

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნიკა ყარალაშვილი

ტყის ბიომრავალფეროვნების შეფასება და მონიტორინგი გეოგრაფიულ-
ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: მანქანათმცოდნეობა, მანქანათმშენებლობა და
საწარმოო ტექნოლოგიური პროცესები

შიფრი: 0408

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი,

0175, საქართველო

13.07. 2018 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ჩვენ, ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ნიკა ყარალაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: ტყის ბიომრავალფეროვნების შეფასება და მონიტორინგი გეოგრაფიულ-ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით

და ვაძლევთ რეკომენდაციას -----

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას -----
----- დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

თარიღი: „-----“ „-----“, 20--- წელი

ხელმძღვანელი ლ. გიგინეიშვილი

ტ. მ. დ. პროფესორი -----

ხელმძღვანელი ვ. აბაიშვილი

ტ. მ. კ. პროფესორი -----

რეცენზენტი: ჯ. ლომიძე ს.მ. მ. დ, პროფესორი

რეცენზენტი მ. ახობაძე ტ.მ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნიკა ყარალაშვილი

ტყის ბიომრავალფეროვნების შეფასება და მონიტორინგი გეოგრაფიულ-
ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

13.07. 2018 წელი

„ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების სამაგისტრო ნაშრომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტს“.

„ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე. ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე ვიღებ პასუხისმგებლობას“.

ავტორის ხელმოწერა

რეზიუმე

ცოცხალი გარემო ჩვენი პლანეტის უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია. ტყე, როგორც მისი შემადგენელი ნაწილი მთელი მსოფლიოს მასშტაბით სერიოზული საფრთხის წინაშეა. ამჟამად გაჩეხილია შერეული და ფართოფოთლოვანი ტყეების 40-70%, ხმელთაშუაზღვისპირეთის სუბტროპიკული ტყეების 85-90%, ფიქრობენ, რომ ყოველ წუთში ქრება 20 ჰა. ტყე. ეს ტემპი უკანასკნელი 5 საუკუნის განმავლობაში მნიშვნელოვნად გაიზარდა: სწორედ ამ დროს განადგურდა ტყის საფარის 2/3. ტყის საფარის მოსპობა შეუქცევადად აზიანებს ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებას.

აღნიშნული პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოში. მძიმე სოციალურ-ეკონომიკური ვითარების, გარემოსდაცვით ღონისძიებებზე გამოყოფილი ფინანსების სიმწირე და სხვა ობიექტური მიზეზებს გამო ვერ ხერხდება ქმედითი ნაბიჯების გადადგმა. ტყის ბიომის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვისთვის დამატებითი ხელისშემშლელი ფაქტორებია: ეფექტური მონიტორინგის სისტემის არ არსებობა და თანამედროვე ტექნოლოგიების ნაკლებობა.

ამ პრობლემის ნაწილობრივ გადაჭრას მიეძღვნა წინამდებარე ნაშრომი. ჩვენი აზრით ახლო მომავალში საქართველოს არ იქნება ფინანსური საშუალება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად აწარმოოს ტყის ინვენტარიზაცია და ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კვლევა-მონიტორინგი. ამიტომ შემოთავაზებული ტექნოლოგია გულისხმობს ტყის ამორჩევით-სტატისტიკურ ინვენტარიზაციის განხორციელებას მობილური გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით, მიღებული მონაცემების საფუძველზე მოხდეს ტყის მცენარეული საფარის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების სივრცითი ანალიზი განსაზღვრული ფორმულების გამოყენებით, მოხდეს ინფორმაციის შენახვა გეოინფორმაციულ მონაცემთა ბაზებში და გარკვეული პერიოდის შემდეგ შეგროვებული ახალი მონაცემების საშუალებით განხორციელდეს მონიტორინგი.

ნაშრომის პირველ თავში „ლიტერატურის მიმოხილვა“ განხილულია საქართველოში არსებული მდგომარეობა, ბიოლოგიური მრავალფეროვნების არსი და მნიშვნელობა, გლობალური და ეროვნული მრავალფეროვნების შესახებ არსებული მონაცემები, ხაზგასმულია საქართველოს ფლორისტური და ტყის ბიომის მრავალფეროვნება. ასევე ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის ღონისძიებები და საკანონმდებლო საფუძვლები.

მეორე თავში „შედეგები და მათი განსჯა“ განსაზღვრულია ის მოთხოვნები, რომელსაც ჩვენი აზრით უნდა აკმაყოფილებდეს საქართველოს სატყეო სექტორში დასაწერგი გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა. ასევე გააანალიზებულია ზოგადად გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები,

რის საფუძველზეც დადგინდა, რომ ღია გის „ქიუ გის“ ფუნქციური შესაძლებლობით შესაძლებელია რელიეფის ანალიზის განხორციელება. ამავე თავში მოყვანილია ტყის ინვენტარიზაციის არსებული პრაქტიკის ნაკლოვანებანი და დასაბუთებულია ამორჩევით-სტატისტიკური მეთოდის უპირატესობა., განსაზღვრულია თუ როგორ უნდა ჩატარდეს ტყის ინვენტარიზაცია თანამედროვე საზომი ხელსაწყოების გამოყენებით.

ცალკე ქვეთავი ეძღვნება ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების ინდექსებს. ბოლო ქვეთავში „ძირითადი შედეგები“ დეტალურადაა მოცემული თუ როგორ უნდა მოხდეს საველე მონაცემების შეგროვება და მათი ანალიზი: ქვეყნის ტერიტორია იყოფა 7×7 კმ-ის ფართობის კვადრატებად. თითოეული კვადრატის ფარგლებში, შემთხვევითი შერჩევის პრინციპით შეირჩევა წერტილი. შერჩევის განხორციელებისთვის გამოიყენება „ფილდ მაპ“ (Field Map) პროგრამული უზრუნველყოფა, განკუთვნილი - უწყვეტი სტატისტიკური ინვენტარიზაციისთვის, შედეგების ყოველწლიური წარმოჩინებით. საველე სამუშაოები უნდა დაიგეგმოს ისე, რომ ყოველ წელიწადს მოხდეს სანიმუშო წერტილების 20%-ის კვლევა, მიღებული მონაცემების ოპერატიული დამუშავებით. ამასთან ყველა წერტილი თანაბრად უნდა იყოს განაწილებული მთელი ქვეყნის ტერიტორიაზე.

ასეთი თითოეული ამორჩეული წერტილისთვის განისაზღვრება 450×450 მ-ის ფართობის კვადრატი. ამ კვადრატებისთვის საჭიროა აქტუალური აეროფოტოსურათების მოძიება (0,25 მ-ის გარჩევადობის ფერადი ორთორექტიფიცირებული აეროფოტო, გადაღებული კვლევის ჩატარების პერიოდიდან არაუდრეს 3 წლისა). აეროფოტოზე ოპერატიული საერთო ტერიტორიას ყოფს 10×10 მ-ის კვადრატებად. ხოლო თითოეული კვადრატისთვის განსაზღვრავს მიწათსარგებლობის კატეგორიას და საფარის ტიპი. ყველა სანიმუშო წერტილი, რომელიც აეროფოტოსურათების მიხედვით ხვდება ტყის ტერიტორიაზე ან მასთან ახლოს, ან ისეთი წერტილებისთვის, რომელთათვისას არსებობს საფუძველი ვარაუდისა, რომ აქ ტყე უნდა იყოს - განისაზღვრება ნატურაში. იმ შემთხვევაში თუ 12,62 მ.-ის რადიუსის ტყის მინიმუმ 10%-ით დაფარული ტერიტორიაა, იგი განისაზღვრება როგორც სანიმუშო ფართობი, ხდება მისი საზღვრების ნატურაში გადატანა და საველე შესწავლა. ველზე ინფორმაციის შეგროვების და შემოწმების შემდეგ უნდა მოხდეს მათი კონვერტაცია ცხრილურ მონაცემებში. ამ მონაცემებით საფუძველზე შეიქმნება მონაცემთა ბანკი, რომელიც გახდება მონიტორინგის საფუძველი. მონაცემთა ბანკში აკუმულირებული მონაცემების დამუშავება განხორციელდება გის „ქიუ გის“ ის საშუალებით, ხოლო მონაცემების განმერებით შეგროვების შემთხვევაში უკვე არსებული მონაცემების შედარებით განხორციელდება მონიტორინგი.

ნაშრომს თან ერთვის დანართი, რომელშიც მოყვანილია დამატებითი ინფორმაცია საქართველოს ტყეების შესახებ. ასევე - გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა.

Abstract

The living environment is the most important component of our planet. Forest, as its constituent, is under a serious threat worldwide. Currently, 40-70 % of broadleaf and mixed forests, as well as 85-90% of Mediterranean subtropical forests have been cut down. It is believed that every minute 20 hectares of forest is disappearing. The pace has significantly increased within last 5 centuries; This is exactly when 2/3 of foliage has been destroyed. Foliage destruction irreversibly damages biodiversity.

The problem is especially pressing in Georgia. Effective steps cannot be made due to difficult socio-economic conditions, scarcity of funds allocated for environmental protection and other objective factors. Protection of forest biome biodiversity is further hindered by absence of efficient monitoring system and shortage of modern technology.

The following thesis aims to partially resolve this problem. We believe that in the nearest future Georgia will still not have sufficient financial resources to separately conduct forest stocktaking, as well as to research and monitor biodiversity. This is why the suggested technology intends to use geographic information systems while conducting selective-statistical stocktaking and then utilize gathered data for spatial analysis of forests' foliage biodiversity using determined formulas; as well as to preserve the information in a geographic information data base and to conduct monitoring using the recently obtained data after some period.

Literature review, the first chapter of the thesis discusses current situation in Georgia, importance and essence of biodiversity and existing data on global and national biodiversity. It also highlights floral and forest biome diversity of Georgia, as well as steps and legislative foundations of biodiversity protection.

The second chapter - Results and Their Assessment - determines requirements that we believe geographic information system, intended to be installed in a Georgian forest sector, should meet. It also provides a general analysis of geographic information systems based on which we come to the conclusion that the relief analysis can be conducted by functional capabilities of open GIS 'QG'. This chapter also touches upon flaws of the current practice of forest stocktaking and provides arguments in support of the advantage of selective-statistical method. Moreover, it determines how to conduct forest stocktaking using modern measuring tools.

A separate sub-chapter is dedicated to biodiversity assessment indexes. The final sub-chapter 'Primary Results' provides a detailed information on how to gather and analyze field data: A territory of a country is divided by 7x7 km. large squares. A certain point will be chosen using random selection principle within each square. Field Map software is used for selection which is meant for continuous statistical stocktaking by annual representation of results. Field work should be planned in a way that 20% of model points were analyzed each year by operative processing of

the obtained data. Moreover, each point should be identically distributed throughout the country territory.

For each of the selected point a square of 450x450 m. area will be determined. One must look for actual aerophotos for these square (0,25 m. discernibility orthorectified aerophoto taken no earlier than 3 years from conducting a research).

On an aerophoto, the operator divides overall territory by 10x10 meter squares. He/she determines the land use category and a foliage type of each square. Each model point, that covers forest territory, a nearby area or similar points where forest could potentially be located – are represented in real terms. In case at least 10% of forest of 12.62 radius is a covered territory, it is determined as a model area, its borders are transferred in real terms and studied on field. After obtaining and checking information on the field, it must be converted into a table data. According to these findings, a data bank will be created. It will become a foundation for monitoring. QGIS will be used to process findings accumulated in the data bank. If findings are data obtaining takes place again, monitoring will compare existing findings.

The thesis is enclosed with an attachment that includes additional information about forests of Georgia. It also includes a list of used literature.

შინაარსი

ცხრილების ნუსხა.....	10
ნახაზების ნუსხა.....	10
შესავალი	11
I თავი. ლიტერატურის მიმოხილვა.....	15
1.1.1. ბიომრავალფეროვნების დაცვის მხრივ საქართველოში არსებული მდგომარეობა.....	15
1.2.1. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების მნიშვნელობა.....	25
1.2.2. გლობალური და ეროვნული ბიომრავალფეროვნება	28
1.2.3. საქართველოს ფლორისტული მრავალფეროვნება.....	33
1.2.4. საქართველოს ტყის ბიომის ბიოლოგიური მრავალფეროვნება.....	36
1.2.5. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების გლობალური დაცვის ღონისძიებები.....	44
1.2.6. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის საერთაშორისო და ეროვნული კანონმდებლობა	45
II თავი. შედეგები და მათი განსჯა	51
2.1. საქართველოს სატყეო სექტორში დასანერგი გის მახასიათებლების განსაზღვრა და ღია გის-ის „ქუანტუმ გის“-ის (Quantium Gis) გამოყენების პერსპექტივა.....	51
2.2. ტყის ინვენტარიზაციის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა	73
2.1.1 არსებული პრაქტიკის ნაკლოვანებანი	73
2.2.2. ჩასატარებელი სატყეო სატაქსაციო სამუშაოები	81
2.2.3. ოპტიმალური ტექნოლოგია საქართველოს ტყეების ინვენტარიზაციისთვის	84
2.2.4. ტყის ინვენტარიზაციის მეთოდის განსაზღვრა.....	87

2.3. ველზე მონაცემების შეგროვების ტექნოლოგიის და პროგრამულ აპარატული უზრუნველყოფის განსაზღვრა	98
2.4. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების ინდექსების განსაზღვრა	103
2.9. ძირითადი შედეგები.....	114
დასკვნები.....	126
გამოყენებული ლიტერატურა	128
დანართი.....	136

ცხრილების ნუსხა

- ცხრილი 1. გეოგრაფიული გარსის ცოცხალი ბიომასა (მლრდ. ტ.) 15
- ცხრილი 2. საქართველოს ტყის პროცენტული წილი ჰიფსომეტრიული განაწილების მიხედვით.....41
- ცხრილი 3. საქართველოს ტყეების პროცენტული წილი რელიეფის დახრილობის მიხედვით.....41
- ცხრილი 4. ტყის ზონალური განაწილება დასავლეთ საქართველოში....42
- ცხრილი 5. ტყის ზონალური განაწილება აღმოსავლეთ საქართველოში..42
- ცხრილი 6. გის ის კლასიფიკაცია ტერიტორიული მომცველობის მიხედვით.....54
- ცხრილი 7. ზოგიერთი ღია გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის შექმნაზე გაწეული დანახარჯები.....68

ნახაზების ნუსხა

- ნახ. 1. ცოცხალი ორგანიზმების შესწავლილობის დონე.....30
- ნახ. 2. მცენარეთა სახეობრივი მრავალფეროვნება საქართველოს ფლორისტულ-ეთნოგრაფიული რაიონების მიხედვით.....34
- ნახ. 3. სხვადასხვა ტიპის ტყეების პროცენტული წილი.....43
- ნახ. 4. მონაცემთა წყაროების გამოყენების პრინციპული სქემა გის მონაცემთა ბაზაში.....56
- ნახ. 5. განსხვავება გეოგრაფიული ობიექტების რასტრული და ვექტორული მოდელით გამოსახვისას.....61
- ნახ. 6. „ქვანტუმ გის“ ით რეალიზებული ტყის კორომთა რუკა.....71
- ნახ. 7. ტექნოლოგიაში გამოყენებული სავლე საზომი ხელსაწყოების ერთ-ერთი კომპლექსი101
- ნახ. 8. სანიმუშო ფართობის პრინციპული სქემა.....119

შესავალი

თემის აქტუალობა. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვა მთელს მსოფლიოში სერიოზული პრობლემაა. როგორც ქვემოთ ვნახავთ, ცოცხალი ბუნება მთელს მსოფლიოში მნიშვნელოვან ანთროპოგენულ ზემოქმედებას განიცდის. ამ მხრივ განსაკუთრებით საყურადღებოა საქართველო. იგი ბიომრავალფეროვნების ინდექსის მიხედვით (BDI) მსოფლიოში 36-ე ადგილზეა, აქტუალური ბიომრავალფეროვნების მაჩვენებელით კი პირველი ადგილი უკავია ევროპაში. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შემცირების საფრთხის გამო კავკასია შედის ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის 200 გლობალურ ეკორეგიონში და 34 ე. წ. „ცხელ წერტილს“ მიეკუთვნება (მე-15 კავკასიის და 30-ე ირან-ანატოლიის წერტილად).

ჩვენს ქვეყანაში დამოუკიდებლობის მოპოვების დღიდან წარმოქმნილი ეკონომიკური და სხვა სიძნელეების გამო არსებითად დაზიანდა ტყე, როგორც ეკოსისტემა. მისი ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვა კი ამ დრომდე ფაქტიურად მხოლოდ ქაღალდზე მიმდინარეობს. სიტუაციის მეტ-ნაკლებად გამოსწორების შემდეგ კი განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ამ პრობლემას. თუმცა სუბიექტური და ობიექტური მიზეზების გამო ასეთი სამუშაო საქართველოში არ წარმოებს. კიდევ ერთი ხაზგასასმელი ნიუანსი თანამედროვე ტექნოლოგიების არარსებობაა: უმეტეს შემთხვევაში პირველადი, საველე მონაცემების შეგროვება მოძველებული ტექნიკური საშუალებებით წარმოებს, ხოლო თავად მონაცემების რეგისტრაცია ხელით, ქაღალდის სპეციალურ ფორმებში ხდება. შემდგომ ასეთი ინფორმაციის დამუშავებას გაცილებით მეტი დრო და ყველა სახის რესურსი სჭირდება, ვიდრე თანამედროვე, მსოფლიოში ბევრ ქვეყანაში უკვე კარგად აპრობირებულ ინფორმაციის გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემებით შეგროვებას.

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესახებ საქართველოს საზოგადოება ნაკლებად ინფორმირებულია. შესაბამისად ხშირად სპეციალისტებიც კი არ

აქცევენ სათანადო ყურადღებას ამ კომპონენტს. ნაშრომში ცალკე ქვეთავად განხილულია ბიოლოგიური მრავალფეროვნების არსი და მის მნიშვნელობა, რათა უფრო თვალნათელი გახდეს რაოდენ მნიშვნელოვანია იგი. მეორეს მხრივ იკვეთება შემდეგი საკითხი: ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასება და დაცვა მეტად ტევადი პრობლემაა, ამიტომ ჩვენი აზრით პირველ ეტაპზე საკმარისი იქნება ტყის ბიომის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების და მონიტორინგის ტექნოლოგიის შემუშავება. რადგან როგორც უკვე აღნიშნეთ, ტყის ეკოსისტემები საგანგაშოდ ცუდ მდგომარეობაში იმყოფება.

21 საუკუნეში კაცობრიობამ წარმოუდგენლად დიდი ნაბიჯი გადადგა განვითარების მხრივ. ამ პროგრესმა გვერდი ცხადია, არც გარემოსდაცვით ღონისძიებებს აუარა. მთელს მსოფლიოში უკვე ათწლეულებია წარმატებით გამოიყენება გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები, როგორც სივრცითი ინფორმაციის შეგროვების, შენახვის ანალიზის და გამოსახვის საუკეთესო საშუალება. ამ მხრივაც მდგომარეობა საქართველოში არადამაკმაყოფილებელია: გამოქვეყნებული ანგარიშების მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ, ჩვენს ქვეყანაში თითქმის არ ხდება ამ მეტად მძლავრი ინსტრუმენტის გამოყენება სატყეო სექტორში. განსაკუთრებით საყურადღებოა მობილური გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების საკითხი. ამიტომ ჩვენს მიერ საფუძლიან იქნა შესწავლილი მთლიანად გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების არსი და მისი სატყეო სექტორში გამოყენების პერსპექტივა.

ბიოლოგიური მრავალფეროვნება, კიდევ ერთხელ ხაზს ვუსვამთ, მეტად რთული პრობლემაა, მისი შეფასება კი სერიოზულ თეორიულ საფუძვლებს მოითხოვს. ნიკოლაშვილის მიხედვით (2014) „ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კვლევის მეთოდოლოგია ცხადია, რომ განსხვავებულია მცენარეული საფარის და ცხოველური სამყაროს მიმართ. თუმცა ეს განსხვავება პრინციპული კი არ არის, არამედ ნიუანსებში ვლინდება. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კვლევის მრავალი ხერხი არსებობს.

არჩეული მეთოდოლოგია დამოკიდებულია უშუალოდ კვლევის მიზანზე. შესასწავლი საკითხები შესაძლებელია რამდენიმე დიდ ჯგუფში გაერთიანდეს. მათგან ერთ-ერთია ბიოლოგიური მრავალფეროვნების მონიტორინგი და დაცვა. [1] ამიტომ წინამდებარე ნაშრომში განსაზღვრულია ის მეთოდოლოგია, რომლითაც მოხდება ტყის მცენარეული საფარის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების სივრცითი ანალიზი.

სამუშაოს მიზანი და ამოცანები. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ისეთი ტექნოლოგიური პროცესის შემუშავება, რომლის მიხედვითაც მოხდება ტყის ბიომში ჩასატარებელი სამუშაოების მთლიანი ინფორმატიზაცია. დასახული მიზნის რეალიზაციისთვის გადაჭრილ იქნა შემდეგი ამოცანები

- შესწავლილ იქნა თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების ტექნიკური შესაძლებლობანი;
- განისაზღვრა საქართველოს სატყეო სექტორში გამოსაყენებელი გის პროგრამული უზრუნველყოფის პარამეტრები;
- განისაზღვრა მეთოდოლოგია და აპარატულ-პროგრამული უზრუნველყოფა, რომლის საშუალებითაც მოხდება ველზე მონაცემების შეგროვება;
- განისაზღვრა მეთოდიკა, რომლითაც მოხდება ტყის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასება.

კვლევის ობიექტი. ნაშრომის საკვლევი ობიექტია საქართველოს ტყეები.

მეცნიერული სიახლე. ჩვენს მიერ გაწეული შრომის შედეგად დამუშავებულია და განსაზღვრულია ტყის ბიომის მცენარეული საფარის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების ტექნოლოგია ტყეთმომწეობის სტანდარტული პროცედურის და გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით. აღნიშნული ტექნოლოგია სრულად რეალიზებადია თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების საშუალებით.

კვლევების პრაქტიკული მნიშვნელობა: ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ტექნოლოგიას აქვს შემდეგი პრაქტიკული მნიშვნელობა:

- ტყის ინვენტარიზაცია განხორციელდება თანამედროვე ტექნოლოგიით: ველზე ინფორმაციის შეგროვება მოხდება მობილური გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით.
- შეგროვებული მონაცემების დამუშავება მოხდება მთლიანად ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით.
- მთელი ტექნოლოგიური ციკლი განხორციელდება ისეთი ინფორმაციული პროდუქტების საშუალებით, რომლისთვისაც მინიმალური ფინანსებია საჭირო.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე შესაძლებელი იქნება ტყეების ინვენტარიზაციის და მის საფუძველზე ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების განხორციელება მოკლე ვადაში, მცირე ფინანსურ დანახარჯებისა და მინიმალური ადამიანური რესურსების გამოყენებით.

I თავი. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1.1. ბიომრავალფეროვნების დაცვის მხრივ საქართველოში არსებული მდგომარეობა

ცოცხალი გარემო ჩვენი პლანეტის მთავარი კომპონენტია. განვითარების ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე ყველა გარსმა მნიშვნელოვანი ცვლილება განიცადა, მაგრამ იგი ყველაზე მეტად ცოცხალ ბუნებაზე აისახა. არდიას და მარგველანის მიხედვით ბიომასის საერთო მოცულობა 1922 მლრდ. ტონის ფარგლებშია. მისი 90% ხმელეთზეა კონცენტრირებული. დანარჩენი ძირითადად მსოფლიო ოკეანეაში არსებული ცოცხალი ორგანიზმებია. თუმცა ეს არ აკნინებს მის მნიშვნელობას. მეცნიერები თვლიან, რომ ოკეანეში ცოცხალ ნივთიერებათა მთელი მასა ახლდება დაახლოებით ყოველ 25 დღეში. იგივე პროცესს ხმელეთზე საშუალოდ 15 წელი სჭირდება. მსოფლიო ოკეანე ყოველწლიურად აწარმოებს 500 მლრდ. ტონაზე მეტ ორგანულ ნივთიერებას.

ცხრილი 1.

გეოგრაფიული გარსის ცოცხალი ბიომასა (მლრდ. ტ.) [1] (გვ. 115)

ბიოსფეროს კომპონენტები	ხმელეთი		ოკეანე		მთლიანად დედამიწა	
	საერთო მასა	პროდუქტულობა წელიწადში	საერთო მასა	პროდუქტულობა წელიწადში	საერთო მასა	პროდუქტულობა წელიწადში
	ფიტომასა	1985	128,7	0,22	70	1895,22
მათ შორის ტყეები	1650	79	-	-	1650	79
ზოომასა	20	56	7	6	27	62
მთლიანად ბიომასა	1915	184,7	7,22	76	1922,22	260,7

ზოგადად ბიოლოგიურ რესურსებში მცენარეული საფარი უპირველესად მნიშვნელოვანია. ყოველწლიურად მწვანე მასა (ხმელეთის და ოკეანის) ითვისებს დაახლოებით 50 მლრდ. ტონა ნახშირბადს, შლის 130 მლრდ. ტონა წყალს, გამოყოფს 120 მლრდ. ტონა მოლეკულურ ჟანგბადს და აკონსერვებს

4×10^7 კილოკალორია მზის ენერჯის მარაგს ფოტოსინთეზის პროდუქტების და ქიმიური ენერჯის სახით. ტყის ბიომი კი პლანეტის მასშტაბით გამოიმუშავებს მთელი ორგანული ნივთიერების 2/3-ზე მეტს. მასითაც იგი უპირველესია: ტყეს მთელი ფიტომასის 87% უკავია (11650 მლრდ. ტონა) [2] (გვ. 116-117)

ტყეს მსოფლიო ეკონომიკაში ასევე დიდი როლი უკავია. ხე-მასალა დღემდე გამოიყენება სამშენებლო მასალად, სათბობად და სხვ. მერქნისაგან მზადდება 15-20 ათ. მეტი სახეობის პროდუქცია. განსაკუთრებით დიდია ტყის როლი რეკრეაციულ-გამაჯანსაღებელი სფეროსთვის. ასეთი დიდი მნიშვნელობის გამო მსოფლიო ტყის საფარი ადამიანის განვითარების მთელი ისტორიის მანძილზე სერიოზულად სახეცვლილია. ყველაზე დიდი ტემპით ტყე ტროპიკებსა და სუბტროპიკებში ნადგურდება. ამჟამად გაჩეხილია შერეული და ფართოფოთლოვანი ტყეების 40-70%, ხმელთაშუაზღვისპირეთის სუბტროპიკული ტყეების 85-90%, ევროპის ზოგიერთ ქვეყანაში კი ბუნებრივი ტყიანობა 5%-ზე ნაკლებია. ფიქრობენ, რომ ყოველ წუთში ქრება 20 ჰა. ტყე. ეს ტემპი უკანასკნელი 5 საუკუნის განმავლობაში მნიშვნელოვნად გაიზარდა: სწორედ ამ დროს განადგურდა ტყის საფარის 2/3. ტყის საფარის მოსპობა შეუქცევადად აზიანებს ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებას [3] [4]

საქართველო ბიოლოგიური მრავალფეროვნების და ზოგადად გარემოსდაცვის პრობლემების მოგვარებაში დამოუკიდებლობის მოპოვებისთანავე აქტიურად ჩაერთო. მაგრამ მძიმე ეკონომიკურ ვითარების და სხვა პრობლემების გამო ასეთ საკითხებზე მუშაობა მხოლოდ ფორმალურად, კანონმდებლობის შემუშავებით და საერთაშორისო კონვენციების რატიფიკაციით შემოიფარგლებოდა. სიტუაციის მეტ-ნაკლებად გამოსწორება 21-ე საუკუნის დასაწყისისთვის მოხდა (მომზადდა საქართველოს გარემოსდაცვის მოქმედებათა პირველი ეროვნული პროგრამა, დაიხვეწა კანონმდებლობა და სხვ.).

ამავე პერიოდიდან რეგულარულად მზადდება ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესახებ ეროვნული ანგარიშები. პირველი ასეთი ანგარიში 2000 წელს გამოქვეყნდა „საქართველოს ბიომრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგიისა და სამოქმედო გეგმის მომზადების პროგრამის“ ფარგლებში. პროექტის განხორციელება ფინანსურად უზრუნველყო მსოფლიო ბანკმა. დოკუმენტის მიხედვით ქვეყანაში ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვისთვის არსებული რესურსები მიჩნეულია არასაკმარისად, ხოლო კონტრეტულად სატყეო სექტორში მიმდინარე რამდენიმე გარემოსდაცვითი პროექტი განისაზღვრა ბიომრავალფეროვნების სამუშაო პროგრამისა და საერთაშორისო კონვენციების გარკვეულწილად ხელშემწყობად. ეს მიანიშნებს, რომ იმ პერიოდში, სამთავრობო თუ არასამთავრობო სექტორის ძალისხმევა ვერ უზრუნველყოფდა ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ადექვატურ დაცვას. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კონსერვაცია და მდგრადი გამოყენება შესაძლებელი იქნებოდა ინტეგრირებული და ყოვლისმომცველი მიდგომის შემთხვევაში, სათანადო ფინანსური უზრუნველყოფის პირობებში. დოკუმენტის მიხედვით გარდამავალი ეკონომიკის ქვეყანაში ასეთი რესურსები შეზღუდული იყო. ასევე მნიშვნელოვან პრობლემად მიჩნეულია სათანადო კადრების და ტექნოლოგიის არარსებობა. მძიმე სიტუაციიდან გამოსვლის ერთ-ერთ გზად საერთაშორისო და დონორ ორგანიზაციებთან თანამშრომლობა მიიჩნეოდა.

1998 წელს მუშაობა დაიწყო პირველ ეროვნულ დოკუმენტზე ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგიისა და სამოქმედო გეგმის შესახებ. ეს დოკუმენტი 2000 წელს დამტკიცდა პრეზიდენტის ბრძანებულებით და განკუთვნილი იყო 2000-2004 წლების პერიოდისთვის. მასში განსაზღვრული იყო ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კუთხით არსებული ძირითადი პრობლემები და პრიორიტეტული მიმართულებები. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგია მოიცავს ღონისძიებათა

ჩამონათვალს თითოეული სტრატეგიული მიზნისთვის და მათი შესრულების რაოდენობრივად გაზომვად ინდიკატორებს.

მიუხედავად იმისა, რომ ცოცხალი ბუნების ტაქსონომიურ კვლევებს ხანგრძლივი ისტორია აქვთ საქართველოში, ეკონომიკური სიდუხჭირის და კანონმდებლობის სრული უგულვებელყოფით გამოწვეული პრობლემების გამო საჭიროდ მიიჩნეოდა ხელახალი ფუნდამენტური კვლევების ჩატარება. 2000 წლისთვის ჯერ კიდევ არ იყო ჩამოყალიბებული ბიოლოგიური მრავალფეროვნების მონიტორინგის ეროვნული სისტემა. ძირითადი მიზეზი - ფინანსური რესურსების და სათანადო სპეციალისტების არარსებობა იყო. უკიდურესად მწირი დაფინანსების გამო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტები ვერ ახორციელებდნენ ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კომპონენტების კვლევებს. ამიტომ საქართველოში სახეობათა და ეკოსისტემათა ინვენტარიზაცია ხდებოდა მხოლოდ საკვანძო სახეობებისთვის, სახეობათა მონიტორინგის პროგრამები იყო მინიმალური. გარემოსდაცვით ღონისძიებებისთვის ასევე პრობლემა იყო თანამედროვე ტექნოლოგიების (მაგ. დისტანციური კვლევების და გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების) გამოყენების მინიმალური წილი.

აკადემიურ სფეროში ბიოლოგიური მრავალფეროვნების საკითხზე ერთ-ერთი სერიოზული ნაშრომია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის და საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოების ინიციატივით 1999 წელს ჩატარებული პირველი ეროვნული კონფერენცია, რომლის მასალებიც 2000 წელს გამოიცა ველური ბუნების დაცვის საერთაშორისო ფონდისა (WWF) და მსოფლიო ბანკის ფინანსური მხარდაჭერით. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის შემსწავლელი სამეცნიერო-კვლევითი ლაბორატორიის მიერ განხორციელდა საქართველოს ლანდშაფტური მრავალფეროვნების ინვენტარიზაცია და მომზადდა განახლებული ლანდშაფტური რუკა. ამ უკანასკნელისთვის არსებული კარტოგრაფიული მასალების გარდა გამოყენებული იყო საველე და

აეროვიზუალური გამოკვლევების, დისტანციური ზონდირების მასალები და სხვა აქტუალური წყაროები. აღსანიშნავია, რომ ამ პერიოდისთვის არ იყო განხორციელებული საკლასიფიკაციო სამუშაოები ეკოსისტემების დონეზე.

ცოტა უფრო ფართოდ რომ შევხვთ ჩვენი საკვლევი თემის - ტყეების ბიოლოგიური მრავალფეროვნების საკითხს: აღნიშნული პერიოდისთვის ბიოლოგიური მრავალფეროვნებისთვის ძირითად საფრთხედ განისაზღვრა ხე-ტყის არალეგალური ჭრა, გადაჭარბებული ძოვება და სხვ. არ არსებობდა საფრთხეების სივრცული განაწილების შესახებ მონაცემები და არ იყო განსაზღვრული რაოდენობრივი პარამეტრები. ასევე არ ხორციელდებოდა საფრთხეების მონიტორინგი. დისტანციური კვლევების მეთოდები, როგორც უკვე აღნიშნეთ, შეზღუდულად ძირითადად დაცული ტერიტორიების დაგეგმარებისა და სატყეო მეურნეობის მენეჯმენტისთვის გამოიყენებოდა. უფრო კონკრეტულად დისტანციური ზონდირების მეთოდები ბორჯომ-ხარაგულის და კოლხეთის ეროვნული პარკის შესწავლა - დაგეგმვისთვის გამოიყენეს.

და ბოლოს ორიოდ სიტყვა სპეციალისტების შესახებ. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სხვადასხვა კვლევითი ინსტიტუტები ათწლეულების განმავლობაში აქტიურად მუშაობდნენ გარემოსდაცვით საკითხებზე. მათ კადრებით ეროვნული უმაღლესი სასწავლებლები უზრუნველყოფდნენ. შესაბამისი სასწავლო პროგრამები 21-ე საუკუნის დასაწყისისთვის რამდენიმე უნივერსიტეტს გააჩნდა, მაგრამ მწირი მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის და სხვა სუბიექტური მიზეზების გამო ამ სპეციალობებით დაინტერესებული სტუდენტების რაოდენობა მცირე იყო. ამ პრობლემამ შემდგომში სპეციალისტების სერიოზული ნაკლებობა გამოიწვია. სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების თანამშრომელთა უკიდურესად დაბალი ხელფასის გამო პრაქტიკულად არ ხდებოდა ამ ინსტიტუტების ახალგაზრდა კვალიფიციური კადრებით შევსება, მეცნიერები მოკლებულნი იყვნენ თანამედროვე, აქტუალური

ლიტერატურის გაცნობის შესაძლებლობას, მაღალი იყო კვალიფიციური კადრების გადინება საზღვარგარეთ და სხვ. [5]

შემდგომ პერიოდში სიტუაციამ ნელ-ნელა გამოსწორება დაიწყო. თუმცა ძირითად პრობლემად რჩებოდა საკანონმდებლო და ინსტიტუციური ხარვეზები, კანონის აღსრულების სისუსტე, საზოგადოების ცნობიერების დაბალი დონე ბიოლოგიური მრავალფეროვნების არსის შესახებ, ფინანსური უზრუნველყოფა და სხვ.

ხელისუფლებამ 2005 წელს დაამტკიცა საქართველოს ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგია და მოქმედებათა გეგმა, ამ დოკუმენტის მიხედვით განისაზღვრა ქვეყნის ბიომრავალფეროვნების დაცვისა და მდგრადი გამოყენების ათწლიანი სტრატეგია. ეს უკანასკნელი კი შედგებოდა ორი ხუთწლიანი სამოქმედო გეგმისაგან. საქართველოს ბიოლოგიური მრავალფეროვნებისთვის განისაზღვრა შემდეგი ძირითადი საკითხები:

1. დაცული ტერიტორიები;
2. სახეობები და ჰაბიტატები;
3. აგრობიომრავალფეროვნება;
4. ნადირობა და მეთევზეობა;
5. ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგი;
6. ბიოუსაფრთხოება;
7. გარემოსდაცვითი განათლება;
8. საზოგადოებრივი ცნობიერება და საზოგადოების მონაწილეობა;
9. ფინანსურ-ეკონომიკური პროგრამა;
10. მდგრადი სატყეო მეურნეობა;
11. საკანონმდებლო ასპექტები. [6]

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგიის განხორციელებაში, სამთავრობო სტრუქტურების გარდა, ჩართული იყვნენ არასამთავრობო ორგანიზაციები და სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტები. მე-4

გარემოსდაცვითი ანგარიშის მიხედვით ტყის ბიომი სერიოზულად იყო დეგრადირებული. ძირითად მიზეზად საბაზრო ეკონომიკაზე გადასვლა, მთლიანი შიდა პროდუქტის შემცირება, მზარდი სიღარიბე, ენერგოკრიზისი და ხე-ტყის საზღვრაგარეთის ქვეყნებიდან იმპორტის შემცირება არის დასახელებული. ხაზგასმულია წიფლნარების განსაკუთრებულად მძიმე მდგომარეობა, რაც განპირობებულია მერქანზე დიდი მოთხოვნილებით. [7]

ასევე სერიოზულადაა დეგრადირებული ჭალის ტყეები, რომელნიც საქართველოს ლანდშაფტური მრავალფეროვნების ერთ-ერთი საკვანძო კომპონენტია როგორც ბიოლოგიური კორიდორი და ცხოველთა მრავალი სახეობის თავშესაფარი. შედეგად ჭალის ტყეები მხოლოდ ფრაგმენტულადაა შემორჩენილი. მას დიდი ზიანი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გაფართოებამ და მდინარეთა ჩამონადენის რეჟიმის ხელოვნური გარდაქმნით გამოწვეულმა ჰიდროლოგიურმა ცვლილებებმა მიაყენა. [7] [8]

კიდევ ერთი საკითხი, რომელიც ეროვნულ ანგარიშშია ხაზგასმული ინვენტარიზაციას უკავშირდება: „დღეისთვის ხელმისაწვდომი არ არის სარწმუნო ინფორმაცია ტყეების ჭრასა და ტყით დაფარული ტერიტორიების შესახებ, არ ჩატარებულა ტყეების ინვენტარიზაცია, არ ხორციელდება მონიტორინგი, დღემდე არ ჩატარებულა ზუსტი გამოკვლევა (მაგალითად სატელიტური იმიჯებისა და GIS ტექნოლოგიის გამოყენებით), რომელიც მოგვცემდა ეროვნულ დონეზე ტყით დაფარული ფართობების და ან ტყეების მდგომარეობის ცვლილების მეტ-ნაკლებად ზუსტ სურათს“ [7] გვ. 13

- რაც შეეხება სტრატეგიის მიზნებს, მათგან ჩვენთვის საინტერესოა შემდეგი პუნქტები: „ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგისთვის სისტემის შექმნა, მონაცემთა დინამური ბაზის ჩამოყალიბება საქართველოში ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციისა და გონივრული გამოყენებისთვის“

- ტყის ბიომრავალფეროვნების დაცვა და შენარჩუნება ტყის რესურსების მდგრადი მართვის (მდგრადი სატყეო მეურნეობის) მეთოდების დანერგვის გზით.

