როგორც ცნობილია, ფაილი (File) წარმოადგენს მონაცემების ელექტრონულ მატარებელზე შენახვის ლოგიკურ ერთეულს. ფაილი შეიძლება შეიცავდეს ნებისმიერი ტიპის ციფრულად წარმოდგენილ ინფორმაციას. ამასთან ყოველ ფაილს შეიძლება (სასურველია) გააჩნდეს ე.წ. “გაფართობა” (Extention), რომელიც ასახავს მისი შემცველობის

შინაარს ანუ ტიპს. გაფართოება წარმოადგენს არაუმეტეს სამი სიმბოლოს კომბინაციას და სახელისგან წერტილით გამოიყოფა.

არსებობს სტანდარტული შეთანხმებები ამ სიმბოლოთა გამოყენების შესახებ. განვიხილოთ რამოდენიმე მაგალითი:

.exe ან .com – პროგრამული კოდებია ანუ შესრულებადი პროგრამები;

.xls – Excel-ის ცხრილებია

.doc – ტექსტური დოკუმენტია

.dbf ან .mdb – მონაცემთა ბაზების შემცველია

.jpg – ფოტოსურათი ან ნახატია და ა.შ.

ყოველი კონკრეტული ფაილის დასამუშავებლად საჭირო პროგრამის არჩევა კომპიუტერის მიერ ავტომატურად ხორციელდება.

ამავე დროს რამოდენიმე ფაილის ერთობლიობა შეიძლება აერთიანებდეს ერთგვაროვანი ტიპის ინფორმაციას, სადაც მონაცემთა ერთობლიობის ყველა ფაილს ერთიდაიგივე სახელი აქვს, ხოლო გაფართოება განსხვავებული. მაგალითად ე.წ. “შეიპ ფაილები” (Shape files) წარმოადგენს სივრცითი და ატრიბუტული ინფორმაციის წარმოდგენის ერთობლიობას, სადაც ინფორმაციის შესაბამისი ელემენტები სხვადასხვა ფაილებშია განაწილებული.

მონაცემთა ბაზის სტრუქტურა, მეტამონაცემები წარმოადგენს მონაცემთა დამუშავების ერთ-ერთ ყველაზე თანამედროვე და ეფექტურ მიდგომას. მონაცემთა ბაზა წარმოადგენს სტრუქტურირებული ჩანაწერების ერთობლიობას, ჩაწერილს ინფორმაციის კომპიუტერულ მატარებელზე, რომელსაც გააჩნია ამ ინფორმაციის ძებნისა და დამუშავების პროგრამული საშუალებები. ასეთ პროგრამულ უზრუნველყოფას კი მონაცემთა ბაზების დამუშავების სისტემას უწოდებენ.

მონაცემთა ბაზების საკვანძო კონცეფცია ჩანაწერების, ანუ ინფორმაციული ნაწილაკების ერთობლიობაა, რომელიც გაერთიანებულია წინასწარ განსაზღვრული სქემის შესაბამისად. თანამედროვე გეოინფორმაციული სისტემები იყენებენ მონაცემთა ბაზების მართვის საშუალებებს სივრცითი და ატრიბუტული ინფორმაციის შენახვისა და დამუშავებისათვის. მონაცემთა ბაზების მართვის საშუალებებს უფრო დეტალურად განვიხილავთ შემდეგ პარაგრაფებში გის-ის შესაბამის ცნებებთან და ფუნქციებთან მიმართებაში.

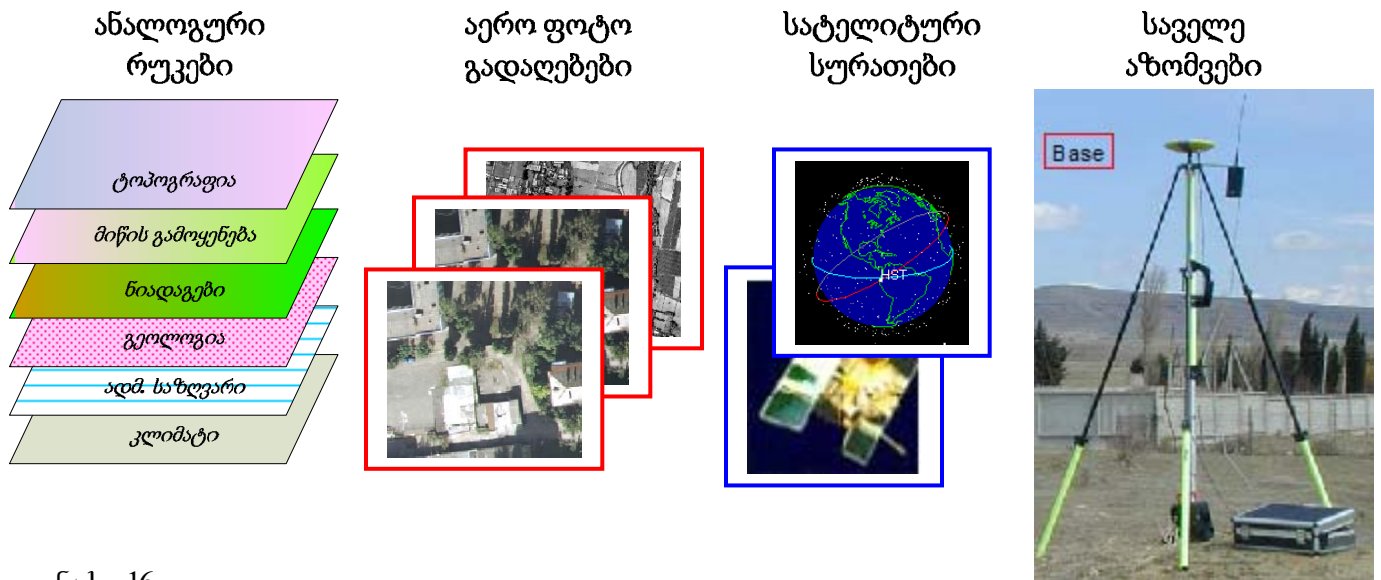
7. მონაცემთა წყაროები; მონაცემთა შექმნის მეთოდები; მონაცემთა სანდოობა და ხარისხი.

სივრცული და ატრუბუტული ინფორმაცია წარმოადგენს გის-ის სამუშაო ობიექტს. განვიხილოთ ამ ინფორმაციის შექმნისა და მოპოვებისათვის არსებული პროცესები და საშუალებები. ისინი შეიძლება სამ ძრიოთად ჯგუფად წარმოვადგინოთ:

- მონაცემთა წყაროები;
- მონაცემთა შეგროვების/შექმნის ტექნოლოგიები;
- მონაცემთა ხარისხის შეფასებისა და კორექტირების საშუალებები.

წინაპირობა ნებისმიერი ინფორმაციის გამოყენებისა არის ის, რომ იგი უნდა იყოს გარდაქმნილი და წარმოდგენილი ციფრული, დიგიტალური ფორმატით.

არსებობს სივრცული ინფორმაციის მოპოვების მრავალი სახის წყაროები და საშუალებები:



ნახ. 16

(წყაროები: სატელიტური ინფორმაციის ვებ-საიტი: [NASA – Science.NASA](http://NASA-Science.NASA) NOAA 15 Track, Google Earth, Quickbird და სხვ.)

ამავე დროს გასათვალისწინებელია შერჩეული წყაროსა და მეთოდის შესაძლებლობები, სიზუსტეები, სირთულეები და ღირებულება.

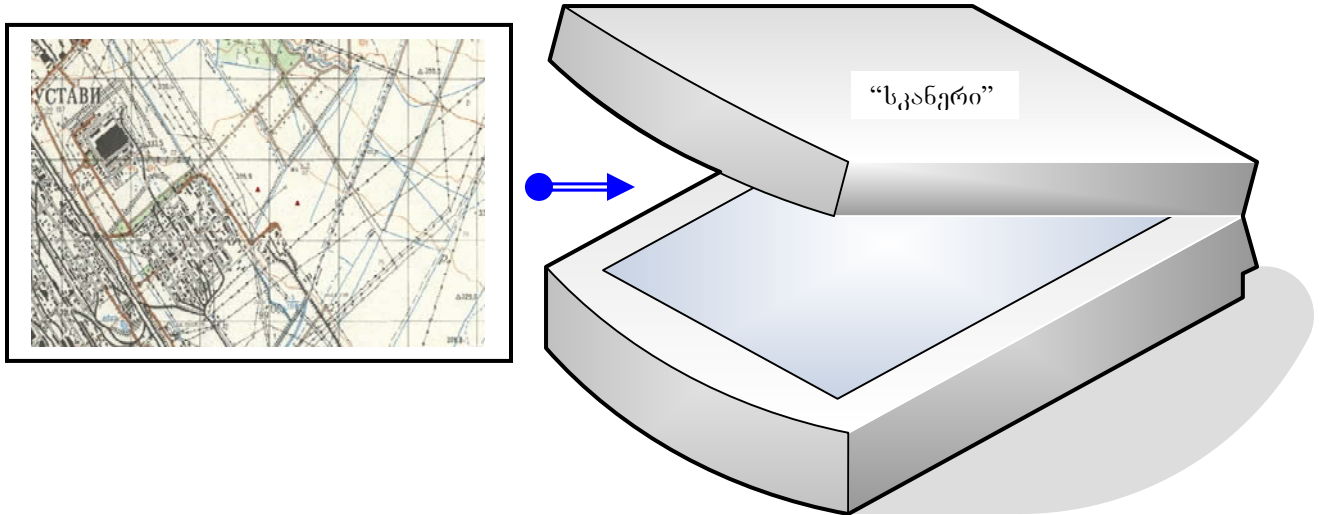
მონაცემთა წყარო	მეთოდი	მოწყობილობა	შესაძლო სიზუსტე
ანალოგური რუკები	დიგიტალიზაცია ხელით	დიგიტაიზერი, PC	± 0.1 მმ. (რუკაზე)
	ნახევრად ავტომატური სკანირება	სკანერი, პროგ. უზრუნველყოფა	± 0.1 მმ. (რუკაზე)
აერო ფოტო გადაღებები	ანალოგური ფოტოგრამმეტრია	ანალოგური სტერეო პლოტერი	± 10 სმ.
	დიგიტალური ფოტოგრამმეტრია	ციფრული ფოტოგრამმეტრია სამუშაო სადგური	± 10 სმ.
სატელიტური სურათები	ვიზუალური ინტერპრეტაცია	გამოსახულების ზომირების მოწყ.	$\pm 30-50$ მ.
	ციფრული გამოსახულების დამუშავება	გამოსახულების დამუშავების სისტემა	$\pm 10-30$ მ.
მიწის ზედაპირული აზომვები	საკვლე აზომვები	Total Station, GPS, DPT	± 1 სმ.

ნახ. 17

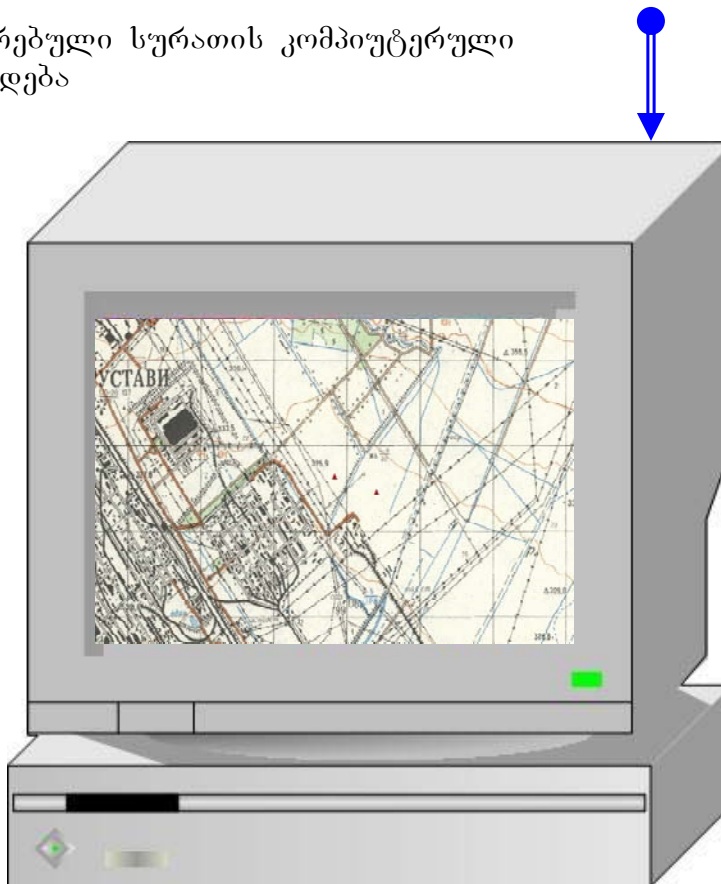
ატრიბუტული ინფორმაციის მონაცემთა შესატანად ძირითადად კომპიუტერის კლავიატურა გამოიყენება.

განვიხილოთ ზოგიერთი მეთოდის ტექნოლოგიური პროცესი.
ნებისმიერი სახის დიგიტალიზაციის პროცესს წინ უნდა უძღვოდეს
მოსამზადებელი სამუშაოები:

- ქაღალდური რუკის სკანირება

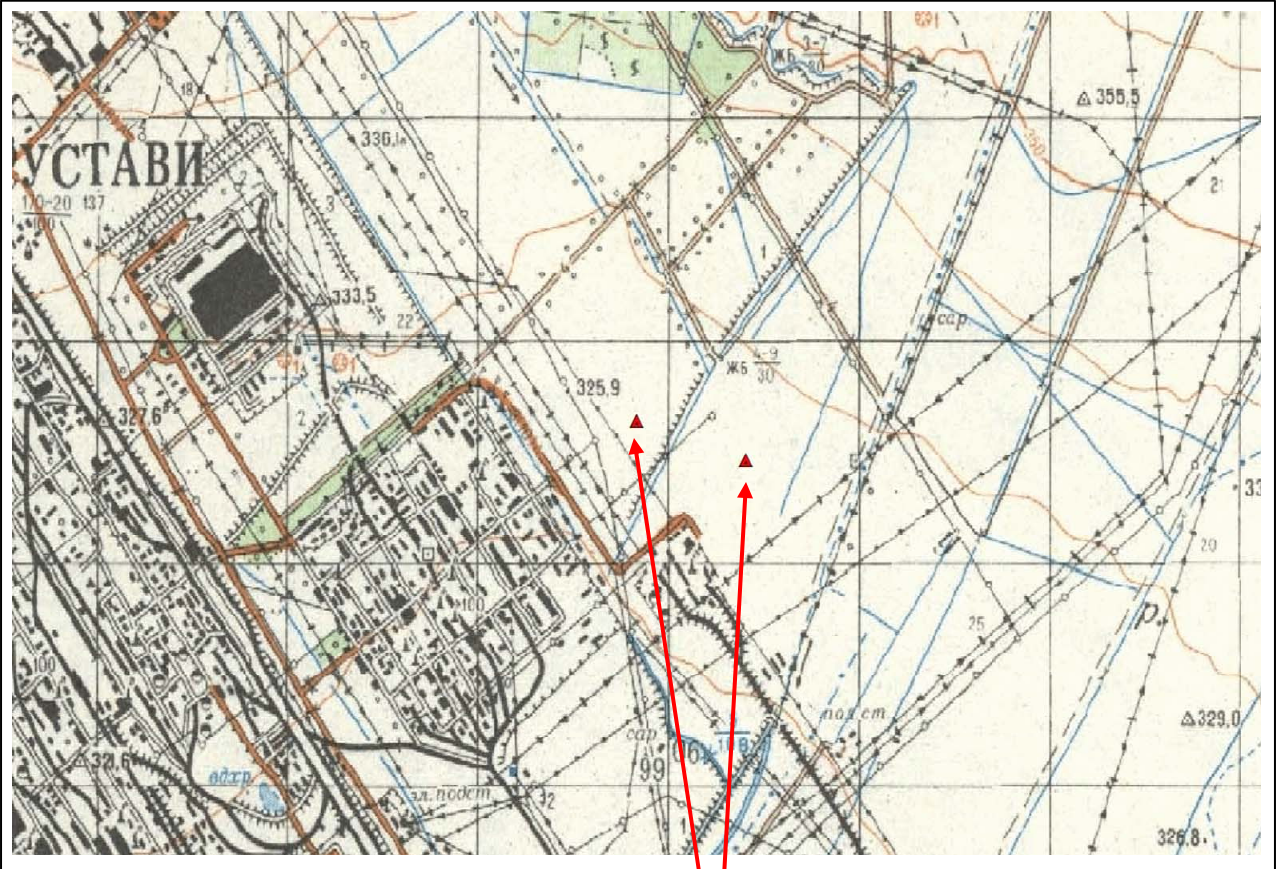


- სკანირებული სურათის კომპიუტერული მომზადება



ნახ. 18

რაც გულისხმობს სკანირებული რუკის გეორეფერენცირებას, ანუ გეოგრაფიულ კოორდინატთა სისტემასთან დაკავშირებას. გეორეფერენცირების პრინციპი დამყარებულია ქაღალდის რუკაზე ერთი ან რამოდენიმე წინასწარ განსაზღვრული კოორდინატების მქონე წერტილის არსებობაზე, რომელთა მეშვეობით კომპიუტერული (ვირტუალური) სივრცე უკავშირდება რეალურ სივრცეს. ასეთ წერტილებს მყარ ან საყრდენ წერტილებს უწოდებენ.



ნახ. 19

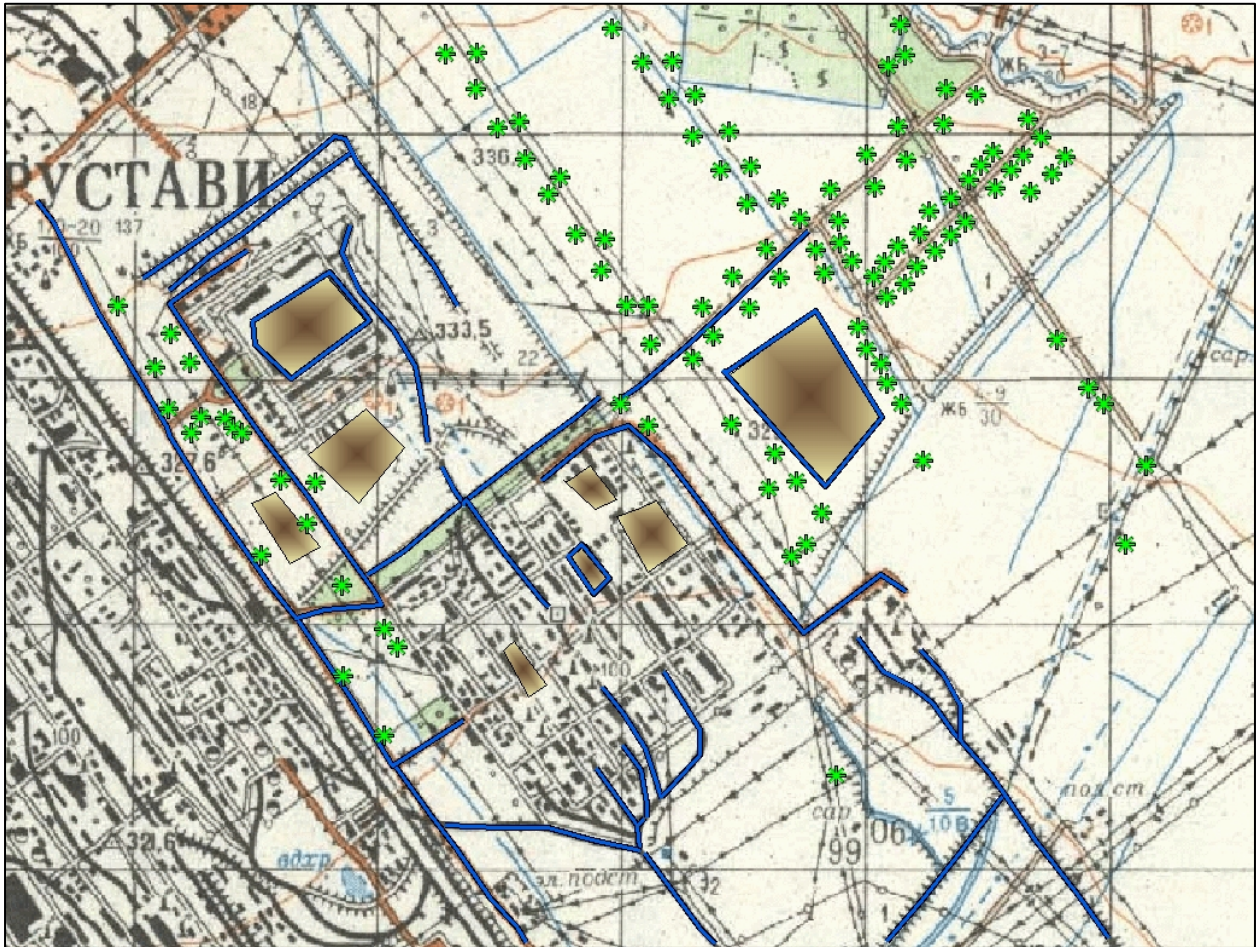
სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, საყრდენი წერტილი უნდა იყოს დატანილი ქაღალდის რუკაზე, ხოლო მისი რეალური კოორდინატების მნიშვნელობები წინასწარ არიან განსაზღვრული.

სკანირების შემდეგ გის-ის ფუნქციის მეშვეობით (Georeferencing) ხორციელდება არსებული წერტილების დატანა სამუშაო არეზე და კოორდინატების შეტანა:

OBJECTID*	GEOMETRY*	X	Y	Z
1	Point	525726.64	4598712.34	320
2	Point	506293.14	4598528.14	322

ცხადია, რომ რაც უფრო მაღალია ეკრანის და სკანერის გარჩევადობის უნარი, მით უფრო ზუსტი და კორექტული იქნება მიღებული შედეგები.