ამ სტრატეგიური მიზნების განხორციელების პროგრესი შემდეგნაირადაა შეფასებული:

„2008 წლიდან საქართველოში დაიწყო ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის ეროვნული სისტემის ჩამოყალიბება. ამ დროისათვის შემუშავებულია ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის კონცეფცია. დაინტერესებულ მხარეებთან მჭიდრო თანამშრომლობით შეირჩა ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის 25 ინდიკატორი, რომლებიც დამტკიცდა გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრის ბრძანებით. მათ შორის ბიომრავალფეროვნებაზე ზეწოლის 11, ბიომრავალფეროვნების მდგომარეობის – 5 და რეაგირების 9 ინდიკატორი, რომელთა შესახებ დეტალური ინფორმაცია განთავსებულია ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის ვებ-გვერდზე: biomonitoring.moe.gov.ge შექმნილია ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის სისტემის ჩამოყალიბების საკოორდინაციო საბჭო. მიმდინარეობს ცალკეული ინდიკატორების მიხედვით მონაცემთა შეგროვებისა და ანალიზის მეთოდოლოგიის შემუშავება და შერჩეული ინდიკატორების მიხედვით მონაცემთა ხელმისაწვდომობის შეფასება. მას შემდეგ, რაც დასრულდება მეთოდოლოგიური ნაწილის შეფასება, დაგეგმილია ცალკეული ინდიკატორების შესაბამისად მონაცემთა შეგროვება, ანალიზი, ინფორმაციის განთავსება ვებ-გვერდზე და მისი რეგულარული განახლება. ასევე დაგეგმილია სავლე კვლევების ორგანიზება, სპეციალისტებისა და მონიტორინგში ჩართული პირების ტრენინგები, საწვრთნელი მოდულების მომზადება, სახელმძღვანელოებისა და სარკვევების გამოცემა“

ბიომრავალფეროვნების კონვენციისადმი საქართველოს მეხუთე ეროვნული ანგარიშის [9] მიხედვით ბიოლოგიური მრავალფეროვნებისთვის შემდეგი დამატებითი საფრთხეებია განსზღვრული:

- მოსახლეობის სიღარიბე, რაც ადამიანებს ბუნებრივი რესურსების არამდგრადი გამოყენებისკენ უბიძგებს ენერჯის, საკვებისა თუ ფინანსური სარგებლის მისაღებად;
- საზოგადოების მიერ ბიომრავალფეროვნების ფასეულობებისა და მისი შენარჩუნების მნიშვნელობის გაუცნობიერებლობა;
- პოლიტიკის დოკუმენტებში, სტრატეგიებსა და პროგრამებში ბიომრავალფეროვნების ფასეულობის არასაკმარისი ხარისხით ასახვა;
- საკანონმდებლო ხარვეზები ბიოლოგიური რესურსების გამოყენების რეგულირების სფეროში;
- არასაკმარისი რესურსები ბიომრავალფეროვნების დაცვის კანონმდებლობის და პროცედურების განხორციელებისთვის.

ანუ როგორც ვხედავთ, ხარისხობრივი გაუმჯობესება ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის მხრივ, სამწუხაროდ არ მომხდარა. ისევ სერიოზულად ხარვეზიანია ტყის ბიომის მდგომარეობა:

„განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ტყის რესურსების დაცვისა და მდგრადი სატყეო პრაქტიკის დანერგვას. ეროვნული სატყეო პოლიტიკის მიზანია ტყის მდგრადი მართვის სისტემის ჩამოყალიბება, რომელიც უზრუნველყოფს ტყეების ბიომრავალფეროვნების დაცვას და ტყეების ეკოლოგიური ფასეულობების გათვალისწინებით მათი ეკონომიკური პოტენციალის ეფექტიან გამოყენებას,“ ტყის ბიომის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის მიზნით საჭიროა ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის სისტემის შემდგომი განვითარება და სრულყოფა, რაც ხელს შეუწყობს ბიომრავალფეროვნების დაცვის ეფექტიან დაგეგმვას.

მოკლედ რომ შევჯამოთ არსებული სამეცნიერო ლიტერატურა, დღეის მდგომარეობით საქართველოს ბიომრავალფეროვნებისთვის საფრთხეს წარმოადგენს შემდეგი გარემოებანი:

1. საცხოვრებელი გარემოს - ჰაბიტატების განადგურება-გარდაქმნა სასოფლო-სამეურნეო ნაკვეთებად და სამოვრებად;
2. ლანდშაფტების ფრაგმენტაცია, რომელიც ყველაზე მეტად საფრთხეს უქმნის მიგრირებად სახეობებს;
3. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების არამდგრადი გამოყენება (სახეობათა გადაჭარბებული გამოყენება);
4. ტრადიციული სასოფლო-სამეურნეო ჯიშების ჩანაცვლება უცხო ჯიშებით, რის გამოც მრავალი ადგილობრივი ჯიში საგანგაშოდ შემცირდა ან საერთო გადაშენდა;
5. ინტროდიცირებული სახეობების გავლენა ადგილობრივ აბორიგენულ სახეობებზე.

საქართველოს ბიოლოგიური მრავალფეროვნებისთვის არანაკლები საფრთხეა ბიომონიტორინგის სისტემის პრაქტიკულად არარსებობა. რის გამოც პრაქტიკულად შეუძლებელია დაცვა/კონსერვაციის ღონისძიებების დაგეგმვა და განხორციელება. საკვანძო პრობლემებია:

1. მონაცემთა შეგროვების, შენახვის და ანალიზის თანამედროვე, ეფექტური მექანიზმების არარსებობა;
2. ახალი, ფართო მასშტაბის კვლევები, რომლის მიხედვითაც შეფასდებოდა ქვეყნის ტყით დაფარულობის და ტყის ცვლილების ზუსტი სურათი
3. არ განხორციელებულა ქვეყნის მასშტაბით ტყეების პათოგენური მდგომარეობის შეფასება.
4. არ ჩატარებულა ტყეების ინვენტარიზაცია, რის გამოც შეუძლებელია მონიტორინგის პროცესის განხორციელება. [10]

1.2.1. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების მნიშვნელობა

ველური ბუნების საერთაშორისო ფონდის (World Wildlife Fund - WWF) მიხედვით ბიოლოგიური მრავალფეროვნება (ბიომრავალფეროვნება) არის დედამიწაზე არსებული ყველა ფორმის ცოცხალი ორგანიზმების (ანუ მილიონობით სახეობის მცენარეების, ცხოველების, მიკროორგანიზმების) ერთობა, რომლებიც ქმნიან ცოცხალ ბუნებას. ზოგადად ბიომრავალფეროვნების შემადგენელი ცოცხალი ორგანიზმების უზარმაზარი რაოდენობის გამო სპეციალისტების ბიომრავალფეროვნებას სამ დონედ ყოფენ: **სახეობრივი დონე** მოიცავს დედამიწაზე არსებულ ყველა ფორმის ცოცხალ ორგანიზმს ბაქტერიებიდან და უმარტივესებიდან მრავალუჯრედიან მცენარეების, ცხოველების და სოკოების სამყაროს ჩათვლით. ამასთან ბიოლოგიური მრავალფეროვნება ასევე გულისხმობს ბიოლოგიური თანასაზოგადოებების, სახეობების, ეკოსისტემების შიდა და სხვა დონეებზე ურთიერთქმედებას. შემდეგი დონეა **სახეობების გენეტიკური მრავალფეროვნება** - შექმნილი როგორც გეოგრაფიულად სხვადასხვა ადგილას მყოფი პოპულაციებით, ისე შიდა პოპულაციური დაყოფით, და მესამე დონე: ბიოლოგიური თანასაზოგადოებების, სახეობების, ეკოსისტემების **მრავალფეროვნება** - ჩამოყალიბებული თანასაზოგადოებებით და მათ შორის დონებრივი ურთიერთმოქმედებით.

ცოცხალი ბუნების სათანადო დონეზე შენარჩუნებისთვის (სახეობათა მრავალფეროვნებისა და ბუნებრივი თანასაზოგადოების გადარჩენისთვის) საჭიროა ბიოლოგიური მრავალფეროვნების 3 დონე, თითოეული მათგანი მნიშვნელოვანია და ერთი რომელიმე დონის გამოკლება დაუშვებელია. სახეობათა მრავალფეროვნება გვიჩვენებს სახეობათა ევოლუციას და ეკოლოგიურ ადაპტაციის გზას სხვადასხვა გარემო პირობებში. სახეობრივი მრავალფეროვნება პირდაპირ კავშირია ადამიანთან - იგი უზრუნველყოფს საზოგადოების ბუნებრივი რესურსების მრავალფეროვნებას, მათ შორის ისეთი საკვანძო რესურსებით როგორცაა საკვები, სამშენებლო - ან უფრო მნიშვნელოვანი სამედიცინო მასალები. გენეტიკური მრავალფეროვნება

ქვაკუთხედია სახეობათა სიცოცხლისუნარიანი რეპროდუქციისთვის, დაავადებების მიმართ მდგრადობის, შეცვლილი გარემო პირობების მიმართ ადაპტაციის უნარით. საგანგებოდ უნდა გავუსვათ ხაზი გენეტიკური მრავალფეროვნების ერთ ასპექტს: შინაური ცხოველების და კულტურული მცენარეულობის გენეტიკური მრავალფეროვნება სპეციალისტების აძლევს საშუალებას გააუმჯობესონ ისინი თანამედროვე აგრარული გამოწვევების შესაბამისად.

თანასაზოგადოებების მრავალფეროვნება ექვივალენტურად მნიშვნელოვანია სახეობრივი და გენეტიკური მრავალფეროვნებისა. თანასაზოგადოების ბიოლოგიური მრავალფეროვნება უზრუნველყოფს ეკოსისტემების ნორმალურ, გამართულ ფუნქციონირებას. ასევე განოზომლად დიდია მათი როლი ბუნებრივი კატასტროფების (მეწყერები, წყალდიდობები, ნიადაგის ეროზია, ჰაერის დაბინძურება და სხვ.) რეგულირების საკითხში.

რაც შეეხება ცოცხალი ორგანიზმების სხვა გაერთიანებებს: განსხვავებული სახეობების ერთობლიობას, რომლებიც ცხოვრობენ ერთ რომელიმე ტერიტორიაზე და ურთიერთზეგავლენას ახდენენ ერთმანეთზე - ბიოლოგიურ თანასაზოგადოებას უწოდებენ. ბიოთანასაზოგადოების კარგი მაგალითია ფართოფოთლოვანი ტყე, უდაბნო და სხვ. ბიოლოგიურ თანასაზოგადოებას თავისი საცხოვრებელ არესთან ერთად კი ეკოსისტემაა. საცხოვრებელი არის ფიზიკური პირობები (განსაკუთრებით ტემპერატურის და ნალექების რაოდენობა) არსებით გავლენას ახდენს ბიოლოგიურ თანასაზოგადოებაზე და არსებითად განსაზღვრავს კიდევ მის სტრუქტურას და მახასიათებლებს. სწორედ ასეთი გარე ფაქტორების მიხედვით ყალიბდება ეკოსისტემა - ტყე იქნება, მდელო თუ უდაბნო. შესაბამისად ტერიტორიას იკავებენ ის ცოცხალი ორგანიზმები (მცენარეები თუ ცხოველები), რომლებიც მოხერხებულნი არიან ამ კონკრეტული ეკოლოგიური პირობებისთვის. ჩამოყალიბებულ ბიოლოგიურ თანასაზოგადოებას შორის თითოეული სახეობა იყენებს რესურსების

უნიკალურ ნაკრებს, რომელიც აყალიბებს მის ნიშას. ამ ნიშის ნებისმიერი კომპონენტი შეიძლება გახდეს პოპულაციის შემცირების მიზეზი.

სახეობის ნიშა ასევე ურთიერთკავშირშია სუქცესიის გარკვეულ სტადიასთან. **სუქცესია** არის თანასაზოგადოების სახეობრივი შემადგენლობის და გარემოს ფიზიკური მახასიათებლების თანდათანობითი გარდაქმნა, რომელიც ხდება ეკოსისტემაზე ბუნებრივი ან ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად. აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთი სახეობა შეიძლება განვითარდეს მხოლოდ სუქცესიის გარკვეულ სტადიაზე. მაგალითად, ტყეში ჩრდილის ამტანი მცენარეები ვითარდებიან სუქცესიის გვიან სტადიაზე, ანუ ასე ვთქვათ, ხნიერ ტყეებში. ანთროპოგენული ფაქტორი ხშირად არღვევს ბუნებრივ პროცესს. ისევ ტყის მაგალითზე რომ ვთქვათ, ტყეში, სადაც ხეების დიდი ნაწილი გაჩეხილია სამრეწველო მიზნებით, აღარასოდეს აღარ განვითარდება გვიანსუქცესიური სახეობები.

ეკოსისტემების ნორმალური ფუნქციონირებისთვის მნიშვნელოვანია მისი შემქმნელი ყველა სახეობა, მაგრამ მათ შორის გამოიყოფა ისეთი სახეობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ თანასაზოგადოების შიგნით სხვა სახეობების შენარჩუნებას. ასეთ სახეობებს საკვანძო სახეობებს უწოდებენ. **საკვანძო სახეობაში** მოიაზრებენ ისეთ სახეობას, რომელიც თანასაზოგადოების ორგანიზაციაზე მოქმედებს უფრო მეტად, ვიდრე შეიძლება მისი პროგნოზირება მათი რაოდენობის ან ბიომასის მიხედვით. საკვანძო სახეობების დაცვა მთელს მსოფლიოში პრიორიტეტული ამოცანაა: რადგან საკვანძო სახეობების გადაშენება დიდი ალბათობით მრავალი სახეობის ან უკიდურეს შემთხვევაში მთელი ეკოსისტემის გაქრობის საფუძველი შეიძლება გახდეს.

ზომიერი სარტყლისთვის ასეთი საკვანძო სახეობა მტაცებელი მგელია, რადგან იგი არეგულირებს ბალახისმჭამელი ცხოველების რაოდენობას. მგლების განადგურების შემთხვევაში ამ ცხოველების რაოდენობა შეიძლება ისე გაიზარდოს, რომ გადამოვების გამო მოხდეს მწვანე საფარის დაზიანება.

ასეთ დაზიანებას კი თან სდევს ნიადაგის ეროზია, მასთან დაკავშირებული ცოცხალი ორგანიზმების განადგურება (ბიომრავალფეროვნების საერთო დარღვევა) და სხვა პრობლემები. საკვანძო სახეობების გარკვეული სახეა პათოგენური ორგანიზმები და პარაზიტები. ისინი ასევე ზეგავლენას ახდენენ პოპულაციურ რიცხოვნობაზე.

საკვანძო სახეობის წილი/რაოდენობა მთელი თანასაზოგადოების საერთო რაოდენობაში/ბიომასაში შეიძლება მცირე იყოს. მაგრამ ეს არ ამცირებს მის მნიშვნელობას. ერთი საკვანძო სახეობის გაქრობა ზოგჯერ ხდება სხვა სახეობების განადგურების პროცესის მაპროვოცირებელი ფაქტორი, რომელსაც სპეციალისტები გადაშენების კასკადს უწოდებენ. გადაშენების კასკადური პროცესის განვითარების შედეგად მნიშვნელოვნად ზარალება ეკოსისტემა და ბიოლოგიური მრავალფეროვნება. საკვანძო სახეობის აღდგენა არ არის გარანტია, რომ ეკოსისტემა თავის პირვანდელ სახეს დაიბრუნებს: ამ დროისთვის დიდი ალბათობით უკვე სხვა კომპონენტები (მცენარეები, ნიადაგი და სხვ.) უკვე სახეცვლილი იქნება.

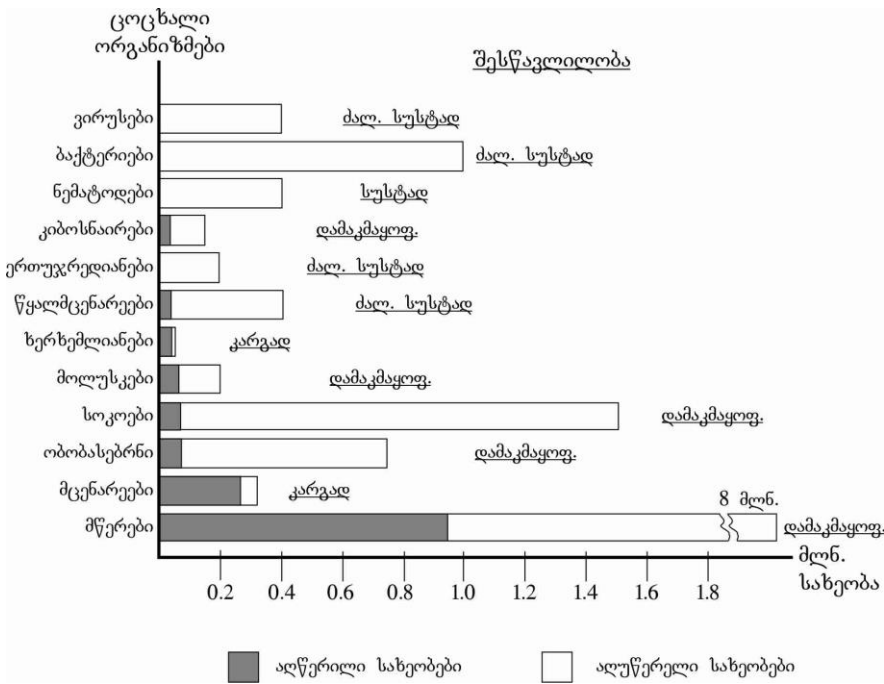
ამიტომ ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასებისას და მონიტორინგისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს საკვანძო სახეობებს. საკვანძო სახეობების დაცვის როლი იზრდება თუ ტერიტორიაზე დიდია ანთროპოგენული გავლენა (მაგ. ხეების გაჩეხვა, გადამოვება, სხვადასხვა სახის მშენებლობა და სხვ.).

1.2.2. გლობალური და ეროვნული ბიომრავალფეროვნება

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის ღონისძიებების დაგეგმვისთვის საჭიროა შეძლებისდაგვარად ზუსტად იყოს შეფასებული მათი რაოდენობა. სიტუაცია ამ მხრივ კი საკმაოდ ბუნდოვანია. 21-ე საუკუნის მიჯნაზე მთელს მსოფლიოში აღწერილი იყო ყველა სახის ორგანიზმების 1,5 მლნ. სახეობა. თუმცა ზოგიერთი სპეციალისტის აზრით, სახეობათა საერთო რაოდენობა გაცილებით მეტია. სხვადასხვა წყარო განსხვავებულ რიცხვებს ასახელებს:

პლანეტა დედამიწის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შემადგენელი სახეობების საერთო რაოდენობა 5-10 მლნ-დან 30-150 მლნ. სახეობამდე კი იცვლება (Hammand, 1992). სახეობების საერთო რაოდენობის შეფასება ცოცხალი ორგანიზმების შესწავლილობაზე დამოკიდებული: ზოგიერთები კარგადაა ცნობილი სისტემატიკოსებისთვის, ხოლო ზოგიერთი - ნაკლებად. პრიმაკის მიხედვით (Примак 2002) ნორვეგიელმა მკვლევარებმა დნმ-ის ანალიზის საფუძველზე განხორციელებული სახეობების გამოყოფის სამუშაოს ჩატარებისას 1 გრამ ნიადაგში 4000-ზე მეტი სახეობის ბაქტერიები გამოყვეს. იქვე მოყვანილია დიაგრამა, (ნახ. 1) რომელიც თვალნათლივ გადმოსცემს ცოცხალი ორგანიზმების შესწავლილობის დონეს.

რაც შეეხება უკვე აღწერილი სახეობების გლობალურ და ეროვნულ მრავალფეროვნებას: სახეობრივი მრავალფეროვნებით გამორჩევა ტროპიკული ტენიანი ტყეები, მარჯნის რიფები, ტროპიკული ტბები და ღრმაწყლიანი ზღვები. ამ მხრივ ყველაზე საგულისხმოა პირველი მათგანი: მიუხედავად იმისა, რომ ტროპიკულ ტყეებს უკავიათ დედამიწის ზედაპირის მხოლოდ $\approx 7\%$, მათში თავმოყრილია პლანეტის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შემადგენელი სახეობების ნახევარზე მეტი. ზომიერ განედებში ბიომრავალფეროვნებით გამოირჩევა ხმელთაშუაზღვიური ტიპის კლიმატის ბუჩქნარი ტერიტორიები. სახეობათა შესწავლის პროცესში გამოვლენილია შემდეგი კანონზომიერება: ყველა სახის ცოცხალი ორგანიზმების მრავალფეროვნება იზრდება ტროპიკების მიმართულებით. მაგალითად თუ 10 ჰა ტყის ფართობზე პერუს ამაზონიაში შეიძლება იზრდებოდეს 300 და მეტი სახეობის ხე-მცენარე, იგივე მაჩვენებელი ზომიერი კლიმატური სარტყლისთვის (მაგ. ევროპისთვის) 30 ან უფრო ნაკლებ სახეობას ითვლის. [11] [12] [13] [14]



ნახ. 1. ცოცხალი ორგანიზმების შესწავლილობის დონე. [11]-ის მიხედვით

ბერუჩაშვილის (2000) მიხედვით დედამიწაზე არის მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების შემდეგი რაოდენობა:

- 270 ათ. უმაღლესი (ძირ. ყვავილოვანი) მცენარე;
- 4629 ძუძუმწოვარი;
- 9672 ფრინველი;
- 6900 ქვეწარმავალი;
- 4522 ამფიბია;
- 25 ათ.-ზე მეტი მტკნარი წყლის თევზი.

უმაღლესი მცენარეები შედარებით კარგადაა შესწავლილი. მათი რაოდენობით გამოირჩევა ბრაზილია (55 ათ. სახეობა), მეორე ადგილს 50 ათ. სახეობით კოლუმბია იკავებს. ხოლო მესამეზე - ჩინეთია 30 ათ. მცენარით. მცენარეებით ყველაზე ღარიბი ქვეყნებია: ქუვეითი (234 სახ.), ისლანდია (340 სახ.) და ირლანდია (892 სახ.).

ძუძუმწოვრების რაოდენობით I ადგილს იკავებს მექსიკა (450 სახ., მეორეს ინდონეზია (436 სახ.) და მესამეს აშშ (428 სახ.)

ფრინველების ბიოლოგიური მრავალფეროვნებით ლიდერობენ კოლუმბია (1685 სახ.) პერუ (1538 სახ.) და ინდოზია (1510 სახ.)

ქვეწარმავლების რაოდენობით პირველი ქვეყანა ავსტრალიაა (788 სახ. საერთო რაოდენობის 12%), შემდეგ მექსიკა (687 სახ.) და კოლუმბია (584 სახ.).

ამფიბიების სახეობრივი მრავალფეროვნებით ყველაზე მდიდარი ქვეყნებია კოლუმბია (585 სახ.), ბრაზილია (502 სახ.) და ეკვადორი (402 სახ.)

და ბოლოს მტკნარი წლის თევზების შესახებ მონაცემები: I ადგილი აშშ-ს ეკუთვნის (828 სახ.) II ეკვადორს (706 სახ.) და III ჩინეთს (686 სახ.)

საქართველოში ბიომრავალფეროვნებისთვის მიძღვნილი პირველი ეროვნული კონფერენციის მასალების მიხედვით აღირიცხება:

ჭურჭლოვანი მცენარეების 4100 მდე სახეობა; (მათ შორის გვიმრანაირები 74, შიშველთესლოვანები 17, ხოლო ფარულთესლოვანები 4009 სახეობა, ფარულთესლოვანებიდან ორლებნიანი 3254, ერთლებნიანებიდან 755 სახეობა. მცენარეებიდან ენდემურია 900 სახეობა, მათ შორის საქართველოს ენდემი 300 სახეობა.)

ლიქენები: 730-ზე მეტი სახეობა (987 ტაქსონი ქვესახეობებით სახესხვაობებით და ფორმებით)

წყალმცენარეები კონტინენტურ წყლებში 2605 ტაქსონი, ნიადაგებში 140 წყალმცენარე.

სოკოები (ლიქენების გამოკლებით) 7000-ზე მეტი სახეობა.

ხერხემლიანი ცხოველებიდან

მტკნარი წყლის თევზები და გამავალი სახეობები - 84 სახეობა

ამფიბიები 13 სახეობა (3 კავკასიის ენდემი)

ქვეწარმავლები 52 სახეობა (15 - კავკასიის ენდემი)

ფრინველები: 322 სახეობა (38 კავკასიის ინდემი)

სხვა ორგანიზმებიდან (უხერხემლო ცხოველები) აღწერილია:

Protozoa მხოლოდ პარაზიტული 235 სახეობა (სავარაუდოა 400)

Plathelminthes - 465 სახეობა (სავარაუდოა 500)

nematoda – 925 სახეობა (სავარაუდოა 1600)

Annelida – 156 სახეობა (სავარაუდოა 200)

Arthoroda – 11 443 სახეობა (მათ შორის მწერები დაახლ. 10 000 სახეობა, სულ კი სავარაუდოა 23220 სახეობა)

Molusca – 290 სახეობა (სავარაუდოა 335)

მსოფლიო ბიომრავალფეროვნების ფონზე საქართველო იკავებს:

მე-60 ადგილს უმაღლეს მცენარეთა რაოდენობით;

89-ე ადგილს მუძუმწოვრების რაოდენობით (მაგრამ პირველ ადგილზე ვართ ევროპაში);

73-ე ადგილი ფრინველების რაოდენობით (ერთ-ერთი პირველი ევროპაში);

65-ე ადგილი ქვეწარმავლების რაოდენობით (მესამე ევროპაში);

74-ე ადგილი ამფიბიების მიხედვით;

39-ე ადგილი თევზების მიხედვით;

71-ე ადგილი ფაუნის შემადგენელი ორგანიზმების საერთო რაოდენობის მიხედვით. [15]

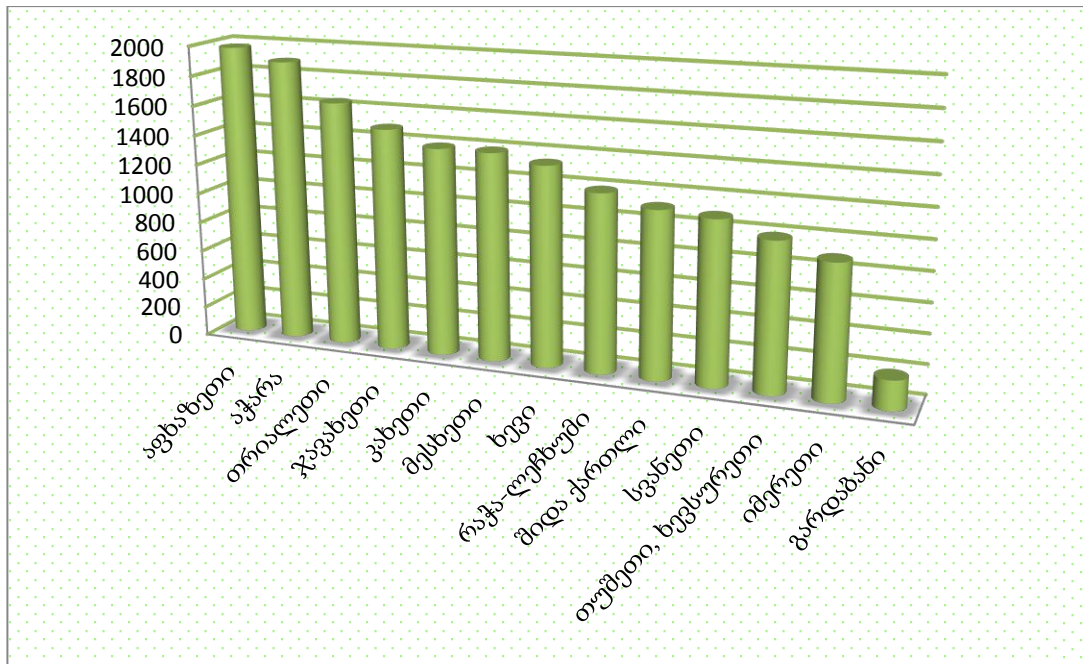
საქართველოს ლანდშაფტური მრავალფეროვნებით 12-ე ადგილი უკავია მსოფლიოში (ჩინეთის, აშშ-ს, რუსეთის, ავსტრალიის, მექსიკის, ინდოეთის, ბრაზილიის, არგენტინის თურქეთისა და ჩილეს შემდეგ) ევროპაში კი - პირველი. [16]

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია ენდემიზმი. გლობალური მასშტაბით ფლორისა და ფაუნის ენდემური სახეობების წილით ლიდერობენ ავსტრალია (ენდემიზმის 90,4 %) ახალი ზელანდია (ენდემიზმის 86,2 %) და მადაგასკარი (ენდემიზმის 72 %). ამ მაჩვენებლით საქართველოს 56-ე ადგილი უჭირავს მსოფლიოში (ენდემიზმის წილი 8%) და მეხუთე ადგილზე ევროპაში (ესპანეთის (17,8 %), საბერძნეთის (13,8%), იტალიის (12,2 %) და ბულგარეთის (8,2 %) შემდეგ) [15]

1.2.3. საქართველოს ფლორისტული მრავალფეროვნება

საქართველოს ბიოლოგიური მრავალფეროვნებიდან ჩვენთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფლორისტული მრავალფეროვნება. ამიტომ ამ საკითხს ცოტა უფრო ფართოდ შევეხებით. XX საუკუნის დასაწყისიდან თბილისი ფლორისტული კვლევების ერთ-ერთი ცენტრი იყო კავკასიაში. მრავალი ექსპედიციის შედეგად დაგროვილი მდიდარი მასალების საფუძველზე ბოტანიკის ინსტიტუტის მიერ შედგენილია ფუნდამენტური შრომის „საქართველოს ფლორა“ 2 გამოცემა. მეორე გამოცემა 13 ტომისგან შედგება და მასში კრიტიკულად გადასინჯულია სახეობათა შეფასება.

ამ მასალების მიხედვით საქართველო სხვა ზომიერი სარტყლის ქვეყნებთან შედარებით შეიძლება ფლორისტულად ერთ-ერთ მდიდარ ქვეყნად მივიჩნიოთ. სახელდობრ: კავკასიაში სულ აღიცხულია 6350 სახეობა, მათ შორის ენდემურია 1500 სახეობა (≈23%). საქართველოში კი როგორც უკვე აღვნიშნეთ 4100-მდე ჭურჭლოვანი მცენარეა აღწერილი - კავკასიაში მზარდი სახეობების ≈65 %. ჩვენს ქვეყანაში ასევე მაღალია გვარობრივი ენდემიზმი, რომლებიც როგორც ოლიგოტიპურია, ისე მონოტიპური.



ნახ. 2. მცენარეთა სახეობრივი მრავალფეროვნება საქართველოს ფლორისტულ-ეთნოგრაფიული რაიონების მიხედვით [17]

„დასავლეთ კავკასიონის ფლორის შემადგენლობაში შედის შემდეგი გვარები: *Alboviodoxa*, *Woronovia*, *Chymsudia*. კავკასიის ენდემური გვარებია: *Triigonacarium*, *Sympyolama*, *Pseudobetckia*, *Charesia*, *Mandevonia*, *Sredynskya*. საერთო კავკასიური ენდემური გვარებია: *Grossmeimia*, *Cladochaeta*, *Pseudovesicaria*, *Sobolewskya*, *Gadelia*, *Agasyllis*, *Paedorotella* და *Kemulariella*.“

კირქვიანი ეკოტოპებისთვის დამახასიათებელია გვარები: *Woronowia*, *Albovlodoxa* და ოლიგოტიკური გვარი *Chymsidia*. კავკასიონის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილების ენდემებია მონოტიპური გვარები: *Trigonocaryum*, *Sympyoloma*, *Pseudobetchia* და *Mandevonia*. ყველა ეს გვარი ლითოფილია (სახლობს კლდე-ნაშალ-ღორდიან ეკოტოპებზე). *Charesia* სვანეთ-ბალყარეთის ენდემია, *Sredynskya* ალპური მეზოფილური მდელოებსა და ხალების მონოტიპური გვარია. *Grosshemia* დასავლეთ საქართველოს სუბენდემური გვარია, *Pseudovesicaria* - კავკასიონისა და არაგაცის სუბნივალური სარტყლის ეკოტოპებისთვის არის დამახასიათებელი. *Cladochaeta* მდინარისპირა რიყნარ ეკოტოპებზე იზრდება. ლითოფიტური გვარია აგრეთვე *Sobolewskya*. მეზოფილური

გვარებია მონოტიპური *Agasyllis* და *Gadellia*. *Kemulariella* ოლიგოტიკური მდელო-კლდე- ღორღიანების გვარია.

„მრავალფეროვანია საქართველოს ფლორის სისტემატიკური სტრუქტურა: იგი ხმელთაშუაზღვისებურ-ევქსინურ-სამხრეთევროპულია, რადგან სპექტრში სჭარბობს ხმელთაშუაზღვისპირეთისა და სამხრეთევროპული მთიანეთის ანუ სუბხმელთაშუაზღვისპირეთის ოჯახები და გვარები. სისტემატიკური სტრუქტურა დგინდება ოჯახებისა და გვარების ანალიზის საფუძველზე სახეობათა ჩამონათვალების მიხედვით.“

სახეობათა მრავალფეროვნების მიხედვით საქართველოში შემდეგი 10 გვარი გამოიყოფა:

1. Compositae (538 სახეობა, მათ შორის 131 სახეობა ენდემურია.)
2. Gramineae (332 სახ. - 15 სახ. ენდ.)
3. Leguminosae (322 სახ. - 89 სახ. ენდ)
4. Rosaceae (238 სახ. – 118 სახ. ენდ.)
5. Cruciferae (183 სახ. – 34 სახ. ენდ)
6. Scrophulariaceae (179 სახ. – 52 სახ. ენდ.)
7. Umbelliferae (177 სახ. – 58 სახ. ენდ.)
8. Labiatae (149 სახ. – 26 სახ. ენდ.)
9. Caryophyllaceae (135 სახ. – 47 სახ. ენდ.)
10. Liliaceae (129 სახ. – 34 სახ. ენდ.)

სახეობრივი შემადგენლობით მრავალფეროვანია ფლოროცენოტური კომპლექსები. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების მხრივ განსაკუთრებით საინტერესოა კოლხეთის პროვინციის ზღვის სანაპიროს ჭარბტენიან ადგილსამყოფელთა ტორფიან, ჭაობისპირა და წყლისპირა ქვიშიანი და ქვიშნარ-რიყიანი ბიოტოპები. [17] [18]

1.2.4. საქართველოს ტყის ბიომის ბიოლოგიური

მრავალფეროვნება

ბიომი არის რეგიონალური, ან უფრო მსხვილი გეოგრაფიული ერთეულის ბიოსისტემა, რომელიც ხასიათდება რომელიმე ძირითადი მცენარეულობის ტიპით და ფაუნით. [19] ამ მხრივაც საქართველო გამორჩეულია მრავალფეროვნებით. ბიომების მრავალფეროვნებას იგივე ფაქტორები განაპირობებს, რაც ზოგადად ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებას.

უდაბნოს და ნახევრად უდაბნოს ბიომი აღმოსავლეთ საქართველოშია გავრცელებული. იგი ძირითადად წარმოდგენილია ნახევარუდაბნოთი ალაგ-ალაგ ჩართული დამლაშებული (ბიცობიანი) უდაბნოს ფრაგმენტებით (*Salsola ericoides*, *S. Dendroides*, *Gamanthus Plosus*, *Suaeda Microphylla*, *Petrosimonia Brachiata*, *Kalidium Caspicum*) უდაბნოს ამ ტიპის მცენარეულობისთვის დამახასიათებელია ეფემერებისა და ეფემეროიდების მონაწილეობა. უდაბნოს ერთ-ერთ ფრაგმენტს წარმოადგენს *Nitraria Schoberi*-ის თანასაზოგადოება, რომლებიც გავრცელებულია შიდა ქართლში, კახეთსა და მესხეთში.

ნახევრად უდაბნოს ერთ-ერთი დომინანტია ავშანი (*Artemisia Fragrans*), ყველაზე უფრო გავრცელებული ეკოსისტემა *Artemisio – Salsoletum Dendoies* ფლორისტულად ღარიბია და სულ რაღაც 26 სახეობას ითვლის. ნახევრადუდაბნოები საქართველოში ძირითადად ზამთრის საძოვრებია. ამიტომ ისინი ცუდ მდგომარეობაში არიან (გადაძოვებით გამოწვეული მცენარეული საფარის სტრუქტურის დარღვევა, იშვიათი მცენარეების რიცხოვნობის შემცირება და სხვ.). ამიტომ სპეციალისტების აზრით საჭიროა ამ ბიომის ნაკრძალი ტერიტორიის შექმნა.