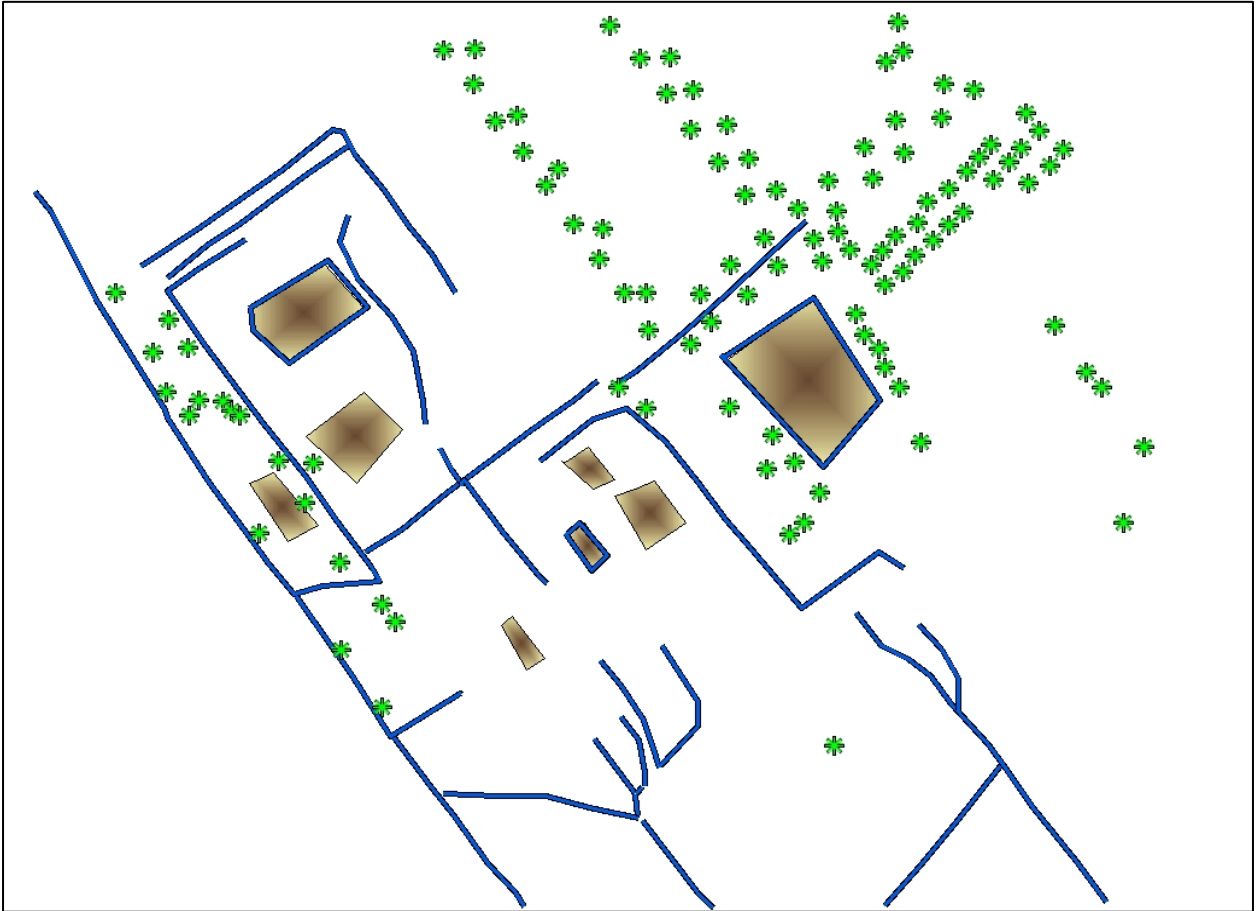
საყრდენი წერტილების მომზადების შემდეგ შეიძლება გადავიდეთ უშუალოდ დიგიტალიზაციის პროცესზე. ამ პროცესში სკანირებულ ზედაპირზე არსებული ობიექტები (წერტილები, ხაზები, პოლიგონები და სხვა) ოპერატორის მიერ “ხელით” გადადის გის-ის სამუშაო არეზე და ყოველი მათგანის კოორდინატული მნიშვნელობები ავტომატურად გამოითვლება მყარი წერტილების მდებარეობის შესაბამისად:



ნახ. 20

თუ შემდგომ “გამოვრთავთ” სკანირებულ რუკას (ფონს), მივიღებთ რუკას, რომელიც შეიცავს დიგიტალიზების პროცესში ასახულ ელემენტებს.

მოყვანილ მაგალითში ჩანს დიგიტალიზაციის შედეგად მიღებული მწვანე ნარგავები, საკომუნიკაციო ხაზები და შენობები: (იხ. ნახ. 21)



ნახ. 21

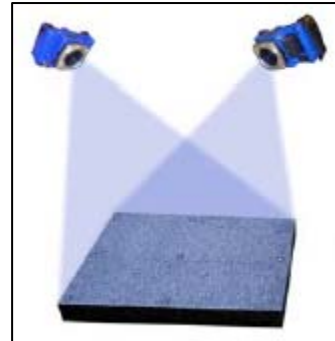
ნახევრად ავტომატური დიგიტალიზაცია შესაძლებელია სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით, რომელიც ანალიზებს სკანირებულ სურათზე დატანილ ელემენტებს და ახდენს მათ ავტომატურ ამოცნობას ანუ იდენტიფიკაციას. ცხადია, რომ ასეთი მეთოდი საკმაოდ ეფექტურია იმ შემთხვევაში, თუ საწყისი რუკა ან სურათი საკმაოდ მაღალი ხარისხისაა და მასზე დატანილი ობიექტების ამოცნობა არ არის დაკავშირებული ანალიტიკურ სიმძლევებთან. მაგრამ, ყველა ამ პირობების დაკმაყოფილების შემთხვევაშიც კი, საბოლოო შედეგის მისაღებად მაინც ადამიანის ჩარევაა აუცილებელი.

ინფორმაციის მოპოვების **ფოტოგრამეტრიული** პრინციპი წარმოადგენს სამყაროს ასახვას (აზომვას) 3-განზომილებიან კოორდინატთა სისტემაში ფოტოგრაფირების საშუალებით მიღებული გამოსახულებების საფუძველზე.

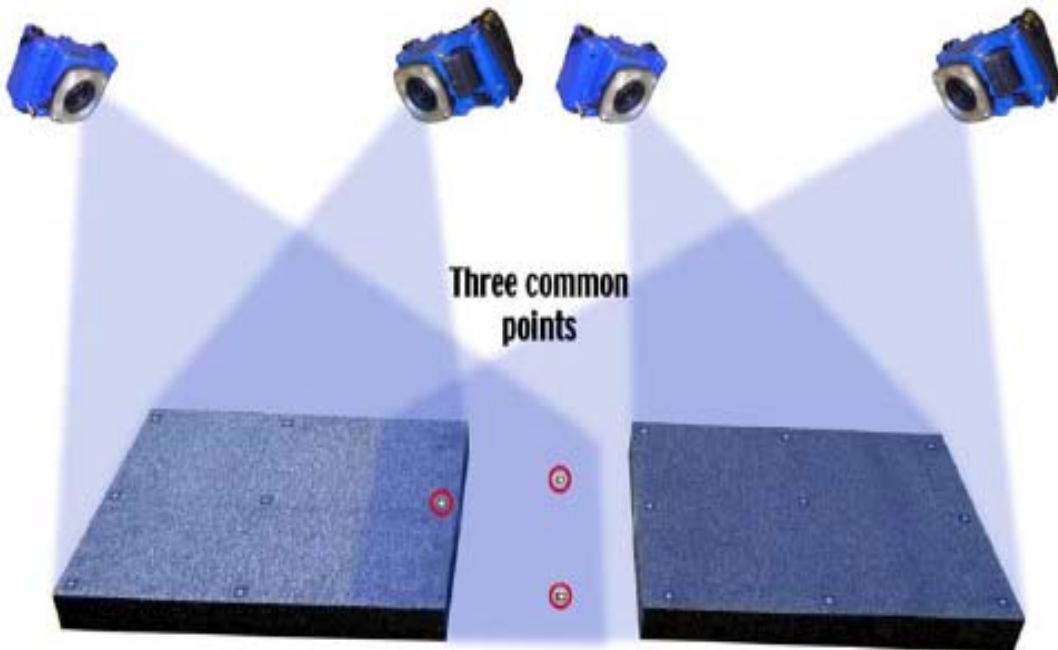
ფოტოგრამეტრიის ფუნდამენტურ პრინციპს წარმოადგენს ე.წ. **ტრიანგულაცია (Triangulation)**. სამიზნე ობიექტის ფოტოგრაფირებით (გადაღებით) ორი (ან მეტი) მიმართულებიდან (ადგილიდან) მიიღება ამ

ობიექტის გამოსახულება, რომელიც იძლევა მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით შესაბამისი კოორდინატების გამოთვლის საშუალებას.

ტრიანგულაცია ცნობილი მეთოდია სხვადასხვა სახის აპარატურით აზომვებისას, მაგალითად თეოდოლიტის ან GPS ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამიტომ, არსებობს ბევრი საერთო ფოტოგრაფიკული და აზომვის სხვა მეთოდებს შორის. მიუხედავად ამისა, ინფორმაციის დამუშავების მეთოდები და საშუალებები საკმაოდ განსხვავებულია.



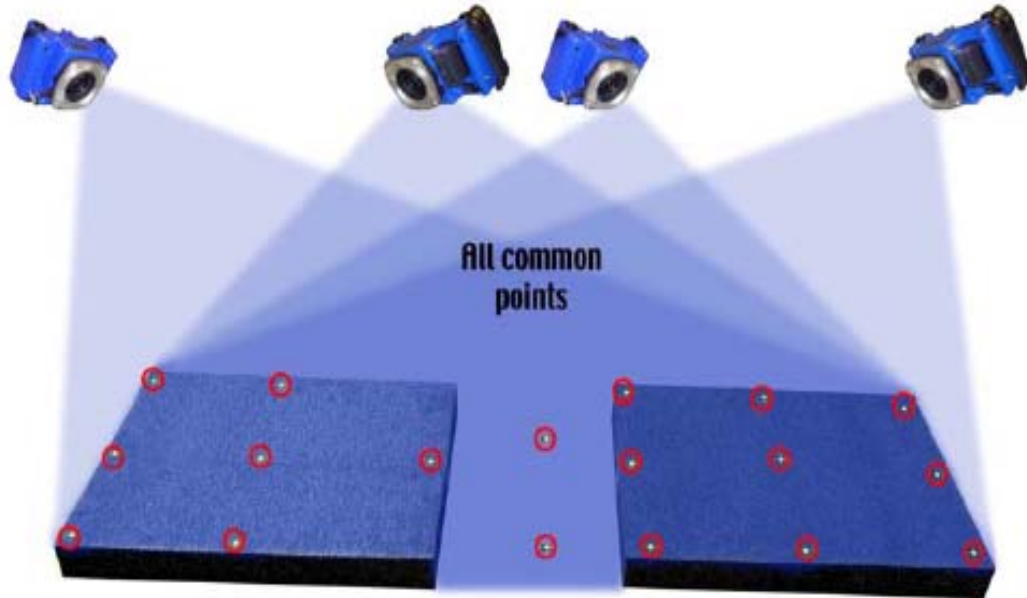
მიწის ზედაპირის გადაღებისას ორი სხვადასხვა ადგილიდან (მიმართულებიდან) მიიღება ე.წ. სტერეოწყვილები, რომლებიც ასახავენ არჩეულ არეალს (ზედაპირს). ცხადია რომ რაც უფრო მცირეა არეალი, მით უფრო ზუსტია შედეგები. ამიტომ ფარგლების ოპტიმალური ზომების არჩევა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მისაღწევი შედეგებისა და შესასრულებელი სამუშაოების ბალანსს. მეორეს მხრივ, შესაძლებელია მთელი გამოსაკვლევი (ასაღწერი) არეალის დაყოფა გარკვეულ სეგმენტებად. ასეთ შემთხვევაში იქმნება მიღებულ მონაცემთა გაერთიანების (დაკავშირების) პრობლემა. ამ პრობლემის უადვილესი გადაჭრის საშუალებაა არეალების საერთო გადაფარვის წერტილების შექმნა.



ნახ. 22

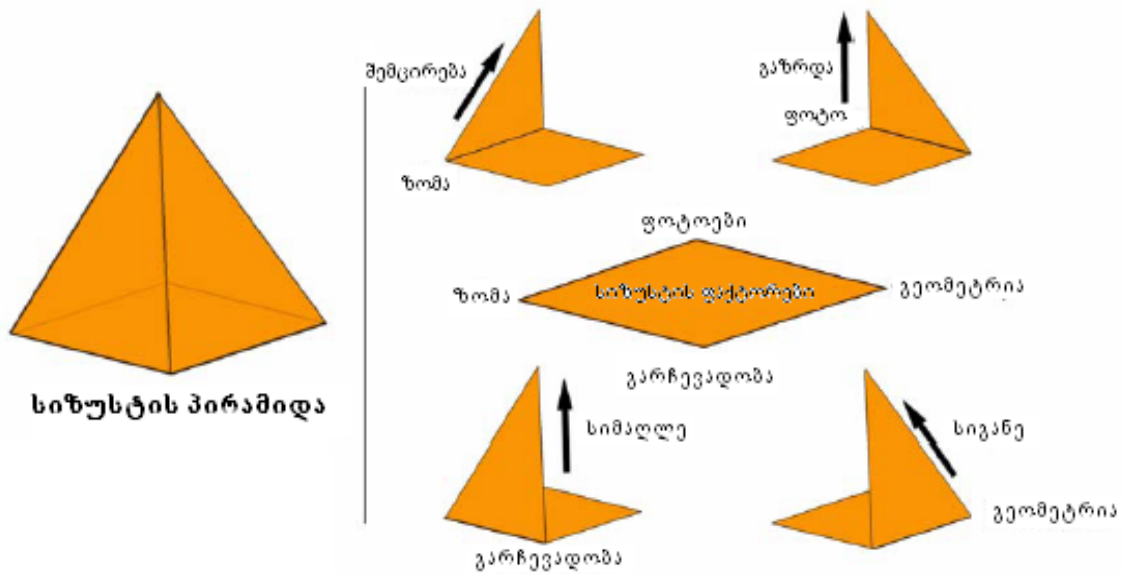
ნახაზზე ასახულია სამი საერთო წერტილი ორ მეზობელ არეალს შორის.

ცხადია რომ, არეალების თანხვედრის სიზუსტე (არა მარტო ფოტოგრაფიული არამედ კოორდინატულიც) დამოკიდებულია საერთო წერტილების რაოდენობაზე. იდეალურია მეთოდი, როდესაც ორი მეზობელი არეალი აისახება ერთდოულად, მაგალითად: (იხ. ნახ. 23)



ნახ. 23

მიღებული ინფორმაციის სიზუსტე დამოკიდებულია რამოდენიმე პარამეტრზე, რომლებიც შეიძლება გამოისახოს ე.წ. “სიზუსტის პირამიდის” სახით:



ნახ. 24 გარჩევადობის და სიზუსტის ფაქტორი დამოკიდებულია პირამიდის (ანუ გადაღების) სიმაღლესა და თითოეული წიბოს სიგრძეზე.

ფოტოგრაფიული მეთოდით მიღებული ინფორმაციის დამუშავება ხორციელდება სპეციალური დანიშნულების პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით. არსებობს მრავალი ასეთი საშუალება, რომელთა შესახებ დეტალური ინფორმაცია მოყვანილია წყაროებში.

სატელიტური სურათები, ანუ გადაღებები, ხელოვნურ თანამგზავრებზე დამონტაჟებული ფოტო ან ვიდეო კამერების მეშვეობით, ასევე იძლევა საფუძველს გეოგრაფიული ინფორმაციის მიღებისა და დამუშავებისათვის. ასეთი ინფორმაცია როგორც წესი გეორეფერენცირებულია, ანუ დაკავშირებულია რომელიმე პროექციასა და კოორდინატთა სისტემასთან.

მაგალითად, სატელიტური ინფორმაციის ყველაზე უფრო ხელმისაწვდომ უფასო წყაროს წარმოადგენს *Google Earth*, რომელიც იძლევა საერთაშორისო კოსმოსური თანამგზავრებიდან მიღებული და გაერთიანებული ინფორმაციის ვიზუალიზაციის საშუალებას.



ნახ. 25 ნასკას (პერუ) უდაბნო, სატელიტური სურათი (Google Earth).

საველე აზომვები წარმოადგენს სამიზნე არეალის უშუალო ე.წ. “კონტაქტურ” აზომვით ქმედებებს. ცხადია რომ ეს მეთოდი ყველაზე ზუსტ და ადექვატურ მონაცემებს იძლევა, თუმცა ყველაზე უფრო ძვირადღირებულია და ხანგრძლივი.

უშუალო საველე აზომვები შეიძლება ჩატარებულ იქნას სხვადასხვა სახის მოწყობილობების გამოყენებით. მოწყობილობების არჩევა დამოკიდებულია სამიზნე არეალის თავისებურებებზე, როგორცაა ხილვადობა, რელიეფი, ფართობი და სხვა.



Leica Builder T



South ET Theodolites

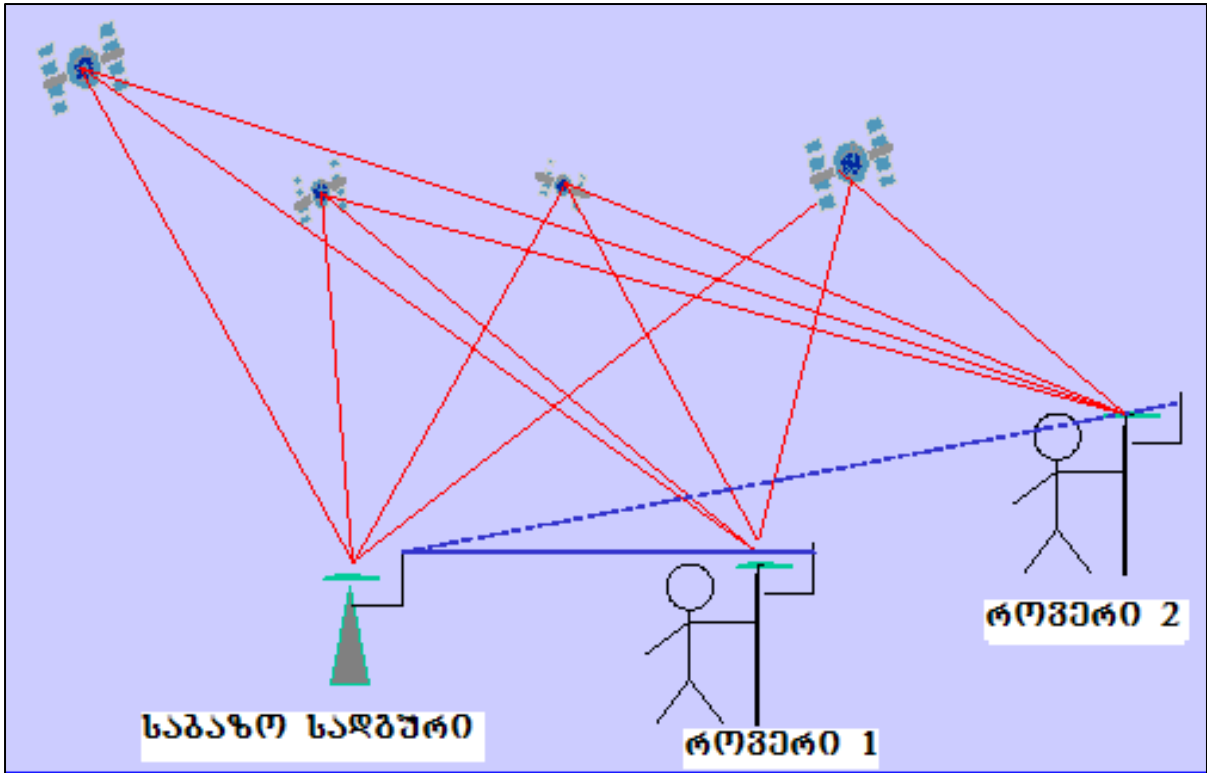


Pentax ETH Theodolites



Northwest NETH Theodolites

ნახ. 26 სხვადასხვა ფორმის ციფრული თეოდოლიტები.



ნახ. 27

აზომვების პროცესის სქემა გლობალური პოზიციონირების სისტემის (GPS) გამოყენებით.

8. სივრცითი მონაცემების აღრიცხვის მეთოდები – კადასტრის მაგალითი.

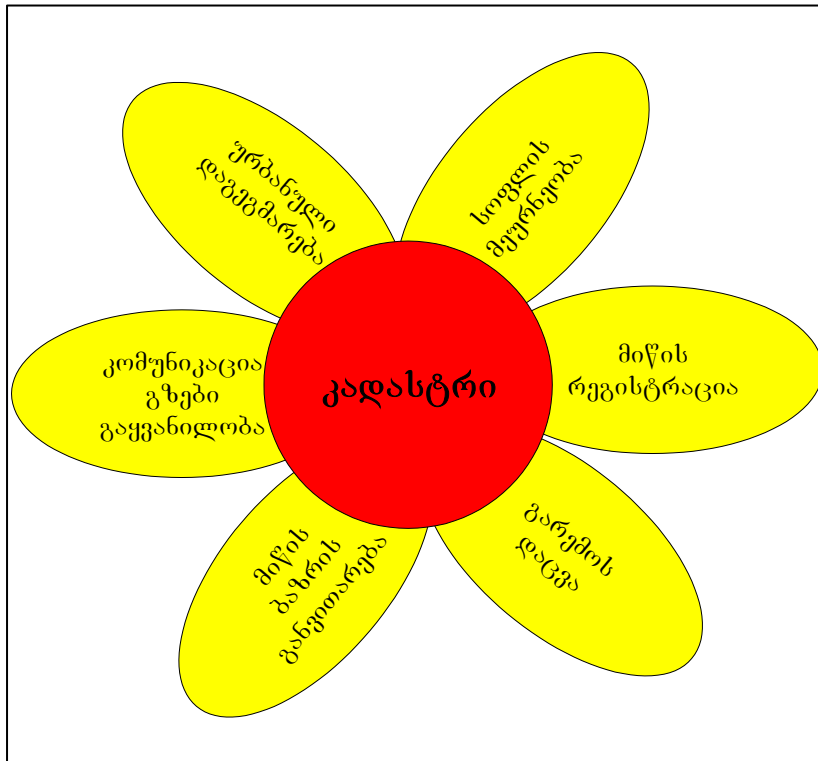
სივრცითი მონაცემების შექმნა და დამუშავება მნიშვნელოვან ეფექტს იძლევა ცოდნისა და საქმიანობის მთელ რიგ მიმართულებებში. ამ მიმართულებებს შორის უმთავრესი ასპექტია დედამიწის ზედაპირზე განლაგებული ობიექტების აღწერის და აღრიცხვის შესაძლებლობები. სივრცითი ტერიტორიების აღწერისა და აღრიცხვის შესაძლებლობათა ერთობლიობის ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდია ე.წ. მიწის კადასტრი. ის მიწისა და უძრავის ქონების აღრიცხვისათვის გამოიყენებოდა ჯერ კიდევ XIX საუკუნეში. მაგალითად, ნახ. 28 წარმოადგენს სოფელ Pielnia-ს საკადასტრო რუკას, რომელზეც მიწის ნაკვეთის საზღვრები, შენობები და ზოგიერთი ტოპოგრაფიული ელემენტია დატანილი (გზა, მდინარე). (ავსტრიის იმპერია, 1852 წელი).



ნახ. 28

მიწის კადასტრის შედგენისას მნიშვნელოვანია არა მარტო სივრცული ინფორმაცია, არამედ მთელი რიგი ატრიბუტიკა, რომელიც ამომწურავად აღწერს სამიზნე ტერიტორიას.

მიწის კადასტრი შედგება რამოდენიმე ინფორმაციული სტრუქტურის ელემენტებისაგან, ანუ ობიექტებისაგან. მონაცემთა სტრუქტურებისა და წარმოდგენის თვალსაზრისით, ერთგვაროვანი ობიექტების დაჯგუფება იძლევა მთელი საკადასტრო ინფორმაციის დამუშავებისა და გამოყენების მოხერხებულ შესაძლებლობებს. რაც უფრო მეტი სახეობის ინფორმაციას შეიცავს საკადასტრო აღრიცხვები, მით უფრო ფართოა მისი მოხმარების სფეროები. ასეთ კადასტრს *მრავალმიზნობრივს* უწოდებენ, ხოლო მისი გამოყენების სფეროები ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



ნახ. 29

საკადასტრო ინფორმაცია ორ ძირითად ჯგუფად იყოფა:

- სივრცითი, ანუ გრაფიკული;
- აღმწერი, ანუ ატრიბუტული.

ეს ელემენტები უკვე ცნობილია (განხილულია) როგორც გეოინფორმაციული სისტემების ძირითადი შემადგენელი ნაწილები. ცხადია რომ სწორედ გეოინფორმაციული სისტემები წარმოადგენენ საკადასტრო სამუშაოების ჩატარებისა და დამუშავების ძირითად ინსტრუმენტს.