საქართველოს ტერიტორიაზე სტეპის ბიომში, ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად შექრილია ტყის, ნათელი მშრალი ტყის და ბუჩქნარი მცენარეულობის ელემენტები. მისი ერთ-ერთი ყველაზე დამახასიათებელი ეკოსისტემაა უროიანი ველი *Botriochoeta ischaemim*-ის

დომინანტობით.სხვა ყველაზე გავრცელებულია ეკოსისტემებია: Glycyrrizieto-Batrachloa და Botrioch ephemera. აღსანიშნავია რომ, პირველი მათგანი საკმაოდ მდიდარია ფლორისტულად (100 მ²-ზე 65 სახეობა).

არიდული მეჩხერი ტყის და ჰემიქსეროფილური ბუჩქნარების ბიომი შედგება ტყის ქსეროფილური მცენარეებისაგან და საკმაოდ გვალვაგამძლე ბალახოვანი საფარისაგან. მისი ძირითადი ეკოსისტემებია: Pistaceeta mutica, Junipereta და Pireto-Celteeta. ამ ბიომის არეალი საკმაოდ შეზღუდულია (დაახლ. 5000 ჰა) ამიტომ ანთროპოგენული ზემოქმედების გარდა მასზე მნიშვნელოვანად მოქმედებს კლიმატის ცვლილება.

ტყის ბიომს სხვა ბიომებთან შედარებით ყველაზე ფართო ტერიტორია უკავია. მასზე ქვემოთ უფრო ფართოდ გვექნება საუბარი, ამიტომ ახლა არ შევჩერდებით მისდეტალების განხილვაზე.

ორბიომები საქართველოს ტერიტორიაზე სუბალპური ბიომით არის წარმოდგენილი. ტყის ბიომის ზემოთა ნაწილიდან იგი გამეჩხერებული ე.წ. პარკისებური ტყის ბიომით არის წარმოდგენილი. ძირითადი სახეობები Acer trautvetteri და Quercus macranthera. [20]

ტყით დაფარულ ტერიტორიებს საქართველოში ყოველთვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭებოდა. იგი ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საყდენია. ამიტომ ტყის ბიომის ბიოლოგიური მრავალფეროვნება განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს.

საქართველო ტყით მდიდარ ქვეყანად ითვლება. ტყეების საერთო ფართობი 2009 წლის 1 იანვრის მდგომარეობით 3 007 000 ჰა-დ არის შეფასებული. (ანუ ქვეყნის ტერიტორიის თითქმის 40,6%) [21] ამ მაჩვენებლით ჩამოგვრჩებიან ისეთი ქვეყნები როგორცაა: გერმანია (30 %), საფრანგეთი (21 %), უკრაინა (12%), პოლონეთი (24 %) და სხვ. საქართველოს ტყიანი ფართობით რამდენჯერმე აღემატება სამხრეთ კავკასიის ქვეყნებს: აზერბაიჯანს (12 %)და სომხეთს (9 %).

საქართველოში ტყეები არათანაბრადაა განვითარებული. რეგიონების მიხედვით ტყის სიუხვით ლიდერობენ აფხაზეთი, აჭარა და სვანეთი. ზოგადად კი დასავლეთ საქართველო უფრო ტყიანია (ტერიტორიის 50,9%) ვიდრე აღმოსავლეთი (30 %). ასეთი განსხვავების ძირითადი მიზეზი ნიადაგობრივ-კლიმატური პირობებია. საქართველოში არის თითქმის უტყეო რაიონებიც მაგ. აბაშის, ნინოწმინდის, წალკის, ყაზბეგის და დედოფლისწყაროს ტერიტორიის ტყიანობა თითოეულისთვის 5%-ს არ აღემატება.

საქართველო ტყეები რელიეფური პირობების მიხედვით მთისა და ბარის ტყეებად იყოფა. მთის ტყეებს უკავიათ მთელი ტყით დაფარული ტერიტორიის 98%, ხოლო ბარისას - 2%. ბარის ტყეები ძირითადად ვრცელდება კოლხეთის დაბლობზე და მდინარეების (მტკვრის, ალაზნის, ივრის, ხრამის და სხვა) ქვემო წელის ზონაში.

საქართველოს ტყეების ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებაზე გავლენას ახდენს შედეგი ფაქტორები: ქვეყნის ტერიტორიის მეტად რთული რელიეფი, მისი მნიშვნელოვანი ჰიფსომეტრიული ცვალებადობა, ჰავის დიდი ნირგვარობა. ცალკე აღსანიშნია ნიადაგების მრავალფეროვნება დასავლეთ საქართველოს მთა-ტყეთა ზონას შუამთიანეთის საკმაოდ რთული ნაწილი უკავია, სადაც ნიადაგების გაბატონებულ ტიპს ყომრალი ნიადაგები წარმოადენენ. მთა-ტყეთა ზონის ზედა ნაწილში, უმთავრესად მუქწიწვოვანთა სარტყელში, განვითარებულია გაეწრებული ყომრალი ნიადაგები (ძირითადად წმინდა შემადგენლობის სოჭნარის, ნამკნარის, წიფლნარის კორომებში). აღმოსავლეთ საქართველოს მთა-ტყეთა ზონის ქვედა ნაწილში ფართოდაა გავრცელებული ყავისფერი ნიადაგები, ზედა და შუა ნაწილებში - ყომრალი ნიადაგები, რომლებიც ზედა ფენებში ჰუმუსის შედარებით მაღალი შემცველობით ხასიათდება. სამხრეთ საქართველოს ტყის ზონაში ფართოდაა გავრცელებული ტყის ყომრალი ნიადაგები, ამასთან ჩრდილოეთ ფერდობებზე სჭარბობს მუქი ყომრალი ნიადაგები, დიდი დაქანების ფერდობებზე შეინიშნება მათი სუსტად განვითარებული, ძლიერ

ლორდიანი, თხელი ნიადაგების სახეობები. ზოგიერთ ადგილას აღწერილია კორდიან-კარბონატული ნიადაგებიც.

საქართველოს ტყეები ერთმანეთისგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება. ამის მიზეზიგეოგრაფიული, ბიოლოგიური, ეკოლოგიური და სხვა პირობებია. სატყეო მეცნიერებისთვის ბოლოგიური მრავალფეროვნების უშუალოდ ამსახველი კატეგორიებია: ტყის გენეზისი, ბიომი, ტყის ტიპი, ტყის ზრდისა და განვითარების ადგილსამყოფელის ტიპი, კორომის შემადგენლობა, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური აღნაგობა, ხნოვანებითი სტურქტურა, წარმადობა, სიხშირე, კორომში ხეების განახლების თავისებურებები სიმსხოსა და სიმაღლეზე, მათი მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური მდგომარეობა, სივრცეში ხეებისა და კორომების განლაგების კანონზომიერება და სხვ.

ტყის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების გეოგრაფიული ფაქტორებიდან, საკვანძო რა თქმა უნდა რელიეფია: გორაკები, მთისწინები, მთები, ქედები, დაბლობები, ტერასები, ზეგნები და სხვ. ასეთი გეომორფოლოგიურად განსხვავებული ობიექტები ისეთ პირობებს ქმნიან, რომ ტყის სიცოცხლე, ზრდა-განვითარება და ფორმირება განსხვავებულ პირობებში მიმდინარეობს. რელიეფის ექსპოზიცია, დახრილობის, კუთხე, ჰიფსომეტრიული სიმაღლე და სხვა. განსაზღვრავენ მცენარეების მომარაგებას სითბოთი, სინათლით, ტენით და სხვა სასიცოხლო კომპონენტები.

საქართველოს ტყეები უძველესი წარმოშობის უნდა იყოს. სპეციალისტები ფიქრობენ, რომ ტყის ბიომი დღევანდელი ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე ჯერ კიდევ ეოცენში (~56-40 მლნ. წლის წინანდელი პერიოდი) არსებობდა, მაგრამ იმ პერიოდის ტყეები მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდა დღევანდელისგან. ეკოლოგიური პირობებისმნიშვნელოვანი ცვლილებების გამო ვარაუდობენ, რომ კავკასიის ტერიტორიაზე მიოცენის (~25-5 მლნ. წლის წინანდელი პერიოდი) დასაწყისიდან გვალვამამძლე მცენარეულობის უტყეო

ფორმაციები გავრცელდა. ჰავის თანდათანობითმა გაცივებამ ტროპიკული ჰავის ფლორის მთლიანი გაქრობა გამოიწვია, პლიოცენში მთისწინეთისა და მთის ქვედა სარტყლებში მცენარეულობა ტენიანი ჰავის პირობებში ძირითადად წარმოდგენილი იყო სუბტროპიკებისთვის დამახასიათებელი მცენარეულობით, რომელთა ზედა იარუსებში ფოთოლმცვენი სახეობები იყო გაბატონებული. მაღალი მთის ზონა ზომიერ, თბილი კლიმატის ტყეებს ეკავათ. საქართველოში ახლაცაა შემორჩენილი ამ პერიოდის სახეობები, კერძოდ: მედვედევს არყი (*Betula Medvedewii*), პონტური მუხა (*Quercus Pontica*), იმერეთის ხეჭრელი (*Rhamnus Imeretina*), ლაფანი (*Pterocarya Pterocarpa*), კაკვასიის მოცვი (*Caccinium Arctrostaphylos*), პონტური შქერი (*Rhododendron Ponticul*), წყამაზა (*Phillyrea Vilmoreniana*), ხემარწყვა (*Arbatus Andrachne*), ჩვეულებრივი ხურმა (*Diospirus Lotus*), ჩვეულებრივი ჯონჯოლი (*Staphhtlea Pinnata*), კოლხური ჯონჯოლი (*St. Colchica*), შავი ღვია (*Juniperus Foetidissima*), წყავი (*Lauroceraus Officinalis*), და სხვ.

შუა პლიოცენიდან კაკვასიის ტერიტორიაზე წარმოიშვა ძველი მეზოფილური ტყეების რელიქტთა კოლხეთის თავშესაფარი (ე.წ. რეფუგიუმი), რომელმაც მნიშვნელოვნად შეუწყო ხელი რელიქტური სახეობების შენარჩუნებას პლიოცენის განმავლობაში და განსაკუთრებით მეოთხეულ პერიოდში, დიდი გამყინვარების ეპოქის ჩათვლით.

როგორც უკვე აღნიშნეთ ტყის ბიომის ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებაზე მოქმედებს ვერტიკალური განაწილება. მის მიხედვით საქართველოს ტყეების ფართობები (იხ. ცხრილი 2).

საქართველოს ტყეების პროცენტური წილი კი რელიეფის დახრილობის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 3. მის მიხედვით ტყეების დიდი ნაწილი 78% მდებარეობს ციცაბო (21°-35°) ფერდობებზე. ასეთი შეიძლება ითქვას ექსტრემალური პირობები განსაკუთრებით სახიფათო შედეგებს იძლევა ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დარღვევის შემთხვევაში.

ცხრილი 2.

საქართველოს ტყის პროცენტული წილი ჰიფსომეტრიული განაწილების მიხედვით.

ჰიფსომეტრიული სიმაღლე ზღვის დონიდან მ.	პროცენტული წილი ტყის საერთო ფართობიდან
100<	2,3
101-250	1,6
251-500	3,4
501-750	6,4
751-1000	13,1
1001-1250	16,8
1251-1500	18,7
1501-1750	17,8
1751-2000	12,9
>2001	7,0

ცხრილი 3.

საქართველოს ტყეების პროცენტული წილი რელიეფის დახრილობის მიხედვით.

დახრილობა °	პროცენტული წილი ტყის საერთო ფართობიდან
0-10	5,5
11-15	6,8
16-20	9,7
21-25	16,6
26-30	18,2
31-35	19,6
36-40	15,2
>41	8,4

ჰავის მრავალფეროვნების გავლენა ტყის ბიომზე შემდეგნაირია: ჰავის გავლენით დასავლეთ საქართველოში საერთოდ არ არის გავრცელებული უტყეო სემიარიდული და არიდული მცენარეულობის სარტყელი. აქ ტყეებით დაფარულია დაბლობები და ფერდობები, რომლებიც უშუალოდ

ზღვის დონიდან იწყება. ვერტიკალური ზონალობა ოთხი სარტყლითაა წარმოდგენილი. (ცხრ. 4)

აღმოსავლეთ საქართველოში ზონალობა უფრო რთულია. აქ 6 სარტყელია გამოსახული. უფრო დეტალური ინფორმაცია მოცემულია 5-ე ცხრილში.

ცხრილი 4.
ტყის ზონალური განაწილება დასავლეთ საქართველოში.

ზონა	სიმაღლე ზღვის დონიდან მ
ტყის	0 – 1900 (ზოგჯერ 2000 მ-მდე)
სუბალპური	1900-2500
ალპური	2500-3100
ნივალური	>3100

ცხრილი 5.
ტყის ზონალური განაწილება აღმოსავლეთ საქართველოში

ზონა	სიმაღლე ზღვის დონიდან მ
ნახევრადუდაბნოების, მშრალი სტეპებისა და არიდული მეჩხერების	150-160
ტყის	600-1900
სუბალპური	1900-2500
ალპური	2500-3000
სუბნივალური	3000-3500
ნივალური	>3500

ტყის ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებას ასევე განსაზღვრავს კორომთა განაწილება შემადგენლობის, სიხშირის, ხნოვანებისა და პროდუქტულობის მიხედვით.

საქართველოს ტყის ბიომი გამორჩეულად მრავალფეროვანია სახეობრივი შემადგენლობის მიხედვით. ველურად მზარდია 132 გვარისა და 56 ოჯახის 400-მდე სახეობის ხე და ბუჩქი. აღწერილია ამ სახეობათა 182 ფორმა და 91 ვარიაცია. მათ შორის

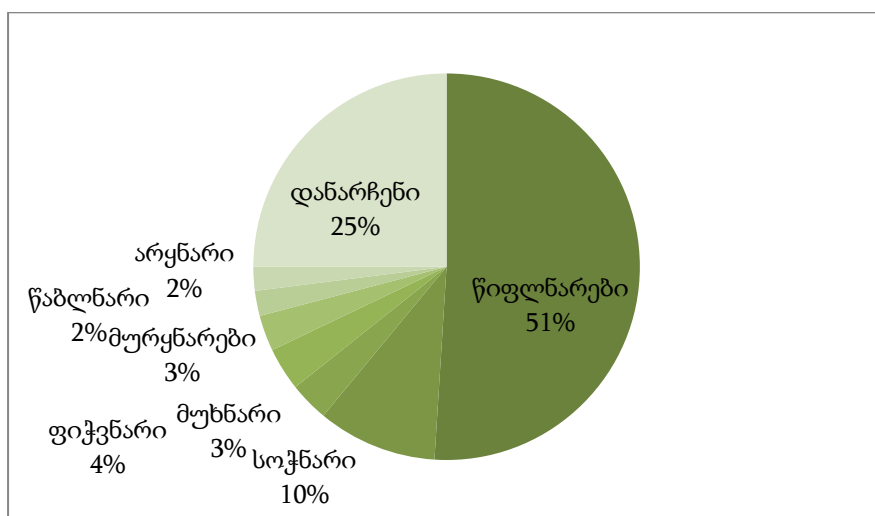
- ხეები - 153 სახეობა.
- ბუჩქი - 202 სახ.
- ნახევრადბუჩქი - 29 სახ.
- ლიანები - 11 სახ.

ველურად მზარდი 153 სახეობიდან სიმაღლის მიხედვით მაღალტანიანია (ანუ 25 მეტრზე მეტი) 51 სახეობის ხე-მცენარე. (მაგ. კავკასიური სოჭი (*Abies Nordmanniana*) იზრდება 65-70 მ-მდე, აღმოსავლური ნაძვი (*Picea Orientalis*) - 45-55 მ-მდე, აღმოსავლური წიფელი (*Fagus Orientalis*) - 40-50 მ-მდე.).

საშუალო სიმაღლისაა (8-24 მდე) 56 სახეობის ხე-მცენარე. (მაგ. მაღალმთის ნეკერჩხალი (*Acer Trautvetteri*), კავკასიური აკაკი, (*Celtis Caucasica*) სალსაღაჯი (*Pistacia Mutica*) და სხვ.

დაბალტანიანია (7 მ-ზე ნაკლები) 46 სახეობის ხე-მცენარე. (მაგ. ღვია, (*Juniperus*) პონტური მუხა (*Quercus pontica*), ხეჭრელი (*Frangula*), ფმატი (*Elaeagnus*) და სხვ.

ბუნებრივია რომ თითოეული მათგანი, ცალკე დამოუკიდებლად ვერ ქმნის ეკოსისტემას. მათი უმეტესობა შერეულია სხვა სახეობათან და ქმნიან ამა-თუ-იმ სახეობით დომინანტურ კორომებს.



ნახ. 3. სხვადასხვა ტიპის ტყეების პროცენტული წილი. [22]-ს მიხედვით

საქართველოს ტყეების ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებაზე ცხადად მიუთითებს ტოპოლოგიური მრავალფეროვნების ფართო სპექტრი. მისი შეფასების ერთ-ერთი მეთოდი სატყეო ტიპოლოგიური კადასტრით წარმოდგენაა. პირველ ეტაპზე ადგენენ სხვადასხვა რანგის ტყე-მცენარეულობის ერთეულების ნუსხას. შემდეგ კი ამ უკანასკნელის მიხედვით ატარებენ სათანადო გამოკვლევებს და ადგენენ საკლასიფიკაციო სქემას. ასეთი მეთოდი საქართველოში კარგადაა დამუშავებული: ტიპოლოგიურ მრავალფეროვნებას მრავალი გამოჩენილი მეცნიერის (მაგ. გულისაშვილის, მახათაძის, დოლუხანოვის, სვანიძის, ქვაჩაკიძის და სხვათა) შრომები ეძღვნება.

1.2.5. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების გლობალური დაცვის ღონისძიებები

დღეს მთელი მსოფლიოს მასშტაბით მრავალი ქვეყნის მთავრობა, არასამთავრობო ორგანიზაციები, გარემოსდაცვითი ფონდები თუ კომერციული სტრუქტურები ცდილობენ ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნებას. ამ პროცესის განხორციელებისთვის სპეციალისტები შემდეგი ღონისძიებების რეალიზაციას მიიჩნევენ.

- დაცული ტერიტორიების შექმნა და შენარჩუნება. დაცული ტერიტორიები უდავოდ მნიშვნელოვანი კომპონენტია ცოცხალი ბუნების, ფლორის და ფაუნის, ეკოსისტემების შენარჩუნების საქმეში, მაგრამ განსაკუთრებით ეფექტური იგი მაშინაა, როდესაც ასეთი ტერიტორიების შექმნა და მართვა ეფუძნება ეკოსისტემურ მიდგომას, გათვალისწინებულია მიგრაციული დერეფნებით კავშირი სხვა დაცულ ტერიტორიებთან, ასევე გარემოს დაბინძურების ხარისხი, კლიმატის ცვლილება და ინვაზიური სახეობების ფაქტორი. ახალი დაცული ტერიტორიების (უფრო მეტად კი ქსელის) შექმნა ზოგჯერ მტკივნეულად აისახება ადგილობრივი მოსახლეობის ეკონომიკურ შემოსავლებზე და ა.შ. ამიტომ საჭიროა ეფექტური პოლიტიკური და

ინსტიტუციური ღონისძიებები, რომელიც უზრუნველყოფს დაცული ტერიტორიებიდან მიღებული სარგებლის თანაბარ და სამართლიან განაწილებას ყველა ღონეზე. ასევე წარმოქმნილი ფინანსური დანაკარგების ანაზღაურების ეფექტური მექანიზმების შექმნას.

- გადაშენების საფრთხის პირას მყოფი სახეობების დაცვა და აღდგენა. ასეთი ღონისძიებისთვის მნიშვნელოვანია საბინადრო ადგილების შენარჩუნება, თუმცა მხოლოდ ეს ერთი ღონისძიება არასაკმარისია.
- გენეტიკური მრავალფეროვნების exsity და insity შენარჩუნება. გენეტიკური მრავალფეროვნების შენარჩუნებისთვის მნიშვნელოვანია exsity გენური მონაცემთა ბანკის შექმნა. თანამედროვე ტექნოლოგიების ნაკლოვანების გამო, ზოგჯერ საკმაოდ რთული ხდება სახეობათა exsity შენარჩუნება. ამიტომ insity გარემოში უნდა იყოს უზრუნველყოფილი საკმარისი რაოდენობის ინდივიდების არსებობა.
- ეკოსისტემებს აღდგენა. ეკოსისტემების აღდგენის ღონისძიებები დღეს მთელს მსოფლიოში პრიორიტეტულ ადგილზეა. თუმცა მომავალში ეკოსისტემების დაცვისა და აღდგენის პრობლემა უფრო აქტუალური გახდება. ეკოსისტემების აღდგენა ძვირადღირებული საქმეა. ხოლო განხორციელებული ღონისძიებების მიუხედავად მათი პირველყოფილ სახემდე მიყვანა -შეუძლებელი.

1.2.6. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვის

საერთაშორისო და ეროვნული კანონმდებლობა

ტერმინი „ბიოლოგიური მრავალფეროვნება“ პირველად ცნობილმა ბრიტანელმა ნატურალისტმა გ. ბეიტსმა იხმარა თავის ნაშრომში „ნატურალისტი ამაზონკაზე“. რომელშიც იგი აღწერს თუ როგორ ნახა ერთსაათიანი ექსკურსიისას პეპლების 700-მდე სახეობა. თუმცა ფართო გამოყენებაში იგი მხოლოდ მეოცე საუკუნის მეორე ნახევრიდანაა. გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მიერ 1972 წელს სტოკჰოლმში

გამართულ გარემოსდაცვით კონფერენციაზე სპეციალისტებმა შეძლეს პოლიტიკური ელიტის დარწმუნება გარემოს დაცვის მხრივ არსებული საფრთხის რეალურობაში. ამ კონფერენციის შემდეგ ბევრმა ქვეყანამ გაიზიარა ეკოლოგების ხედვა ცოცხალი ბუნების დაცვა ექციათ ადამიანის ნებისმიერი საქმიანობის პრიორიტეტად. შედეგად ყველა განვითარებულ ქვეყანაში დაიწყო ფიქრი ეკოლოგიური მდგომარეობის გამოსასწორებლად საჭირო კანონმდებლობის შემუშავებაზე.

დღევანდელი ევროკავშირის ქვეყნებისთვის ასეთი კანონმდებლობის ათვლის წერტილად შეგვიძლია 1979 წელი მივიჩნიოთ, როდესაც ძალაში შევიდა „ფრინველების შესახებ დირექტივა“. მასში საფრთხის ქვეშ მყოფი ფრინველთა 192 სახეობა და ქვესახეობის დაცვისთვისთვის საჭირო ქმედებები იყო ასახული. [23] [24] მანამდე, 1975 წელს მიღებულ იქნა მსოფლიო ფლორის და ფაუნის სახეობათა საერთო შესახებ კონვენცია, რომელიც კრძალავდა ან არეგულირებდა დაახლ. 20 000 სახეობის საფრთხის ქვეშ მყოფი ცოცხალი ორგანიზმებით ვაჭრობას.

გარემოს და ბუნებრივი პირობების დაცვის საერთაშორისო კავშირმა (UNEP, IUCN) და ველური გარემოს დაცვის საერთაშორისო ფონდმა (WWF) 1980 წელს გამოქვეყნა ცოცხალი ბუნების დაცვის სტრატეგია, რომელიც 50-ზე მეტი ქვეყნისთვის გახდა ეროვნული გარემოსდაცვითი სტრატეგიის შემუშავების საფუძველი. 1983 წელს ძალაში შევიდა მიგრირებადი სახეობების ველური ცხოველების დაცვის კონვენცია. (ბონის კონვენცია) სპეციალურად შექმნილმა ორგანოზაციამ „დაცვის და მონიტორინგის მსოფლიო ცენტრი (WCMC) აიღო ვალდებულება შეეფასებინა სახეობათა განაწილებდა და მრავალფეროვნება პლანეტის მასშტაბით, აგრეთვე - შესაბამისის სპეციალისტების მომზადება.

ყველაზე მთავარი საერთაშორისო დოკუმენტი, რომელიც ცოცხალი ბუნების გადარჩენას ემსახურებოდა - გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მიერ 1992 წელს რიო-დე-ჟანეიროში დამტკიცებული დოკუმენტი იყო. მის

მიხედვით ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნების და ამით კაცობრიობის მოთხოვნილებების გრძელვადიანი უზრუნველყოფის იდეას 180-მა ქვეყანამ დაუჭირა მხარი. [25] საქართველოში ამ დოკუმენტის რატიფიკაცია 1993 წელს მოხდა [24] 1992 წელს ასევე ხელი მოეწერა „ჰაბიტატების შესახებ დირექტივას“ მასში შესულია ენდემური, იშვიათი და გადაშენების პირას მყოფის ფაუნის 450 სახეობა, ფლორის 500 სახეობა და 200 იშვიათი ჰაბიტატი.

საერთაშორისო გარემოსდაცვითი კონვენციებიდან ასევე აღსანიშნავია რამსარის კონვენცია („კონვენცია საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი, განსაკუთრებით წყლის ფრინველთა საბინადროდ ვარგისი ტერიტორიების შესახებ“), ბერნის კონვენცია (კონვენცია ევროპის სახეობებისა და ჰაბიტატების დაცვის შესახებ“), „აფრიკა-აზიის გადამფრენი ფრინველების შესახებ შეთანხმება“ და სხვ. მრავალი. ყველა ეს დოკუმენტი სათანადოდაა გათვალისწინებული ევროკავშირის ტერიტორიაზე ეკონომიკური და სხვა აქტივობების დაგეგმვა-განხორციელებისას. საერთაშორისო კანონმდებლობაში მნიშვნელოვანი დოკუმენტია 1998 წელს დანიაში მიღებული ორჰუსის კონვენცია („კონვენცია გარემოსდაცვით საკითხებთან დაკავშირებული ინფორმაციის ხელმისაწვდომობის, გადაწყვეტილების მიღების პროცესში საზოგადოების მონაწილეობისა და ამ სფეროში მართლმსაჯულების საკითხებზე ხელმისაწვდომობის შესახებ“¹) რომელიც ეხება გარემოსდაცვით საკითხებთან დაკავშირებით ინფორმაციის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფას, გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში საზოგადოების მონაწილეობას და მართლმსაჯულების საკითხების გამჭვირვალებას/ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფას. [26]

საქართველოში გარემოსდაცვითი კანონმდებლობის საფუძველი კონსტიტუციაშია ჩადებული. 37-ე მუხლის თანახმად: „ყველას აქვს უფლება

¹ საქართველო ამ კონვენციას 2000 წლის 11 ივლისის პარლამენტის დადგენილებით შეუერთდა.

ცხოვრობდეს ჯანმრთელობისთვის უვნებელ გარემოში, სარგებლობდეს ბუნებრივი და კულტურული გარემოთი, ყველა ვალდებულია გაუფრთხილდეს ბუნებრივ და კულტურულ გარემოს. სახელმწიფო ახლანდელი და მომავალი თაობების ინტერესების გათვალისწინებით უზრუნველყოფს გარემოს დაცვას და ბუნებრივი რესურსებით რაციონალურ სარგებლობას, ქვეყნის მდგრად განვითარებას საზოგადოების ეკონომიკური და ეკოლოგიური ინტერესების შესაბამისად ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხო გარემოს უზრუნველსაყოფად. ყველას აქვს უფლება, დროულად მიიღოს სრული და ობიექტური ინფორმაცია გარემოს მდგომარეობის შესახებ. [27]

ქვეყნის ტერიტორიაზე ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვას შემდეგი კანონები ემსახურება:

- „გარემოს დაცვის შესახებ“ - მიღებული 1996 წელს. კანონი ეხება შემდეგ საკითხებს: გარემოს დაცვა მავნე ზემოქმედებისაგან, გარემოს გაუმჯობესება, ბიოლოგიური მრავალფეროვნების და ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნება, ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენება და სხვ. [28]
- „დაცული ტერიტორიების შესახებ“ - მიღებული 1996 წელს. კანონი ეხება საქართველოს ტერიტორიაზე დაცული ტერიტორიების დაარსების, განვითარების, ფუნქციონირების და სხვა საკითხებს. [29]
- „ცხოველთა სამყაროს შესახებ“ - მიღებული 1996 წელს. კანონი ეხება ცხოველთა სამყაროს, ჰაბიტატების, სამიგრაციო გზების, გამრავლების ადგილების, დაცვას, ველური სამყაროს სახეობების მდგრად გამოყენებას, კონსერვაციის საფუძვლებს და სხვ. [30]
- საქართველოს ტყის კოდექსი - მიღებული 1999 წელს. კოდექსი კომპლექსური დოკუმენტია, რომელიც ეხება ტყის ფონდის დაცვას, მოვლას, გამოყენებას და აღდგენას. აღსანიშნავია რომ შემდგომ წლებში ამ კანონმა არაერთი და საფუძვლიანი შესწორება მიიღოს. შედეგად, დღეს იგი არადაამაკმაყოფილებლად მიიჩნევა

სპეციალისტების მიერ, ამიტომ საქართველოს ხელისუფლება მუშაობს ახალი ტყის კოდექსის მისაღებად. [31]

- „საქართველოს წითელი ნუსხისა და „წითელი წიგნის“ შესახებ“ - მიღებული 2003 წელს. კანონი გადაშენების საფრთხის წინაშე მყოფი ცოცხალი ორგანიზმების სახეობების განსაზღვრის შესახებ. მის მიხედვით განისაზღვრება „წითელი ნუსხის“ სტრუქტურა, ნუსხაში შესატანი სახეობების განსაზღვრის და ნუსხაში შეტანილი სახეობების გადახედვის წესები და სხვ. [32]
- „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ - მიღებული 2005 წელს. კანონი სფეროების რეგულაციებთან ერთად ბიომრავალფეროვნების საკითხსაც ეხება. კერძოდ, კანონით განსაზღვრულია ფლორისა და ფაუნის სახეობების (ტყით სარგებლობის, ხე-ტყის დამზადების, თევჭერის გადაშენების საფრთხის ქვეშ მყოფის სახეობების იმპორტის, ექსპორტის, რეექსპორტის და სხვ.) მოპოვების და გამოყენების ლიცენზირება-ნებართვების წესი. [33]

აღნიშნული და სხვა საერთაშორისო თუ ეროვნული კანონმდებლობის მიხედვით საქართველოს მთავრობა სხვადასხვა ღონისძიებებს ახორციელებს. მათგან ჩვენთვის მნიშვნელოვანია მთავრობის დადგენილებით დამტკიცებული: „ბიომრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგია და მოქმედებათა გეგმა“.

აღნიშნული გეგმა არის საერთაშორისო კონვენციებით და კანონმდებლობით აღებული ვალდებულების შესრულების ერთგვარი ეროვნული სამოქმედო გეგმა. „დოკუმენტი განსაზღვრას ქვეყნის (შავი ზღვრის აკვატორიის გარდა) ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დაცვისა გონივრული გამოყენების სტრატეგიას მომავალი 10 წლისთვის და კონკრეტულ მოქმედებებს ხუთწლიანი პერიოდისთვის, იგი არის ჩარჩო-დოკუმენტი, რომლის მიხედვითაც საქართველოში უნდა წარიმართოს კოორდინირებული საქმიანობა ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის სფეროში... დოკუმენტში ჩამოყალიბებულია სამომავლო ხედვა: 10 წლის

შემდეგ საქართველო იქნება ქვეყანა მდგრადი ბიოლოგიური მრავალფეროვნებით, შეიქმნება ისეთი პოლიტიკური, სოციალური და ეკონომიკური პირობები, რომ უპირატესობა მიენიჭება ბუნებრივი რესურსების მართებულად გამოყენებას და მიღებული სარგებლის სამართლიან განაწილებას“ [24]

საქართველოს ბიოლოგიური მრავალფეროვნების სტრატეგია გათვლილი იყო ათწლიან პერიოდზე, ხოლო უშუალოდ მოქმედებათა გეგმები - 5 წლიან პერიოდზე. ამიტომ საქართველოს მთავრობამ 2014 წლის 8 მაისის № 343 დადგენილებით დაამტკიცა ახალი დოკუმენტი: „2014 - 2020 წ.წ. საქართველოს ბიომრავალფეროვნების სტრატეგია და მოქმედებათა გეგმა“ მასში განხილულია საქართველო დამოკიდებულება ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესახებ კონვენციისადმი, ბიომრავალფეროვნების სტრატეგიისა და მოქმედებათა გეგმის განახლების პროცესი, თავად საქართველოს ბიომრავალფეროვნება, მისი მნიშვნელობა და მდგომარეობა. აღწერილია:

- დეგრადაციისა და ფრაგმენტაციის საფრთხის ქვეშ მყოფი ეკოსისტემები და ჰაბიტატები, ბიომრავალფეროვნება და კლიმატის ცვლილება,
- ბიომრავალფეროვნების შემცირების გამომწვევი ძირეული მიზეზები და ხელშემწყობი ფაქტორები
- ეკოსისტემებისა და ბიომრავალფეროვნების ეკონომიკა
- სამომავლო ხედვა და ეროვნული მიზნები
- ადამიანსა და ველურ ბუნებას შორის კონფლიქტი
- ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის სისტემა
- ბიომრავალფეროვნების მხრივ მნიშვნელოვანი ტერიტორიები საქართველოს დაცული ტერიტორიების სისტემის საზღვრებს გარეთ.
- სტრატეგიული მიდგომები
- სხვა.

II თავი. შედეგები და მათი განსჯა

2.1. საქართველოს სატყეო სექტორში დასანერგი გის მახასიათებლების განსაზღვრა და ღია გის-ის „კუანტიუმ გის“-ის (QUANTIUM GIS) გამოყენების პერსპექტივა

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა (გეოინფორმაციული სისტემა, გის) არის ინფორმაციული სისტემა, რომელიც განკუთვნილია სივრცით (გეოგრაფიული კოორდინატებთან მიხედვით) ინფორმაციასთან სამუშაოდ. [34] [35] [36] გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ჩაისახა ინფორმაციული ტექნოლოგიების განავითარებით პროგრესის შედეგად. ერთ-ერთი პირველი რეალურად მოქმედი გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა „კანადის გის“ (CGIS) კანადის სატყეო მეურნეობის და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს რეგიონალური დაგეგმარების ინფორმაციული სისტემების განყოფილებამ დანერგა 1963-1971 წ.წ. წლებში. მისი მიზანი ქვეყნის მიწის რესურსების ინვენტარიზაცია და რაციონალური გამოყენების უზრუნველყოფა იყო. კანადის გის 100-ზე მეტი თემატიკის ათასობით ციფრულ რუკას ეფუძნებოდა და ინფორმაციის შეგროვებისთვის იმდროისთვის ყველაზე თანამედროვე ხელსაწყოებს იყენებდა. კანადის გის-ი სხვა მხრივაც იყო გამორჩეული: მის საფუძველზე განხორციელდა ეროვნული ტოპოგრაფიული მონაცემთა ბაზის სტანდარტის მიღება, რომელიც მოიცავდა ტერმინოლოგიურ ლექსიკონს, მონაცემების აღწერას და სხვა. კანადის გის-ის გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების კლასიკად მიიჩნევა. მისი ერთ-ერთი ავტორის და სულისჩამდგემლი რ. ტომლინსონის გარდა, (რომელმაც 1974 წელს სადოქტორო დისერტაციაში განაზოგადა გის მეთოდოლოგია), მსოფლიოში ასობით სხვადასხვა მოცულობის ნაშრომი ეძღვნება. [37] [38] [39]

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები დღეს ფართოდაა გავრცელებული მთელს მსოფლიოში. სხვადასხვა მიზეზების გამო მისი

განმარტების მრავალი ვარიანტი დაგროვდა. საქართველოს კანონის „კარტოგრაფიული და გეოდეზიული საქმიანობის შესახებ“ მიხედვით გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა გის არის: „სისტემა გეოგრაფიული სივრცის შესახებ, რომელიც ითვალისწინებს მონაცემთა შეგროვებას, შენახვას, შემოწმებას, ანალიზს, განზოგადებას, ინტერპრეტირებას და გამოისახება სივრცითი თვისებების გამოყენებით. იგი წარმოდგენილია მონაცემთა ბაზებით, რომლებიც დაკავშირებულია სივრცით მახასიათებლებთან შესაბამის პროგრამულ უზრუნველყოფაში“ [40].

„გეოგრაფიული სივრცე“ არა მხოლოდ გეოგრაფიული მეცნიერების ინტერესის სფეროა. ამიტომ გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები გამოიყენება ყველა იმ სფეროში, რომელსაც კავშირი აქვს სივრცით ინფორმაციასთან. უფრო კონკრეტულად კი გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები გამოიყენება:

1. გარემოზე ადამიანის ზემოქმედების შეფასებისთვის, მონიტორინგის განხორციელებისა და გარემოსდაცვითი ღონისძიებების დაგეგმისთვის ყველა გეოჰორიზონტში:

- ლითოსფერო (რელიეფი, წიაღისეულიდაგეოფიზიკურიველი);
- ატმოსფერო (ჰაერი, კლიმატი, ამინდი);
- ჰიდროსფერო (მსოფლიო ოკეანე და შიგა წყლები);
- ბიოსფერო (ფლორა და ფაუნა);
- პედოსფერო (ნიადაგები);
- ბუნებრივ გარემოს პროცესების მოდელირება, გარემოსდაცვითი ღონისძიებების მართვა.
- ტექნოგენური კატასტროფების შედეგების შეფასება, მონიტორინგი და მართვა.
- სხვა. [37] [41]

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის გამოყენების სფეროების ასეთი მრავალფეროვნების გამო საჭირო ხდება მათი კლასიფიკაცია. ეს საკმაოდ

რთული თემაა, ამიტომ სხვადასხვა ავტორები განსხვავებული საკლასიფიკაციო მაჩვენებლების მიხედვით ახორციელებს მათ დაყოფას.

„გის კლასიფიკაცია ხდება - პრობლემური ორიენტაციის, მიზნობრივი დანიშნულების და ტერიტორიის მომცველობის მიხედვით.

პრობლემური ორიენტაციის მიხედვით:

უნივერსალურ-გეოგრაფიული (კომპლექსური ან მრავალმიზნობრივი) – საერთო პრობლემების გადასაჭრელად. ჩვეულებრივ ასეთი გის არის ინტეგრირებული გის, რომელიც უთავსებს გამოსახულების ციფრულ დამუშავებას (დისტანციური ზონდირების მონაცემები) გის ფუნქციურ შესაძლებლობას (მონაცემების მოდელირებას და მრავალ-ფაქტორიან ანალიზს) ერთიან ინტეგრირებულ გარემოში.