სივრცული ინფორმაციის მოპოვებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც დისტანციური ზონდირების და დიგიტალიზაციის, ასევე უშუალო აზომვების მეთოდები. ხშირ შემთხვევებში ორივე მეთოდი

გამოიყენება ერთდროულად. სხვადასხვა ტერიტორიებისათვის მიზანშეწონილია ამ მეთოდების ურთიერთ შენაცვლება, მაგალითად მიუდგომელი ან ძნელად მისადგომი ადგილებისათვის.

ნებისმიერი სივრცითი ობიექტის საკადასტრო აღწერისას აუცილებელია შემდეგი პარამეტრების დადგენა:

- ობიექტის კუთხეების წერტილების (Points) მდებარეობათა დადგენა;
- წერტილების შემაერთებელი ხაზების (Lines) დადგენა;
- წერტილებისა და ხაზების ბაზაზე ობიექტის გარშემოწერილობის ანუ პოლიგონების (Polygons) შეკვრა;
- ატრიბუტული პარამეტრების დადგენა და შეტანა.

საგულისხმოა აღინიშნოს რომ ნებისმიერ საკადასტრო ობიექტს უნდა გააჩნდეს უნიკალური იდენტიფიკატორი. როგორც წესი ასეთ იდენტიფიკატორს *საკადასტრო კოდი* ეწოდება.

საკადასტრო კოდირება დამყარებულია ტერიტორიების საკადასტრო დაყოფის პრინციპზე. იგი შემდეგნაირად შეიძლება გამოიყურებოდეს:

- საკადასტრო ზონა;
- საკადასტრო სექტორი;
- საკადასტრო კვარტალი და/ან ბლოკი;
- საკადასტრო ობიექტის ნომერი.

ხშირ შემთხვევებში საკადასტრო დაყოფის ელემენტები ემთხვევა ადმინისტრაციულ დაყოფას, მაგალითად:

- ზონა – რაიონი;
- სექტორი – საკრებულო.

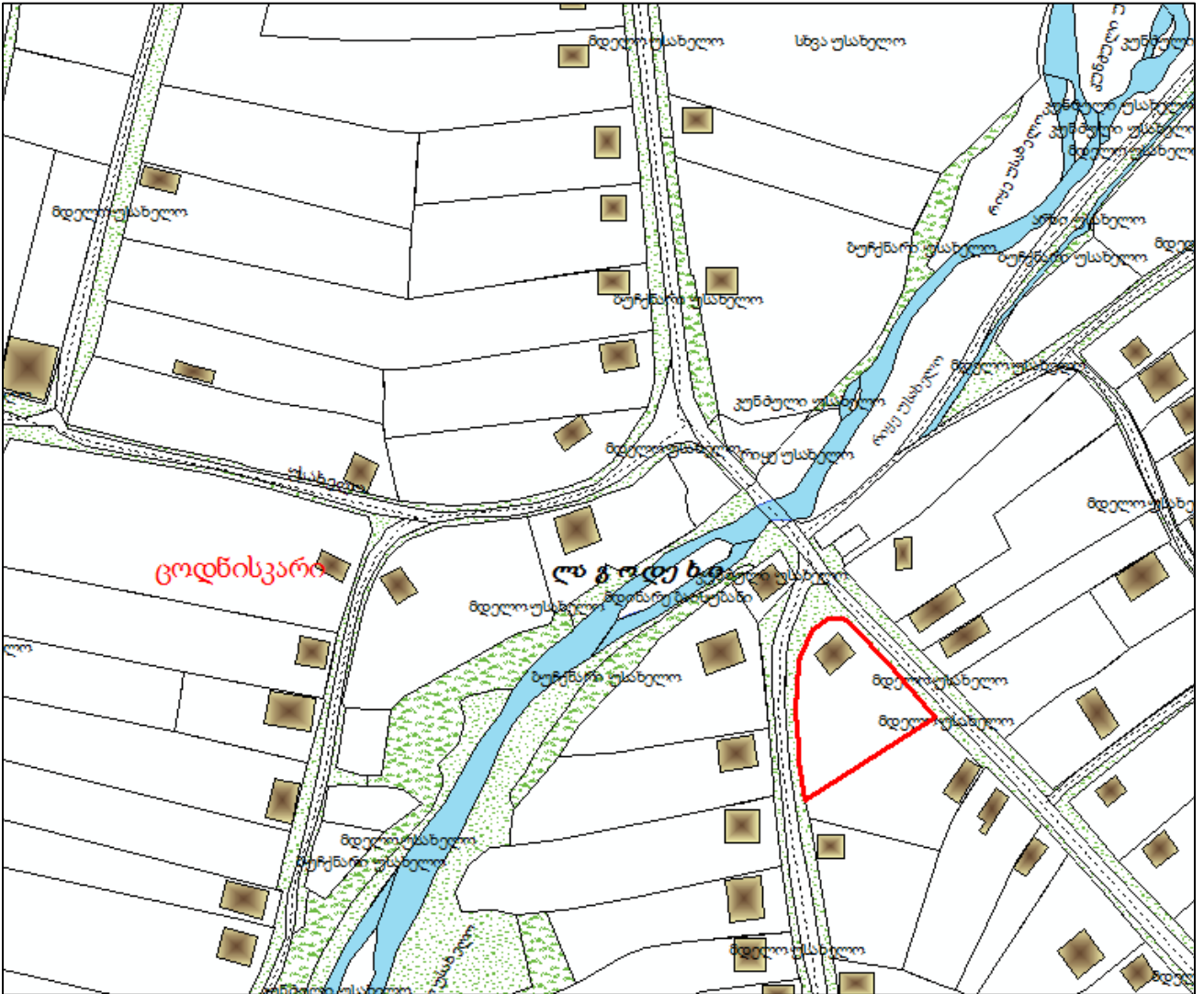
თუ თითოეულ ელემენტს მივანიჭებთ რიცხვით მნიშვნელობას (კოდს), მაშინ მივიღებთ:

ZZSSQQPPPP – სადაც:

- ZZ – ზონის ორთაწრიანი კოდი (ნომერი);
- SS – სექტორის ორთაწრიანი კოდი (ნომერი);
- QQ – კვარტალის ორთაწრიანი კოდი (ნომერი);
- PPPP – ნაკვეთის ორთაწრიანი ნომერი.

ასეთი საკადასტრო კოდირების პრინციპი მიღებულია საქართველოში, ამასთან ზონების და სექტორების გადანომვრა (კოდირება) წინასწარ დადგენილია საქართველოს კანონმდებლობით.

ამ მიდგომის გამოყენებით ნებისმიერ ნაკვეთს გააჩნია ერთი უნიკალური კოდი, რომლის გაშიფვრა ძალზე მატრივად ხდება. მაგალითად ნაკვეთი ნომრით 5405030091 (რუკაზე წითლად გამოყოფილი) მდებარეობს ლაგოდეხის რაიონში, ცოდნისკარის საკრებულოს 03 კვარტალში.



ნახ. 30

ამასთან ასეთი ნომერი (კოდი) არსად არ მეორდება მთელი საქართველოს ტერიტორიაზე.

საკადასტრო აღრიცხვის ძირითად სივრცულ ელემენტებს წარმოადგენენ:

- ნაკვეთი;
- შენობა.

თუ ნაკვეთზე არსებობს შენობა (ან შენობები), მაშინ ისინი აგრეთვე გადაინომრება სამთაწრივიანი კოდით და საკადასტრო კოდი შემდეგ სახეს იღებს:

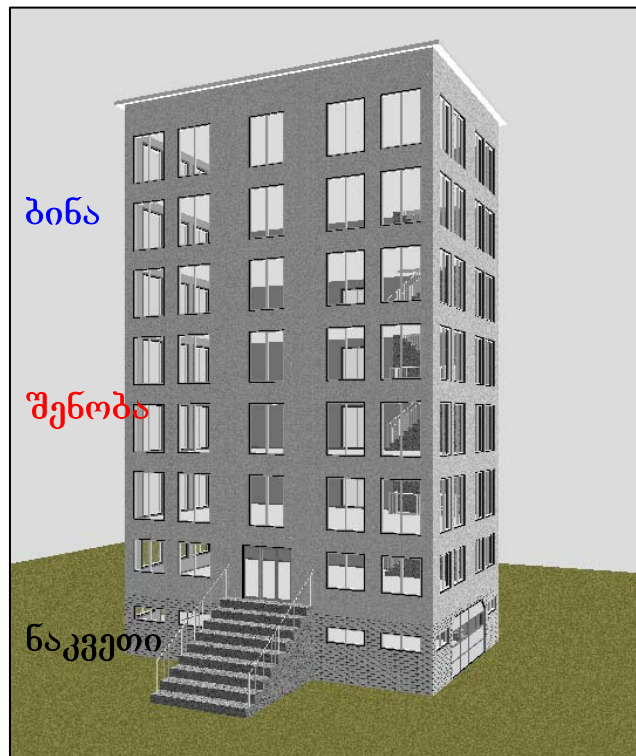
ZZSSQQPPPPBBB – სადაც: **BBB** – ამ ნაკვეთზე შენობის რიგითი ნომერია.

საკადასტრო აღრიცხვის არასივრცულ ელემენტს წარმოადგენს ბინა (ან ბინები), რომლებიც შეიძლება არსებობდეს შენობაში. ანალოგიურად შენობებისა, ბინები გადაინომრება სამთანრიგიანი კოდით და საკადასტრო კოდი იღებს სახეს:

ZZSSQQPPPPBBBFFF – სადაც: FFF – ამ შენობაში ბინის რიგითი ნომერია.

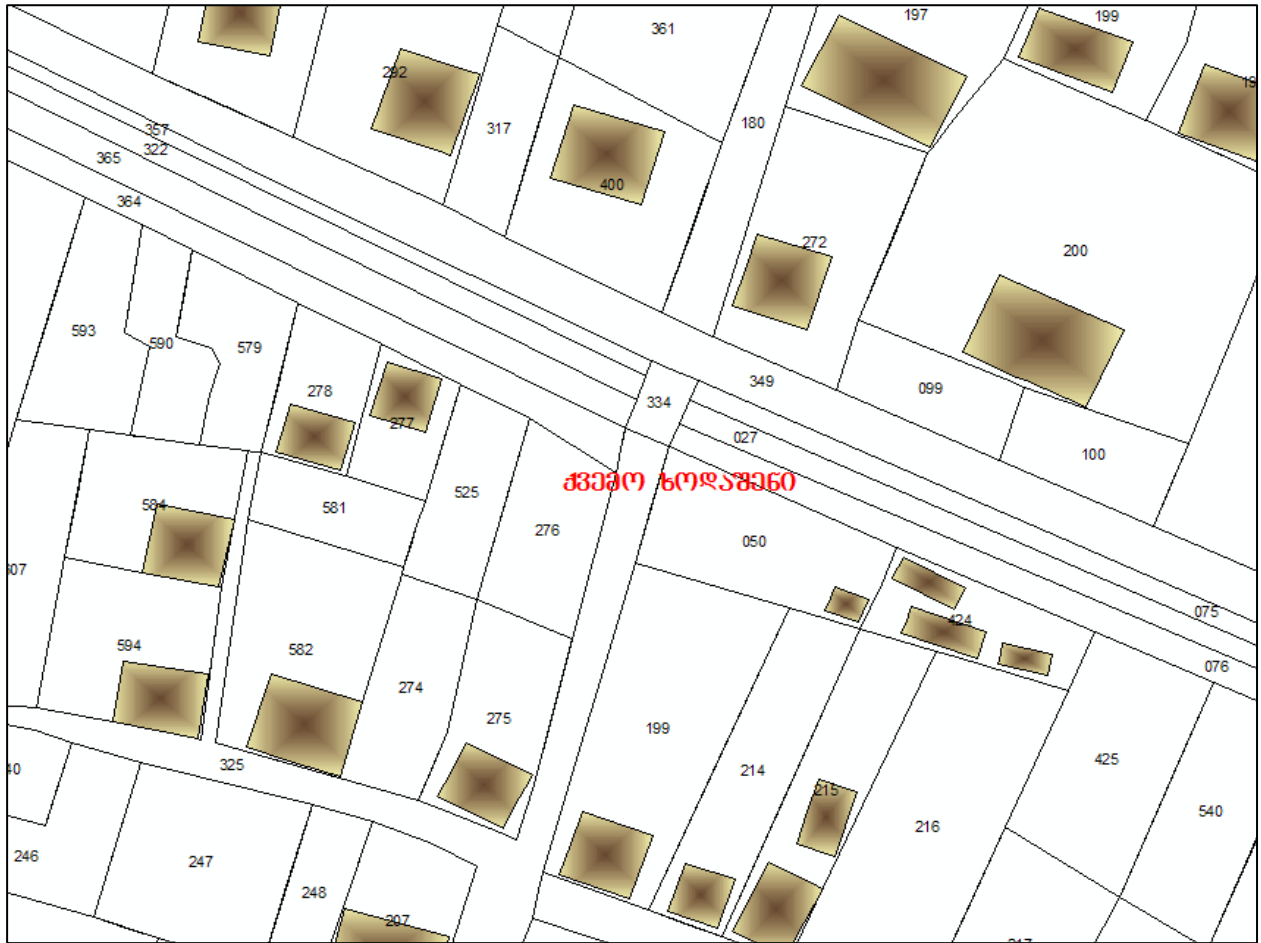
მიუხედავად იმისა, რომ ბინები აღწერილია საკადასტრო აღრიცხვაში, ისინი გრაფიკულად (რუკაზე) არ აისახება. მათ შესახებ არსებობს მხოლოდ ატრიბუტული ინფორმაცია.

საკადასტრო აღწერის (აღრიცხვის) ინფორმაციის ძირითადი ობიექტების ლოგიკური სტრუქტურა ასე შეიძლება გამოისახოს:



ნახ. 31

ძირითადი საკადასტრო კომპონენტების საშუალებით შესაძლებელია ე.წ. საკადასტრო რუკის შედგენა, რომელიც ვიზუალურად შემდეგნაირად შეიძლება გამოიყურებოდეს:



ნახ. 32

გარდა ძირითადი კომპონენტებისა საკადასტრო ინფორმაცია შეიძლება შეიცავდეს დამატებით ინფორმაციას. ეს ინფორმაცია შეიძლება იყოს:

- ტოპოლოგიის ძირითადი ელემენტები;
- კომუნიკაციები;
- მცენარეული საფარი;
- ჰიდროგრაფია;
- საკადასტრო ან ადმინისტრაციული საზღვრები;
- სპეციალური სიმბოლოები;
- ფიქსირებული (მყარი) წერტილები;
- და სხვა.

ბუნებრივია რომ ყოველ სივრცულ ელემენტს თან ახლავს მისი ატრუბუტული აღწერა:

- ობიექტის კოდი – ნომერი;

- ობიექტის ზომები (ფართობი, სიგრძე და სხვა);
- ობიექტის დასახელება;
- ობიექტის კუთვნილება – მესაკუთრე;
- ობიექტის ფუნქცია;
- საფოსტო მისამართი;
- და სხვა.

როგორც ზევით უკვე ითქვა ყველა ეს ინფორმაცია კომპიუტერში ფიზიკურად შეიძლება სხვადასხვა სახით იყოს წარმოდგენილი და შენახული. მაგალითად ფაილების ერთობლიობის, ცხრილების თუ მონაცემთა ბაზების (ბაზის) სახით.

9. მონაცემთა ბაზების ცნება.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მონაცემთა ბაზა წარმოადგენს ინფორმაციის მოწესრიგებული ჩანაწერების ერთობლიობას. მეორეს მხრივ, ასეთი მონაცემების შექმნასა და დამუშავებისთვის არსებობს პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელსაც მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემას (მბმს) (Data Base Management System – DBMS) უწოდებენ.

არსებობს თანამედროვე მონაცემთა ბაზების და მათი მართვის მრავალი სისტემა, რომლებიც განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან როგორც შესაძლებლობებით, ასევე მოხმარების თავისებურებებით. მათ ყველას აერთიანებს აგების ლოგიკური საფუძვლები. განვიხილოთ ძირითადი პრინციპები:

მონაცემთა ბაზა შეიცავს რამდენიმე ტიპის კომპონენტს:

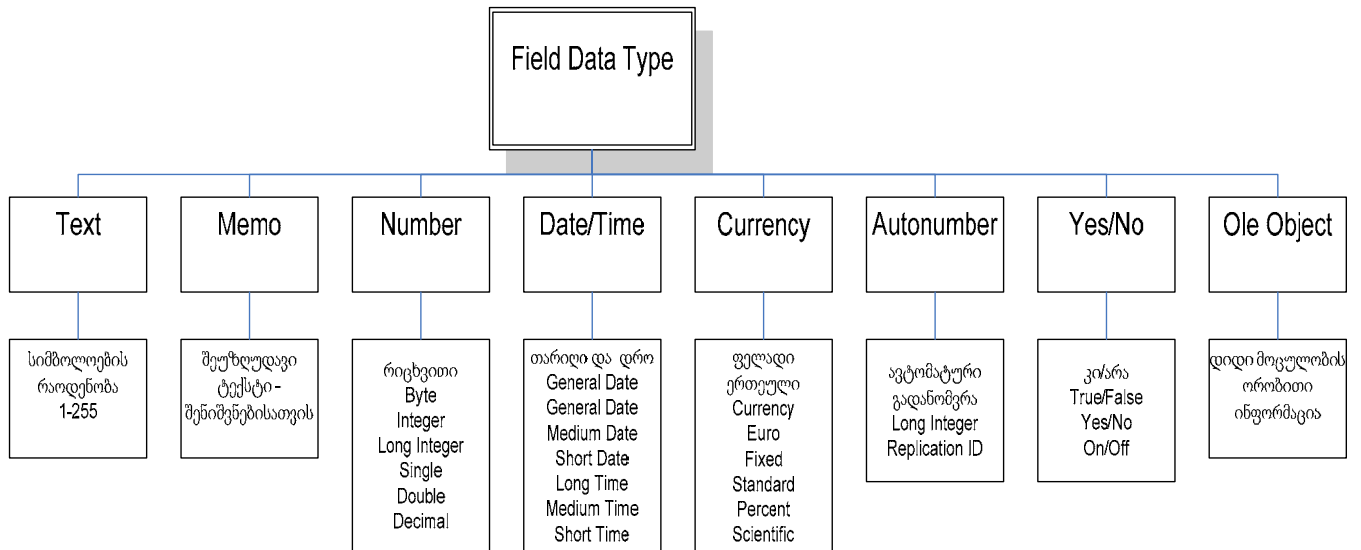
- ცხრილები (Tables) – მონაცემთა შენახვის საცავები;
- რელაციები ანუ კავშირები (Relationships) – ცხრილებს შორის არსებული ლოგიკური კავშირები;
- მოთხოვნების ფორმირების საშუალებები (Queries) – ინფორმაციის ფრაგმენტის ძიების/არჩევის საშუალებები;
- ფორმები (Forms) – ინფორმაციის მოხერხებული დათვალიერებისა და რედაქტირების საშუალებები;
- ინფორმაციის მოხერხებული ბეჭდვის – დოკუმენტირების საშუალებები (ანგარიშები - Reports);
- დაპროგრამების – მოქმედებათა თანმიმდევრობის ჩამოყალიბებისა და შესრულების შესაძლებლობები (Scripts, Modules);
- დამატებითი – სპეციალური შესაძლებლობები: გლობალური კავშირები, ბაზების განაწილება/განთავსება, მეტა-ენობრივი ფუნქციები და სხვა.

ყველა ამ კომპონენტების გამოყენება შესაძლებელია მართვის სისტემის და მათზე დაშენებული ფუნქციების მეშვეობით. საგულისხმოა აღინიშნოს, რომ ხშირად მონაცემთა ბაზა და მონაცემთა მართვის საშუალებები გაერთიანებულია ერთ გარემოში, როგორც მაგალითად MS Access-შია.

მონაცემთა შენახვის საცავების, ანუ თუნდაც ერთი ცხრილის შექმნა ნიშნავს მთავარი სტრუქტურის განსაზღვრას. მიუხედავად იმისა, რომ ახლად შექმნილ ცხრილებში მონაცემები ჯერ კიდევ არ არსებობს (ცარიელია), იგი უკვე წარმოადგენს დასრულებულ მონაცემთა ბაზას.

ცხრილები - Tables

ცხრილის (Tables) შექმნისას უნდა მიეთითოს ცხრილის შემადგენელი კომპონენტები და მათი მახასიათებლები. ცხრილი შეიძლება შედგებოდეს ერთი ან რამდენიმე ველისაგან (Field). თითოეული ველი განკუთვნილია წინასწარ განსაზღვრული ტიპის ინფორმაციის შესანახად. ველს გააჩნია სახელი (Field Name) და ტიპი (Field Type). ველის სახელი ტექსტური და ციფრული სიმბოლოების კომბინაციაა. ველის ტიპები განისაზღვრება მონაცემთა სტრუქტურირების პრინციპების შესაბამისად. განვიხილოთ ძირითადი ტიპები ფორმა Microsoft-ის მბმს Access-ის მაგალითზე:



ნახ. 33

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ ნებისმიერ ზემოთ მოყვანილი ტიპის ველს შეიძლება მიენიჭოს ე.წ. „ცარიელი მნიშვნელობა“ (Null). ეს ცნება ძალზე მნიშვნელოვანია მონაცემთა ბაზების გარემოში. იგი არც ნულია (0) და არც „ტექსტური სიცარიელე“ (Space) – სიტყვებს შორის ცარიელი არე. მას სპეციალური შიდა კოდი ენიჭება, რომელიც მონაწილეობას იღებს ყველა ბაზურ ოპერაციაში, სადაც ამას აქვს აზრი. მაგალითად ძებნა, დახარისხება, შედარება და სხვა.

მაგალითად უკვე განხილული საკადასტრო ინფორმაციის ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული ერთეულების დასახელებათა და მათი კოდირების ჩასაწერად სამი ასეთი ცხრილის გამოყენება შეიძლება:

ველის სახელი ტიპი პარამეტრები

ცხრილი: 1. LTRegions

1 .Code_Region	Number Integer	
2 .REGION_E	Text	50
3 .REGION_G	Text	50

ცხრილი: 2. LTRayons

1 .C_Region	Number Long Integer	
2 .C_Rayon	Text	2
3 .Name_E	Text	255
4 .Name_G	Text	50

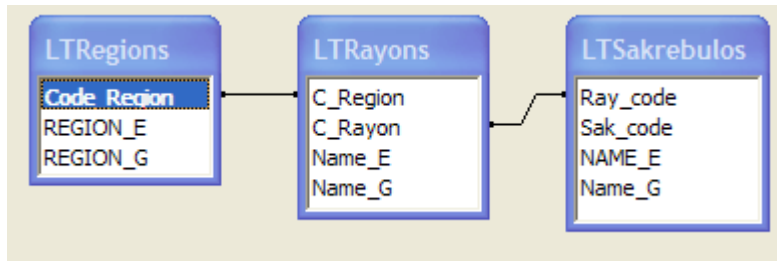
ცხრილი: 3. LTSakrebulo

1 .Ray_code	Text	2
2 .Sak_code	Text	2
3 .NAME_E	Text	255
4 .Name_G	Text	50

ხოლო ცხრილში (მაგ. **LTRegions**) ჩაწერილი ინფორმაცია ასე შეიძლება გამოიყურებოდეს:

საქართველო		
კოდი	სახელი	სახელი
1	●●●●●●●●	თბილისი
-	-●●●●●●●	რუსთავი
2	■●●●●●●●	ქუთაისი
.	●●●●●●●●	ფოთი
:	■●●●●●●●	ბათუმი
,	■●●●●●●●	აფხაზეთი
^	■●●●●●●●	აჭარა
-	■●●●●●●●	გურია
;	x●●●●●●●	იმერეთი
~	●●●●●●●●	სამეგრელო
^	■●●●●●●●	კახეთი
x	■●●●●●●●	მესხეთ-ჯავახეთი
^	■●●●●●●●	შიდა ქართლი
x	■●●●●●●●	მცხეთა-მთიანეთი
x	■●●●●●●●	ქვემო ქართლი
x	-●●●●●●●	რაჭა-ლეჩხუმი
x	●●●●●●●●	სამაჩაბლო

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ სამივე ცხრილს შორის უნდა არსებობდეს ლოგიკური კავშირები, რომელიც სქემატურად ასე გამოისახება:



მაგალითში მოყვანილი სამივე ცხრილი შეიცავს დამაკავშირებელ ველებს, რომელთა მნიშვნელობები განსაზღვრავენ რელაციებს ცხრილებს შორის.