დარგობრივი (თემატური) – ერთი დარგის პრობლემის მიხედვით. თანამედროვე გის გადასაჭრელი ძირითადი პრობლემები დადის ობიექტების რესურების ოპტიმალური ურთიერთმდებარეობის და ადგილმდებარეობის პრობლემებამდე, ტერიტორიის კლასიფიკაციასა და რაიონირებამდე, ოპტიმალური მარშრუტის შერჩევამდე. გის პრობლემური ორიენტაცია განისაზღვრება მის მიერ გადაჭრილი ამოცანებით - სამეცნიერო და გამოყენებითი. მათ შორისაა რესურსების ინვენტარიზაცია (მაგ. კადასტრი), ანალიზი, შეფასება, მონიტორინგი, მართვა და დაგეგმვა, გადაწყვეტილების მიღებაში დახმარება.

სპეციალიზირებული. ასეთი გის განხილვის საგანი შეიძლება იყოს: წიაღისეული, ბუნებათსარგებლობა, ეკოლოგია, ტრანსპორტი, კავშირგაბმულობა, სოციალურ-ეკონომიკური მახასიათებლები, პოლიტოლოგია და სხვ.

მიზნობრივი დანიშნულების მიხედვით გის:

საინფორმაციო-საცნობარო. ასეთი გის ან გამოიყენება ინტერნეტის ქსელისთვის, ან ვრცელდება კომპაქტ-დისკებით. იგი ხშირად გამოიყენება საცნობარი, ტურისტული და საგანმანათლებლო მიზნებით.

საინვენტარიზაციო-საკადასტრო. ასეთი გის იქმნება მიწის, ტყის, წყლის, ეკოლოგიის, ურბანული და სხვა სახის კადასტრის წარმოებისთვის, ასევე მუნიციპალური მართვისთვის.

გის გადაწყვეტილების მისაღებად. ჩვეულებრივ ასეთი გის იქმნება ქვეყნის მთავრობის ან სამინისტროების თუ სხვა სამსახურების დონეზე და გამოიყენება გადაწყვეტილების მიღების პროცესში მონაცემების ოპერატიული მიღებისთვის.

პროცესების და სისტემების მართვის გის. ასეთი გის ეხმარება ენერგორესურსების, ოპერატიულ მართვას, ტრანსპორტის მუშაობის დაგეგმვას და სხვ.“ [34] გვ. 60-62

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის კლასიფიკაციის ერთ-ერთი ვარიანტი შემდეგნაირია:

ცხრილი 6.
გის ის კლასიფიკაცია ტერიტორიული მომცველობის მიხედვით

გის სახეობა	ტერიტორიის მომცველობა	მასშტაბი
გლობალური	5×10^8	1:1 000 000 – 1:100 000 000
ეროვნული	10^4 - 10^7	1:1 000 000 – 1: 10 000 000
რეგიონალური	10^3 - 10^5	1:100 000 – 1:2 500 000
მუნიციპალური	10^3	1:1000 – 1:50 000
ლოკალური (ნაკრძალები, ეროვნული პარკები და სხვ.)	10^2 - 10^3	1:1 000 – 1:100 000

მიუხედავად სფეროების მრავალფეროვნებისა, გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის შექმნა და გამოყენება დემერსის მიხედვით (Демерс 1999) 4 ეტაპისიგან შედგება:

1. მონაცემთა შეგროვების ეტაპი: სხვადასხვა წყაროებიდან მონაცემების შეგროვება და მათი წინასწარი ანალიზი.
2. მონაცემთა შენახვის და ამორჩევის ეტაპზე ხდება სივრცითი მონაცემების ორგანიზაცია მათი შერჩევის, განახლების და რედაქტირების მიზნით.
3. მინიპულაციის ეტაპი გულისხმობს მონაცემებზე სხვადასხვა ამოცანების განხორციელებას, (დაჯგუფება და განცალკევება, რაიმე პარამეტრის ან შეზღუდვის განსაზღვრა და სხვ.)
4. გამოსვლის ეტაპზე ხდება მონაცემთა ბაზის ან მისი ნაწილის გამოსახვა კარტოგრაფიული, დიაგრამული და/ან ცხრილის სახით.

[42]

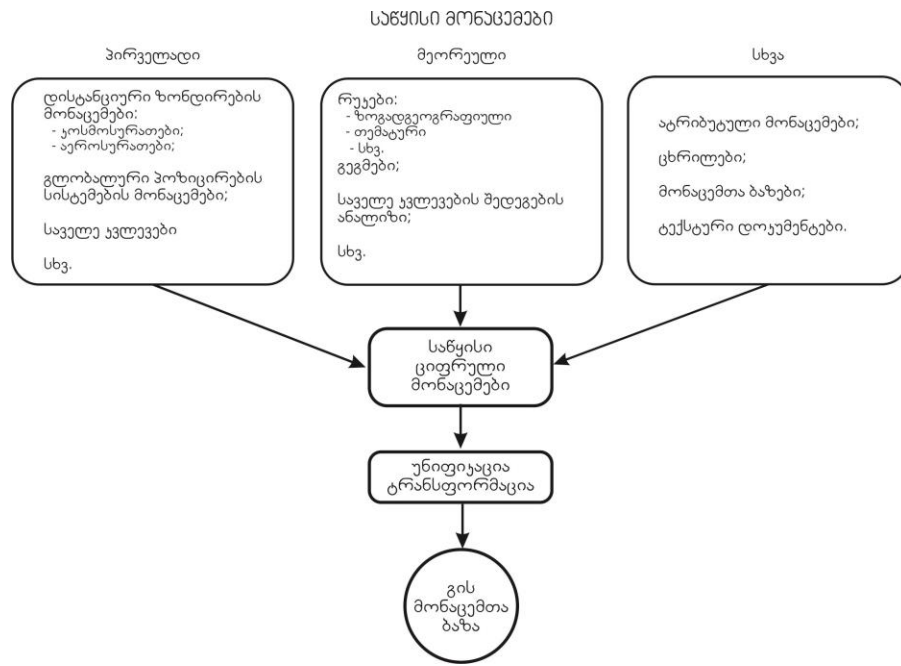
როგორც ვნახეთ გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის შექმნის პირველი ეტაპი სხვადასხვა წყაროებიდან მონაცემების შეგროვებაა. მონაცემთა წყაროებია:

- რუკები და სხვა კარტოგრაფიული მასალები;
- გეოდეზიური მონაცემები;
- დისტანციური ზონდირების მონაცემები;
- ცხრილური და ტექსტური მონაცემები;
- მონაცემთა მზა ბაზები და ინტენეტ-რესურსები
- სხვ.

ზოგადად მონაცემთა წყაროები იყოფა პირველად და მეორედად:

პირველადი მონაცემები არის საკვლევ ობიექტზე უშუალო დაკვირვებით მიღებული მონაცემები, ხოლო მეორადი - მათი დამუშავების შედეგად მიღებული ინფორმაცია. პირველადი მონაცემების მიღების მრავალი ტექნიკური საშუალება (ტოპოგრაფიული აგეგმვა, ელექტროტაქეომეტრია, გლობალური პოზიციონირების სისტემები და სხვ) და ხერხი არსებობს. ამიტომ მათი განსხვავებული ფორმატებით გამოყენება შესაძლოა პრობლემებთან იყოს დაკავშირებული. ასეთ შემთხვევაში უნიფიკაციას

მიმართავენ: „სხვადასხვა სახის და სტრუქტურის მონაცემებიდან ერთიანი ინფორმაციული მოდელის შექმნის პროცედურას უნიფიკაციას უწოდებენ“, ხოლო თავად მასალებს, რომლებიც ერთგვარ დონეზეა მიყვანილი უნიფიცირებულს. [34] [43]



ნახ. 4. მონაცემთა წყაროების გამოყენების პრინციპული სქემა გის მონაცემთა ბაზაში [34]

გის მონაცემთა წყაროებიდან ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი რუკები, დისტანციური ზონდირების და გლობალური პოზიციონირების სისტემების მონაცემებია.

რუკას უწოდებენ დედამიწის სინამდვილეში არსებული საგნებისა და მოვლენების სუბიექტურ გამოსახულებას, რომლებიც სპეციფიკური საშუალებით რუკის ენით აისახება სიბრტყეზე. [44] [45] რუკა სივრცითი ინფორმაციის გადმოცემის უძველესი საშუალებაა. ამიტომ კაცობრიობის განვითარების მანძილზე მათი უზარმაზარი რაოდენობა დაგროვდა. სპეციალისტები რუკების კლასიფიცირებას მასშტაბის, შინაარსის და ტერიტორიული მომცველობის მიხედვით ახდენენ. რუკათა სპეციალური ჯგუფის თემატური რუკების საშუალებით გადმოცემულია მთელი ის ინფორმაციის სიმრავლე, რომელთან სამუშაოდაც დღეს გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები გამოიყენება. გის მონაცემთა ბაზისთვის

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ზოგადგეოგრაფიულ (ტოპოგრაფიულ) რუკებს, რადგან მათი საშუალებით შესაძლებელია ხარისხიანი ციფრული საფუძვლის მომზადება. XXI საუკუნეში განსაკუთრებით აქტუალურია ელექტრონული და ციფრული რუკები: ციფრული რუკა არის ობიექტების ციფრული მოდელი მიღებული ან საწყისი ზოგადგეოგრაფიული რუკის, ან თემატური რუკის აციფვრით ან უშუალოდ სტერეოფოტოგრაფმეტრიულ მოდელზე გაზომვით. ასეთი რუკების ძირითადი დანიშნულება რუკის მონაცემთა ბაზის შედგენის, ანალიზის და სხვ. ინფორმაციული უზრუნველყოფაა. რაც შეეხება ელექტრონულ რუკებს. ელექტრონული რუკა ციფრული რუკაა, რომლის ვიზუალიზაციაც ხდება კომპიუტერულ გარემოში შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის და ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით. ქაღალდის (ანალოგური) რუკებიდან ელექტრონული რუკების მისაღებად ახდენენ ქაღალდის რუკების სკანირებას და შემდგომ მასზე არსებული ინფორმაციის გის მონაცემთა ბაზაში გადატანას აციფვრის ხერხის გამოყენებით. [37]

იმისდამიუხედავად რუკა მყარ მასალაზეა ნაბეჭდი თუ ციფრულია, იგი შედგება შემდგი ელემენტებისაგან:

1. კარტოგრაფიული პროექცია და მასთან დაკავშირებული საკოორდინატო ბადე;
2. საყრდენი გეოდეზიული ქსელი
3. მასშტაბი
4. ლეგენდა.

გის მონაცემთა ბაზის შექმნისთვის ასევე მნიშვნელოვანია დისტანციური ზონდირების მონაცემები. ზოგადი გაგებით დისტანციური ზონდირება არის ობიექტის შესახებ ინფორმაციის შეგროვება მასთან ფიზიკური კონტაქტის გარეშე. უფრო ზუსტად კი „დედამიწის ზედაპირის, მასზე მიმდინარე პროცესების და მოვლენების, ობიექტების ან მისი წიაღის შესახებ ინფორმაციის მიღების მეთოდი, რომლისთვისაც ძირითადად გამოიყენება

საჰაერო ან კოსმოსური საფრენი აპარატებიდან შეგროვებული მონაცემები“ დისტანციური ზონდირებისას ინფორმაციის შეგროვება ხდება სხვადასხვა სახის სიგნალების (ოპტიკური, აკუსტიკური და სხვ.) რეგისტრაციით. მიუხედავად იმისა, რომ სიგნალების რეგისტრაცია შეიძლება სახმელეთო ობიექტებიდანაც (მაგ. სათვალთვალ კომპურიდან) განხორციელდეს, თანამედროვე ტექნიკური პროგრესის გავლენით, დისტანციური ზონდირების მასალებთან ხშირად აეროკოსმოსური გადაღება ასოცირდება. ასეთ მიდგომას აქვს თავისი საფუძველი. გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან აეროფოტოსურათები სულ უფრო ხშირად გამოიყენებოდა როგორც კარტოგრაფიული სამუშაოებისთვის, ისე გარემოზე დაკვირვებისთვის. აეროფოტოსურათი არის „ადგილმდებარეობის ფოტოგრაფიული გამოსახულება, მიღებული თვითმფრინავიდან, შვეულმფრენიდან ან სხვა საფრენი აპარატიდან“ გადაღება წარმოებს სპეციალური ფოტოაპარატებით სხვადასხვა სიმაღლიდან. ამიტომ მიღებული ინფორმაცია განსხვავდება პარამეტრების მიხედვით. მთელს მსოფლიოში სულ უფრო მზარდია კოსმოსური სურათების გამოყენების წილი გარემოსდაცვითი საქმიანობის განხორციელებაში. კოსმოსური გადაღება ძირითადად ეფუძნება ელექტრომგნიტური სპექტრის არეკლილი ინფრაწითელ, სითბურ ინფრაწითელ და რადიო დიაპაზონების რეგისტრაციას. აერო კოსმოსური დისტანციური ზონდირების მასალების გამოყენებას თან ახლავს ერთი სირთულე - საჭიროა მათი დემიფრირება ანუ სურათზე გამოსახული ტერიტორიის ფიზიკური, ქიმიური და სხვა თვისებების იდენტიფიკაცია. ამ პროცესის სწორედ განხორციელებისთვის კი დემიფრატორის მაღალი კვალფიკაციაა საჭიროა.

საველე მონაცემები შეგროვებისთვის მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიაა გლობალური პოზიციონირების სისტემები. თავისი არსით, იგი წარმოადგენს თანამგზავრული დაკვირვების სისტემას, რომელიც განკუთვნილია დედამიწის ზედაპირზე ნებისმიერი წერტილის x , y და z კოორდინატების მაღალი სიზუსტით განსაზღვრისთვის. [37]

თანამედროვე გეოგრაფიულ ინფორმაციულ სისტემებში ინფორმაცია შეიძლება განსხვავებული ფორმატის და ტიპის მონაცემებით იყოს წარმოდგენილი. კომპიუტერული დამუშავებისთვის მონაცემების კოდირების ხერხს ფორმატს უწოდებენ და იგი ძირითადად გამოყენებული პროგრამული პროდუქტის მიხედვით განისაზღვრება. თავად მონაცემების წარმოდგენის ორი ძირითადი სახე არსებობს, ფენები და ობიექტურ-ორიენტირებული მიდგომა. თუმცა უფრო ფართოდ პირველი მათგანია გავრცელებული: გეოგრაფიული (სივრცითი) მონაცემების ფენას უწოდებენ ერთი ტიპის სივრცითი ობიექტების ნაკრებს, რომელიც მიეკუთვნება ერთ თემას, ერთ რაიმე ტერიტორიას და ერთ საკოორდინატო სისტემას.

ფენებზე სივრცითი ობიექტის გამოსახვითვის გამოიყენება:

წერტილი - ობიექტი, რომელსაც აქვს სივრცეში მდებარეობა, მაგრამ არ გააჩნია სიგრძე. (0 განზომილების ობიექტი). წერტილოვან ობიექტად შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სათვალთვალ კოშკურა, ჭა, ცალკეული შენობა-ნაგებობა და სხვა ობიექტები, რომელთა აღნიშვნაც საჭიროა, მაგრამ მის ზომები ან ვერ გამოსახება მოცემულ მასშტაბში ან არარელევანტურია.

ხაზი - ობიექტი, რომელსაც აქვს სიგრძე. იგი შედგება ორი ან მეტი წერტილისგან და მათი შემაერთებული მონაკვეთისგან. (1 განზომილებიანი ობიექტი). ხაზოვანი ობიექტებად შეიძლება წარმოდგენილი იყო რელიეფის ჰორიზონტალები, ჰიდროგრაფიული ქსელი, საზღვრები, გზები და სხვა ობიექტები, რომელთა ზომები ვერ გამოსახება მოცემულ მასშტაბში ან არარელევანტურია.

პოლიგონი - ობიექტი, რომელსაც აქვს სიგრძე და სიგანე. იგი შემოფარგლულია სულ მცირე სამი ხაზისგან. (2 განზომილებიანი ობიექტი). პოლიგონურ ობიექტებად წარმოდგენილია მიწის ნაკვეთები, წყალსაცავები, მწვანე საფარი და სხვ.

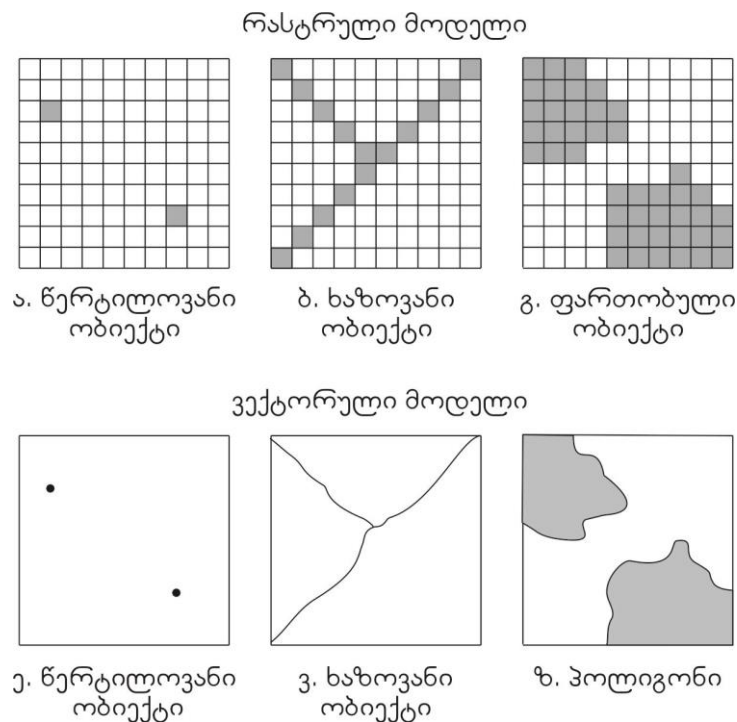
მოცულობითი ფიგურა - ობიექტი, რომელსაც აქვს სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე (ან სიღრმე). იგი შემოფარგლულია სულ მცირე ოთხი 2 განზომილებიანი ობიექტით. (3 განზომილებიანი ობიექტი)

გეოგრაფიული მონაცემებისთვის ასევე საჭიროა მათი წარმოდგენის ფორმა. მაგ. გეოგრაფიული (სივრცითი) ობიექტების გრაფიკული წარმოდგენა გულისხმობს, რომ ობიექტური სინამდვილის საგნები გამოსახულია კომპიუტერული გრაფიკის სახით, რომლებიც ტექნიკური საშუალებით გამოსახება ეკრანზე ან შესაძლებელია მათი დაბეჭდვა ქაღალდზე.

თანამედროვე გეოინფორმატიკაში მონაცემების ვიზუალური გამოსახვის რამდენიმე მოდელი გამოიყენება. მათგან მნიშვნელოვანია ვექტორული მოდელი, რასტრული მოდელი და არარეგულარული ტრიანგულაციური ქსელი.

რასტრულ მოდელში გეოგრაფიული სივრცე წარმოდგენილია კვანტირებული (Quantization) მთლიანი ობიექტის სახით, ანუ გამოსახულება დაყოფილია უჯრედებად, რომელნიც აყალიბებენ რეგულარულ ქსელს. რეგულარულ ქსელი სწორი გეომეტრიული ფიგურების (სწორკუთხედების, კვადრატების და სხვ.) ერთობლიობაა. მის მიხედვით გამოიყოფა ორი ტიპი: რეგულარულ ქსელზე დაფუძნებული რასტრული გამოსახულება (ერთი ზომის უჯრედები) და „კვადროხის“ ტიპის მოდელი (სხვადასხვა ზომის უჯრედები). რასტრული გამოსახულების უპირატესობა გის მონაცემთა ბაზის შექმნისას მონაცემთა შეგროვების სიმარტივეა. ანალოგური რუკების და სხვა მასალების სკანირება, მზა რასტრული გამოსახულებების მიღება დისტანციური ზონდირების საშუალებებიდან და სხვა წყაროები მნიშვნელოვნად ამცირებს მონაცემების შეგროვების დროს. რასტრული გამოსახულება ასევე ამარტივებს ზედაპირთან დაკავშირებულ ანალიზის ოპერაციებს. რასტრული გამოსახულების ნაკლია გეოგრაფიული (სივრცითი) ობიექტების მდებარეობის გადმოცემის და გაზომვების დაბალი სიზუსტე ასევე თავად გამოსახულების შედარებით დიდი მოცულობა.

გეოგრაფიული მონაცემების წარმოდგენის მეორე, ასევე ფართოდ გავრცელებული მოდელია ვექტორული. მასში ობიექტი იკავებს სივრცის ნაწილს, უწყვეტია და არა დისკრეტულ უჯრედებად კვანტირებული (როგორც რასტრულის შემთხვევაში). ამიტომ ვექტორული მოდელი გეომეტრიული პრიმიტივების საშუალებით აღწერს მხოლოდ ობიექტის ფორმას, ხოლო სხვა დანარჩენი ინფორმაცია ინახება ცალკე, მონაცემთა (ატრიბუტულ) ბაზაში.



ნახ. 5. განსხვავება გეოგრაფიული ობიექტების რასტრული და ვექტორული მოდელით გამოსახვისას. არარეგულარული ტრიანგულაციური ქსელი ისეთი გამოსახულების მოდელია, როდესაც ორგანოზომილებიან გამოსახულებას მესამე ემატება. ტრიანგულაცია გეოდეზიის ტრადიციული მეთოდია და ზედაპირის მომიჯნავე სამკუთხედებით წარმოდგენას გულისხმობს.

გეოგრაფიულ ინფორმაციულ სისტემები მთელი ინფორმაცია მონაცემთა ბაზებშია თავმოყრილი. ობიექტების შესახებ ურთიერთდაკავშირებულ ინფორმაციას (მონაცემებს), რომელიც სპეციალური სახითაა ორგანიზებული და ინახება რაიმე შემნახველ მოწყობილობაზე, მონაცემთა ბაზას უწოდებენ. რელევანტური მონაცემთა ბაზა უნდა იყოს:

- დროში თანხვედრილი
- სრული
- პოზიციურად ზუსტი
- საიმედო
- იოლად განახლებადი და იოლად ხელმისაწვდომი.

დღეს ყველაზე გავრცელებული რელაციური მონაცემთა ბაზებია. ტერმინი „რელაციური“ (ინგ. Relation - ურთიერთობა) მიუთითებს, რომ მონაცემების შენახვის ეს მოდელი ეფუძნება მის შემადგენელ ნაწილებს შორის ურთიერთკავშირს. შემადგენელი ნაწილები - ორგანზომილებიანი ცხრილებია, რომელთა შორისაც დამყარებულია კავშირი. რელაციური მოდელის ძირითადი ცნებებია: მონაცემის ტიპი, დომენი, ატრიბუტი, კორტეჟი და კოდი. რელაციური მოდელი უზრუნველყოფს ერთიანი საფუძველის (ურთიერთობის ალგებრაზე დაფუძნებული (რელაციური ალგებრა Relation algebra) და შეკითხვების სტრუქტურირებული უნივერსალური ენის (SQL Structured Query Language) მექანე მონაცემების დამუშავების ოპერაციების შესრულებას.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მონაცემთა რელაციური ბაზა წარმოადგენს ურთიერთდაკავშირებული ორგანზომილებიანი ცხრილების სიმრავლეს - რელაციურ ცხრილებს, რომლებსაც ასევე ურთიერთობებს უწოდებენ. თითოეულ მათგანში შენახულია საკვლევი ობიექტის ან მოვლენის ერთი რომელიმე თვისების შესახებ ინფორმაცია. მონაცემთა რელაციური ბაზის ლოგიკური სტრუქტურაა რელაციური ცხრილების ერთობლიობა, რომელთა შორისაც დამყარებული ლოგიკური კავშირი. ცხრილებში ინახება ყველა მონაცემები, რომელიც საჭიროა დასმული ამოცანის გადასაჭრელად. ამასთან, თითოეული მონაცემი ცხრილში უნდა ინახებოდეს მხოლოდ ერთი ჩანაწერით. რელაციური მონაცემთა ბაზის შექმნისას გამოიყენება პროცესი, რომელსაც ნორმალიზაციას უწოდებენ. ნორმალიზაცია არის ცხრილიდან გამეორებული ჩანაწერების წაშლა მათი ახალ ცხრილში გადატანის გზით, სადაც ისინი არ იქნებიან ჩანაწერის უბრალო ასლები. დუბლირებული

ჩანაწერების მინიმალური რაოდენობა რელაციურ მოდელს მონაცემების შენახვის ეფექტურ საშუალებად აქცევს.

რელაციურ ცხრილის სტრუქტურა შედგება ველებისაგან (Field). თითოეული ველი ასახავს ობიექტის ან მოვლენის გარკვეულ მახასიათებლებს. ველისთვის განსაზღვრავენ მასში განთავებული ელემენტარული მონაცემის ტიპს, ზომას და სხვა პარამეტრებს. ველების შინაარსი გამოისახება ცხრილის სვეტებში. ერთი სვეტი შეიცავს მონაცემების ერთ ტიპს. რელაციური ცხრილის სვეტებს ატრიბუტებსაც უწოდებენ. ატრიბუტებს მინიჭებული აქვთ სახელები, რომელთა საშუალებითაც ხდება მათთან დაკავშირება. ერთი ცხრილის ფარგლებში ატრიბუტებს არ შეიძლება ჰქონდეთ იდენტური სახელი. ცხრილში ატრიბუტების (სვეტების) რიგითობას არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს.

მრავალი განმარტებიდან ერთ-ერთის მიხედვით გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა არის კომპიუტერული აპარატული და პროგრამული უზრუნველყოფის, გეოგრაფიული მონაცემების და სპეციალისტების მოქმედებების ერთობლიობა გეოგრაფიული მიზმის მქონე ნებისმიერი ინფორმაციის შეგროვების შენახვის, განახლების, დამუშავების, ანალიზისა და გამოსახვისთვის.

გამოყენების მრავალფეროვნების გამო გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების კლასიფიკაცია სხვადასხვა პარამეტრების (დანომუშალების, პრობლემურ-თემატური ორიენტაციის, გამოყენების სფეროს, გეოგრაფიული მონაცემების ორგანიზაციის ხერხის და სხვ.) მიხედვით ხდება. [37]

გეოინფორმაციული სისტემები ასევე იყოფა რამდენიმე ჯგუფად. ერთი მათგანი შეიძლება აღვნიშნოთ, როგორც სტანდარტული გის-ები. (უფრო ფართოდ ცნობილი როგორც „სამაგიდო“ (Desktop) ასეთი პროგრამული უზრუნველყოფა არის ერთგვარი უნივერსალური ინსტრუმენტი, რომელიც არა რაიმე კონკრეტული დარგისთვისაა განკუთვნილი, არამედ ასე ვთქვათ - უნივერსალური გამოყენებისთვის. მეორე დიდი ჯგუფი სპეციალური გის-

ებია, რომლებიც კონკრეტული საქმიანობისთვისაა გამიზნული (მაგ. სატყეო სექტორისთვის). ასეთი პროგრამული უზრუნველყოფა უმთავრესად რაიმე კონკრეტული ამოცანის გადაჭრისთვის გამოიყენება. გლობალური მასშტაბით გეოინფორმაციული სისტემების უმეტესება სწორედ სპეციალური გის-ებია. [46] [47]

ჩვენი აზრით, საქართველოს სატყეო სექტორში დანერგილ გეოგრაფიულ ინფორმაციულ სისტემას უნდა გააჩნდეს შემდეგი ძირითადი ფუნქციური შესაძლებლობანი:

- რასტრულ გამოსახულებებთან (სკანირებული რუკები, აერო და კოსმოსური სურათები) მუშაობის შესაძლებლობა;
- გეოდეზიურ მონაცემებთან შესაძლებლობა;
- ატრიბუტული მონაცემების აქტუალიზაციის შესაძლებლობა;
- დაინტერესებული პირების მოთხოვნის (ცენტრალური და ადგილობრივი მმართველობის ორგანოები, გარემოსდაცვითი ორგანიზაციები, დაინტერესებული მოქალაქეები და სხვ.) შესაბამისად შეკითხვების ფორმირების და მონაცემთა ამორჩევის შესაძლებლობა;
- გეგმიურ-კარტოგრაფიული მასალების, სხვა საჭირო რუკების შექმნა და სათანადო რაოდენობით ტირაჟირება რეგიონულ სამსახურებში არსებული ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით;
- გის სხვა პროგრამულ უზრუნველყოფასთან მონაცემების გაცვლის შესაძლებლობა
- სხვა.

გის პროგრამული უზრუნველყოფის შერჩევითი მნიშვნელოვანია საბაზო ვერსიის ფასი და თავად პროგრამული უზრუნველყოფის მოდიფიკაციის შესაძლებლობა კონკრეტულად საქართველოს სატყეო სექტორის მოთხოვნილებების მიხედვით. [79]

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები ასევე შეიძლება დაიყოს დახურულ და ღია პროგრამულ უზრუნველყოფად. დახურული კოდის

მქონე პროგრამული უზრუნველყოფას უწოდებენ ისეთ პროგრამულ პროდუქტებს, რომელთა კოდიც არ არის გასაჯაროებული მისი შემქმნელების მიერ, პროგრამული უზრუნველყოფის თვითნებური მოდიფიკაცია/გაუმჯობესების, საავტორო უფლებების დაცვის, არალეგალური მიზნებით გამოყენების და სხვ. მიზეზებით. ასეთ პროგრამული უზრუნველყოფას ძირითადად კომერციული დანიშნულებით შექმნილი ინფორმატიკული პროდუქტები მიეკუთვნება. ინგლისურენოვანი წყაროების გავლენით ზოგჯერ ასეთ პროგრამულ უზრუნველყოფას „პროპრიეტარულს“ უწოდებენ (ინგლისური ტერმინის „Proprietary Software“ მიხედვით, რომლითაც ხშირად აღინიშნება ასეთი პროგრამები). [48] [49]

ხშირად კომერციული გის პროგრამული უზრუნველყოფის მწარმოებლები საკუთარ პროდუქტებს ყოფენ რამდენიმე კატეგორიად. განსხვავებულ კატეგორიებს - განსხვავებული ფუნქციური შესაძლებლობები გააჩნიათ, მაგრამ ასევე განსხვავდებიან ღირებულებითაც. ყველაზე გავრცელებულია იგივე ე. წ. „დესკტოპ“ გის (desktop gis software). კომპანიის „ესრი“ (Esri) განმარტებით „დესკტოპ გის“ (desktop gis) არის კარტოგრაფიული პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც დაყენებულია პერსონალურ კომპიუტერზე და მომხმარებელს საშუალებას აძლევს ვიზუალურად ნახოს, ამოარჩიოს, განაახლოს და გაანალიზოს გეოგრაფიული (სივრცითი) მონაცემები. „დესკტოპ გის“ (desktop gis) არ არის განკუთვნილი სერვერებთან მუშაობისთვის ან დისტაციური ხერხებით გამოყენებისთვის. მათგან განსხვავებით ე. წ. „გის ვიუვერების“ (viewer applications) შესაძლებელია მხოლოდ მონაცემების დათვალირება და შესწავლა. რედაქტორის ფუნქციის მქონე გის (editor applications) – „ვიუვერის“ ფუნქციას დამატებული სივრცითი მონაცემების შექმნისა და განახლების შესაძლებლობა. ხოლო ანალიზის ფუნქციის მქონე გის (Analysis GIS software) პროფესიულ ინსტრუმენტად ითვლება. იგი ჩვეულებრივ მოიცავს ანალიზის, რუკათა შექმნის, რედაქტირების და სხვა ინსტრუმენტების დიდ რაოდენობას. [50]

გეოინფორმაციული პროგრამული უზრუნველყოფიდან მთელს მსოფლიოში ლიდერობს კომპანიის „ესრი“ (ESRI) პროდუქტი „არქ გის“ (ArcGis, დახურული კოდის სტანდარტული გის). 2016 წლის ბოლოსთვის შემუშავებულია 10.4 ვერსია. არა მხოლოდ ეს უკანასკნელი, არამედ თითქმის ყველა ვერსია ნაბიჯ-ნაბიჯ მისდევს გის მომხმარებლების მოთხოვნილებებს. ამიტომ იგი ყოველთვის აქტუალურია. „არქ გის“ (ArcGis) პროდუქტების გამოყენებისას მნიშვნელოვანი პრობლემა მისი ღირებულებაა². ამიტომ მისი შეძენა საქართველოს სატყეო სექტორისთვის მნიშვნელოვან ხარჯებს უკავშირდება.

გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების ბაზარი მხოლოდ კომერციული და ძვირადღირებული პროგრამული უზრუნველყოფით არ არის შეზღუდული - მოიპოვება ღია და უფასო რესურსებიც. აქ მნიშვნელოვანი განვმარტოთ თითოეული მათგანი, რადგან ხშირად მომხმარებელს ღია კოდი და უფასო პროგრამული უზრუნველყოფა სინონიმები გონია. რაც მთლად სწორი არ არის.

ღია პროგრამული უზრუნველყოფა თანამედროვე ინფორმატიკული სამყაროს მნიშვნელოვანი და ძალიან საინტერესო შემადგენელია. განმარტების მიხედვით იგი ისეთი პროგრამული პროდუქტია, რომლის პროგრამულ კოდზე საავტორო უფლებების მესაკუთრე აძლევს საშუალებას მომხმარებელს შეიტანოს ცვლილებები საწყის კოდში საკუთარი მიზნებიდან გამომდინარე. [51] [52] ანუ ღია პროგრამული პროდუქტი ღია კოდით არის ისეთი პროგრამული უზრუნველყოფა, რომლის საწყისი კოდიც ვრცელდება თავისუფლად, ყოველგვარი შეზღუდვების გარეშე და მომხმარებელს აქვს მისი მოდიფიკაცია/გაუმჯობესების შესაძლებლობა. საგანგებოდ უნდა გავუსვათ ხაზი, რომ კოდის ღიად, თავისუფლად გავრცელება ყოველთვის არ ნიშნავს უფასოდ გავრცელებას. თუმცა ღია პროგრამული

² სამიუბო სისტემის „გუგლი“ (Google) საშუალებით მოპოვებული ინფორმაციის თანახმად, ბოლო ვერსიების ღირებულება აშშ დოლარებში ოთხნიშნა რიცხვით განისაზღვრება

უზრუნველყოფის უმეტესობისთვის ლიცენზიის მისაღებად ფულის გადახდა არაა საჭირო.

ღია პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნელები ძირითადად სპეციალისტების (პროგრამისტების) ჯგუფებია, რომლებიც ცალკეული პროგრამული პროდუქტის გარშემო ერთიანდებიან. ეს ჯგუფი შეიძლება ათასობით სპეციალისტსაც მოიცავდეს. ავტორებში ხშირად ენთუზიასტები და სამეცნიერო ორგანიზაციები სჭარბობენ. ასეთ კოლექტივებს ფინანსურ დახმარებას კომერციული სტრუქტურები უწევენ, რადგან მსხვილი პროექტების განხორციელებას მნიშვნელოვანი ფინანსური და ადამიანური რესურსები ესაჭიროება. (იხ. ცხრ. 7)

ასეთი მასშტაბურობის მიუხედავად ღია პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების ტემპი ხშირად ჩამოუვარდება სხვა, კომერციული პროდუქტების განვითარების ტემპს. თუმცა პროგრესი სტაბილურია. როგორც სჩანს, კომერციული გის პროგრამული უზრუნველყოფის გიგანტები („ესრი“ (Esri) და სხვ.) ვერ ახერხებენ გის მომხმარებელთა იმ სეგმენტის ეფექტურ დაკმაყოფილებას, რომლებსაც შედარებით იაფასიანი, ნაკლების ფუნქციური შესაძლებლობების პროგრამული უზრუნველყოფა ესაჭიროებათ (ასეთი მომხმარებელნი, როგორც წესი სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებები და მცირე ორგანიზაციები არიან).

ცხრილი 7.
ზოგიერთი ღია გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის შექმნაზე გაწეული დანახარჯები.

გის	კოდის ჩანაწერების რაოდენობა ათ. (ზრდა)	შემქმნელების რაოდენობა კაცი	დანახარჯი კაცი/წელიწადი	სულ დანახარჯი ათ. \$
Quantum GIS (QGIS)	440 (227 %)	40	114	6270
GRASS GIS	737 (42 %)	62	200	11000
gvSIS	2160 (20 %)	62	609	33495
GDAL	1035 (67 %)	26	337	18535

ღია გის პროგრამული უზრუნველყოფა სათავეს XX საუკუნის 70-იანი წლების ბოლოდან იღებს. 1979 წლისთვის აშშ-ს თევზის რესურების და ველური ცხოველების დაცვის სამსახურმა შეიმუშავა ღია ვექტორული გის პროგრამული უზრუნველყოფა „მოსი“ (MOSS – Map Overlay and Statistical System). იგი გამოიყენებოდა როგორც სამინისტროების, ისე - შტატების და ადგილობრივი თვითმმართველობის დონეზე.

ღია გის პროგრამული უზრუნველყოფის განხილვისას ძალიან საინტერესოა კიდევ ერთი ამერიკული პროდუქტის „გრასი“ (GRASS Geographic Analysis Support System) განხილვა. იგი აშშ-ს თავდაცვის სამინისტროს მიერ იყო შემუშავებული გასული საუკუნის 80-იანი წლებში თავდაცვითი ამოცანების გადასაჭრელად. თავდაპირველად „გრასი“ (Grass) დიდი პოპულარობით სარგებლობდა მაგრამ შემდგომ „ესრის“ (Esri) კომერციულ გის არქინფოსთან (Arcinfo) კონკურენციას ვეღარ გაუძლო: მნიშვნელოვანი ფინანსური და ადამიანური რესურების მქონე ამერიკული სახელმწიფო ორგანიზაციისთვისაც კი რთული აღმოჩნდა მოქნილი, ეფექტური გის პროგრამული პროდუქტის შექმნა. ამიტომ ამერიკელი სამხედროები ნელ-ნელა გადავიდნენ „ესრის“ (Esri) პროდუქციის გამოყენებაზე, „გრას“-ის (Grass) მხარდაჭერა შეწყდა, 1999 წლიდან კი მისი კოდი საჯარო გახდა, მიუხედავად გამოყენების სირთულეებისა, ღია გის გრასს (Grass) დღემდე ბევრი მომხმარებელი ჰყავს (უმეტესად აკადემიური წრეები), რომლებიც მუდმივად ზრუნავენ კოდის მოდიფიკაცია/სრულყოფაზე.