კავშირები - Relationships

ანუ ყოველი საკრებულო უნდა უკავშირდებოდეს იმ რაიონს, რომელშიც იგი ფაქტობრივად მდებარეობს ანუ ადმინისტრაციულად ეკუთვნის მას, ხოლო თვით რაიონი - შესაბამის რეგიონს. მაგალითად კახეთის რეგიონში არსებულ რაიონთა ნუსხა მონაცემთა ბაზაში შეიძლება ასე გამოვსახოთ:

12 Kakheti		კახეთი	
	C_Rayon	Name_E	Name_G
	50	Akhmeta	ახმეტა
	51	Gurjaani	გურჯაანის რაიონი
	52	Dedoplistskaro	დედოფლისწყარო
	53	Telavi	თელავი
	54	Lagodexi	ლაგოდეხი
	55	Sagarejo	საგარეჯო
	56	Signagi	სიღნაღი
	57	Kvareli	ყვარელი

არსებული კავშირების (რელაციების) გამოყენებით საკრებულოს არჩევისას მიიღება შესაბამისი რაიონის კოდი, რომელიც თავის მხრივ დაკავშირებულია შესაბამისი რეგიონის კოდთან.

მაგალითად, Sak_code=06, Ray_code=51, Code_Region=12, რომელიც შემდეგანირად იშვირება:

- რეგიონი (12) *კახეთი*
- რაიონი (51): *გურჯაანი*
- საკრებულო (06): *ვახიშუბანი*.

მონაცემთა ცხრილის (ცხრილების) შექმნის შემდეგ შესაძლებელია ინფორმაციის უშუალო შეტანა. ცალკეულ ცხრილში მონაცემების დამუშავებისას ხშირად საჭიროა არა მთელ ინფორმაციასთან მუშაობა, არამედ მისი ნაწილის არჩევა. მაგალითად საკრებულოების ცხრილში

(LTSakrebulo) ჩაწერილია მთელი საქართველოს ყველა საკრებულოს მონაცემები, სულ 2017 ჩანაწერი. ცხადია, რომ ცალკეული რაიონის ფარგლებში მუშაობისას უფრო მოსახერხებელია ე.წ. „გაფილტვრის“ საშუალების გამოყენება. ამ საშუალებით შეგვიძლია მოვითხოვოთ მხოლოდ ჩვენთვის საინტერესო (სამუშაო) რაიონის საკრებულოები. მაგალითად, თუ ჩვენ გვინტერესებს ქობულეთის რაიონი, შეგვიძლია მოვითხოვოთ მხოლოდ ამ რაიონის საკრებულოები (კოდი Ray_code=20)

Ray_code	Sak_code	NAME_E	Name_G
20	01	Kobuleti	ქობულეთი ქ.
20	02	Ochkhamuri	ოჩხამური
20	03	Chakvi	ჩაქვი
20	05	Achkvistavi	აჭქვისთავი
20	06	Bobokvati	ბობოყვათი
20	10	Kvirike	კვირიკე
20	11	Legva	ლეღვა
20	12	Mukhaestate	მუხაესტატე
20	14	Kakuti	ქაქუთი
20	15	Kobuleti	ქობულეთი
20	17	Cikhisdziri	ციხისძირი
20	18	Chakhati	ჭახათი
20	19	Khala	ხალა
20	20	Khucubani	ხუცუბანი

მოყვანილი მაგალითი ნიშნავს რომ მომხმარებლის ეკრანზე გამოტანილია მხოლოდ ის საკრებულოები, რომელთა რაიონის კოდი=20. მიუხედავად იმისა, რომ სხვა საკრებულოები ასევე ჩაწერილია ბაზაში, ისინი არ მიიღებენ მონაწილეობას პროცესში, ანუ ეკრანზე არ გამოიტანებიან.

მოთხოვნები - Queries

გარდა მარტივი ფილტრირებისა, მონაცემთა ბაზაში შესაძლებელია ინფორმაციის ძიება და „ამოკრეფა“ ერთზე მეტი ცხრილიდან. ამასთან, ამ დროს შესაძლებელია საჭირო ველების არჩევაც. ამ საშუალებას „მოთხოვნები“ (Queries) ეწოდება.

ფუნქციონალური დანიშნულებებიდან გამომდინარე ანსხვავებენ რამოდენიმე ტიპის მოთხოვნას:

- შერჩევის მოთხოვნა (Select Query);
- განახლების მოთხოვნა (Update Query);
- დამატების მოთხოვნა (Append Query);
- წაშლის მოთხოვნა (Delete Query).

ნებისმიერი ტიპის მოთხოვნა წარმოადგენს გამონათქვამს ჩაწერილს ე.წ. მოთხოვნათა სტრუქტურირებულ ენაზე - (SQL - Structured Query Language).

SQL-ზე ჩაწერილი წინადადების ზოგადი სტრუქტურა შეიძლება ასე აღიწეროს:

<შეკითხვის ტიპი> ველი1, ველი2, . . . <From> ცხრილი1, ცხრილი2, . . . <Where> პირობა
<Order by> ველი1, ველი2, . .

სადაც პირობა წარმოადგენს მათემატიკურ/ლოგიკურ გამოსახულებას, რომელშიც აისახება კონკრეტული ინფორმაციის მისაღებად საჭირო ცხრილებისა და ველების მნიშვნელობათა დამოკიდებულება/კავშირები.

განვიხილოთ თითოეული მოთხოვნის ტიპი:

შერჩევის (Select Query) მოთხოვნა, რომლის მიზანია ამოიღოს რეგიონის, რაიონის, საკრებულოს სახელები და მათი კოდები შესაბამისი ცხრილებიდან:

```
SELECT LTRegions.REGION_G, LTRayons.Name_G, LTSakrebulo.Name_G,
LTSakrebulo.Ray_code, LTSakrebulo.Sak_code
FROM LTRegions INNER JOIN LTRayons ON LTRegions.Code_Region =
LTRayons.C_Region INNER JOIN LTSakrebulo ON LTRayons.C_Rayon =
LTSakrebulo.Ray_code
WHERE LTSakrebulo.Ray_code="20"
ORDER BY LTSakrebulo.Sak_code;
```

შედეგად მიღებული მონაცემები ასე გამოიყურება:

REGION_G	LTRayons.Name_G	LTSakrebulo.Name_G	Ray_code	Sak_code
ქართალი	ქობულეთი	ქობულეთი ქ.	20	01
ქართალი	ქობულეთი	ოჩხამური	20	02
ქართალი	ქობულეთი	ჩაქვი	20	03
ქართალი	ქობულეთი	აჭყვისთავი	20	05
ქართალი	ქობულეთი	ბობოყვათი	20	06
ქართალი	ქობულეთი	კვირიკე	20	10
ქართალი	ქობულეთი	ლეღვა	20	11
ქართალი	ქობულეთი	მუხანესტატე	20	12
ქართალი	ქობულეთი	ქაქეთი	20	14
ქართალი	ქობულეთი	ქობულეთი	20	15
ქართალი	ქობულეთი	ციხისძირი	20	17
ქართალი	ქობულეთი	ჭახათი	20	18
ქართალი	ქობულეთი	ხალა	20	19
ქართალი	ქობულეთი	ხუცუბანი	20	20

განახლების (Update Query) მოთხოვნა:

```
UPDATE LTSakrebulo SET LTSakrebulo.Name_G = "ახალი მნიშვნელობა"
WHERE LTSakrebulo.Ray_code="20" AND LTSakrebulo.Sak_code="18";
```

შეცვლის საკრებულოს დასახელებას „ჭახათი“ „ახალი მნიშვნელობა“ –თი.

დამატების (Append Query) მოთხოვნა:

INSERT INTO LTSakrebulos (Ray_Code, Sak_Code, Name_G)

SELECT "94", "18", "ახალი ობიექტი";

დაუმატებს ცხრილში LTSakrebulos ახალ ჩანაწერს (Record) შესაბამის ველებში: Ray_Code=94, Sak_Code=18, Name_G='ახალი ობიექტი'.

წაშლის (Delete Query) მოთხოვნა

DELETE ROWS FROM LTSakrebulos **WHERE** Ray_Code=94

წაშლის ყველა იმ ჩანაწერს ცხრილიდან LTSakrebulos რომელთაც რაიონის კოდი (Ray_Code) უდრის 94.

თუ ფორმირებული მოთხოვნის ტექსტი (SQL წინადადება) იქნა შენახული (ჩაწერილი), მაშინ შესაძლებელია მისი შემდგომი მრავალმიზნობრივი გამოყენება.

ფორმები/რეპორტები - Forms/Reports

მონაცემთა ბაზაში არსებული ინფორმაციის დამუშავების უფრო მოხერხებულ და ეფექტურ საშუალებებს იძლევა ფორმებისა (**Forms**) და რეპორტების (**Reports**) შესაძლებლობები.

ფორმები (**Forms**) განკუთვნილია ბაზური ინფორმაციის ეკრანული გამოსახვისათვის. ფორმა შეიძლება დაკავშირებული იყოს უშუალოდ ცხრილთან ან მოთხოვნასთან, რომელიც თავის მხრივ უკავშირდება ცხრილს (ან ცხრილებს). ზემოთ მოყვანილი შერჩევის მოთხოვნის მაგალითში რეგიონისა და რაიონის დასახელება მეორდება იმდენჯერ, რამდენი საკრებულო იქნა არჩეული. თუ ამ მოთხოვნის საფუძველზე ავაგებთ ფორმას, მას უფრო მოხერხებული სახე შეიძლება მიეცეს:

რეგიონი	აკარა
რაიონი	ქობულეთი
საკრებულო	
01	ქობულეთი
02	ოჩხამური
03	ჩაქვი
05	აკქვისთავი
06	ბობოყვათი
10	კვირივი
11	ლეღვა
12	მონაესტატი
14	ქაქუთი
15	ქობულეთი
17	ცინისძირი
18	ჭახათი
19	ხალა
20	ხუცულბანი

რეპორტების შესაძლებლობები ანალოგიურია ფორმებისა, იმ განსხვავებით, რომ ფორმები განკუთვნილია ეკრანზე სამუშაოდ, ხოლო რეპორტები ქაღალდზე დასაბეჭდად. მიუხედავად ამისა, რეპორტები ხშირად გამოიყენება ინფორმაციის ეკრანზე გამოსატანად (მაგ. დაბეჭდვამდე წინასწარ გადათვალიერების მიზნით).

თუ ზევით მოყვანილ არჩევანის მოთხოვნაზე ავაგებთ რეპორტს და მასში გამოვიყენებთ რეგიონითა და რაიონით დაჯგუფების საშუალებას, მივიღებთ:

რეგიონები, რაიონები, საკრებულოები				
რეგიონი	რაიონი	საკრებულოები	რაიკოდი	საკრ.კ.
აკარა				
	<i>ქობულეთი</i>			
		აქქვისთავი	20	05
		ზობოყვათი	20	06
		კვიროვე	20	10
		ლეღვა	20	11
		მუნაესტატე	20	12
		ოწნამური	20	02
		ქაქუთი	20	14
		ქობულეთი	20	15
		ქობულეთი	20	01
		ჩაქვი	20	03
		ცინისშირი	20	17
		ჭანათი	20	18
		ხალა	20	19
		ხუცუმანი	20	20

როგორც ვხედავთ აქ საკრებულოს დასახელებები ანბანურად არიან დალაგებული. თუ არჩევანის მოთხოვნაში რაიონის კოდის პირობას შევცვლით (მაგ. **WHERE** LTSakrebulo.Ray_code="30"), მაშინ მივიღებთ იმერეთის ბაღდათის რაიონის საკრებულოთა ნუსხას.

მოყვანილი მაგალითი გვიჩვენებს რომ ერთხელ აგებული სტრუქტურა **ცხრილები => კავშირები => მოთხოვნა => ფორმა (ან რეპორტი)** შიძლება გამოყენებული იქნას სხვადასხვა სახის ინფორმაციის მისაღებად, თანაც მინიმალური ცვლილებების შედეგად.

იმისათვის რომ ცვლილებების შეტანა მთლიანად (ან ნაწილობრივ) ავტომატიზებული გახდეს მონაცემთა ბაზების დამუშავების სისტემებში

არსებობს დაპროგრამების საშუალებები. ისინი უფრო ხშირად ე.წ. “სკრიპტებისა” ან “მოდულების” (Scripts, Modules) სახელითაა ცნობილი. ეს საშუალებები იძლევა შესაძლებლობას რომელიმე სტანდარტული (ან სისტემაში არსებული) დაპროგრამების ენების გამოყენებისა. დაპროგრამების ენაზე ჩაწერილი მოქმედებათა თანმიმდევრობა სრულდება კომპიუტერის მიერ იმ დროს, როდესაც ეს ოპერატორის ან მომხმარებლის მიერ იქნება მოთხოვნილი.

10. გეონოინფორმაციული სისტემიდან გეომონაცემთა ბაზამდე: მონაცემთა დამუშავების განვითარების ეტაპები.

როგორც უკვე ავლინშნეთ, გეოგრაფიული ინფორმაციის ციფრული წარმოდგენისა და დამუშავებისათვის საწყის ეტაპზე გამოყენებულ იქნა სპეციალურად შექმნილი ე.წ. “შეიპ” (Shape) ფაილური სტრუქტურა. მის შემადგენლობაში სივრცული და ატრიბუტული ინფორმაცია “დაშლილია” ფაილებად, რომლებიც შეიცავენ შესაბამის ინფორმაციას, როგორცაა:

- სივრცითი;
- ატრიბუტული;
- კავშირები;
- ინდექსები;
- დამატებითი აღმწერი და/ან დამაკავშირებელი.

ცხადია, რომ ასეთი სახით წარმოდგენილი ინფორმაცია საკმაოდ რთული დასამუშავებელია და მომსახურების პროცესში გარკვეულ სირთულეებს ქმნის. კერძოდ, ერთი სახის (ტიპის) ობიექტის წარმოდგენა ხორციელდება ფაილთა ერთობლიობით, რომელთა გაერთიანება (დასახელება) განისაზღვრება მხოლოდ დამატების (Extention) მეშვეობით, მაგალითად ერთი შრისათვის (Layer):

- **gza_polyline.dbf** – ხაზოვანი გზების ატრიბუტული ინფორმაცია;
- **gza_polyline.prj** – ხაზოვანი გზების შეიპის და ატრიბუტიკის დამაკავშირებელი ინფორმაცია (პროექტი);
- **gza_polyline.shp** – ხაზოვანი გზების სივრცითი წარმოდგენა (გრაფიკა);
- **gza_polyline.shx** – ინდექსები (საძიებელი) გრაფიკულ და ატრიბუტულ ინფორმაციაში.

ცხადია, რომ ლეიერების ანუ შრეების (ფენების) დიდი რაოდენობის არსებობის შემთხვევაში ფაილური სტრუქტურა რთულდება და მისი მოხმარება მეტად მოუხერხებელია.

ზუსტად ამ ნაკლოვანების აღმოსაფხვრელად გეოგრაფიული ინფორმაციის წარმოსადგენად გამოყენებულ იქნა მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები (მბმს).

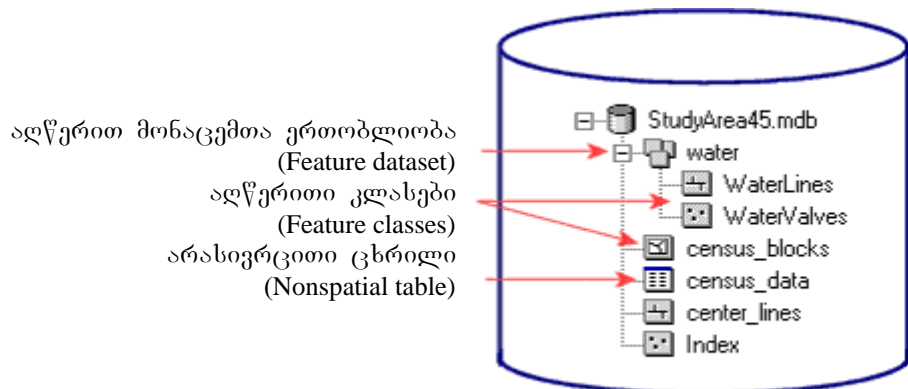
მბმს იძლევა საშუალებას ნებისმიერი სახის ინფორმაციის შენახვისა და დამუშავების საშუალებას. აქედან გამომდინარე შესაძლებელი ხდება გეოგრაფიული ინფორმაციის ყველა კომპონენტის განთავსება მონაცემთა ბაზაში და მართვის სისტემის აგრეგირებული საშუალებების გამოყენება.

გეოგრაფიული ინფორმაციის ასეთ სახით წარმოდგენას **გეომონაცემთა ბაზას** უწოდებენ.

ასეთი სახის მონაცემთა ბაზები ითავსებენ როგორც მბმს-ის ასევე სივრცითი ობიექტების დამუშავების შესაძლებლობებს, ანუ მონაცემთა ბაზაში წარმოდგენილი ობიექტები *ერთდროულად* მისაწვდომია როგორც გრაფიკული (სივრცითი), ასევე ატრიბუტული ფუნქციების მხრიდანაც.

გეომონაცემთა ბაზის ერთ-ერთ მაგალითს წარმოადგენს ESRI ArcGIS (V 8.X, 9.X), რომელშიც გამოყენებულია MS Access-ის მბმს-ის გარემო, ანუ კომპანია Microsoft-ის მიერ დამუშავებული და ფართოდ გავრცელებული MS Office-ის პაკეტის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილი. ასეთ გეომონაცემთა ბაზას კიდევ “პერსონალურს” უწოდებენ, რადგანაც მისი სრულყოფილი მოხმარება/დამუშავება შესაძლებელია მხოლოდ ერთი მომხმარებლის მიერ. იმისათვის რომ გეომონაცემთა ბაზა ერთდროულად მისაწვდომი გახდეს რამოდენიმე მომხმარებლისათვის/ოპერატორისათვის, აუცილებელია გამოყენებულ იქნას უფრო მაღალი რანგის მონაცემთა ბაზები, მაგალითად Oracle ან MS SQL. ეს კი თავის მხრივ იწვევს დამატებითი პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენების საჭიროებას, მაგ. ArcSDE (Spatial Database Engine), რომელიც უზრუნველყოფს კავშირს მონაცემთა ბაზასა და საკუთრივ სივრცითი ინფორმაციის დამუშავების სისტემების მოდულებს შორის.

გეომონაცემთა ბაზის მთავარი კომპონენტები შეიძლება ასე გამოვასხოთ:



როგორც სქემიდან ჩანს გეომონაცემთა ბაზა შეიძლება შეიცავდეს სამი ტიპის ობიექტებს.

აღწერით მონაცემთა ერთობლიობა აერთიანებს აღწერით კლასებს, რომლებიც თავის მხრივ შეიცავენ სივრცითი ობიექტების, წერტილების, ხაზების და პოლიგონების ვექტორულ მონაცემებს. ასეთი გაერთიანება მოსახერხებელია მონაცემთა მართვისა და დამუშავებისთვის, თუმცა ვექტორული მონაცემები შეიძლება მონაცემთა ბაზაში დამოუკიდებელ აღწერით კლასად იყოს შეტანილი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, თითოეული აღწერითი კლასი წარმოადგენს ცალკეულ სივრცით შრეს ანუ ლეიერს (Layer).

არასივრცითი ცხრილები წარმოადგენენ ჩვეულებრივ, როგორც წესი, ატრიბუტული მონაცემების ცხრილურ მონაცემთა საცავს.

მონაცემთა ასეთი სტრუქტურა იძლევა საშუალებას კავშირების ანუ რელაციების (Relations) ეფექტური ორგანიზებისა სივრცით და ატრიბუტულ ინფორმაციას შორის. ეს კი თავის მხრივ აისახება ჩასატარებელ ოპერაციათა პროცესების სიმარტივეზე.

გარდა მთავარი ინფორმაციული საცავებისა, გეომონაცემთა ბაზა შეიძლება შეიცავდეს დამხმარე ე.წ. პასიურ ინფორმაციას, რომელიც გამოიყენება სხვადასხვა სახის ვიზუალიზაციისათვის. ასეთია მაგალითად რასტრული კატალოგები და ორთოფოტოები.

კავშირების ანუ რელაციების კლასი წარმოადგენს გეომონაცემთა ბაზების მძლავრ საშუალებას. მაგალითად რელაცია ელექტროგაყვანილობის ხაზოვან სივრცით გამოსახულებასა და ბოძების წერტილოვან ფენას შორის ქმნის ელექტროგაყვანილობის ქსელის ერთიან სურათს, რითაც მნიშვნელოვნად მარტივდება მთელი რიგი ოპერაციების შესრულება, მაგალითად მარშრუტების შედგენა და/ან სივრძეების კალკულაცია.

ნაშრომი ასახავს გეოგრაფიული ინფორმაციის წარმოდგენისა და დამუშავების ძირითად პრინციპებს, რომელთა დეტალური აღწერა დაგეგმილია შემდგომ გამოცემებში.

ლიტერატურა:

- Campbell, J.B. (2002). *Introduction to remote sensing*, 3rd ed., The Guilford Press. ISBN 1-57230-640-8.
- Jensen, J.R. (2000). *Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective*. Prentice Hall. ISBN 0-13-489733-1.
- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer, and J.W. Chipman (2003). *Remote sensing and image interpretation*, 5th ed., Wiley. ISBN 0-471-15227-7.
- Richards, J.A., and X. Jia (2006). *Remote sensing digital image analysis: an introduction*, 4th ed., Springer. ISBN 3-540-25128-6.
- Steven J. Steinberg, Sheila L. Steinberg. (2006). *Geographic Information Systems for the Social Sciences, Investigating Space and Place*, SAGE Publications, ISBN 0-7619-2872-3
- Peter F.Dale, John D. McLaughlin, *Land Information Management*, Clarendon Press, Oxford
- C.Jones, *Geographical Information Systems and Computer Cartography*, Amazon Books
- C. A. Brebbia, P. Pascolo. *Management Information Systems 2000: GIS and Remote Sensing (Management Information Systems)*, International Conference on Management Information Systems incorporat.
- Philippe Rigaux, Michel Scholl, Agnès Voisard, *Spatial Databases by The GIS Book (GIS Book)*
- PETER WYATT, *GIS in Land and Property Management*
- P.A. Burrough, *Principles of Geographical Information Management for Land Resources Assessment*, Clarendon Press, Oxford

შემდეგი თემები, რომლებიც იქნება განხილული:

10. მონაცემთა ძიებისა და დამუშავების საშუალებები.
11. ობიექტების ცნება და მათი სივრცითი ანალიზი.
12. ციფრული რუკების მომზადება და შექმნა.
13. თემატური ციფრული/დიგიტალური რუკები მიწის მენეჯმენტის სხვადასხვა ასპექტებისათვის.
14. გის-ის გამოყენებითი ასპექტები: ძიება, სტატისტიკა, ანალიზი.
15. დაპროგრამება გის-ში – აპლიკაციები.
16. გის-ის მომავალი – ანალიზი და პერსპექტივები.