XXI საუკუნის დამდეგს ღია გის პროგრამული უზრუნველყოფის ნამდვილი ბუმი იყო. ამჟამად სპეციალურ პორტალზე (www.freegis.org) თავმოყრილია გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები, რომლის კოდიც თავისუფლად მიღებაც შესაძლებელია. მათ შორის აღსანიშნავია „საგა ჯიაის“ (SAGA GIS, გერმანია 2001) „ქუანტუმ ჯიასეს“ (Quantum GIS უფრო ფართოდ ცნობილი

როგორც QGIS, საერთაშორისო პროექტი 2002), „ჯივისაიჯი“ (GVSIG, ესპანეთი 2003)და სხვ.

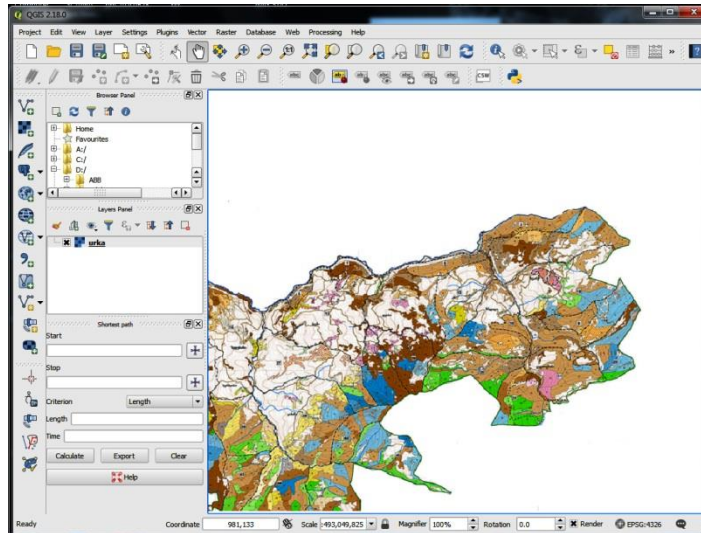
როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ღია გის პროგრამული უზრუნველყოფის უმეტესობა უფასოდ ვრცელდება. მაგრამ არის ისეთი გამონაკლისებიც, როდესაც გარკვეული ფუნქციის განხორციელებისთვის ფულის გადახდაა საჭირო. მაგალითად „ზიგ ჯიაიეს“ (ZigGis) თუ მომხმარებელი პერსონალური გამოყენებისთვის ან სწავლებისთვის იყენებს - უფასოა, ხოლო იგი კომერციული მიზნებით გამოიყენება - ფასიანი.

იმისდამიუხედავად პროგრამული უზრუნველყოფა ფასიანია თუ არა (ღია თუ დაფარული კოდით), რეალური პროექტების განხორციელებისას მაინც არის საჭირო გარკვეული ფინანსები. მაგ. ტექნიკური მხარდაჭერის, პერსონალის სწავლების და ა. შ. თუმცა კომერციულ გის-ებთან შედარებით სახსრების ეკონომია თითქმის ყოველთვის საგრძნობია. შვეიცარიის ერთ-ერთ კანტონის ხელმძღვანელობამ გადაწყვიტა თავისი მიზნებისთვის „ქიუ გის“ (QGIS) ის გამოეყენებინა. მართალია ამ ღია კოდის პროგრამული უზრუნველყოფის საკუთარი მიზნებისთვის მისადაგებისთვის დაახლოებით 30 000 აშშ დოლარის დახარჯვა მოუხდათ, მაგრამ იგივე კომერციული გის პროდუქტების ლიცენზიების შეძენა $\approx 150\ 000 - 200\ 000$ აშშ დოლარის დახარჯვა მოუწევდა. $\approx 100\ 000$ დოლარის ეკონომია ისეთი ეკონომიკურად განვითარებული ქვეყნისთვისაც კი, როგორც შვეიცარიაა - მნიშვნელოვანია. აღარაფერს ვიტყვით არც თუ ისე სახარბიელო მდგომარეობაში მყოფ ჩვენს ქვეყანაზე.

ღია გის პროგრამული უზრუნველყოფის ძირითადი უპირატესობა არის შესაძლებლობა, მომხმარებელმა თავის სურვილის/საჭიროების მიხედვით მოახდინოს პროდუქტის მოდიფიკაცია. ამით იგი აღარ არის დამოკიდებული პროგრამის შემქმნელზე. ასე მაგალითად კომპანიას „ესრის“ (Esri) შეწყვეტილი აქვს საკუთარი პროდუქტის „არქვიუ გის 3.x“ (arcview gis 3.x) მხარდაჭერა, რის გამოც ამ ვერსიის მფლობელებს შესაძლოა გარკვეული

პრობლემები შეექმნათ პროგრამული პროდუქტის მოდიფიკაციისას. საერთოდ კი ისევ „ესრის“ (Esri) პროგრამული პროდუქტების საკუთარი მიზნებისთვის ადაპტაცია ე. წ. „სკრიპტების“ დახმარებით შეზღუდულად, გარკვეული პროგრამული ენების გამოყენებით ხდება. ასეთი შეზღუდვას ღია გის-ს მომხმარებლები არ აწყდებიან. კოდის თავისუფლად მოდიფიკაციის წყალობით გის შესაძლებელია გის-ის უფრო ეფექტურად გამოყენება. კიდევ ერთი დადებითი მხარე ინოვაციების გამოყენების შესაძლებლობაა. ინფორმატიკის განვითარების კვალდაკვალ გაჩენილი ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა მსხვილი ფირმებისთვის გარკვეულ დროით რესურსებს მოითხოვს. ღია გის-ს მფლობელებს კი უფრო თავისუფლად და მოკლე დროში შეუძლია სათანადო ცოდნის არსებობის შემთხვევაში მათი გამოყენება. ასე მაგალითად ფართოდ გავრცელებული გის მონაცემთა ბაზების „პოსტ ჯიაიესის“ (PostGis) გამოყენების შესაძლებლობა ღია გის პროგრამულმა პროდუქტებმა „ესრიზე“ (Esri) დაახლოებით 4-5 წლით ადრე დაიწყო.

ზემოთხამოთვლილი უპირატესობების გარდა ღია გის პროგრამულ უზრუნველყოფას ცხადია ნაკლოვანებებიც გააჩნია. მათ შორის აუცილებლად აღსანიშნავია. არასაკმარისი ფუნქციონალურობა - ხშირ შემთხვევაში გამოწვეული კოდზე მომუშავე სპეციალისტების არასაკმარისი რაოდენებით. ეს პრობლემა იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ღია გის ის ფართოდ გავრცელების ერთ-ერთ ძირითად შემაფერხებენ ფაქტორადაც კი მიიჩნევა. ღია გის-ებს როგორც წესი ასევე უჭირთ დიდი მოცულობის მონაცემთა ბაზებთან მუშაობა, გააჩნიათ შეზღუდული ფუნქციური შესაძლებლობები და გამოსასვლელი მონაცემები, კარტოგრაფიული მასალა არ გამოირჩევა მაღალი ხარისხით. ხშირ შემთხვევაში არასაკმარისად ინტუიციური ინტერფეისის გამო გართულებულია ღია გის-ების ათვისება.



ნახ. 6. „კვანტუმ გის“ ით რეალიზებული ტყის კორომთა რუკა

„კვანტუმ გის“-ზე (Quantium GIs) მუშაობა ენთუზიასტებმა 2002 წელს დაწყეს. თავდაპირველად მათი ჩანაფიქრი ლინუქსის (Linux) ოპერაციული სისტემისთვის განკუთვნილ უბრალო ე. წ. „გის ვიუვერის“ (view app) შექმნა იყო. შემდგომ, „გრასს გის“ (Grass GIs) ფუნქციური შესაძლებლობების გამოყენების წყალობით, მისი ანალიტიკური და სხვა შესაძლებლობები საგრძნობლად გაიზარდა. ქიუ გის (Qgis) თავსებადი ძირითად ოპერაციულ სისტემებთან „ვინდოუსი“ (Windows) „მაკოსი“ (Mac OS) და „ლინუქსი“ (Linux) მუშაობს როგორც ვექტორულ, ისე რასტრულ მონაცემებთან, ასევე ვებ მონაცემებთან და გავრცელებულ სივრცითი მონაცემთა ბაზებთან. ამ პროგრამული უზრუნველყოფის ფუნქციური შესაძლებლობის გაზრდა შესაძლებელია პროგრამირების ენების „სი პლუს პლუსის“ (C++) ან „პითონის“ (Python) საშუალებით. კიდევ ერთი დიდი უპირატესობა გის ის კარგი არქიტექტურა და მაღალ დონეზე დოკუმენტირებაა. ამის გამო ქიუ გის (Qgis) ბევრი, სტაბილურად მზარდი მომხმარებელი ჰყავს.

„ქიუ გის“ (Qgis) მუშაობს მრავალ ვექტორულ და რასტრულ ფორმატებთან, ხოლო ახალი ფორმატების რეალიზაცია შესაძლებელია მოდულების საშუალებით. გის-ს ფუნქციური შესაძლებლობების ჩამონათვალი კი შემდეგია:

- „ქიუ გის“-ის (Qgis) საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა ფორმატების და პროექციის როგორც ვექტორული, ისე რასტრული მონაცემების ზედდება მათი წინასწარი გარდაქმნის გარეშე. (ძირითად ფორმატებში იგულისხმება „შიპ ფაილები“ (shape file), „პოსტ ჯიაიეს“ (Post gis), სივრცითი მონაცემების ცხრილები, „გეოტიფფ გრიდ“ (geotiff grid), „ჯპეგ“ (jpeg), „პნგ“ (PNG) და სხვა მრავალი)
- გრაფიკული ინტერფეისის საშუალებით იოლად ხდება სივრცითი მონაცემების მანიპულაცია და რუკების შექმნა. გრაფიკული ინტერფეისის დახმარებით ხორციელდება შემდეგი ოპერაციები: პროექციის სწრაფი ცვლილება, ობიექტების ამორჩევა, რედაქტირება, დათვალიერება, ატრიბუტული მონაცემების ძებნა, წარწერების გაკეთება, საკოორდინატო ბადის, მასშტაბის და ჩრდილოეთის აღმნიშვნელი ნიშნის დატანა, სხვა.
- „ქიუ გის“-ით (Qgis) ხდება ვექტორული მონაცემების შექმნა და დამუშავება, ასევე მათი სხვადასხვა ფორმატში ექსპორტი. აღნიშნული პროგრამული უზრუნველყოფა უპრობლემოდ მუშაობს გპს-ის მონაცემებთან. თავისუფლად ხდება მონაცემების იმპორტ-ექსპორტი „ჯიპიქს“ (GPX) ფორმატში. ასევე არის გპს მიმღებიდან მონაცემების პირდაპირ გადმოწერის საშუალებაც.
- განაკუთრებით საყურადღებოა მონაცემების ანალიზი, რადგან როგორც ცნობილია „ანალიზი გის-ის გულია“ (დემერსი 1999) „ქიუ გის“-თვის (Qgis) ხელმისაწვდომია პროგრამირების ენა „პითონზე“ (python) დაწერილი ანალიზის, ამორჩევის, გეოპროცესინგის, გეომეტრიულ და მონაცემთა ბაზის მართვის ინსტრუმენტების გამოყენება. გრასს გის ინსტრუმენტების ინტეგრაციის შემთხვევაში ანალიზის მოდულების რაოდენობა 400-ს აჭარბებს.
- „ქიუ გის“ (Qgis) მოსახერხებელია გის გამოსასვლელი მონაცემების ინტერნეტში განთავსებისთვის. ამისთვის იგი „მაპ სერვერს“ (Map Servers)-ის იყენებს. როგორც უკვე აღვნიშნეთ გის-ის

შესაძლებლობების გაზრდა შესაძლებელია პროგრამირების ენების „სი პლუს პლუს“ (C++) და „პითონის“ (Python) გამოყენებით. [78]

2.2. ტყის ინვენტარიზაციის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა

2.1.1 არსებული პრაქტიკის ნაკლოვანებანი

საბჭოთა პერიოდის პრაქტიკის მიხედვით ხეების, როგორც ტაქსაციის ობიექტების დანაწილება ხდებოდა ბუნებრივი ნიშნების, ტექნიკური ვარგისიანობისა და სამეურნეო მნიშვნელობის მიხედვით. ძირითადი საზომი ინსტრუმენტები იყო: სიგრძის საზომად - ლითონის საკეცი მეტრი ან ტილოს ბაფთა, სიმაღლის საზომად - სტანდარტული ორთითა, სატაქსაციო საზომი სახაზავი, ტაქსატორის ყავარჯენი და საზომი კავი (ბრჭყალა). ხის სიმაღლის, როგორც წესი, სხვადასხვა კონსტრუქციის ორთითათი საზღვრავდნენ 1,3 მეტრის სიმაღლეზე („მკერდის ზომაზე“). სიმაღლის შესაფასებლად გამოიყენებოდა გეომეტრიულ და ტრიგონომეტრიულ საფუძვლებზე კონსტრუირებული ე. წ. სიმაღლმზომი. თუ ერთეულ ხეთა მოცულობის დადგენა არ იყო საჭირო, დასაშვები იყო ხის ღეროს მოცულობის განმსაზღვრელი ფორმულების გამოყენება (ასეთი ფორმულების შემადგენელ მონაცემებს იღებდნენ სახეობის რიცხვების ცხრილიდან, ამიტომ მოცულობის განსაზღვრაც მიახლოებით ხდებოდა).

იგივე წესის მიხედვით ტყე კორომებად იყო დაყოფილი. ტყის ტაქსაციის თვალსაზრისით, კორომის ყველა შემადგენელი ნაწილი მნიშვნელოვანად მიიჩნეოდა, მაგრამ ძირითადი ყურადღება ხეთა ერთობლიობას ექცეოდა. კორომის სატაქსაციო მაჩვენებლებად განხილავდნენ: კორომის წარმოშობას, შემადგენლობას, ფორმას, საშუალო სიმაღლეს, საშუალო დიამეტრს, ხნოვანებას, ბონიტეტს, სიხშირეს, ტყის ელემენტს, სასაქონლო კლასს, კვეთის ფართობის ჯამს, მარაგს, ტყის ტიპს, მოზარდს და ქვეტყეს.

ზოგადად ტყეების ინვენტარიზაციას აწარმოებდნენ კომბინირებული მეთოდით, რომელიც აერთიანებდა მიწისზედა სატაქსაციო სამუშაოებს და აეროფოტოგადაღებათა მასალების დემიფრაციას. საქართველოში ტყის ფონდი ორ ჯგუფად იყო გაყოფილი, (I ჯგუფის ტყეებში შედიოდა: ნაკრძალები, ძვირფასი ტყის მასივები, მწვანე ზონის ტყეები სამრეწველო და ქალაქთა გარშემო, აკრძალული ზონები მდინარეების გაწვრივ, დაცვითი ზოლები სატრანსპორტო კომუნიკაციების გასწვრივ, საკურორტო, ნიადაგდაცვითი და სხვა. დაცვით-სექსპლუატაციო და საკოლმეურნეო ტყეები; მეორე ჯგუფის ტყეებს კი მხოლოდ ვაკის ისეთი ტყეები მიეკუთვნებოდა, რომელსაც ძირითადად კლიმატის მარეგულირებელი, დაცვითი და საექსპლუატაციო მდგომარეობის დაკმაყოფილება იყოს.) [53]

ტყეების დანიშნულების მიხედვით განსხვავდებოდა სატაქსაციო სამუშაოებიც. 1964 წლის ტყის მოწყობის ინსტრუქციის მიხედვით ტყე დაყოფილი იყო ხუთ თანრიგად, ხოლო სსრკ სატყეო მეურნეობის სახელმწიფო კომიტეტის 1985 წლის 12 სექტემბრის N4 დადგენილებით („სსრ კავშირის ერთიან ტყის ფონდში ტყეთმოწყობის ჩატარების ინსტრუქცია“) გამოიყოფოდა ტყეთმოწყობის 3 თანრიგი: I თანრიგის ტყეთმოწყობა ტარდებოდა პირველი ჯგუფის ტყეებში გარდა დაბალი სამეურნეო ინტენსივობის ტყეებისა. II თანრიგის მოწყობა ტარდებოდა დაბალი სამეურნეო ინტენსივობის ტყეებში, ხოლო III თანრიგის ტყეთმოწყობა - მწიფე ხემცენარეების ჭარბად შემცველი ან ისეთი ფართობებისთვის, რომელთა ექსპლუატაციაც ტყეთმოწყობიდან არაუადრეს 20 წლის შემდეგ იგეგმებოდა. I და II თანრიგის ტყეების ტაქსაცია ნატურაში ხდებოდა, ხოლო III თანრიგის ტყეთმოწყობისთვის დასაშვები იყო ტაქსაცია კვარტლური განაკაფების და ვიზირების მიხედვით ყველა უხნესი, მწიფე და ზეხმელი ხემცენარებიანი კორემების ნატურაში შესწავლით. ყველა დანარჩენი კომპონენტის პარამეტრების დადგენა კამერალურად, დემიფრირებული აეროფოტოსურათებით უნდა მომხდარიყო. [54] [55]

სარეზერვო ტყის მასივში, რომლის ათვისება სავარაუდოთ არ დაიწყებოდა უახლოეს 20 წლის განმავლობაში, ასევე დასაშვები იყო აეროტაქსაციის გამოყენება ანდა ტყეების აეროგადაღებათა კამერალური გაშიფვრით მიღებული მასალები.

საინვენტარიზაციო ტყის მასივს ყოფდნენ სატყეო³ და არასატყეო⁴ ფართობებად. ტყის ფართობი თავის მხრივ იყოფოდა სამეურნეო ნაწილებად, სამეურნეო - კვარტლებად. კვარტლებად დაყოფის სამი მეთოდიდან ერთს უწოდებდნენ ხელოვნურს (სასაზღვრო ნაკაფების გაჭრა ერთი ზომის და ფორმის კვარტლების მისაღებად); ერთს - ბუნებრივს (დაყოფა მდინარეების, ქედების და სხვა ბუნებრივი საზღვრების მიხედვით). კომბინირებული მეთოდისას ორივე ზემოთჩამოთვლილი ერთდროულად გამოიყენებოდა. ტყის ფონდის საერთო აღრიცხვისთვის სატყეო სატაქსაციო მასალებთან ერთად ინტენსიურად გამოიყენებოდა აეროაგეგმვის მეთოდი. აეროფოტოაგეგმვით არა მარტო სავსე გეოდეზიური მასალების მცირდებოდა, არამედ უმჯობესდებოდა პროდუქციის ხარისხიც. [56]

ეროვნული სატყეო კანონმდებლობის მიღების შემდეგ საქართველოში ტყის აღრიცხვა-ინვენტარიზაციის წესს მთავრობის დადგენილება განსაზღვრავს. ამჟამად მოქმედი „ტყის აღრიცხვის, დაგეგმვის და მონიტორინგის წესის დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 17 ივლისის #179 დადგენილების მიხედვით ტყის აღრიცხვის სამუშაო სამი ეტაპისაგან შედგება:

1. მოსამზადებელი სამუშაო გულისხმობს ტყის საინვენტარიზაციო ფართობის შესახებ არსებული ინფორმაციის შეგროვებას;

³ სატყეო ფართობი: ტყით დაფარული ფართობი, გაუტყევებული ტყეკაფი, ნახანძრალი და ველობი, რომელიც უნდა გატყიანდეს.

⁴ არასატყეო ფართობი: წყლის ფართობები და გამოუსადეგარი (მაგ. სასოფლო-სამეურნეო წარმოგების მიერ დაკავებული) მიწები.

2. საველე სამუშაოების დროს ხდება უშუალოდ აღრიცხვის სამუშაოს განხორციელება;
3. კამერალური სამუშაოები წარმოებს ყველა სახის (მოსამზადებელი და საველე) შედეგების ანალიზი (ინფორმაციის დამუშავება) და ანალიზის საფუძველზე ხდება ტყის მართვისა თუ სხვა საჭირო დოკუმენტების შედგენა.

ტყეთმომწობის ტექნიკური საფუძველია არსებული ყველა სახის კარტოგრაფიული მასალა, ტყის აღრიცხვის არსებული მონაცემები (მათ შორის საარქივო), ასევე სხვა ორგანიზაციებიდან შეგროვებული ინფორმაცია.

იმავე წესის მიხედვით თავად ტყის აღრიცხვა ხორციელდება ამორჩევითი და დეტალური აღრიცხვის მეთოდით.

ამორჩევითი მეთოდი, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს როგორც მთელი ქვეყნის მასშტაბით, ისე მის გარკვეულ ტერიტორიაზე, გულისხმობს სანიმუშო ფართობების აღწერას. სანიმუშო ფართობის ცენტრი მდებარეობს მეტრული კოორდინატული ბადის გადაკვეთის (ბადის კვეთის ინტერვალზეა 100 მ. და ზემოთ) ადგილებში, ხოლო კვლევის სიზუსტე განისაზღვრება ტექნიკური დავალებით. ამორჩევითი მეთოდისას, ლიტერების გამოყოფის მიზნით, იყენებენ დისტანციური ზონდირების მასალებს (დეშიფრირებულ ორთოფოტოგეგმებს). გამოყოფილი ლიტერები ერთიანდება სტრატებში. ასეთი გაერთიანება ხორციელდება გაბატონებული მერქნიანი მცენარეების, სახეობის, ხნოვანების ჯგუფის, სიხშირის, ფერდობთა დაქანების ჯგუფების, ექსპოზიციის, რუმბების და წარმოშობის მიხედვით.

დეტალური აღრიცხვის მეთოდის გამოყენება ეფუძნება თვალზომური, აზომვითი და სხვა ტაქსაციის მეთოდებს. დეტალური აღრიცხვა ხორციელდება წინასწარ დეშიფრირებულ უბნის თვალზომური აღწერით, ხოლო ჭრას დაქვემდებარებულ უბანში - სანიმუშო ფართობის აღებით. 36°-

ზე მეტი დახრის მქონე ადგილებში, ძნელად მისადგომ და მიუდგომელ ადგილებში ტაქსაცია ხორციელდება დისტანციური ზონდირების მასალებით ან/და მოსახერხებელი ადგილებიდან ოპტიკური ხელსაწყოებით დაკვირვებით.

ტაქსაციის განხორციელებისას პირველი მთავარი ერთეულია ლიტერი. ჭრას დაქვემდებარებულ ლიტერებში სანიმუშო ფართობების სიდიდე უნდა შეადგენდეს საერთო ფართობის არანაკლებ 3%-ს. ლიტერების გამოყოფა ხდება დისტანციური ზონდირების მასალებზე დაყრდნობით, ნატურაში მისი დაზუსტებით, სახელმწიფო ტყის ფონდის შესაბამისი კატეგორიის, გაბატონებული მერქნიანი მცენარის სახეობის, კორომის წარმოშობის, ხნოვანების და სიხშირის ჯგუფის, ფერდობთა დაქანების ჯგუფის და ექსპოზიციის მიხედვით. ტყის ინვენტარიზაციისას წითელი ნუსხის მერქნიანი მცენარეების და არამერქნული რესურსების აღწერის მეთოდები განისაზღვრება ტექნიკური დავალებით.

სატყეო ტაქსაციის მეთოდებია თვალზომური, აზომვითი და მონაცემთა აქტუალიზაცია. ტაქსაციის თვალზომური მეთოდის დროს სატაქსაციო უბნის ყველა ტაქსაციური მაჩვენებელი განისაზღვრება თვალზომურად (ვიზუალურად). სატაქსაციო უბნის დახასიათება ხდება ნატურაში, მისი მთლიანი ან ნაწილობრივი (სანავიგაციო ხელსაწყოს GPS-ის მეშვეობით დაფიქსირებული სვლა-გეზის ასახვით) დათვალიერების შედეგად. ინსტრუმენტალურად ხდება რამდენიმე ხის სიმაღლისა და დიამეტრის აზომვა, აგრეთვე კვლევის სიზუსტის გათვალისწინებით შესაძლოა სიხშირემზომის საშუალებით კვეთის ფართობთა ჯამის დადგენა.

ტაქსაციის აზომვითი მეთოდის დროს ლიტერში აიღება წრიული, მართკუთხა ან ლენტისებური (10 ან 20 მ. სიგანის) სანიმუშო ფართობები ტაქსაციური მაჩვენებლების დასადგენად. სანიმუშო ფართობების რაოდენობა და ფართობი დამოკიდებულია ლიტერის სიდიდეზე და კორომის საშუალო დიამეტრზე. სანიმუშო ფართობები ლიტერში

მეტნაკლებად თანაბრად უნდა იყოს განლაგებული, რისთვისაც ისინი გარკვეული სქემით მონიშნება აეროფოტო ან ტოპო აბრისზე. სანიმუშო ფართობის ცენტრში ჩაესობა რკინის სოლი ან ხის ბოძი, აგრეთვე შესაძლებელია მონიშვნა განხორციელდეს ხეზე. ხეზე ან ხის ბოძზესადებავით კეთდება წარწერა წ.ს.ფ (წრიული სანიმუშო ფართობი) და ტყის საინვენტარიზაციო ქსელის წერტილის ნომერი - ამორჩევითი (სტატისტიკური მეთოდით აღრიცხვისას) ან სანიმუშო ფართობის ნომერი. გლობალური პოზიციონირების სისტემით - გპს (GPS) განისაზღვრება სანიმუშო ფართობის ცენტრის კოორდინატები (5–10 მ. სიზუსტით).

ამ მეთოდის გამოყენებისას:

- საშუალო ხე განისაზღვრება საშუალო დიამეტრის მიხედვით. თავის მხრივ საშუალო დიამეტრი კი - მიღებული კვეთის ფართობების ჯამის აღრიცხულ ხეთა რაოდენობაზე გაყოფით (მიიღება საშუალო დიამეტრის მქონე ხის კვეთის ფართობი);
- კვეთის ფართობთა ჯამის დადგენა შესაძლებელია ხელსაწყოების მიხედვით. ხეთა აღრიცხვა წარმოებს მერქნიანი მცენარის სახეობის მიხედვით, მათ შორის სამასალე, ნახევრად სამასალე და საშემეს გამოყოფით. ცალკე აღრიცხება ზეხმელი და წაქცეული ხეები;
- კორომის ზრდადი ხეების მარაგი განისაზღვრება შემადგენელი მერქნიანი მცენარეების სახეობის მარაგების ჯამით;
- ფარდობითი სიხშირე მიიღება აზომვებით მიღებული კვეთის ფართობების ჯამის იმავე სახეობის ეტალონური (ერთი სიხშირის) კორომის კვეთის ფართობთან შეფარდებით. კორომის ფარდობითი სიხშირე მიიღება შემადგენელი მერქნიანი მცენარეების სახეობის სიხშირეების ჯამით;
- კორომის სასაქონლო კლასი განისაზღვრება მომწიფარი, მწიფე და მწიფეზე უხნესი კორომებისათვის სანიმუშო ფართობზე არსებული

სამასალე ხეების პროცენტით ხეთა რაოდენობის, ან მარაგის მიხედვით.

- სანიმუშო ფართობზე წარმოებს ხეთა მთლიანი აღრიცხვა მერქნიანი მცენარეების სახეობის მიხედვით. ტაქსაციური ხელსაწყო „ორთითას“ საშუალებით იზომება ხის დიამეტრი მიწის ზედაპირიდან (ფერდობის ზედა მხრიდან) მკერდის სიმაღლეზე (1,3 მეტრი) გაზომვით (ტაქსაციური დიამეტრი - Dt), დგინდება მათი საშუალო და ჩაიწერება სანიმუშო ფართობის უწყისში. ყველა აზომილი ხე მოინიშნება თვალის სიმაღლეზე მდგრადი საღებავით ან ხეზე კეთდება ჩამონათალი;

წრიული სანიმუშო ფართობების რადიუსი შემდეგია: თუ კორომის საშუალო დიამეტრი 16 სმ-მდეა - წრიული სანიმუშო ფართობის რადიუსი აიღება 12.6 მ (წრის ფართობი 500 მ²); თუ კორომის საშუალო დიამეტრი 16 სმ-დან 32 სმ-მდეა - 17.8 მ (წრის ფართობი 1000 მ²); თუ კორომის საშუალო დიამეტრი 32 სმ-ზე მეტია - 25,2 მ (წრის ფართობი 2000 მ²); მონაცემები საფარის, მოზარდის და ქვეტყის შესახებ მიიღება მცირე ფართობებზე (სანიმუშო ფართობის სიდიდის არანაკლებ 1%-სა) მათი აღრიცხვით.

მონაცემთა აქტუალიზაციის მეთოდი გამოიყენება 35°-ზე მეტი დაქანების მქონე, აგრეთვე ძნელად მისადგომი და მიუდგომელი უბნების ტაქსაციისთვის. ტაქსაცია ხორციელდება ორთოფოტოგეგმების დეშიფრირებით ან/და მოპირდაპირე ფერდობიდან ოპტიკური ხელსაწყოებით დაკვირვების გზით; მონაცემების აქტუალიზაციისას გამოვლენილი ცვლილებების შეტანის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს შესაბამის დოკუმენტაციაში ასახული განვლილ პერიოდში სამეურნეო საქმიანობით და სტიქიურ მოვლენათა შედეგად განხორციელებული ცვლილებები, აგრეთვე სახელმწიფო ტყის ფონდის საზღვრების ცვლილებები.

ნაბელი კორომების⁵ ტაქსაცია ხორციელდება სატყეო ტაქსაციაში მიღებული წესით.

ტაქსაციური მაჩვენებლების სიზუსტის განსაზღვრის ნორმატივების (იხ. დანართი) გარდა დაუშვებელია გადახრები: სახელმწიფო ტყის ფონდის ტერიტორიის კატეგორიის, მერქნის საქონლიანობის, ბონიტეტის კლასის განსაზღვრისას, სამეურნეო ღონისძიებების დანიშვნისას ან მათი გაუთვალისწინებლობა. [57] [31]

ზოგიერთი სპეციალისტის აზრით, საქართველოში მოქმედ ტყის ინვენტარიზაციის და მართვის გეგმებს სუსტი მხარეები გააჩნია. ე. პეტრაუსკასის ანგარიშის მიხედვით ნათლად არ არის დადგენილი ტყის ინვენტარიზაციის პრიორიტეტული მიმართულებები, ხოლო ტყის ინვენტარიზაციის ამორჩევით მეთოდში გამოსასწორებელია შემდეგი დეტალები:

„1. რეკომენდებულია, რომ სანიმუშო წრიული ფართობები მუდმივი იყოს. ასეთი გადაწყვეტილება დაზოგავს დანახარჯებს და შეგროვილ ინფორმაციას უფრო თანამიმდევრულს გახდის მერქნის შემატებისა და ჭრის მოცულობის შეფასებითვის. ყოველი ფართობის ცენტრი უნდა მოინიშნოს და ამავდროულად არ უნდა იყო ხილული ვიზიტორების და ხე-ტყის დამაზადებელი კონტრაქტორებისთვის. ხეებზეც არ უნდა დარჩეს არავითარი ხილული ნიშნები.

2. სანიმუშო ფართობის ცენტრს უნდა მიენიჭოს ზუსტი კოორდინატები. დაუშვებელია ამ ცენტრის გადაადგილება, რადგან ეს ტყის რესურსების შეფასებაში უზუსტობას გამოიწვევს.

⁵ნაბელი კორომის კატეგორიას მიეკუთვნება კორომი, როდესაც გადაბედილ ხეთა რაოდენობა კორომში ხეთა საერთო რაოდენობის 50%-ზე მეტს შეადგენს.

3. ამჟამად გამოყენებული წრიული სანიმუშო ფართობები დიდი ზომისაა. სტატისტიკური თვალსაზრისით უმჯობესია რამდენიმე (3-4) შედარებით პატარა, 500 მ² ფართობების დაჯგუფებულად გამოყენება ერთი დიდი, 2000 მ² ფართობის ნაცვლად. თუ სანიმუშო ფართობების რადიუსი არ იცვლება, რეკომენდირებულია, რომ გაიზომოს მხოლოდ მკერდის სიმაღლეზე 42,5 სმ-ზე მეტი დიამეტრის მქონე ხეები (ესპანეთის მაგალითი ტომპო და სხვ. 2009 წ.) პატარა ხეების გასაზომად გამოყენებულ უნდა იქნას უფრო მცირე რადიუსის სანიმუშო ფართობები (საველე ტრენინგის დროს შემოწმდა სანიმუშო ფართობების 12,6 მ² მდე შემცირების ეფექტი).

4. ხეები უნდა აღირიცხოს ყოველ სანიმუშო ფართობზე და მიენიჭოს საიდენტიფიკაციო ნომერი.

5. უნდა გაიზომოს ჰორიზონტალური მანძილი სანიმუშო ფართობზე და მიენიჭოს საიდენტიფიკაციო ნომერი.

6. საქართველოს ტყის ინვენტარიზაციის მონაცემების შესაგროვებლად ყოველწლიურად უნდა მუშაობდეს თანამედროვე საზომი და მონაცემების შემნახველი ინსტრუმენტებით აღჭურვილი სამ-სამი კვალიფიციური ტაქსატორისგან შემდგარი სულ ცოტა ოთხი საველე ჯგუფი.“ [58] გვ. 7-8

2.2.2. ჩასატარებელი სატყეო სატაქსაციო სამუშაოები

ტყის ინვენტარიზაცია, რომელიც ეფუძნება საველე (სახმელეთო-სატაქსაციო) შეუღლებას დისტანციური ზონდირების მასალების დეშიფრირებულ მონაცემებთან, მიიჩნევა საკმარისად ხარისხიანად. სპეციალისტები დეშიფრაციის მეთოდით მცენარეული საფარის მოცულობის განსაზღვრის სიზუსტეს ტაქსაციის თვალზომითი მეთოდის არანაკლებად თვლიან. სისტემატიკურ შეცდომა მერყეობს 1-5 % ის ფარგლებში, ხოლო კვარტლის საშუალო კვადრატული შეცდომა $\pm 16-20\%$ -ია [59] კვარტლების ვიზირშორისი სივრცეების დეშიფრაცია ხორციელდება ფოტოგამოსახულების ანალოგიური ფართობების მიხედვით, მდებარე -

ტაქსაციის ლენტურ მიმართულებაზე და რომლისთვისაც ცნობილია მცენარეულობის მახასიათებლები. ასეთი სამუშაოს შესრულებისთვის წინასწარ ხდება დეშიფრაციის შემდეგი ნიშნების გამოვლენა (ჯიშობრივი შემადგენლობა, ასაკი, სისრულე, ბონიტეტი და სხვ.) ფოტოგამოსახულებაზე სხვადასხვა კატეგორიის მცენარეულობის შედარების გზით. საშუალო სიმაღლე, მარაგი, სასაქონლე სახე განისზღვრება დამხმარე ცხრილების მეშვეობით. ასეთი ცხრილები შედგენილია ტყეების ტიპების ან ბონიტეტების საფუძველზე კორომების ასაკობრივი ელემენტების მიხედვით.

ტყის ინვენტარიზაციის სიზუსტე ინდივიდუალურია ანუ შეიძლება განსხვავებული იყოს ცალკეული რეგიონების მიხედვით. ამის გამო ტყეთმომწყოებისთვის გამოიყენება სხვადასხვა სიზუსტის მეთოდები. რაც თავის მხრივ გარკვეულწილად გავლენას ახდენს მთელი პროცესის ფინანსურ ღირებულებაზე. ინტენსიური სამეურნეო გამოყენების ზონაში, საინვენტარიზაციო სამუშაოები ბუნებრივია მაღალი სიზუსტით უნდა განხორციელდეს (ტრადიციულად ასეთ შემთხვევაში ტაქსაციის თვალზომით მეთოდებს ამატებდნენ ნარგაობის ინსტრუმენტული გაზომვის მონაცემებს), ხოლო ტყის ისეთი ნაწილების ინვენტარიზაციისთვის, რომლის ექსპლუატაციაც იგეგმება მომავალში, გონივრულ ვადაში - დასაშვებია ნაკლების სიზუსტის სატაქსაციო სამუშაოების ჩატარება. ასეთი ტექნოლოგია როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ნაკლებ ფინანსურ დანახარჯს მოითხოვს, რაც მნიშვნელოვანი საქართველოს საბიუჯეტო თანხების სიმცირის გათვალისწინებით.

ამ მომენტამდე ტყეთმომწყოების პრაქტიკაში არსებული ტყის ინვენტარიზაციის ტექნოლოგია (დაფუძნებული საველე (სახმელეთო) ტაქსაციის დისტანციური ზონდირების ანალიტიკურ-გაზომვით მეთოდებთან რაციონალური შეუღლებით) მთის ტყეებისთვის კვლავ რჩება ყველაზე ფართოდ გამოყენებულ ტექნოლოგიად. სატყეო რესურსების რაციონალური გამოყენება შეუძლებელია მათი გათვალისწინების გარეშე.

ამიტომ ამ მეთოდების დახვეწა და მისი პროდუქტულობის ამაღლება საქართველოს პირობებისთვის, ჩვენი აზრით უნდა იყოს პრიორიტეტული სატყეო-სამეურნეო საქმიანობის შეფასებისა და დაგეგმვის კუთხით.

ისეთ ქვეყნებს, რომლებსაც გააჩნიათ დიდი ფართობის ტყეები, აპრობირებულია დისტანციური ზონდირების გამოყენება ლაზერული სისტემების გამოყენებით. ამ მეთოდით მიღებული მონაცემები ცხადყოფს ტყეების ოპერატიულ მონიტორინგში და მცენარეული საფარის ინვენტარიზაციაში დისტანციური ზონდირების ტექნიკური საშუალებების გამოყენების მაღალ პერსპექტივას. სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც გამოიყენება სივრცითი ანალიზისთვის, უზრუნველყოფს სამუშაოების ავტომატიზაციას ტყის რუკის ტოპოგრაფიული ნაწილის შექმნის პროცესში. ასევე - კონტურული დეშიფრაციის საიმედოობას. სხვადასხვა ავტორების მიხედვით ტყის ინვენტარიზაციის სამუშაოების ღირებულება ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით ≈ 2 -ჯერ მცირდება.

ტყეების დისტანციური ზონდირების მასალების კამერალური დეშიფრირებისას სავსე სამუშაოები (ნატურაში) ძირითადად წარმოებს დეშიფრაციის განმახორციელებელი სპეციალისტების ვარჯიშისთვის და სადეშიფრაციო მახასიათებლების დადგენისთვის. შემდეგ, კვარტლების საზღვრები და მცენარეული საფარის სატაქსაციო მახასიათებლები განისაზღვრება კამერალურად, დისტანციური ზონდირების მასალების მიხედვით. ასეთი მეთოდით 1 ჰა ტყის ფართობზე მარაგის განსაზღვის სიზუსტე ≈ 24 %-დან ≈ 30 %-მდე მერყეობს.

დისტანციური ზონდირების მასალების გამოყენებისას, რომელიც თანამედროვე შეხედულებით გულისხმობს როგორც აეროფოტო-, ისე კოსმოსური სურათების გამოყენებას, საფუძვლად უდევს მეთოდი, რომელსაც საბჭოთა სატყეო სამეცნიერო ლიტერატურაში ტყეების აეროტაქსაციას უწოდებენ. [56] ამ მეთოდის პიონერულ ეტაპზე (1948 წ.-დან

1956 წ.-მდე) სამოილოვიჩის მონაცემებით [60] შესწავლილი და კარტოგრაფირებული იყო ≈ 900 მლნ. ჰა. ტყე. საკვლევი ტერიტორიის პირობითად 30 000 ჰა.-დ დაყოფილი ტერიტორიებისთვის აეროტაქსაციით მიღებული მასალები სიზუსტის მხრივ დიდად არ ჩამორჩებოდა საველე (სახმელეთო) ტაქსაციას. შესაბამისად, პროფ. ანუჩინის აზრით აღნიშნული მეთოდი სრულიად დამაკმაყოფილებელი იყო ტყეების ათვისების გენერალური გეგმის შედგენისთვის. აეროტაქსაციის მთავარ უპირატესობად მაქსიმალური სისწრაფე, საველე სამუშაოების ჩატარების სიმცირე და ნაკლები ღირებულება მიიჩნეოდა. [61] [62]

აეროტაქსაციის მეთოდს ზემოთჩამოთვლილი უპირატესობის გარდა ბუნებრივია ნაკლოვანებებიც გააჩნდა. მათ შორის ყველაზე მთავარი იყო აეროსურათების მიხედვით მცენარეულობის ტაქსაციის მეთოდოლოგიის არასაკმარისად განვითარება. ამიტომ თანამედროვე ეტაპზე ტყის ინვენტარიზაციის ეს მეთოდი, თამამად შეიძლება არარელევანტურად და მოძველებულად მივიჩნიოთ. იგი მხოლოდ იმ შემთხვევისთვის იქნება მისაღები, თუ მას დეტალური საველე (ნატურაში) ჩატარებული სატაქსაციო სამუშაოები მოჰყვება. [59]

2.2.3. ოპტიმალური ტექნოლოგია საქართველოს ტყეების ინვენტარიზაციისთვის

ტყის შესახებ ინფორმაციის შეგროვება საჭიროებს მუდმივად ხდებოდეს ტექნიკის და ტექნოლოგიის სრულყოფა. ცნობილი ფაქტია, რომ საიმედო, აქტუალური ინფორმაციისა და სწორედ განხორციელებული სატყეო-სატაქსაციო სამუშაოები უზრუნველყოფენ ტყის რესურსების რაციონალურად გამოყენებას. მაგრამ XXI საუკუნეში ამ მოთხოვნებს კიდევ ორიოდ დამატებითი კომპონენტი დაემატა. პირველი ესაა მონაცემების შეზღუდულ დროში შეგროვება (გლობალური დათბობისა თუ სხვა ბუნებრივ-ტექნოგენური პროცესების გამო ზოგჯერ საჭირო ხდება საველე მონაცემების ხელახალი შეგროვება ან არსებული აქტუალიზაცია სწორი და

დროული გადაწყვეტილების მისაღებად). კიდევ ერთი კომპონენტია საველე ინფორმაციის ციფრულ ფორმატში ანუ ისეთი ხერხით შეგროვება, რომლითაც უკვე ეგმ-ს (კომპიუტერი) სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით მოხდება მისი დამუშავება. ველზე სატყეო-საინვენტარიზაციო მონაცემების ტრადიციული მეთოდებით შეგროვებას⁶, მომავალში მათ კამერალურ პირობებში კომპიუტერის მეხსიერებაში გადატანით სჭირდება დამატებითი (ფინანსური, ადამიანური და სხვ.) რესურსები. ამიტომ თანამედროვე მსოფლიოში ფართოდ ვრცელდება ველზე ციფრული მონაცემთა ბაზების შექმნის ტექნოლოგია. სატყეო სექტორში ასეთი ტექნოლოგიის კომპონენტებია გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები, დისტანციური ზონდირების საშუალებები, მობილური ლაზერული საზომი ხელსაწყოები და სხვა ელექტრონულ ხელსაწყოები.

ტყის ინვენტარიზაციის სამუშაოების განხორციელებისთვის სხვადასხვა წყაროები გამოიყენება, მაგრამ მათგან უმთავრესი და უმნიშვნელოვანესი საველე მონაცემებია. ასეთი მონაცემების შეგროვების სიზუსტე ინვენტარიზაციის მიზანზეა დამოკიდებული, მაგრამ ასევე მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია ტექნიკური შესაძლებლობებით. თანამედროვე სატყეო სექტორში დისტანციური ზონდირების (აერო- და კოსმოსურათები) გარდა მყარად მოიკიდა ფეხი გლობალური პოზიციონირების სისტემებმა (გპს - GPS), ლაზერულ სხივებზე, ულტრაბგერაზე და სხვა პრინციპებზე დაფუძნებულმა ტექნოლოგიებმა. ყველა ზემოთჩამოთვლილი განუყოფლადაა გადაჯაჭვული ინფორმატიკის (კომპიუტერული ტექნოლოგიების) განვითარებასთან. ტყის მდგომარეობის

⁶ მაგ. დღეს საქართველოში, ველზე მუშაობისას ტაქსატორები ტყის აღრიცხვის ზემოთნახსენები წესის დანართის მიხედვით დადგენილ სპეციალურ ფორმებს ავსებენ ქაღალდზე ხელით ავსებენ, ხოლო შემდეგ ხდება მათი კამერალური დამუშავება.

შეფასების, მონიტორინგის და პროგნოზირების ახლა უკვე შეუცვლელი ნაწილია გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემები (გის).

სატყეო სექტორში მონაცემების შეგროვებისთვის განკუთვნილი ხელსაწყოები ცალკე კლასად ყალიბდება. მაგ. ადგილმდებარეობის აგეგმვისთვის არსებობს სტანდარტული გეოდეზიური ხელსაწყოები. მაგრამ ისინი საველე-საინვენტარიზაციო სამუშაოების ჩასატარებისთვის ნაკლებად მოსახერხებელია. პირველ რიგში საექსპლუატაციო პირობების გამო. საველე-საინვენტარიზაციო სამუშაოებისთვის ხელსაწყოების ცალკე კლასად ჩამოყალიბება გულისხმობს იმ ტექნიკურ მოთხოვნებს, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს თითოეული მათგანი. ეს მოთხოვნებია: მცირე წონა, კომპაქტური ზომები, ავტონომიური (აკუმულატორი და სხვა წყარო) მუშაობის ხანგრძლივობა, დარტყმაგამძლეობა, ტენგამძლეობა და სხვ. რაც უზრუნველყოფს ნებისმიერ პირობებში საველე კვლევების ჩატარებას. ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილებისთვის ზოგჯერ საჭიროა კომპრომისზე წასვლა სიზუსტის მხრივ. (მაგ. საველე მობილური სატაქსაციო კომპლექსის გეოდეზიური მონაცემების შეგროვების სიზუსტე შეიძლება ნაკლები იყოს იგივე სტანდარტულ სისტემასთან შედარებით) ასეთი მიდგომა დასაშვებია: სექტორის სპეციფიკიდან გამომდინარე არც არის ზემოაღნიშნული სიზუსტის გეოდეზიური გაზომვების ჩატარების აუცილებლობა.

კონცეპტუალურად საველე საინვენტარიზაციო ტექნოლოგიის შემადგენლობაში შედის საკვლევი რაიონის კარტოგრაფირებისთვის საჭირო საშუალებები, ადგილმდებარეობის განსაზღვრის ხელსაწყოები, მანძილმზომები. ვერტიკალური და ჰორიზონტალური კუთხისმზომები, ხეების სხვადასხვა პარამეტრების გასაზომი მოწყობილობები. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ყველა ასეთი მოწყობილობა რთულ პირობებში მუშაობისთვის სპეციალურად უნდა იყოს დაცული. მათ ასევე უნდა გააჩნდეთ ინფორმაციის გადაცემის/გაცვლის თანამედროვე საშუალებები (USB, Bluetooth და სხვ.). ქვეყნები, რომლებსაც გააჩნიათ მნიშვნელოვანი ტყით დაფარული ფართობები, ცდილობენ შეიმუშაონ საკუთარი ტყის საინვენტარიზაციო

ტექნოლოგიები, ხოლო ზოგიერთები კი - გაერთიანებული ძალებით ცდილობენ ასეთი მასშტაბური პრობლემის გადაწყვეტას. ერთ-ერთი ასეთია ჩეხეთის ტყის ეკოსისტემების კვლევითი ინსტიტუტის (IFER) შემუშავებული მეწინავე ტექნოლოგია „ფაილდ მეპი“ (Faild Map), რომელიც ეფუძნება ერთის მხრივ ტყის ამორჩევით-სტატისტიკური ინვენტარიზაციის მეთოდს, ხოლო მეორეს მხრივ საკუთარ გეოინფორმაციულ პროდუქტს და სავლელ მონაცემების შეგროვების კომპლექსს. სწორედ „ფაილდ მეპის“ (Faild Map) მაგალითზე წარმოვადგენთ ტყის ინვენტარიზაციისა და მონიტორინგისადმი თანამედროვე მიდგომას.

2.2.4. ტყის ინვენტარიზაციის მეთოდის განსაზღვრა

სახმელეთო ტაქსაციასა და კამერალურად დემიფირებულ აეროფოტოსურათების გამოყენებაზე დაფუძნებული ტყის ინვენტარიზაცია, საქართველოს ტყეების რეალური მდგომარეობის გათვალისწინებით ნაკლებად პროდუქტიულია. ჩვენი ქვეყნის მთლიანი სატყეო ფონდის შესახებ აქტუალური ინფორმაციის მიღება ტრადიციული მეთოდებით და ტექნოლოგიით უკვე პრაქტიკულად შეუძლებელია, რადგან მისთვის მნიშვნელოვანი ადამიანური და ფინანსური რესურსია საჭირო. ტყის ინვენტარიზაციის ახალი ტექნოლოგიები საკვლევო ტერიტორიის შესწავლისთვის იყენებენ დისტანციური ზონდირების (აეროკოსმოსურ) ინფორმაციას, ოპტიკურ-ელექტრონულ (ციფრულ) და გამოთვლით ტექნიკას. ტყის ინვენტარიზაციის თანამედროვე მეთოდებისთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დისტანციური ზონდირების საშუალებით მიღებული ინფორმაცია, რადგან მისი საშუალებით ქვეყნის ოკუპირებულ ტერიტორიაზე არსებული ტყის საფარის შესახებ გარკვეული ინფორმაციის მიღებაცაა შესაძლებელი. თანამედროვე საზოგადოებაში სამეურნეო-ეკოლოგიურ თუ სხვა სფეროში სწორი გადაწყვეტილების მისაღებად საჭიროა უზარმაზარი მოცულობის ინფორმაციის დამუშავება. ეს მტკიცება, რა თქმა უნდა, ასევე ეხება სატყეო სექტორსაც. ამიტომ მოცულობითი,

მრავალმხრივი ინფორმაციის შესაგროვებლად საჭიროა თანამედროვე, მაღალმწარმოებლური ტექნოლოგია-ხელსაწყოები, რომლის შექმნა-ექსპლუატაციის ხარჯები ერთად აღებულ ნაკლებია ტრადიციული მეთოდებით (ძირითადად ადამიანურ რესურსზე დამოკიდებული) ინფორმაციის შეგროვებაზე. გასათვალისწინებელია აგრეთვე ველზე სუბიექტური ფაქტორით გამოწვეული შეცდომები.

მრავალი ქვეყნის პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ტყის რესურსების აღრიცხვის სისტემის სამომავლო გაუმჯობესება უნდა ეფუძნებოდეს ტყის ფონდის ცვლილების კანონზომიერების აღმოჩენასა და გამოყენებას. ამ მიზნის მისაღწევად ასევე მნიშვნელოვანია უახლესი ტექნიკური და გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებები. ყოველივე ზემოაღნიშნულის წარმატებით რეალიზაციისთვის უპირატესად საჭიროა ტყის ობიექტური ტაქსაციის მეთოდების შემუშავება. ტყეთმომწყობის განხორციელებისთვის საბაზო მონაცემების მისაღებად, საველე აღრიცხვის სისტემის გაუმჯობესებას უზრუნველყოფს მათემატიკურ-სტატისტიკური მეთოდები. ეს უკანასკნელი სულ უფრო პოპულარული ხდება მთელი მსოფლიოს მასშტაბით.

კლასიკური გაგებით ტყის ამორჩევითი ინვენტარიზაცია გულისხმობს ტყის რესურსების მათემატიკურ-სტატისტიკურ აღრიცხვას წინასწარ განსაზღვრულ სანიმუშო ფართობებზე საჭირო პარამეტრების მიხედვით განხორციელებული გაზომვებით. ტექნოლოგია კი თავის მხრივ ეფუძნება მათემატიკურ სტატისტიკას და სატაქსაციო ნარგაობების კანონზომიერ ურთიერთკავშირს. ტყის ამორჩევითი ინვენტარიზაციის ძირითადი უპირატესობა ფინანსური დანახარჯებია: ტყის რესურსების კონტროლი, ტყეთმომწყობის საკითხების გადაჭრა, პროექტირება/დაგეგმვა, მართვა და მონიტორინგის ღირებულება ამორჩევითი ინვენტარიზაციის მასალების გამოყენებით შედარებით ნაკლებია ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით.

ამორჩევითი ტაქსაციის თეორიულ საფუძველს წარმოადგენს ალბათობის თეორიის და მათემატიკური სტატისტიკის კანონები. ტყის რესურსების

ამორჩევითი მეთოდით შესწავლისას ცალკეული გაზომვები განიხილება როგორც შემთხვევითი სიდიდეები. ეს უკანასკნელნი კი თავის მნიშვნელობებს იღებენ გასაზომი (შესაფასებელი) ობიექტების შემთხვევითი შერჩევის შესაბამისად. ეს მნიშვნელობები არ ემთხვევა შესაბამის მათემატიკურად გამოსალოდნელ შედეგებს (შემთხვევითი შედეგების საშუალო მნიშვნელობებს). უფრო მეტიც, მათ გარკვეული უზუსტობანი ახასიათებთ. აქამდე მიღებული გამოცდილებით, შემთხვევითი სიდიდეების დიდი რაოდენობის შემთხვევაში ასეთი ცდომილებები ურთიერთკომპენსირდება. ასე რომ, საშუალო არითმეტიკული სიდიდე უახლოვდება მათემატიკურად მოსალოდნელ შედეგს და მიახლოების ალბათობა მაღალია.

მეტყვევ სპეციალისტების აზრით, ასეთ მტკიცებას აქვს სამეცნიერო საფუძველი. მაგ. ფედოსიმოვის მიხედვით ერთ-ერთი ასეთი საფუძველია პ. ჩებიშევის თეორია. ამორჩევით-სტატისტიკური მეთოდი ასევე ეფუძნება რიგ თეორიებს, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს შემთხვევითი სიდიდეები ამორჩევითი განაწილების პარამეტრები, შედარდეს ამორჩევითი შეფასებების მონაცემები თეორიულად მოსალოდნელ შედეგებს და ამით დადგინდეს თავად შეფასების საიმედოობის ხარისხი. [63] ტყის მასივების ამორჩევით-სტატისტიკური (გარკვეული სისტემით განსაზღვრული წრიული სანიმუშო ფართობების) მეთოდით შეფასებისას, სტატისტიკური მახასიათებლების განსაზღვრით მიიღწევა ტყის ფონდის შესახებ ყველა საჭირო მონაცემის მიღება.

ინვენტარიზაციის ამორჩევით-სტატისტიკური მეთოდი ასევე ემყარება ისეთ თეორემებს, რომლებიც აღწერენ ამორჩევითი შემთხვევითი სიდიდეების პარამეტრებს და იძლევიან საშუალებას შეფასდეს ამორჩევითი შედარების მონაცემები თეორიულად მოსალოდნელ სიდიდეებთან და განისაზღვროს ამ შეფასების საიმედოობის ხარისხი. შესაბამისად ტყის მასივების შეფასებისას ამორჩევით-სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით (ანუ წრიული სანიმუშო ფართობების გარკვეული სისტემით განსაზღვრისთვის) მიიღწევა

ტყის ფონდის ყველა საჭირო მახასიათებლის მიღება, მათი სტატისტიკური მახასიათებლების შეფასებით. სატყეო მეურნეობებში ტყის ამორჩევით სტატისტიკური ინვენტარიზაციის რეალურად განხორციელებისთვის საჭიროა მონაცემთა ბაზის მართვის, სამეცნიერო პროგნოზებზე დამყარებული მართვის სისტემების დაგეგმვის, პროექტირების და მეურნეობისთვის საჭირო მთლიანი სისტემის დანერგვა.

ტყის ფონდის შესახებ მონაცემების შესწავლილობა (გეგმიურ-კარტოგრაფიული და საინვენტარიზაციო მასალები) შეადგენენ სატყეო მეურნეობის ინფორმაციულ საფუძველს. ასეთი ინფორმაციის მთელი ქვეყნის მასშტაბით ქონა სავალდებულოა, რადგან როგორც საკუთრივ ტყე, ისე სხვა მცენარეული საფარი ყველგან ერთიან ანთროპოგენულ ზემოქმედებას განიცდის. ამასთან აღსანიშნავია, რომ ეს ინფორმაცია უნდა იყოს აქტუალური (საიმედო) და აღიარებული არა მარტო გარემოსდაცვითი სახელმწიფო ორგანიზაციების, არამედ გარემოსთან კავშირში მყოფი (ეკონომიკისა და სხვ.) უწყებების მიერ, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ყოველგვარი გაუგებრობა, გამოწვეული ამ სტრუქტურებში სამეურნეო-ეკონომიური სამუშაოების დაგეგმვა-განხორციელებით.

სტატისტიკური მეთოდით ტყის ინვენტარიზაციის სიზუსტის უზრუნველყოფის მხრივ დიდი მნიშვნელობა აქვს დისტანციური ზონდირების მასალების გამოყენების მეთოდებს, რომელთა საფუძველზეც ფოტოწყვილების დეშიფრაციის გზით განისაზღვრება მცენარეული საფარის ყველა სატაქსაციო მახასიათებელი.

ამორჩევითი მეთოდის შემთხვევაში ამორჩეული მცირე რაოდენობის დაკვირვებისას (სანიმუშო ფართობებზე ან ფოტონიმუშებზე) განსაზღვრავენ ნებისმიერი მაჩვენებლის (პირველ რიგში მოცულობის) საშუალო მნიშვნელობას, რომელიც შედგება N ერთეულებისგან. ამასთან დაკავშირებით ტყის ფონდის დანაწევრება ან სტრატეფიკაცია ხორციელდება მცენარეულობის ერთგვაროვნების მიხედვით.

ტყის ფონდის სტრატეგიცირება შეიძლება განხორციელდეს პირველ რიგში სამეურნეო მოთხოვნების -, ხოლო შემდეგ გამოყენებული დისტანციური ზონდირების მასალების სადემიფრაციო მახასიათებლების მიხედვით. სტრატეგიკაციისას ხშირად იყენებენ შემდეგ ნიშნებს: ძირითადი ჯიშების ჯგუფი (ინდექსი α), ასაკობრივი კატეგორია - (β), მცენარეულობის ზრდის პირობები ტიპების სერია - (γ), სისრულის ჯგუფები - (δ). სტრატები (ფენები) აღინიშნება ოთხი ინდექსით, რომლებიც ახასიათებენ მათ სატაქსაციო ერთგვაროვნებას. სტრატების გამოყოფა ხორციელდება მაჩვენებლების სამეურნეო მახასიათებლების ანალიზის და დისტანციური ზონდირების მასალების დემიფრაციის საიმედოობის საფუძველზე.

ფოტოსტატისტიკური მეთოდის გამოყენებას ხშირად წინ უძღვის ტერიტორიის ლანდშაფტური კლასიფიკაცია. ტყის ფონდის შესწავლისას ლანდშაფტური მიდგომის გამოყენება განპირობებულია იმ ფაქტორით, რომ ბუნებრივი პირობების ერთგვაროვნების შედეგად მწარმოებლურობის მიხედვით მცენარეულობის სტატისტიკური განაწილება ლანდშაფტის ფარგლებში ექვემდებარება ნორმალურ კანონს. ეს კი უპირატესობაა, რადგან შერჩევითი კვლევებისას ჩნდება ალბათობის თეორიის ეფექტურად გამოყენების საშუალება. ლანდშაფტური მიდგომის დადებითი მხარე შედარებით წვრილი ($\approx 20-30$ მ. გარჩევადობის) მასშტაბის დისტანციური ზონდირების მასალის გამოყენებაა, უარყოფითი - გენერალიზაციის მაღალი ხარისხის გამო შემცირებული მორფომეტრიული მახასიათებლების ამოცნობის შესაძლებლობა. ასეთი მეთოდები უფრო დიდი ტერიტორიების მომცველი დისტანციური ზონდირების მასალების დამუშავებისას გამოიყენება, რადგან ლანდშაფტური მახასიათებლები ასახავენ ტყის მცენარეული საფარის ტიპების განლაგების კანონზომიერებას. უფრო მოკლედ რომ შევაჯამოთ ზემოთქმული ლანდშაფტური მიდგომა საშუალებას იძლევა წვრილმასშტაბიანი დისტანციური ზონდირების მასალების მიხედვით გამოიყოს სატაქსაციო უბნების ერთგვაროვანი უბნები,

განხორციელდეს ტყის სტრატეგიკაცია. ხოლო შემდეგ მოხდეს შესარჩევი სანიმუშო ადგილების მოცულობის და მდებარეობის განსაზღვრა. [64]

ტყის ლანდშაფტური დაყოფისას ერთგვაროვან ნაწილებად, ითვალისწინებენ ბუნებრივ-ეკოლოგიურ პირობებს. ტყის დაფარული ნებისმიერი მონაკვეთი შედგება ცალკეული მცენარეებისა და მცენარეების ჯგუფებისაგან. ამ მცენარეების ინდივიდუალური სატაქსაციო მაჩვენებლები კი განსხვავებულია. ტყის ფონდის შესახებ დეტალური, აქტუალური ინფორმაციის შეგროვებისას მცენარეთა ჯგუფები (ერთობლიობა) აღწერის გარდა საჭიროა მისი ცალკეული ნაწილების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლების ცოდნა. (ეს არ ეხება მხოლოდ მცენარეულობას. ტყის ინვენტარიზაციისას შესასწავლია ტყით დაფარული ტერიტორიის ზუსტი ფართობი, რელიეფი და სხვ. მრავალი). თავად ტყის ბუნება გაცილებით რთული და მრავალფეროვანია თეორიულ სქემებთან (მოდელებთან) შედარებით. არ არსებობს და არც შეიძლება არსებობდეს ხე-მცენარეები, რომელთა ფორმა, სიმაღლე, მოცულობა და სხვა მაჩვენებლები აბსოლუტურად ერთნაირი იქნებოდა. შესაბამისად არ არსებობს ისეთი ტყის ფართობები, სადაც მცენარეული საფარი, თუნდაც ყველაზე ზუსტი სავსე კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემებს შეესაბამებოდა, ისეთნაირადვე იქნებოდა განაწილებილები და ა.შ. ამიტომ რეალურად ტყის ინვენტარიზაციის დროს ერთგვაროვან ტყის ფართობად ჩათვლილი ტერიტორიები, აბსტრაქტული ერთგვაროვნებაა, ტყის აგებულება ერთგვარი სქემაა, რომელიც აიოლებს (ან სულაც შესაძლებელს ხდის) მცენარეულობის აღწერას. თუ ტყის ინვენტარიზაციის დროს სავალდებულო პირობად დავაყენებთ აღსაწერი ნაკვეთების მაქსიმალურ ერთგვაროვნებას, მაშინ საინვენტარიზაციო ტყის ფართობის დანაწილება შეიძლება მეათედ ჰექტრამდე გახდეს საჭირო. [54] ბუნებრივია ასეთი დეტალური ინვენტარიზაციის არათუ საქართველოს მწირი ფინანსური რესურსების პირობებში, არამედ ეკონომიკურად მძლავრი ქვეყნების შესაძლებლობსაც კი აღემატება. ამიტომ ტყის დაყოფა აბსოლუტურად ერთგვაროვან ნაწილებად

არსად არ ხდება. სწორედ ამიტომ ტყის ერთგვაროვანი ფართობების საზღვრებს განზოგადებულად, საშუალო სატაქსაციო მახასიათებლების მიხედვით განსაზღვრავენ. თუმცა მაქსიმალურად უნდა მოხდეს თითოეული ასეთი მონაკვეთის ინდივიდუალური თავისებურების ასახვა.

ასეთი რთული ამოცანის გადასაჭრელად გამოიყენება ტყის ამორჩევითი სტატისტიკური მეთოდით ინვენტარიზაციის მეთოდი. ამ მეთოდის თვალთახედვით, ტყე განიხილება ამორჩევითი მეთოდებით ინვენტარიზაციისთვის მოსახერხებელ სტატისტიკურ ერთობად. სტატისტიკური მეთოდით შესაძლებელია განისაზღვროს სავარაუდო შეცდომა, რომელიც დამახასიათებელი იქნება ტყის ინვენტარიზაციის სამუშაოების განხორციელების შედეგად მიღებული მონაცემებისთვის. ტყის ინვენტარიზაციისას, ხეების დეტალური აღწერა ხდება მხოლოდ წინასწარ განსაზღვრული რაოდენობის სანიმუშო ფართობებზე. სანიმუშო ფართობების საერთო საკვლევი ტერიტორიის მცირე ნაწილს წარმოადგენს.

ტყების ინვენტარიზაციის მათემატიკურ-სტატისტიკური მეთოდები, საშუალებას იძლევა აღმოჩენილი იქნას ნაზარდის სტარუქტურა მისი შესაბამისი ზრდის ცხრილის შედგენით, ბონიტეტების და სხვა მახასიათებლების მიხედვით. მათემატიკურ-სტატისტიკური მეთოდის საშუალებით შეგროვებული მონაცემები ვარგისია როგორც სამოდელო კორომების ზრდის პროცესის შეფასებისთვის, ისე შეიძლება გამოყენებული იქნას ნორმალური და ოპტიმალური კორომების განსაზღვრისთვის. ამორჩევითი ინვენტარიზაციის მონაცემების სიზუსტე, როგორც წესი მაღალია. [65]

ამორჩევის განხორციელების რამდენიმე კლასიკური მეთოდი არსებობს:

- შემთხვევითი ამორჩევა;
- სტრატის მიხედვით ამორჩევა;
- სისტემური ამორჩევა;
- კომბინირებული ამორჩევა.

შემთხვევითი შერჩევისას საინვენტარიზაციო ტყის მასივი იყოფა კვარტლებად და თითოეულ მათგანს ენიჭება ცალკეული ნომერი, რომელიც ამოიწერება ცალკე ფურცლის ნაწილზე. ფურცლების ნაწილები უნდა იყოს იმდენი, რამდენ კვარტლადაც დაიყო საინვენტარიზაციო ტყის ფართობი. ნომრებიან ფურცლის ნაწილებს საგულდაგულოდ ურევენ ერთმანეთში და შემდეგ ირჩევენ წინასწარგანასზღვრულ რაოდენობას. ამორჩეული ნომრების მიხედვით ტყის შესაბამის კვარტლებში ტარდება სანიმუშო ფართობების დეტალური ინვენტარიზაცია. ასეთი ამორჩევის ხერხი მკაცრად ობიექტურია, რადგან ტყის კვარტლებს აქვთ შერჩევაში მოხვედრის ერთნაირი შანსი. არსებობს შემთხვევითი რიცხვების სპეციალური რიცხვები, რომელთა მიხედვითაც უფრო მოსახერხებელია ამორჩევის განხორციელება. შემთხვევიში ამორჩევის უპირატესობა „განჭვრეტადი“ შეცდომაა.

ტყის ინვენტარიზაციისას უბრალო ამორჩევის განხორციელების დროს წარმოიქმნება გარკვეული სირთულეები, დაკავშირებული ტყის ობიექტების არაერთგვაროვნებასთან. (რეალურად საჭიროა, რომ ობიექტური შეფასება მიღებულ იქნას მთელი ფართობისთვის) ამიტომ შემთხვევითი ამორჩევის მეთოდის ხშირად სხვა მეთოდებთან ერთად გამოიყენება.

ამორჩევა სტრატის მიხედვით. სტრატს უწოდებენ ტყის ერთგვაროვანი უბნების ერთობლიობას. ამ ერთობლიობის (ანუ სტრატის) ფარგლებში სატაქსაციო მახასიათებლებს აქვთ მცირე განსხვავება. სტრატის ეს თვისება გამოიყენება სანიმუშო ფართობების განთავსებისთვის. კორომების განწილების ან ფენებად დაშლის ერთგვაროვან კატეგორიებად - სტრატებად ტყის სტრატეფიკაციას უწოდებენ.

კორომების სტრატებად დაყოფას და წერტილების ერთგვაროვან ჯგუფებად კლასიფიკაციას დისტანციური ზონდირების მასალებით ახორციელებენ. სტრატების ფარგლებში აწარმოებენ ნიმუშების შემთვევით შერჩევას, რაიმე პროცენტრის მიხედვით.

ტყის სტარტებად დაყოფისას მოსალოდნელი შეცდომის გამოთვლა უფრო გართულებულია, ვიდრე შემთხვევითი შერჩევის დროს. აქ საჭირო ხდება დისპერსიული ანალიზის გამოყენება, რომლის საშუალებითაც აცალკევებენ სტრატებს შორის საერთო ცვალებადობას და ცვალებადობას თავად სტრატის შიგნით. სტრატებს შორის ცვალებადობის მიხედვით ითვლიან ტყის ტაქსაციის შეცდომის სიდიდეს.

სტრატის მეთოდის სირთულე მდგომარეობს მთელი ტყის ფართობის სტრატებად ობიექტურად დაყოფის სირთულეში. განსაკუთრებით აქტუალური დისტანციური ზონდირების მასალების არარსებობის შემთხვევაში. აეროკოსმოსური სურათების არსებობის შემთხვევაში სტარტიფიკაციის განხორციელება უფრო იოლადაა შესაძლებელი. მაგრამ თავად პროცესი მთლიანობაში მაინც რთულად განსახორციელებელია.

სისტემური ამორჩევა ხორციელდება სანიმუშო ფართობების ავტომატური განსაზღვრით ტოლი მანძილების პარალელური ხაზების გასწვრივ. სისტემური ამორჩევა საკმაოდ იოლი განსახორციელებელია. ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელია სანიმუშო ფართობების სიხშირის რეგულაცია.

სისტემური ამორჩევის არსი თანაბარი ინვერვალების ამორჩევის მოწესრიგებული სისტემაა, რომელიც აყალიბებს ამოსარჩევ ერთობლიობას და შემთხვევით ამორჩევასთან გააჩნია შემდეგი უპირატესობა: უფრო იოლია განხორციელებაში და შესასწავლი ტერიტორიის საშუალო პარამეტრების განსაზღვრაში უფრო ზუსტია. პერიოდული მერყეობის არარსებობის პირობებში, მცენარეული ერთიანობის ცვლადი პარამეტრებისთვის და სისტემური ამორჩევისთვის იყენებენ შეცდომების შეფასების იმავე თეორიას, რაც შემთხვევითი შერჩევის დროს .

კომბინირებული ამორჩევა. წარმოადგენს ყველა ზემოთჩამოთვლილი ამორჩევის მეთოდების კომბინაციას. ხშირად ჯერ არაერთგვაროვანი ტყის ფონდის სტარტიფიკაცია ხდება, შემდეგ კი ხორციელდება ან შემთხვევითი

ან სისტემატიკური ამორჩევა. ასეთი შეხამება ამორჩევის სხვა მეთოდებთან იწოდება სტრატეგიცირებულ ამორჩევად.

ზოგიერთ შემთხვევაში ამორჩევას ახორციელებენ რამდენიმე ხერხით, გადასაჭრელი ამოცანის მიხედვით. მაგ. ირჩევენ უფრო დიდ ერთეულებს, რომლის ფარგლებში ხორციელდება სხვა ტიპის ამორჩევა, როგორც წესი ასეთი ორსაფეხურიანი ამორჩევა ზრდის შეცდომების სიდედეს, (მაგ. შემთხვევითი შერჩევის ხერხთან შედარებით), მაგრამ უფრო მიზანშეწონილია იმ მხრივ, რომ იოლია მისი განხორციელება. იგი ასევე სჯობს სერიული ამორჩევას თუ შეფასებისთვის გამოიყენება მხოლოდ გენერალური ერთობის მაჩვენებლები.

თუ ამორჩევითი ერთეულების სიდიდე ამორჩევის სხვადასხვა ეტაპებზე შენარჩუნებულია, მაშინ მრავალსაფეხურიანი ამორჩევა გადადის მრავალფაზურ ამორჩევაში. ორი ფაზის შემთხვევაში მას ორმაგს უწოდებენ. ორმაგი ამორჩევა რეგრესულ შეფასებასთან შეხამებით ხშირად გამოიყენება უწყვეტი და დეშიფრაციული ინვენტარიზაციისას. [63] [54]

პრაქტიკაში გამოიყენება უფრო რთული ამორჩევის ორგანიზაციის ფორმები. მაგ. სტრატეგიკაციული ამორჩევა შეიძლება კომბინირებულ იქნეს სერიულ ან ორმაგ ამორჩევასთან სტრატის ფარგლებში. ორმაგი და მცირე ამოსარჩევი ერთეულების მიხედვით ამორჩევა ორსაფეხურიანი ამორჩევის მეორე ეტაპზე შეიძლება სერიებად განხორციელდეს. ამორჩევის თითოეული გამოყენებული მეთოდი (კომბინირებული თუ მარტივი) განპირობებულია ობიექტის მდგომარეობის შესწავლილობით, ინვენტარიზაციის მიზნებით და მისი შედეგების მიმართ მოთხოვნილებით. ასევე შესაძლოა საორგანიზაციო საკითხებითაც კი. ამიტომ ტყეთმოწყობის განხორციელების პირობების განხილვისას უნდა მოხდეს ამორჩევის ტექნოლოგიის მისაღები ფორმის განსაზღვრა, საკვლევი ტერიტორიის ინდივიდუალური მახასიათებლების მიხედვით. (ძირითადი მიზანი რაც შეიძლება ნაკლები

ადამიანი და ფინანსური რესურსი დანახარჯი, დაგეგმილი, მოსალოდნელი სიზუსტის მოსალოდნელი მონაცემების მიღებისთვის. [66]

ევროპისა და ამერიკის რიგ ქვეყნებში ტყის ინვენტარიზაციის ამორჩევით-სტატისტიკური მეთოდი ძირითადი ხერხია. ამ ქვეყნების ეკონომიკური და ბუნებრივი მდგომარეობიდან გამომდინარე შემუშავებულია განსხვავებული ტექნოლოგიური ხერხები და საშუალებები. რომლებიც ეფუძნებიან სტატისტიკურ და სტრატეგიულ ამორჩევას. თუმცა თითქმის ყველა მათგანისთვის საერთოა ამორჩევის პირველადი ერთეულების განლაგება გარვკეული ჯგუფების მიხედვით. (ეკონომიკური მოსაზრებების გამო უგულვებელყოფილია ფართობების თანაბარი განაწილება).

ამ მეთოდის თეორიული საფუძვლები საკმაოდ დეტალურადაა დამუშავებული. გამოკვლეულია სტრატეგიცირებული ამორჩევის და ინვენტარიზაციის უწყვეტად ჩატარების შესაძლებლობა. სანიმუშო ფართობების ხშირად შეცვლისას. მუდმივი და ხელახლა გასაზღვრული სანიმუშო ფართობები გამოიყენება მცენარეულობის ერთგვაროვნებისთვის, რომლებიც გამოყოფილია დისტანციური ზონდირების მასალების მიხედვით. ამასთან: მცენარეულობის საბოლოო ერთიანობა ერთიანდება ან ტყის ტიპში ან ბონიტეტის კლასში.

ტყის ინვენტარიზაციის მეთოდები, რომლებიც ემყარებიან სხვადასხვა ამორჩევას, ყოველმხრივ შეისწავლება. სტრატეგის მიხედვით ტყის ინვენტარიზაცია იძლევა უკეთეს შედეგებს, ვიდრე შემთხვევითი შერჩევა, ხოლო სისტემატიკური შერჩევა იძლევა უკეთეს, შედეგს ვიდრე სტრატეგის მიხედვით ინვენტარიზაცია. სტატისტიკური მეთოდი იძლევა ცუდ შედეგებს თუ სანიმუშო ფართობები ცოტაა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტყის აღრიცხვა ამორჩევით-სტატისტიკური მეთოდით ევროპისა და ამერიკის წამყვან ქვეყნებში სახელმწიფო ტყის ფონდის შეფასების ძირითადი მეთოდი. მისი შედეგები გამოიყენება

ტყეთსარგებლობის გრძელვადიანი გეგმების შემუშავებისთვის და სატყეო პოლიტიკის სხვა ამოცანების გადასაჭრელად. [54] [77]

2.3. ველზე მონაცემების შეგროვების ტექნოლოგიის და პროგრამულ აპარატული უზრუნველყოფის განსაზღვრა

ჩეხეთში სამთავრობო სატყეო ეკოსისტემების კვლევის ინსტიტუტმა შეიმუშავა მეთოდი, რომელმაც ფართო გავრცელება ჰპოვა არამართო რეგიონში, არამედ სხვა კონტინენტებზეც. იგი ეფუძნება სტატისტიკური ამორჩევის მეთოდს. საინვენტარიზაციო წერტილების რაოდენობა უზრუნველყოფს ტყის რესურსების მოცულობის $\approx 5\%$ ის სიზუსტით შეფასებისთვის. წერტილების საერთო რაოდენობა განისაზღვრება „ფილდ მაპ“ (Field Map) ტექნოლოგიის გამოყენებით, უკვე არსებული ინფორმაციის საფუძველზე.

„ფაილდ მეპ“ (Faild Map) - ეს არის სატყეო სექტორისთვის განკუთვნილი საველე მონაცემების შეგროვების კომპიუტერული სისტემა. თავდაპირველად იგი ჩაფიქრებული იყო როგორც „სუფთა“ სატყეო-საინვენტარიზაციო ინფორმაციული პროდუქტი, მაგრამ შემდეგ, რიგი მოდერნიზაციის/მეთოდოლოგიის დახვეწის შედეგად იგი გამოიყენება ისეთი ამოცანების გადასაჭრელად, როგორცაა სატყეო-სამეურნეო კარტოგრაფირება, მცენარეთა კატეგორიებად დაყოფა, სატყეო-სამეურნეო დაგეგმარება, ნახშირორჟანგის ბალანსის მონიტორინგი და სხვ. ამ ტექნოლოგიის ფუნდამენტია რეალურ დროში მომუშავე გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა, რომელიც იყენებს კარტოგრაფირების და დენტრომეტრიული გაზომვების ელექტრონულ მოწყობილობებს.

ტყის ინვენტარიზაცია, მონიტორინგი თუ სხვა სამუშაოები მკაცრად განსაზღვრული მეთოდოლოგიის მიხედვით ხორციელდება. ვინაიდან ეს მეთოდოლოგია სხვადასხვა ქვეყანაში განსხვავებულია, „ფაილდ მეპი“ (Faild Map) მომხმარებელს აძლევს საშუალებას თავად ჩამოაყალიბოს იმ

სტრუქტურის მონაცემთა ბაზა, რომელიც მას სჭირდება განსახორციელებელი სამუშაოსთვის ეროვნული სტანდარტისა თუ სხვა მოთხოვნებიდან გამომდინარე. მონაცემთა ბაზის ტიპი - იერარქიული რელაციური მონაცემთა ბაზაა. (ხისმაგვარი სტრუქტურით ორგანიზებული მონაცემები, რომელიც უზრუნველყოფს „ერთი რამდენიმესთან“, „ერთი ერთთან“ და „რამდენიმე ერთთან“ ტიპის ურთიერთობის დამყარებას). მონაცემთა ბაზის ატრიბუტები შეიძლება ნებისმიერი ტიპის იყოს (რიცხვითი, ანბანურ-რიცხვითი, კომენტარი, ლოგიკური, თარიღი, ფოტო, ვიდეო ან აუდიო) ატრიბუტული მონაცემების სავსე პირობებში შეყვანისას შესაძლო შეცდომების შემცირებისთვის, გამოიყენება სპეციალური ცნობარები. ტექნოლოგიას გააჩნია ატრიბუტული მონაცემებთან მუშაობის დამატებითი შესაძლებლობები. ასევე მნიშვნელოვანი უპირატესობაა მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის ნებისმიერ დროს შეცვლის შესაძლებლობა არსებული მონაცემების დაკარგვის გარეშე. მონაცემების შენახვისთვის გამოიყენება სტანდარტული ფორმატები: კარტოგრაფიული გამოსახულებისთვის „შეიპ ფაილი“ (Shape File), ხოლო ატრიბუტული მონაცემებისთვის „ექსესი“ (MS Access), „ემესქიუელი“ (MsSQL) ან „პარადოქსი“ (Paradox). მონაცემთა ბაზებში შესაძლებელია მრავალი სანიმუშო ფართობების განთავსება, მათ შორის ფენების დიდი რაოდენობით. ასევე იოლად ხდება სავსე საზომი ხელსაწყოებიდან მონაცემების გადატანა გის მონაცემთა ბაზაში. [67] [68]

„ფაილდ მაპ“ (Faild Map) გის პროგრამული უზრუნველყოფა 4 კომპონენტისგან შედგება:

1. Field Map Project Manager (FMPM) გამოიყენება მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის (ანუ გის პროექტის) შექმნისთვის მომხმარებლის საჭიროებისამებრ. მომხმარებელს ასევე შეუძლია განსაზღვროს სანიმუშო ფართობების ფორმა და სხვა პარამეტრები. FMPM-ს გააჩნია მარტივი და ინტუიციური ინტერფეისი. რელაციური მონაცემთა

ბაზის საკუთარი სტრუქტურის შექმნისთვის არ არის საჭირო პროგრამირების ენების გამოყენება.

2. Field Map Data Collector (FMDC) - საველე სამუშაოებისთვის განკუთვნილი ეს კომპონენტი ეფუძნება FMPPM-ს საშუალებით შექმნილ მონაცემთა ბაზებს. FMDC მუშაობს უშუალოდ საველე საზომ ხელსაწყოებთან. მისი მუშაობის პრინციპი ასევე მარტივია: ტაქსატორი პოულობს საჭირო წერტილს სანავიგაციო ბლოკის გამოყენებით და ახდენს სანიმუშო ფართობის კარტოგრაფირებას/სხვა პარამეტრების აღწერას. ცხადია FMDC-ით ხდება როგორც გრაფიკული (ვექტორული), ისე - ატრიბუტული მონაცემების შეტანა.
3. Field Map Stem analyst (FMSA)-ს ორი ძირითადი დანიშნულება აქვს: ერთი ესაა მცენარის ღეროს ფორმის გლობალური მოდელის პარამეტრების მიღება და მეორე - სანიმუშო ფართობებზე სორტიმენტის განსაზღვა.
4. Field Map Inventory Analyst (FMIA) გამოიყენება ტყეების სტატისტიკური ინვენტარიზაციის გამოთვლების გასახორციელებლად. ამ პროგრამირებადი კომპონენტის საშუალებით ხდება ველზე შეგროვილი მონაცემების დამუშავება. ასევე - წინასწარგასაზღვრული სქემის მიხედვით ანგარიშების ავტომატური ფორმირება. მომხმარებელს აქვს საშუალება მიღებულ შედეგებს მიამატოს სასურველი ინფორმაცია. [69]

“ფაილდ მეპის“ (Field Map) გამოყენებისას მომხმარებელს შეუძლია როგორც ტრადიციული საველე ხელსაწყოებით (მექანიკური საზომი ჩანგალი, ოპტიკური ხელსაწყოები და სხვ.), ისე თანამედროვე ციფრული ოპტიკურ-ელექტრონული ხელსაწყოების გამოყენება. პირველ შემთხვევაში მიღებული ინფორმაციის საველე კომპიუტერის მონაცემთა ბაზაში შეყვანა ხდება სტანდარტული მანიპულატორების გამოყენებით. თუმცა ცხადია, რომ თანამედროვე ელექტრონული აპარატურის გამოყენება ბევრად ეფექტურია და უფრო ზუსტ შედეგებს იძლევა.



ნახ. 7. ტექნოლოგიაში გამოყენებული საველე საზომი ხელსაწყოების ერთ-ერთი კომპლექსი “ფაილდ მეპს“ (Faild Map) შეუძლია სხვადასხვა მოდელის ფართო სპექტრის ელექტრონულ ხელსაწყოებთან მუშაობა. სატყეო-საინვენტარიზაციო და კარტოგრაფირების განხორციელებისთვის ძირითადი მოწყობილობებიდან აღსანიშნავია ლაზერული მანძილმზომი, ელექტრონული კუთხმზომის და ელექტრონული კომპასის კომბინაცია. ტექნოლოგია აქტიურად იყენებს გლობალური პოზიციონირების სისტემასაც. (როგორც ნავიგაციისთვის, ისე კარტოგრაფირებისთვის). ამასთან მნიშვნელოვანია, რომ გპს-ს გამოყენება ურთიერთდაკავშირებულია ელექტრონულ კომპასთან. ტყის ზოგიერთ უბანზე მცენარეული საფარის სიხშირის, რელიეფის თავისებურების და სხვა მიზეზების გამო შესაძლოა გპს-ს მონაცემებს გარკვეული ხარვეზები გაუჩნდეს. ამიტომ მისი მუშაობის შეფერხება პროგრამული უზრუნველყოფისთვის ელექტრონული კომპასის გამოყენებით კომპენსირდება.

რაც შეეხება დენდრომეტრიულ მონაცემებს, „ფაილდ მეპი“ (Faild Map) იმ იშვიათი პროგრამული უზრუნველყოფას მიეკუთვნება, რომელსაც შეუძლია

ოპტიკური სამიზნის გამოიყენება ხის დიამეტრის დისტანციურად გაზომვისთვის: ლაზერულ მანძილმზომთან შეთავსებით ოპტიკურად დამზერით შესაძლებელია ხის დიამეტრის გაზომვა ნებისმიერ სიმაღლეზე.

„ფაილდ მეპ“ (Faild Map) განკუთვნილია სპეციალური (უკლავიატურო) საველე კომპიუტერებისთვის, რომელიც მანიპულატორის (სპეციალური კალამი) საშუალებით იმართება. მონაცემების გაცვლისთვის ან საველე საზომი ხელსაწყოებთან კონტაქტისთვის გამოიყენება მინიმუმ ერთი თანამიმდევრობითი პორტი (RS 232, USB ან Bluetooth). პროგრამულ უზრუნველყოფას აქვს ინტუიციურად გასაგები ინტერფეისი, რომელიც თავსებადია მონოქრომულ ეკრანთანაც, როგორც უკვე აღნიშნეთ. „ფაილდ მეპის“ (Faild Map) სტანდარტულ მონაცემთა ფორმატებს იყენებს. ეს თვისება განსაკუთრებით მოსახერხებელია უკვე არსებული მონაცემების გამოყენებისთვის. გათვალისწინებულია აგრეთვე მონაცემების ტრანსფორმაციის შესაძლებლობა.

საკვლევი ტერიტორიის კარტოგრაფირება ხდება როგორც კოორდინატების დეკარტულ სისტემაში, ისე მომხმარებლის მიერ შერჩეულ პროექციაში. პირველ ვარიანტს ხშირად იყენებენ სანიმუშო ფართობების კარტოგრაფირებისთვის (კოორდინატების ცენტრი ამ შემთხვევაში ემთხვევა სანიმუშო ფართობის ცენტრს, ხოლო სხვა ობიექტების მდებარეობის განსაზღვრა მასთან მიმართებაში ხდება). მეორე ვარიანტისთვის, გარდა პროგრამულ უზრუნველყოფაში განთავსებული უმეტესი პროექციების აღწერილობისა, „ფაილს მეპს“ (Faild Map) გააჩნია პროექციის პარამეტრების კორექტირება მომხმარებლის საჭიროებისამებრ. კარტოგრაფირება ხდება ნებისმიერი ხელსაწყოს გამოყენებით. შედეგების ნახვა შესაძლებელია მყისიერად (ე.წ. „ონლაინ“რეჟიმში) ადგილზე, საველე კომპიუტერის ეკრანზე, რაც კიდევ ერთი პლუსია შესაძლო შეცდომების აღმოჩენისა და გასწორების მხრივ.

2.4. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების ინდექსების განსაზღვრა

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების რიცხვობრივი შეფასებისთვის მეცნიერებმა ბიომრავალფეროვნების ინდექსები შეიმუშავეს. ამ დროისთვის ცნობილია 40-ზე მეტი ინდექსი, ყოველი მათგანი განსხვავდება ნიუანსებით, მაგრამ თითოეული მათგანი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

- თანასაზოგადოების ბიომრავალფეროვნება მით უფრო მაღალია, რაც უფრო მეტი სახეობაა მასში;
- თანასაზოგადოების ბიომრავალფეროვნება მით უფრო მაღალია, რაც უფრო მეტია მისი თანაბრობა (evenness).

ინდექსების მთავარი განმასხვავებელი ნიშნები სწორედ სახეობრივი და თანაბარი მრავალფეროვნების მიმართ მიდგომაში ვლინდება.

სივრცესა და დროში შეზღუდული ისეთი თანასაზოგადოებების მრავალფეროვნებების შეფასებისას, რომლისთვისაც ზუსტადაა ცნობილი შემადგენელი სახეობები და მათი რაოდენობა, არის სახეობრივი მრავალფეროვნება. მაგრამ საქართველოს რეალური მდგომარეობით, არ არსებობს საკმარისი რაოდენობის სავსე კვლევები, რომლის მიხედვითაც გაკეთებოდა შესაბამისი ზუსტი პროგნოზი. ასეთ შემთხვევაში იყენებენ ე.წ. „სახეობრივი მრავალფეროვნების ნუმერაციულ“ მაჩვენებელს. ანუ სახეობათა რაოდენობის (წინასწარდათქმული ინდივიდების რაოდენობით ან რაოდენობა განსაზღვრულ ბიომასაზე) და სახეობრივი სიმჭიდროვის ურთიერთშეფარდებას.

სახეობრივი სიმჭიდროვე (მაგ. 1 მ²) სახეობრივი მრავალფეროვნების ყველაზე გავრცელებული მაჩვენებელია. განსაკუთრებით ბოტანიკოსებში. „სახეობრივი მრავალფეროვნების ნუმერაციული“ მაჩვენებელი გამოიყენება უფრო ნაკლებად. თუმცა უფრო პოპულარულია მათი გამოყენება წყლის ობიექტების კვლევისას. მაგ. თევზების თანასაზოგადოებაზე ეკოლოგიური

ზემოქმედების შესწავლისას შეიძლება გამოყენებულ იქნას სახეობათა რაოდენობა 1000 თევზზე.

ყოველთვის არ არის შესაძლებელი შერჩევის თანაბრობის მიღწევა. მაგრამ საჭიროა მუდამ გვახსოვდეს, რომ შერჩევის მოცულობის გაზრდის დროს ყოველთვის იზრდება სახეობათა რაოდენობა.

S-ის (გამოვლენილი სახეობების რიცხვი) და N-ის (ყველა S სახეობის ინდივიდების საერთო რიცხვი) სხვადასხვა შეთანხმება არის სახეობრივი მრავალფეროვნების მარტივი მაჩვენებლების საფუძველი. მაგ. მარგალევის სახეობრივი მრავალფეროვნების ინდექსის (Margalef's diversity index) მიხედვით სახეობრივი მრავალფეროვნება დაითვლება შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N} \quad (1)$$

იგივე მრავალფეროვნების ინდექსი მენჰინიკის ფორმულით (Menhinick's diversity index):

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

მაგალითისთვის, თუ საკვლევ ტერიტორიაზე გამოვლენილია ჭურჭლოვან მცენარეთა 25 სახეობა (S), ხოლო ინდივიდების რაოდენობა არის 265, მაშინ ბიომრავალფეროვნების ინდექსი მარგალევის მიხედვით იქნება $D_{Mg}=4,3$: ხოლო მენჰინიკის მიხედვით - $D_{Mn}=1,5$.)

ბიომრავალფეროვნების შეფასების უფრო რთული ინდექსებიც არსებობს. მაგალითისთვის შეგვიძლია მოვიყვანოთ კემპტონის და ტეილორის (Kempton and Taylor) მიერ შემოთავაზებული Q ინდექსი (1976 წ.) რომელიც ითვალისწინებს სახეობრივი რაოდენობის განაწილებას. აღნიშნული ინდექსის პლუსია ის, იგი წარმოადგენს სახეობრივი სიჭარბის მრუდის

კვარტილსშორისი⁷ დახრის საზომს და თანასაზოგადოების უპირატესობას არ ანიჭებს არც ყველაზე მრავალრიცხოვან, არც ყველაზე მცირერიცხოვან თანასაზოგადოებას.

Q ინდექსი გამოითვლება ემპირიული მასალების საფუძველზე შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$Q = \frac{\frac{1}{2}n_{R1} \sum_{R1+1}^{R2-1} n_r + \frac{1}{2}n_{R2}}{\log R_2/R_1} \quad (3)$$

სადაც n_r არის სახეობათა საერთო რაოდენობა R სიჭარბით, Σ -სახეობათა საერთო შერჩეული რაოდენობა, R_1 და R_2 ქვედა და ზედა კვარტილები, n_{R1} ინდივიდების რაოდენობა კლასში რომელიც შეესაბამება R_1 -ს, ხოლო n_{R2} ინდივიდების რაოდენობა კლასში რომელიც შეესაბამება R_2 -ს.

გარდა ზემოთაღნიშნული ინდექსებისა, ბიომრავალფეროვნების შეფასებისას ასევე გამოიყენება ინდექსების ჯგუფი, რომლებიც ითვალისწინებენ როგორც თანაბარობას, ისე სახეობრივ მრავალფეროვნებას. ინდექსები, დაფუძნებული სახეობათა შეფარდებით სიჭარბეზე, მიეკუთვნებიან არაპარამეტრულ ინდექსებს. რადგან ისინი არ საჭიროებენ არავითარ წინასწარ დათქმას განაწილების შესახებ. მათი გამოყენება აუმჯობესებს ბიომრავალფეროვნების შეფასებას სახეობრივი მრავალფეროვნების ინდექსებთან შედარებით, რომლებიც ეფუძნებიან მხოლოდ ერთ პარამეტრს. განსახვავებენ არაპარამეტრული ინდექსების ორ კატეგორიას:

1. ინდექსები, რომელიც მიიღება ინფორმაციის თეორიის საფუძველზე (ინფორმაციულ-სტატისტიკური)

⁷ კვარტილი (მათემატიკურ სტატისტიკაში): მნიშვნელობა, რომელიც მოცემულ შემთხვევით სიდიდეებში არ აჭარბებს ფიქსირებულ ალბათობას.

2. დომინირების ინდექსები.

მაკარტური (MacArthur) და მარგალეფი პირველი მეცნიერები იყვნენ რომელთაც ბიომრავალფეროვნების შეფასებისთვის ინფორმაციის თეორია გამოიყენეს. ინფორმაციის თეორია ეფუძნება მოვლენათა თანამიმდევრობის დადგომის ალბათობას. შედეგი გამოსახება გაურკვევლობის ერთეულებში ან ინფორმაციაში. შენონმა 1949 წელს გამოიყვანა ფუნქცია, რომელიც მოგვიანებით შენონის ბიომრავალფეროვნების ინდექსი (The Shannon diversity index) უწოდეს. შენონის ინდექსის გამოთვლები გულისხმობს, რომ ინდივიდები ხვდებიან შერჩევაში შემთხვევით „განუსაზღვრელად დიდი“ გენეტიკური ერთობიდან, ამასთან ერთად შერჩევა წარმოადგენს გენერალური ერთობის ყველა სახეს. განუსაზღვრელობა მაქსიმალურია, როცა ყველა შემთხვევას (N) აქვს ერთნაირი დადგომის ალბათობა. ($p_i = n_i/N$) იგი მცირდება იმის მიხედვით, რაც ზოგიერთი მოვლენის სიხშირე იზრდება სხვასთან შედარებით, მინიმალური ნიშნულის (ნული) მიღწევამდე კი, როცა რჩება ერთი შემთხვევა და არის მისი დადგომის დარწმუნებულობა.

შენონის ინდექსი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i \quad (4)$$

სადაც p_i სიდიდე არის i სახეობის ინდივიდების წილი. შერჩევასას p_i -ს ჭეშმარიტი სიდიდე უცნობია, მაგრამ ხდება მისი შეფასება როგორც n_i/N .

ბიომრავალფეროვნების შეფასებისას შენონის ინდექსით ხდება გარკვეული შეცდომები, რაც დაკავშირებულია იმ ფაქტთან, რომ შეუძლებელია შერჩევაში რეალური თანასაზოგადოების ყველა სახეობის გათვალისწინება.

კიდევ ერთი ინდექსი, რომელსაც იყენებენ ბიომრავალფეროვნების შეფასებისთვის იწოდება ბრიულენის ინდექსად. ამ ინდექსს მაშინ იყენებენ, როდესაც არც თუ ისე დეტალური კვლევის შედეგებია შეფასების საწყის

მონაცემებად. ბრილუენის ინდექსი (The Brillouin index) გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$HB = \frac{\ln N! - \sum \ln n_i!}{N} \quad (5)$$

ეს ინდექსი, როგორც წესი იძლევა შენიონის ინდექსით გამოთვლილი შედეგების მსგავს შედეგებს და იშვიათად აჭარბებს 4,5. მაგრამ საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ ერთნაირი მოცულობის ინფორმაციის დამუშავებისას შედეგები მიიღება შენიონის ინდექსზე ნაკლები. ეს აიხსნება იმით, რომ მას არ არის განუსაზღვრელობები, რომელიც დამახასიათებელია შენიონისთვის.

თანაბრობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$E = \frac{HB}{HB_{max}} \quad (6)$$

$$HB_{max} = \frac{1}{N} \ln \frac{N!}{\left\{ \left[\frac{N}{S} \right] \right\}^{S-r} \left\{ \left(\left[\frac{N}{S} \right] + 1 \right) ! \right\}^r} \quad (7)$$

სადაც $[N/S]$ ეს N/S ურთიერთობის მთლიანი ნაწილი, ხოლო $r = N - S [N/S]$

ამ ინდექსს იშვიათად იყენებენ, რადგან მისი საშუალებით რთულია გამოთვლების გაკეთება, და თუ საწყისი ინფორმაცია მცირერიცხოვანია - იწვევს შეცდომით შედეგებს. ამ ინდექსის გამოყენება რეკომენდირებულია, როდესაც ხდება კოლექციის შეფასება ან ცნობილია მთელი თანასაზოგადოების სრული შემადგენლობა. (25)

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასებაზე გავლენას ახდენს ტერიტორიის სიდიდეც, ამიტომ ბერუჩაშვილის მიხედვით (ბერუჩაშვილი 2000) მცირე და დიდი ტერიტორიების შედარებას ხშირად აზრი არა აქვს.

იმისთვის რომ სხვადასხვა ქვეყნის ტერიტორიის ბიოლოგიური მრავალფეროვნება შეადარონ ერთმანეთს სპეციალური ფორმულა გამოიყენება:

$$S = c * A^z \quad (8)$$

სადაც S არის ქვეყნის მიყვანილი ფართობია, A - ქვეყნის რეალური ფართობი, c და z კი სპეციალური კოეფიციენტები. მსოფლიო ბანკის მეთოდის მიხედვით c ტოლია 1/10 000, ხოლო z - 0,33-ის. ქვეყნის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების დასადგენად ასევე იყენებენ სპეციალურ ინდექსს, რომელსაც აქტუალურ ბიომრავალფეროვნების ინდექსს უწოდებენ. მისი საშუალებით ხდება ცალკეული ქვეყნების ბიომრავალფეროვნების ერთმანეთთან შედარება. [15]

ტყის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასებისთვის მნიშვნელოვანი კომპონენტებია რელიეფის პერფორირების და დანაწევრების ხარისხი. ასეთი ინფორმაციის მიღება შეიძლება კარტოგრაფიული მასალის დამუშავებით როგორც ანალოგური (ქაღალდის) რუკებით, ისე მისი ელექტრონული ვერსიებით.

ასეთი შეფასების განხორციელებისთვის პირველადი ინფორმაციის შეგროვება გულისხმობს ტყის ერთგვაროვანი ნაწილების დაჯამებას. ერთგვაროვან ნაწილში იგულისხმება მსგავსება დომინანტი სახეობის, ჯგუფის, ასაკის და ბონიტეტის კლასის მიხედვით, ასევე უნდა განისაზღვროს უმცირესი წრის ფართობი, რომელშიც „ჩაჯდება“ შესაფასებელი ტერიტორია.

ტყის საფარის მცენარეული საფარის მრავალფეროვნებას - λ აქვს ფუნქციური დამოკიდებულება ზემოთნახსენები პარამეტრების მიხედვით დადგენილ ტყის უბნების რაოდენობაზე. მრავალფეროვნების სიდიდე იცვლება 0-დან λ_{max} -მდე და ზრდადია n უბნების რაოდენობის მიხედვით.

(9)

ასევე შეიძლება შემდეგი გამოსახულების გამოყენება (ფორმ. 2) რომელიც აჩვენებს, რომ n უბნების რაოდენობის ზრდის შემთხვევაში მცირდება λ მრავალფეროვნების მაჩვენებელი.

(10)

აქედან კი პირდაპირ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ λ მაჩვენებელს აქვს

მაქსიმალური მნიშვნელობა λ_{max} , როცა $\lambda=0$ და უდრის ნულს, როცა

$\lambda=\lambda_{max}$. λ მაჩვენებლების ურთიერთკავშირი შეიძლება აღიწეროს ამოზნექილი, ჩაზნექილი ან სწორი გრაფიკით. პირველი ორი სახის ფუნქციას აქვს ბევრი ამოხსნა, რაც აძნელებს მათ ცალსახა ინტერპრეტაციას, ამიტომ საჭიროა შემდეგი გამოსახულების გამოყენება:

(11)

სადაც λ - არის ტყის საფარის მრავალფეროვნების მაჩვენებელი

n - ფართობების ჯგუფების რაოდენობა

C და K კონსტანტები.

ბოლო გამოსახულებას თუ პირველი ფორმულისთვის გამოვიყენებთ,

მივიღებთ, რომ λ ან λ_{max} . თუ ჩავთვლით, რომ

მაშინ მესამე ფორმულა შესაძლოა შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ:

(12)

ან

(13)

როცა $\lambda=0$ და ტყის მცენარეული საფარის ინდექსია გამოსახულება მიიღებს შემდეგ მნიშვნელობას:

ბოლო

(14)

ხშირად ტყის ჯგუფების ფართობებს სხვადასხვა ფართობი აქვთ. ამიტომ ერთი და იგივე რაოდენობის ჯგუფებს განსხვავებული ფართობი უჭირავთ. ამიტომ ტყის მცენარეული საფარის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასებისას საჭიროა ჯგუფების ფართობების საშუალოშეწონილი ან პროპორციული მაჩვენებლების გამოყენება:

(15)

სადაც:

P_i - არის i ფართობების ჯგუფის საშუალოშეწონილი ფართობი

a_i i ფართობების ჯგუფი

A - ტყით დაფარული საერთო ტერიტორია ($A=\sum a_i$)

შეწონილი ტყის ფართობების ჯგუფი ამ შემთხვევაში შეიძლება

განისაზღვროს როგორც სადაც q არის სიმპსონის ინდექსი, რომელიც

უდრის ტყეკაფების შეწონილი ფართობების საშუალოს. მისი განსაზღვრა შეიძლება ფორმულით:

(16)

სადაც x_i არის i ტყეკაფების საშუალო წონა,

თუ გავუთანაბრებთ $x_i = P$, მივიღებთ:

(17)

აღსანიშნავია, რომ ტყეკაფების ფართობების შეწონილი რიცხვი არ ასახავს ტყის მცენარეულ საფარის მრავალფეროვნებაზე ტერიტორიის სიდიდის გავლენას. მაგ. თუ ჩავთვლით, რომ გვაქვს ორი ობიექტი ერთნაირი n_w პარამეტრით, მაგრამ განსხვავებული ფართობებით, უფრო მცირე ტერიტორიის მრავალფეროვნება იქნება უფრო მაღალი. ეს მომენტი ყოველთვის უნდა იყოს მხედველობაში მიღებული. ასეთ შემთხვევაში გამოსადეგია K კონსტანტა

(18)

როგორც ფორმულიდან ჩანს, რაც უფრო მეტია შესაფასებელი ტერიტორიის ფართობი A , მით უფრო ნაკლებია K და ნაკლებია v , n_w უცვლელი მნიშვნელობის პირობებში.

v ბიომრავალფეროვნების ინდექსს უპირატესობა აქვს ტყის მცენარეული საფარის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასებისთვის სიმპსონის და შენონის ინდექსებთან შედარებით. ეს უპირატესობა იმაში მდგომარეობს რომ

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასებისას, სხვა ფორმულებისგან განსხვავებით, დამოკიდებულიამის ფართობზე.

შეწონილი ფართობების მე-6 გამოსახულებაში ჩასმის შემდეგ ეს უკანასკნელი მიიღებს შემდეგ სახეს

9)

სადაც n_w არისკორომების ტიპების რიცხვის შეწონილი საშუალო, ხოლო K - კონსტანტა.

მოკლედ რომ შევაჯამოთ ზემოთთქმული ტყის ფართობების ჯგუფის შეწონილი საშუალოს ცოდნის შემთხვევაში შესაბამისი ცხრილის არსებობის პირობებში შეიძლება განისაზღვროს ტყის მცენარეული საფარის ბიოლოგიური მრავალფეროვნება. ეს ინდექსი არ იძლევა ინფორმაციას თავად ტყის სტრუქტურის შესახებ. ტყის მასივის ფორმა და დანაწევრება შესაძლოა არსებით გავლენას ახდენდეს ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებაზე. ამიტომ ბიომრავალფეროვნების შეფასებისას ასევე მნიშვნელოვანი ტყის მცენარეულის საფარის კომპაქტურობის ინდექსის გამოყენება.

ტყის მცენარეული საფარის კომპაქტურობის ინდექსი γ გამოიხატება შემდეგი ფორმულით:

(20)

სადაც: γ არის ტყის მცენარეული საფარის კომპაქტურობის ინდექსი;

C_a - უმცირესი წრის ფართობი, რომელშიც შეიძლება ჩაეტიოს შესაფასებელი ტერიტორია.

ისეთი ტყის ტერიტორიის შეფასებისთვის, რომელიც შედგება რამდენიმე „ფრაგმენტირებული“ უბნისგან, მცენარეული საფარის კომპაქტურობის ინდექსი გამოითვლება ფორმულით:

სადაც m არის ფრაგმენტების რაოდენობა,

x_i i ფრაგმენტის ფართობის წილი,

γ_i კომპაქტურობის ინდექსი.

თავის მხრივ ხოლო

აქ A_i - არის ფართობის i ფრაგმენტი

C_0 - უმცირესი წრის ფართობი, რომელშიც ჩაეტევა შესაფასებელი ტყის ფართობი

ხოლო C_i უმცირესი წრის ფართობი, რომელშიც ჩაეტევა i ფრაგმენტი.

კომპაქტურობის ინდექსი იცვლება 0-დან 1-მდე (1 ნიშნავს რომ შესაფასებელი ტყის უბანი ერთი უწყვეტი ტერიტორიაა, რომელსაც თითქმის წრის ფორმა აქვს). [70] [71]

ტყის მცენარეულ საფარში სახეობრივი შერევის რაოდენობრივი შეფასებისთვის შესაძლებელია შერევის ინდექსის გამოყენება. მას გააჩნია 5 გრადაცია იმის მიხედვით თუ კორომის გვერდით რომელი ტიპია განთავსებული, უფრო დეტალურად შეფასების მეთოდიკა მოცემულია ნახაზზე. აღნიშნული მეთოდიკით ხდება უკლებლივ ყველა კორომის შეფასება საკვლევ ტერიტორიაზე, ხოლო შემდეგ განისაზღვრება საშუალო მაჩვენებელი.

შერევის ინდექსის განსზღვრის თვის გამოიყენება ღია გის „ქიუ გის“ ამისთვის პროგრამულ უზრუნველყოფაში იქმნება უნდა შეიქმნას ორი იდენტური ფენა-ცხრილი პოლიგუნური ფენით, რომელზეც დატანილი იქნება კორომები. შემდეგ შეკითხვების ფუნქციის „გადაკვეთა“ (Intersect) გამოყენებით. მიღებული შედეგები გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემიდან გადატანილ იქნება ცხრილის პროცესორში, სადაც განისაზღვრება შერევის გრადაცია და შერევის საშუალო მნიშვნელობა.

2.9. ძირითადი შედეგები

საქართველოს ტყის ბიომი სერიოზულად დეგრადირებულია. ამის მიზეზი ბოლო რამდენიმე ათწლეული განმავლობაში ტყის უკანონო მოპოვება, არასწორი მართვა და სხვა პრობლემებია. თუმცა მდგომარეობა უიმედოდ არ უნდა შეფასდეს. ჩვენს ქვეყანაში არსებული ტყეების სამომავლო მდგრადი მენეჯმენტისთვის პირველ რიგში საჭიროა ტყის ინვენტარიზაციის ჩატარება. ეს უკანასკნელი კი მასშტაბურად საბჭოთა პერიოდში (30-50 წლის წინ) განხორციელდა. ახლა კი ძირითადად ფინანსების ნაკლებობის გამო ეს პროცესი ფრაგმენტულად, ზოგიერთ რაიონში არის განხორციელებული. შესაბამისად სპეციალისტებს არა აქვთ მთლიანი სურათი მთელი ქვეყნის მასშტაბით ტყის ბიომის რეალური მდგომარეობის შესახებ. სიტუაციას კიდევ უფრო ამძიმებს თანამედროვე ტექნოლოგიების ნაკლებობა. ტყის ინვენტარიზაციის სამუშაოები ძირითადად ისევ ტრადიციული საზომი ხელსაწყოების და მეთოდოლოგიის გამოყენებით მიმდინარეობს. მონაცემები კი ქალაქის ბლანკებში ხელით ივსება. ასეთ დროს მაღალია მონაცემების შევსებისას სუბიექტური შეცდომების დაშვება. მეტყვევ-ტაქსატორი კი მოკლებულია შესაძლებლობას, ველზე მოახდინოს შეგროვებული მონაცემების ვერიფიკაცია და საჭიროების შემთხვევაში შეიტანოს მასში სათანადო ცვლილება.

ყოველივე ზემოთთქმული ეხება ისეთ ფუნდამენტურ საკითხს, როგორცაა ტყეების ინვენტარიზაცია. საქმე უფრო რთულადაა ტყის ბიომის

ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების მხრივ. თუ ტყეების ინვენტარიზაციისას შემუშავებულია გარკვეული მეთოდოლოგია, რომლითაც მოხდება სავსე მონაცემების შეგროვება - ბიომრავალფეროვნების შეფასებისთვის ასეთი სამუშაო ჯერ არ განხორციელებულა. არადა როგორც ვნახეთ, ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ჯეროვანი შეფასების გარეშე ტყეების მდგრადი მართვა შეუძლებელი იქნება. ამ პრობლემისთვისაა მიძღვნილი წინამდებარე ნაშრომი. ჩვენი აზრით, ფინანსური სიძნელებიდან გამომდინარე, ახლო მომავალში შეუძლებელი იქნება საქართველოს ტყეების სრული ინვენტარიზაციის განხორციელება და მისი ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასების სამუშაოს ჩატარება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად. ამიტომ უნდა მოძებნილიყო გზა, რითაც ეს შუალედი გარკვეულ წილად შეივსებოდა. ზოგადად ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასება მეტად რთული საქმეა. ამიტომ არსებული სიტუაციის მეტნაკლებად გამოსასწორებლად შევიმუშავეთ ტყის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასებისდა მონიტორინგის ისეთი ტექნოლოგია, რომლის საფუძველიც თანამედროვე ინფორმაციული პროდუქტი - გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემებია (გის). გის ტექნოლოგია ფართოდაა გავრცელებული ყველა განვითარებულ ქვეყანაში და წარმატებით გამოიყენება გარემოსდაცვით ღონისძიებებში. საქართველოც ცდილობს ფეხი აუწყოს ამ პროგრესს, მაგრამ შედეგი შეიძლება არადაამაკმაყოფილებლად შეფასდეს. საქართველოს სატყეო სექტორში და რაც მთავარია რეგიონებში ვერ ხერხდება მისი მასიურად დანერგვა. აღარაფერს ვიტყვით გეოინფორმაციული სისტემების ახალ, თანამედროვე ვერსია - მობილურ გის-ზე. რომელიც გაცილებით მოსახერხებელია ველზე მუშაობისთვის. მეწინავე ტექნოლოგიების დანერგვის გარეშე კი სატყეო სექტორის წინაშე არსებული გამოწვევების გადაწყვეტა შეუძლებელია.

შექმნილი სიტუაციის ძირითადი მიზეზი, როგორც უკვე აღნიშნეთ, ტექნიკური და პროგრამული საშუალებების, ფინანსების და სათანადოდ მომზადებული პერსონალის ნაკლებობაა. პრობლემას თან ერთვის სათანადო ნორმატიული აქტების არარსებობა. ერთიანი ინსტრუქციებით უნდა უნიფიცირებული იყოს ყველა აქტივობა, რითაც თავიდან იქნება აცილებული აპარატულ-პროგრამული სიჭრელე და მონაცემთა თავსებადობის პრობლემები. რადგან ყველა პრობლემების ერთდროულად გადაჭრა პრაქტიკულად შეუძლებელია, ამიტომ მიგვაჩნია, რომ პირველი რიგის ამოცანა საქართველოს სატყეო სექტორში გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების და თანამედროვე ციფრული საზომი ხელსაწყოების მასობრივი დანერგვაა. ტრადიციული ტექნოლოგიით ძალიან გართულებული სატყეო სექტორში საჭირო სამუშაოების დაგეგმვა და განხორციელება, მით უმეტეს ზემოთ მოცემული დამატებითი პრობლემების გათვალისწინების შემთხვევაშიც. მაშინ, როდესაც გეოინფორმაციული სისტემები საშუალებას იძლევა რიგი სამუშაოების ავტომატიზაციისთვის, დისტანციური ზონდირების და გეოდეზიური კვლევების მარტივად გამოყენების და შესაბამისი კარტოგრაფიული მასალების შექმნის პროცესში. შედეგად მკვეთრად კლებულობს შესასრულებელი სამუშაოს ვადები და უკუპროპორციულიად მატულობს ეფექტურობა.

თანამედროვე სატყეო მეურნეობის წარმოების ძირითადი პრინციპი გულისხმობს უწყვეტ ტყეთმონწყობას, რომელიც გულისხმობს სატყეო მეურნეობის ფარგლებში შეგროვებული სატაქსაციო თუ სხვა მონაცემების მუდმივ ყოველწლიურ განახლებას. ასეთი მიდგომით გადაწყვეტილების მიმღებ რგოლს ეძლევა საშუალება დროულად გამოვლინოს და აღმოფხვრას პრობლემები. დღეს გავრცელებული ტექნოლოგიით კი ასეთი ეფექტის მიღება შეუძლებელია. მაგ. ტყეების ინვენტარიზაციის დროს საქართველოში ტაქსატორები ჯერ კიდევ იყენებენ ანალოგურ მასალებს და ტრადიციული გაზომვის მეთოდებს (მაგ. საზომი ლარტყა ან საზომი ჩანგალი), რაც შემდგომ დამატებით დროით და ფინანსურ დანახარჯებს მოითხოვს მასალების

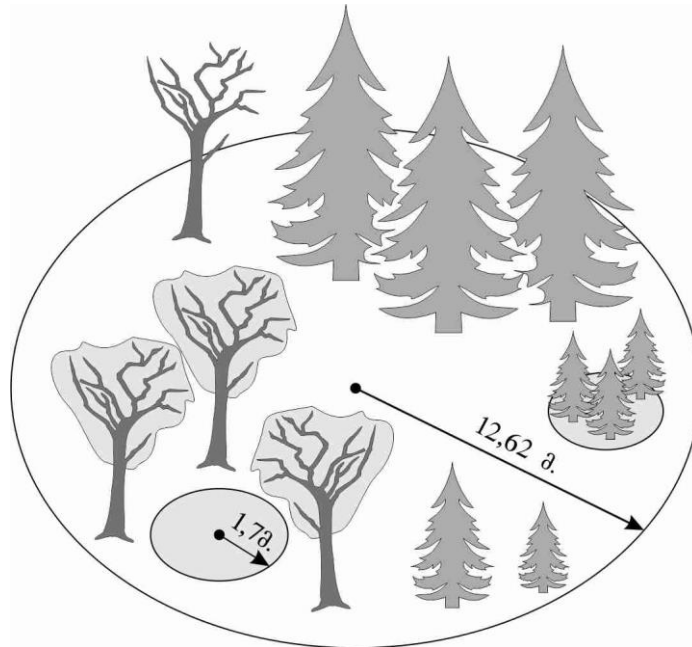
პერსონალური კომპიუტერის მონაცემთა ბაზაში გადატანისთვის. თანამედროვე გეოდეზიური ხელსაწყოების გამოყენება ასევე ამცირებს ყველანაირი რესურსის გამოყენებას.

ჩვენს მიერ შერჩეული ტექნოლოგიის მიხედვით ქვეყნის ტერიტორია იყოფა 7×7 კმ-ის ფართობის კვადრატებად. თითოეული კვადრატის ფარგლებში, შემთხვევითი შერჩევით პრინციპით შეირჩევა წერტილი. შერჩევის განხორციელებისთვის გამოიყენება „ფილდ მაპ“ (Field Map) პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც განკუთვნილია უწყვეტი სტატისტიკური ინვენტარიზაციისთვის შედეგების ყოველწლიური წარმოჩინებით. სავსე სამუშაოები უნდა დაიგეგმოს ისე, რომ ყოველ წელიწადს მოხდეს სანიმუშო წერტილების 20%-ის კვლევა, მიღებული მონაცემების ოპერატიული დამუშავებით. ამასთან ყველა წერტილი თანაბრად უნდა იყოს განაწილებული მთელი ქვეყნის ტერიტორიაზე.

ასეთი თითოეული ამორჩეული წერტილისთვის განისაზღვრება 450×450 მ-ის ფართობის კვადრატი. ამ კვადრატებისთვის საჭიროა აქტუალური აეროფოტოსურათების მოძიება (0,25 მ-ის გარჩევადობის ფერადი ორთორექტიფიცირებული აეროფოტო, გადაღებული კვლევის ჩატარების პერიოდთან არაუდრეს 3 წლისა). აეროფოტოზე ოპერატორი საერთო ტერიტორიას ყოფს 10×10 მ-ის კვადრატებად. ხოლო თითოეული კვადრატისთვის განსაზღვრავს მიწათსარგებლობის კატეგორიას და საფარის ტიპის (ისევე „ფილდ მაპ“ (Field Map) ტექნოლოგიის გამოყენებით). ზოგიერთი სხვა მახასიათებლის მისაღებად (მაგ. ლანდშაფტური მახასიათებლები) მიმართავენ კომერციული გის „არქგის“ (ArcGis). მაგრამ მისი საშუალებით განსაზღვრული პარამეტრების სტატისტიკური დამუშავება ხორციელდება „ფილდ მაპ“ (Field Map) საშუალებით.

ყველა სანიმუშო წერტილი, რომელიც აეროფოტოსურათების მიხედვით ხვდება ტყის ტერიტორიაზე ან მასთან ახლოს, ან ისეთი წერტილებისთვის, რომელთათვისაც არსებობს საფუძველი ვარაუდისა, რომ აქ ტყე უნდა იყოს -

განისაზღვრება ნატურაში. იმ შემთხვევაში თუ 12,62 მ.-ის რადიუსის ტყის მინიმუმ 10%-ით დაფარული ტერიტორიაა, იგი განისაზღვრება როგორც სანიმუშო ფართობი, ხდება მისი საზღვრების ნატურაში გადატანა და საველე შესწავლა.



ნახ. 8.სანიმუშო ფართობის პრინციპული სქემა.

12.62 მ-ის რადიუსის (ანუ 500 მ²) სანიმუშო ფართობი საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება დაიყოს პოლიგონური ფორმის სეგმენტებად. სეგმენტის მინიმალური ფართობი მთელი წერტილის 10%-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. სანიმუშო ფართობზე აღიწერება, იზომება და კარტოგრაფირდება 12 სმ-ზე მეტი დიამეტრის უკლებლივ ყველა ხე.

სანიმუშო ფართობების თითოეულ სეგმენტში 3 მ-ის რადიუსში კი აღიწერება 7 სმ-ზე მეტი დიამეტრის ყველა ხე-მცენარე. გის „ფილდ მაპ“ (Field Map) პროგრამულ უზრუნველყოფაში ჩადებული ალგორითმით შეირჩევა 5 ხე, რომლისთვისაც ხორციელდება ღეროს დაზიანების განსაზღვრა. ანალოგიურად ხორციელდება ღეროს პროფილის შეფასება. თითოეულ სეგმენტში 2 მ²-ს ფართობზე აღიწერება განახლებადი ტყე. საერთო ჯამში სანიმუშო ფართობებისთვის განსაზღვრებაა დაახლოებით 110 ატრიბუტი

(იარუსიანობა, გამხმარი ნაწილები, ხე-ბუჩქები, ნიადაგის, ბიომრავალფეროვნების მახასიათებლები და სხვ.

სამუშაოს მთელ მოცულობას ახორციელებს 2 კაციანი ბრიგადა, ზამთრის პირობებში ისინი ამუშავებენ სურათებს, ხოლო ზაფხულის განმავლობაში აწარმოებენ საველე სამუშაოებს. ტყის ინვენტარიზაციის სხვა მეთოდებთან შედარებით წარმოუდგენლად მცირე ადამიანური რესურსების მუშაობის ეფექტურობა განპირობებულია გის „ფილდ მაპ“ (Field Map) და თანამედროვე ხელსაწყოების გამოყენებით.

სანიმუშო (საინვენტარიზაციო) ნაკვეთი როგორც უკვე აღვნიშნეთ, წარმოადგენს 12,62 მ-ის რადიუსის წრიულ მონაკვეთს. (500 მ²) სანიმუშო ფართობების არაერთგვაროვნების შემთხვევაში მას ყოფენ 2-5 სეგმენტად. სეგმენტის ცენტრში გამოიყოფა 1,78 მ-ს წრიული ფართობი მცირე ხეების შესაფასებლად (7 სმ-დან 12 სმ დიამეტრამდე.) და მოზარდებისთვის (10 სმ სიმაღლიდან 6,9 სმ დიამეტრამდე)

განსახორციელებელი საველე სამუშაოებია:

1. საველე სამუშაოების დაწყებამდე კამერალურად მონაცემების დამუშავება.
2. სანიმუშო ნაკვეთზე მისვლა და მისი ცენტრის გასაზღვრა (გპს ნავიგატორის და „ფილდ მაპ“ (Field Map) კომპლექსში შემავალი სხვა ხელსაწყოების საშუალებით.
3. ნაკვეთის ცენტრის ფიქსაცია, ნაკვეთის წინასწარგანსაზღვრული კრიტერიუმების მიხედვით ვარგისიანობის განსაზღვრა.
4. საინვენტარიზაციო ნაკვეთის აღწერა.
5. დენდრომეტრიული და სხვა პარამეტრების განსაზღვრა.
6. მონაცემების და მონაცემთა ბაზის სისრულის შემოწმება/შეფასება
7. აღწერილი სანიმუშო ნაკვეთის გრაფიკული გამოსახულების შექმნა.

ოდნავ უფრო ფართოდ რომ შევეხოთ საველე სამუშაოებს: თითოეული სანიმუშო ფართობი ან მისი ყველა სეგმენტი შეაქვთ მონაცემთა ბაზაში, ასეთი მონაცემებია ოროგრაფიული: (ექსპოზიცია, დახრილობა) მახასიათებლები, მცენარეული მახასიათებლები, ნიადაგის ეროზიის ნიშნები და სხვა მრავალი. ასევე აუცილებელია მცენარეულობაზე მავნე ზეგავლენის მქონე ფაქტორების აღწერა.

თითოეული მონაკვეთისთვის ხდება ყველა 12 სმ-ზე მეტი დიამეტრის ხეების აღწერა (ზეხმელის) ჩათვლით. განისაზღვრება საერთო ფართობის რა ნაწილი უჭირავს ცალკეულ სახეობას, მცენარეული საფარით ტერიტორიის საერთო პროექციული დაფარულობა და სხვ. ნიადაგის პარამეტრების მისაღებად კეთდება შესაბამისი ჭრილი. სეგმენტისთვის განისაზღვრება არაერთგვაროვნება. ხოლო მთლიანად სანიმუშო ფართობისთვის ვარგისიანობა ველური ფაუნის წარმომადგენელთა ბინადრობისთვის. ასევე მათი მოქმედების კვალი (არსებობის შემთხვევაში). ასევე სავალდებულოა გამხმარი მცენარეული საფარის სრულად შეფასება.

მიღებული მონაცემების დამუშავებისთვის გამოიყენება მოდული „ფილდ მაპ“ (Field Map Inventory Analyst,) რომელიც ველზე შეგროვებულ მონაცემებს ამუშავებს პირდაპირ, ყოველგვარი შუალედური საფეხურების გარეშე. მონაცემების დამუშავება გულისხმობს როგორც პირველადი, ისე მეორეული და სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებას. შედეგების წარმოდგენა ხდება ავტომატურად, წინასწარგანსაზღვრული (სტანდარტიზირებული) ფორმების, ცხრილების და დიაგრამების სახით.

ხეების ტაქსაცია. ხეების ფენა „ფილდ მაპში“ (Field-Map) ერთ-ერთი ძირითადი ფენაა. მასზე ნატურაში არსებული ხეების კარტოგრაფირება ხორციელდება ლაზერული მანძილმზომის, ელექტრონული კუთხმზომის,

ელექტრონული კომპასის და ხის ღეროზე მიმაგრებული სპეციალური ამრეკლის საშუალებით. გეოინფორმაციული სისტემა ავტომატურად ამოწმებს არის თუ არა კონკრეტული ხე სანიმუშო ფართობის ფარგლებში. ამ ხერხით აღარ დგას სანიმუშო ფართობის საზღვრების ნატურაში მარკირების აუცილებლობა. თითოეული ხისთვის ინსტრუმენტულად განისაზღვრება დიამეტრი მკერდის სიმაღლეზე, სამაღლე, ღეროს მოცულობა, პროექცია, ვარჯის მოცულობა და სხვა ატრიბუტული მონაცემები.

ხე-მცენარის დიამეტრის განსაზღვრა შეიძლება ელექტრონული საზომი ჩანგლის საშუალებით, მიღებული მონაცემების საველე კომპიუტერის მეხსიერებაში ხელით შეტანით ან მონაცემების უკაბელო გადაცემის სხვადასხვა ხერხით.

ხე-მცენარეები ფენაზე მათი ღეროს ცენტრის მიხედვით გამოისახება. გათვალისწინებულია საჭირო შემთხვევაში მონაცემების კორექციის შესაძლებლობა. დახრილი ხეებისთვის შესაძლებელია დახრის კუთხის განსაზღვრა. ამის შემდეგ „ფაილდ მაპ“ (Field Map) ავტომატურად ითვლის როგორც ხის სიმაღლის (ანუ უმოკლეს მანძილს ნიადაგის ზედაპირიდან ხის კენწერომდე) ისე - სიგრძეს (მანძილს ხის ძირიდან კენწერომდე). ღეროს მოცულობა განისაზღვრება ღეროს პროფილის პირდაპირი გაზომვით ან სხვა ალტერნატიული საშუალებით.

„ფაილდ მაპის“ (Field Map) საშუალებით შესაძლებელია ვარჯის ჰორიზონტალური პროექციის და ვერტიკალური პროფილების კარტოგრაფირების. ვარჯის პროექციის ფართობიც და მოცულობაც ავტომატურად გამოითვლება. არის სხვა დანარჩენი პარამეტრების ვიზუალიზაციის საშუალება. ველზე ჩატარებული გაზომვების ხარისხის კონტროლისთვის შეიძლება განისაზღვროს რეჟიმები: ატრიბუტული მონაცემების შემოწმება მოხდეს ან არ მოხდეს, შემოწმება მოხდეს მონაცემების შეყვანის მომენტში ან მოგვიანებით. ნებისმიერ დროს. მონაცემების კონტროლი გულისხმობს შემდეგ ნაბიჯებს:

- ფენების ან ატრიბუტების ბლოკირებას;
- მინიმალური/მაქსიმალური მნიშვნელობების განსაზღვრას;
- ლექსიკონის გამოყენების შესაძლებლობას;
- ფენების პირობით სახის განსაზღვრას;
- მეორადი გაზომვების მონაცემების შემოწმებას;
- გამოტოვებული მონაცემების იდენტიფიკაციას;
- მონაცემთა ბაზის სისრულის შემოწმებას;
- სამომხმარებლო წესების განსაზღვრას (ე. წ. სკრიპტების საშუალებით).

„ფაილდ მაპი“ (Field Map) ღია სისტემაა, რომლის კონკრეტული ამოცანიდან გამომდინარე მოდერნიზაცია სხვადასხვა ხერხით ხდება. ერთ-ერთი ასეთი პროგრამირების ენით Object Pascal შექმნილი სკრიპტების გამოყენების შესაძლებლობაა. [69] [67] [68] [72]

საბოლოო ჯამში ველზე მობილური გის კომპონენტით მოხდება შემდეგი მონაცემების შეგროვება:

ველზე შესაგროვებელი მონაცემების ნუსხა:

სანიმუშო ფართობის/სეგმენტის მახასიათებლები:

- გეოგრაფიული კოორდინატები,
- ნაკვეთის ნომერი,
- ნაკვეთის/სეგმენტის ზომა,
- მიწის კატეგორია,
- საკუთრების ფორმა,
- ნაკვეთის ხელმისაწვდომობა;

ხე-მცენარეების ხარისხობრივი მახასიათებლები:

- კრაფტის კლასი;
- იარუსი;
- გაყოფილფეროიანი ხეები;

- ზეხმელი

მცენარეულობის არაერთგვაროვნება:

- ჯიშობრივი შემაღგენლობა (სახეობრივი მრავალფეროვნება)
- სახეობრივი სითანაბრე
- ჯიშების სივრცობრივი განაწილება
- ხეების სივრცობრივი განაწილება

დენრომეტრიული მახასიათებლები:

- დიამეტრი მკერდის სიმაღლეზე
- ხის სიმაღლე
- ცოცხალი ვარჯის სიმაღლის დასაწყისი და პირველი ხმელი ტოტის სიმაღლე
- ღეროს პროფილი
- ღეროს ხარისხი
- წვრილი ხეების რაოდენობა (>7 და <12 სმ. დიამეტრის)
- წვრილი ხემცენარეების სისცოცხლიუნარიანობა

ტყის განახლებადობა:

- განახლებადობის ნიშნების არსებობა
- ბუნებრივი აღდგენი მხარდაჭერა
- განახლებადობის წარმოშობა
- განახლების ფართობი
- შერევის ფორმა
- განახლების შემაღგენლობა ჯიშობრივად და ასაკობრივად
- განახლებადობის სიმაღლის კლასი
- განახლებადი ნარგაობის რაოდენობა
- განახლებადი ნარგაობის დაზიანება
- განახლებადობის ხელისმშემშლელი ფაქტორები

- განახლებადი მცენარეების დაზიანების სახე, ინტენსიურობა და სიძველე.

ხემცენარეების დაზიანება

- ხემცენარეების დაზიანების ინტენსივობა და სიძველე
- ხეების სიცოცხლისუნარიანობა

მცენარეული საფარის მახასიათებლები:

- ნიადაგზედა მცენარეული საფარის სახეობა
- ნიადაგის დაფარულობა მცენარეულობით, ბუჩქნარით, ბალახეულობით, ხავსნარით, გვიმრნარით
- ბიოტოპის ღირებულება

კუნძების და სხვა ნარჩენები მახასიათებლები

- კუნძების ჯიშები, სიგანე, სიმაღლე და სიძველე
- ნიადაგის დაფარულობა ტოტოებით
- ნარჩენილი მცენარეული მასის ჯიში, სიგანე, სიგრძე, დაშლის ხარისხი, ღვობის ტიპი

ფაუნის საცხოვრებელი პირობები:

- ნაკვეთის ხელმისაწვდომობა ფაუნის წარმომადგენელებისთვის
- ფრინველების და ცხოველების ცხოველმოქმედების კვალი

ნაკვეთის შესახებ ცნობები:

- სიმაღლე ზღვის დონიდან,
- რელიეფის მახასიათებლები
- ფერდობის ექსპოზიცია და დახრილობა
- ეროზია და მეწყრული პროცესები
- ზვასაშიშროების შეფასება
- ზვავსაშიშროების საწინააღმდეგო ღონისძიებები

- ნიადაგის ტიპი
- რიზოსფეროს სისქე
- ჰუმუსის ფორმა
- ნაყარის სისქე
- ჰუმუსიანი ფენის სისქე.

ველზე ინფორმაციის შეგროვების და შემოწმების შემდეგ უნდა მოხდეს მათი კონვერტაცია ცხრილურ მონაცემებში. ამ მონაცემებით საფუძველზე შეიქმნება მონაცემთა ბანკი, რომელიც გახდება მონიტორინგის საფუძველი. მონაცემთა ბანკში აკუმულირებული მონაცემების დამუშავება განხორციელდება გის „ქიუ გის“ ის საშუალებით, ხოლო მონაცემების განმეორებით შეგროვების შემთხვევაში უკვე არსებული მონაცემების შედარებით განხორციელდება მონიტორინგი.

დასკვნები

ჩვენს მიერ შესრულებული სამუშაოს მიხედვით დადგინდა, რომ

1. ტყის ბიომის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასება შესაძლებელია გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების გამოყენებით, ისე რომ თანამედროვე, ციფრული ტექნოლოგიები გამოყენებული იქნება ყველა ეტაპზე - ველზე მონაცემების შეგროვებიდან ანალიზამდე. კვლევამ გვაჩვენა, რომ რაც უფრო მეტია, ფართობის ერთეულზე პარამეტრები, მით უფრო მაღალია ბიომრავალფეროვნება.
2. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასება უნდა მოხდეს ტყეთმონაწილის დოკუმენტებზე დაყრდნობით. ამისთვის საკმარისია ტყის ამორჩევით სტატისტიკური მეთოდით შეგროვილი ინფორმაცია. ასეთი სახის ინვენტარიზაცია კი სატყეო სექტორისთვის განკუთვნილი გეოინფორმაციული სისტემითაა შესაძლებელი. ელექტრონულად შეგროვებული ატრიბუტული ინფორმაციიდან იოლად ხდება ველზე შეგროვებული მასალების გადატანა სხვა პროგრამულ უზრუნველყოფაში, რომლითაც მოხდება უკვე ტყის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შეფასება. პროცესის ტექნოლოგიური უპირატესობანი შემდეგია:
ატრიბუტული ინფორმაციის შეგროვება ხდება პირდაპირ ციფრულ ფორმატში, რის გამოც შემდგომში აღარ არის საჭირო მისი ტრანსფორმაცია; მომხმარებელს აქვს საშუალება უშუალოდ ველზე მოახდინოს შეგროვებული მონაცემების გადამოწმება; სამუშაოს მთელ მოცულობას ახორციელებს 2 კაციანი ბრიგადა, ზამთრის პირობებში ისინი ამუშავებენ სურათებს, ხოლო ზაფხულის განმავლობაში აწარმოებენ საველე სამუშაოებს. ტყის ინვენტარიზაციის სხვა მეთოდებთან შედარებით წარმოუდგენლად მცირე ადამიანური რესურსების მუშაობის

ეფექტურობა განპირობებულია გის „ფილდ მაპ“ (Field Map) და თანამედროვე ხელსაწყოების გამოყენებით.

3. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტყის ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რელიეფი. რელიეფის ანალიზისთვის, მისი ტექნიკური შესაძლებლობებიდან გამომდინარე სრულიად გამოსაყენებელია ღია გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემა „ქუანტიმ გის“. მისი კოდიას „ღიაობა“ იძლევა საშუალებას, რომ საჭიროების შემთხვევაში მოხდეს კოდის მოდიფიკაცია უშუალოდ ეროვნული მოთხოვნების შესაბამისად. ქუანტიმ გის არის უფასო რესურსი, ამიტომ მისი დანერგვისთვის არ იქნება საჭირო დიდი ფინანსური რესურები.
4. აღნიშნული ტექნოლოგიით მიღებული შედეგები მისაღებია, როგორც ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ეროვნული მონიტორინგისთვის, ისე საერთაშორისო კონვენციებით და კანონმდებლობით აღებული ვალდებულებების შესასრულებლად.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ნიკოლაიშვილი, დ. *გეოგრაფიის კვლევის მეთოდები*. თბ. : თსუ, 2014. 520 გვ.
2. არდია, მ. და მარგველანი, გ. *მსოფლიო ბუნებრივი რესურსები*. თბ. : თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1998. გვ. 174.
3. გულისაშვილი, ვ., ურუშაძე, თ. *ბუნების დაცვის საფუძვლები*. თბ. : „განათლება“, 1983. გვ. 298.
4. Лобачов, В., и др.. *Иллюстрированная энциклопедия лесов*. (перев. Ф. Фельдман.) 2. Прага : "Артия", 1987. стр. 431.
5. საქართველოს ბიომრავალფეროვნების დაცვის ეროვნული მოხსენება. თბ. : 2010. გვ. 34. pdf.
6. „საქართველოს ბიომრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგიისა და მოქმედებათა გეგმის დამტკიცების შესახებ“. [ინტერნეტი] <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/11278>.
7. საქართველოს მეოთხე ეროვნული მოხსენება ბიომრავალფეროვნების კონვენციისადმი. s.l. : pdf, 2010.
http://www.eiec.gov.ge/%E1%83%97%E1%83%94%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/Biodiversity/Data/Report/geo-nr-04-ge_22-01-2010.aspx.
8. აზმაიფარაშვილი, მ. *ჭალის ტყეების ეკოლოგიური მნიშვნელობა*. თბ. : სამეცნიერო შრომების კრებული გორის სასწავლო უნივერსიტეტი #4, 2012-2013. გვ. 49-52.
9. საქართველოს მეხუთე ეროვნული ანგარიში ბიომრავალფეროვნების კონვენციისადმი. pdf
http://www.eiec.gov.ge/%E1%83%97%E1%83%94%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/Biodiversity/Data/Report/geo-nr-04-ge_22-01-2010.asp.

10. ჟორჯოლიანი, ც., გორდაძე, ე. ბიომრავალფეროვნების ძირითადი საფრთხეები საქართველოში. *ბიომრავალფეროვნება და საქართველო*. საქართველოს ეროვნული ბოტანიკური ბაღის I სამეცნიერო კონფერენციის კრებული. 2015 წ.
11. Примак, Р. *Основы сохранения биоразнообразия*. (перев. О. С. Якименко, О. А. Зиновьевой). М. : Издат. Науч. и учеб.-метод. центра, 2002. стр. 256.
12. პრიმაკი, ბ. *კონსერვაციული ბიოლოგიის შესავალი*. [თარგ ი. ალაპიშვილის). ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2013.
13. მგელაძე, კ. *ბიოგეოგრაფია*. თბ. : „განათლება“, 1983. 306 გვ.
14. Мэффи, Г., Кэрролл, Р. и соавт. *Основы природоохранной биологии*. "Сибирский экологический центр". 1997. 729 стр.
15. ბერუჩაშვილი, ნ. *საქართველოს ბიომრავალფეროვნება მსოფლიოს ფონზე (კრებულში საქართველოს ბიოლოგიური და ლანდშაფტური მრავალფეროვნება)*. თბ. : ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის საქ. ოფისის გამომცემლობა, 2000. გვ. 7-20.
16. გეგეჭკორი, არნ. *ბიოგეოგრაფია დედამიწის ხმელეთის ბიომები (I ნაწ.)*. თბ. : „თსუ“, 2008. გვ. 527.
17. გაგნიძე, რ. *საქართველოს ფლორის მრავალფეროვნება (კრებულში „საქართველოს ბიოლოგიური და ლანდშაფტური მრავალფეროვნება“)*. თბ. : ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის საქართველოს ოფისის გამომც., 2000. გვ. 21-32
18. გაგნიძე, რ. *საქართველოს ფლორის კონსპექტი ნომენკლატურული ნუსხა*. თბ. : „უნივერსალი“, 2005. გვ. 247.
19. ელიავა, ი., ნახუცრიშვილი, გ., ქაჯაია, გ. *ეკოლოგიის საფუძვლები*. თბ. : „თსუ“, 1992. გვ. 364.

20. ნახუცრიშვილი, გ. საქართველოს ძირითადი ბიომეზი (კრებულში „საქართველოს ბიოლოგიური და ლანდშაფტური მრავალფეროვნება“). თბ. : ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის საქართველოს ოფისის გამომც., 2000. გვ. 43-68.
21. ჭოჭუა, ლ. საქართველოს ტყის ფონდი (2009 წლის 1 იანვრის მდგომარეობით). *სატყეო მოამბე*. 2009 წლის დეკემბერი, N2, გვ. 120-122.
22. პეპანაშვილი, ნ., კლიმიაშვილი, ლ., მალრაძე, კ. *გარემო და მდგრადი განვითარება*. თბ. : „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2007. 208 გვ.
23. Conservation of wild birds. [ინტერნეტი] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=URISERV%3A128046>.
24. მაჭარაშვილი, ი. *ბიომრავალფეროვნების დაცვა და მართვა საქართველოსა და ევროკავშირის მიდგომები*. თბ. : „მწვანე ალტერნატივა“, 2007. pdf.
25. Лебедева, Н. В., Дроздов, Н. Н., Криволицкий, Д. Ф. *Биоразнообразие и методы его оценки*. М. : "МГУ", 1999. стр. 95.
26. ორპუჰის კონვენცია. [ინტერნეტი] <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/1210443>.
27. საქართველოს 2010 წლის 15 ოქტომბრის კონსტიტუციური კანონი. [ინტერნეტი] <http://www.parliament.ge/ge/kanonmdebloba/constitution-of-georgia-68>.
28. საქართველოს კანონი „გარემოსდაცვის შესახებ“. [ინტერნეტი] <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/33340>.
29. საქართველოს კანონი „დაცული ტერიტორიების შესახებ“. [ინტერნეტი] <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/32968>.

30. საქართველოს კანონი “ცხოველთა დაცვის შესახებ“. [ინტერნეტი] <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/33352>.
31. საქართველოს ტყის კოდექსი. 1999. pdf <http://forestry.gov.ge/ge/legislation/laws>.
32. საქართველოს კანონი „საქართველოს „წითელი ნუსხისა“ და „წითელი წიგნის“ შესახებ“. [ინტერნეტი] <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/12514>.
33. საქართველოს კანონი „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“. [ინტერნეტი] <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/26824>.
34. ყარალაშვილი, ნ. და გიგინეიშვილი, ლ. გეოინფორმაციული სისტემები სატყეო საქმეში. თბ. : სტუ, 2016. 222 გვ.
35. Баранов, Ю. Б., и др. *Геоинформатика. Толковой словарь основных терминов*. М : ГИС-Ассоциация, 1999. 204 с.
36. Берлянт , А. М. *Геоинформационное картографирование*. М. : 1997.
37. ყარალაშვილი, ნ. გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემების საფუძვლები. თბ. : 2016. 368 გვ.
38. ნიკოლაიშვილი, დ., და სხვ. გეოინფორმაციული სისტემების განვითარების ისტორიიდან. *საქართველოს გეოგრაფია*. 2004 წ. N3 გვ. 19-27.
39. *Основы Геоинформатики. Под редакцией проф. В. С. Тыкунова*. М. : academia, 2004. Т. 1. 352 с.
40. საქართველოს კანონი „გეოდეზიური და კარტოგრაფიული საქმიანობის შესახებ“. [ინტერნეტი] 28.04.1998 წლის. (ცვლილება კანონში N4684 27.04.2007.). <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/1147570>.
41. Раклов, В. П. *Географические информационные системы в тематической картографии*. М. : Академический проект, 2014. 176 стр.

42. ДеМерс, М. *Географические Информационные Системы. Основы*. [перев. с англ. Дата+] М. : Дата+, 1999. 489 стр.
43. Чанда, А., Гош, С. *Дистанционное зондирование и географические информационные системы*. [перев. с англ. Техносфера]. М. : Техносфера, 2008. 288 стр.
44. გორდეზიანი, თ. *რუკათმცოდნეობა (I ნაწილი)*. თბ. : 2004.
45. ლიპარტელიანი, გ., ლიპარტელიანი, დ. *გეოგრაფიული კარტოგრაფიის ტერმინოლოგიური ცნობარი*. თბ. : უნივერსალი, 2012. 250 გვ
46. ნიკოლაიშვილი, დ. გეოინფორმატიკის ზოგიერთი ცნების შესახებ. *მეცნიერება და ტექნოლოგიები*. 2001 წ. N10-12, გვ. 78-84.
47. ნიკოლაიშვილი, დ. *გეოინფორმაციული და ექსპერტული სისტემები*. თბ. : თსუ, 2004. 371 გვ.
48. Closed source. *Wikipedia*. [ინტერნეტი]
https://simple.wikipedia.org/wiki/Closed_source.
49. Proprietary software. *Wikipedia*. [ინტერნეტი]
https://en.wikipedia.org/wiki/Proprietary_software.
50. Steiniger, S. და Hunter , A. *The 2012 Free and Open Source GIS Software Map*. s.l. : accepted for publication in Computers, Environment and Urban Systems as of Oct., 2012. pdf.
51. *opensource.com*. [ინტერნეტი] <https://opensource.com/resources/what-open-source>.
52. Open-source software. *Wikipedia*. [ინტერნეტი]
https://en.wikipedia.org/wiki/Open-source_software.
53. გიგიაური, გ. *ტყეთმომწყოების პრაქტიკუმი*. თბ. : „ცოდნა“, 1963. გვ. 209.

54. **Анучин, Н. П.** *Лесоустройство*. 2-е, перераб. и доп. М. : Экология, 1991. стр. 400.
55. *Инструкция по проведению лесоустройства в едином государственном лесном фонде СССР*. б.м. : Утвержд. Постанов. Гос.комитета СССР по лес. хозяйству N 4 12.09 1985 г., 12.09. 1985 г.
56. **აფციაური, შ.** *სატყეო ტაქსაციის პრაქტიკუმი*. თბ. : ცოდნა, 1964. 157 გვ.
57. *საქართ. მთავრ. დადგ. №179 „ტყის აღრიცხვის, დაგეგმვისა და მონიტორინგის წესის დამტკიცების შესახებ“*. ქ. თბილისი : 17.07.2013. pdf http://gov.ge/index.php?lang_id=geo&sec_id=276&info_id=37677.
58. **პეტრაუსკასი, ე.** *საქართველოს ტყის ინვენტარიზაციის სპეციალისტების ტრენინგი ტყეში მერქნის მოცულობის შეფასების თანამედროვე და ეფექტური მეთოდების სწავლების მიზნით*. ბაკურიანი : (ანგარიში). , 2010. pdf
59. **Фарбер, С. К.** *Лесные измерения по среднemasштабным аэроснимкам*. Красноярск : Изд-во СО РАН, 1997.
60. **Самойлович, Г. Г.** *Применение аэрофотосъемки и авиации в лесном хозяйстве*. М. : Лесная промыш, 1964. 485 стр.
61. **Анучин, Н. П.** *Лесная таксация*. М. : Лесная промыш., 1952. 532 стр.
62. **Мотовилов, Г. П.** *Лесоустройство*. Москва-Ленинград : Гослесбумиздат, 1951.
63. **Федосимов, А. Н.** *Инвентаризация леса выборочными методами*. М. : Лесная промышленность, 1986. 187 стр.
64. **Байтин, А. А. и др.** *Основы лесоустройства*. Москва-Ленинград : Гослесбумиздат, 1950.

65. *Леса Евразии в XXI веке. Минкевич, С. И.* б.м. : Мат. II Международной конференции молодых ученых, 2002. pdf.
66. **Федосимов, А. Н., Анисочкин, В. Г.** *Выборочная таксация леса*. М. : Лесная промышл., 1979. 170 стр.
67. *National Forest Inventories with Field-map*. pdf.
68. **Букша, И. Ф.** Передовые измерительные технологии для лесного хозяйства. *Оборудование и инструменты для профессионалов*. 5 2004 г. pdf.
69. *Field-Map программное обеспечение и оборудование*. pdf.
70. **Алексеев, А. С.** *Устойчивое управление лесным хозяйством: научные основы и концепции*. СПб. 1998 207 стр.
71. **Алексеев, А.** *Теория и методика пространственного анализа разнообразия лесного растительного покрова с применением ГИС-технологий*. IV Международной конференции, М. : "МГУЛ", 2007 г., стр. 11-15.
72. **Черный, М. Букша, И. Ф.,** *Применение передовой технологии Field-Map в лесном и садово парковом хозяйстве*. 2011. pdf.
73. **თარგამაძე, ვ. ჩიხრაძე, ვ.** *საქართველოს სსრ ტყის რესურსები*. თბ. : „საბჭოთა საქართველო“, 1976. გვ. 102.
74. **გიგაური, გ.** *საქართველოს ტყის ბიოლოგიური მრავალფეროვნება*. თბ. : 2000. 160 გვ.
75. **კანდელანი, თ.** *საქართველოს ტყეები: რესურსები, მნიშვნელობა, პოტენციალი და გამოყენება*. თბ. : საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, მეცნიერება და კულტურა, 2016 წ, N 2, გვ. 91-109.
76. **ბაბუნაშვილი, გ.** *ტყის რესურსების გამოყენების საკითხები*. თბ. : „თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა“, 1988. გვ. 14.

77. ყარალაშვილი ნ., გიგინეიშვილი ლ. ტყის ინვენტარიზაციის ამორჩევით-სტატისტიკური მეთოდი და მისი გის ტექნოლოგიით რეალიზაციის მაგალითი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, სტუ 2017 N2 (39)

78. ყარალაშვილი ნ., გიგინეიშვილი ლ. ღია გეოინფორმაციული სისტემები და მისი გამოყენების პერსპექტივები საქართველოს სატყეო სექტორში. „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, სტუ 2017 , N2 (39)

79. ყარალაშვილი ნ. გეოინფორმაციული სისტემა საქართველოს სატყეო სექტორისთვის, „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, სტუ 2017 N2 (39)

დანართი

საქართველოს სსრ ტყის ფონდის საერთო ფართობების დინამიკა 1946-1973

წლების მიწის ბალანსის მონაცემების მიხედვით

უწყებების და მიწის კატეგორიების დასახელება	წლები					
	1946	1951	1956	1961	1966	1973
ტყის საერთო ფართობი სულ საქართველოში	2829,5	2858,7	2843,5	3012,5	3009,0	3016,8
სახელმწიფო ტყის ფონდი სულ	1976,6	2072,4	1989,0	2017,0	2110,0	2153,4
საკოლმეურნეო ტყეები და სხვა ორგანიზაციები	852,9	786,3	854,2	905,4	899,0	863,4
რესპუბლიკის საერთო ფართობი	8285,7	8418,3	7286,3	7266,9	6949,4	6949,4

წყარო: [73] გვ. 50

სულ საქართველოს ტყეების მერქნის მოცულობა (წიწვოვანების, მაგარმერქნიანი ფოთლოვანების, რბილმერქნიანი ფოთლოვანების, სხვა მერქნიანი სახეობების და ბუჩქების ჩათვლით 1995 წლის მონაცემებით შეადგენს 434144 ათ. კუბ. მ. [74] გვ. 19-21 ამჟამად კი მისი მოცულობა 454515,4 ათ. კუბ. მ.-ა. რაც გარკვეულ ეჭვებს იწვევს (კანდელაკი 2013) [75]

საქართველოს ტყეების განაწილება გაბატონებული მერქნიანი სახეობების მიხედვით (1995 წლის მონაცემები)

#	ძირითადი მერქნიანობა	ფართობი ჰა	%	მერქნის მარაგი (ათ. კბ. მ.)	%
1	წიწვოვანები	454755,0	16,4	121905,7	28,1
2	მაგარმერქნიანი ფოთლოვანები	195019,5	70,5	290289,4	66,9
3	რბილმერქნოვანი ფოთლოვანები	298506	10,8	20052,0	4,6
4	სხვა მერქნიანი სახეობები	12064	0,4	657,7	0,1
5	ბუჩქები	51677	1,9	1238,8	0,3
	სულ	2767197	100	434144,0	100

წყარო: [74] გვ. 19-21

საქართველოს ტყეების განაწილება ძირითადი ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით, ათ. ჰა. (1995 წ.)

#	კატეგორიის დასახელება	ფართობი	% საერთო ჯამი
1	ნაკრძალი ტყეები	168,9	5,6
2	ძვირფასი ტყის მასივები	4,7	0,1
3	მწვანე ზონის ტყეები	265,7	8,9
4	ახლო ზონის საკურორტო ტყეები (პირობითად დამატებულია ყოფილი საკოლმეურნეო და საბჭოთა მეურნეობების ტყეები)	115,1	3,9
5	შორეული ზონის საკურორტო ტყეები	775,5	26
6	ნიადაგდაცვითი წყალმარეგულირებელი ტყეები	1623,1	54,3
7	ბარის დაცვითი-საექსპლუატაციო ტყეები	35	1,2
	სულ	2988,0	100

წყარო: [76] გვ. 5