



ზვავსაშიში რელიეფის ანალიზი და მოდელირება საქართველოს სამხედრო გზის გუდაური-კობის მონაკვეთის მაგალითზე

ნანა კვირკველია*

დოქტორანტი, საზოგადოებრივი გეოგრაფიის მიმართულება
სოციალურ და პოლიტიკურ მეცნიერებათა ფაკულტეტი
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მარიამ ციცავი, მერი გუგუშაშვილი

ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი,
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი

თოვლის ზვავები ბუნების სტიქიურ პროცესებს შორის ერთ-ერთი საშიში მოვლენაა, რომელიც საფრთხეს უქმნის ადამიანის სიცოცხლეს და დიდ მატერიალურ ზარალს იწვევს. დასავლეთის ქვეყნებში შემუშავებულია მრავალფეროვანი მეთოდოლოგია, რომლის მიხედვითაც ხდება ზვავსაშიში რელიეფის და ზვავების, როგორც სტიქიური პროცესის მოდელირება. აღნიშნულ ნაშრომში მოხდა საქართველოს სამხედრო გზის – გუდაური-კობის მონაკვეთის ზვავსაშიში რელიეფის მოდელირება პროგრამა Arcgis 10.3.1-ში. ვინაიდან საკვლევი ტერიტორია ზვავების აქტიურობით გამოირჩევა, მოინიშნა ზვავსაშიში ადგილები და მოიხაზა მათი წარმოქმნის ალბათობის არეალები. მოდელირების შედეგებით განისაზღვრა ზვავის მოწყვეტის ალბათობის 4 კლასი – ძალიან მაღალიდან დაბალისკენ. აღნიშნული კვლევის სიზუსტე შედარებულ იქნა ამავე რეგიონში ფრანგი კოლეგების მიერ ჩატარებულ კვლევის შედეგებს.

საკვანძო სიტყვები: ზვავი, მთიანი რეგიონი, სამხედრო გზა, ზვავსაშიში რელიეფის მოდელირება

*E-mail: nana.kvirkvelia@tsu.ge

Abstract

Snow avalanche is one of the most harmful natural hazards. Various methods have been developing for modeling avalanche hazard terrain and avalanche hazard as well by the western countries. The purpose of this paper is the analysis and modeling of snow avalanche terrain in ArcGIS 10.3.1 on Gudauri-Kobi section of the Military Road of Georgia. Study area which characterized by active snow avalanche has huge importance in country's economy. Four classes of avalanche tiger zones were identified as a results of our model. Accuracy assessment was made according to the results of the research held in the study area by our French colleagues.

Key words: Snow Avalanche, A Mountainous Region, The Military Road, Avalanche Terrain Modeling

შესავალი

ამა თუ იმ რეგიონის მდგრადი განვითარების შემადგერხებელ ფაქტორთა შორის არის ბუნებრივი სტიქიური პროცესებიც. საქართველო მთიანი ქვეყანაა და ხშირია ზვავები, მსხვერპლი და ზარალიც. აღნიშნული სტიქიური პროცესის შესწავლა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთ საავტომობილო

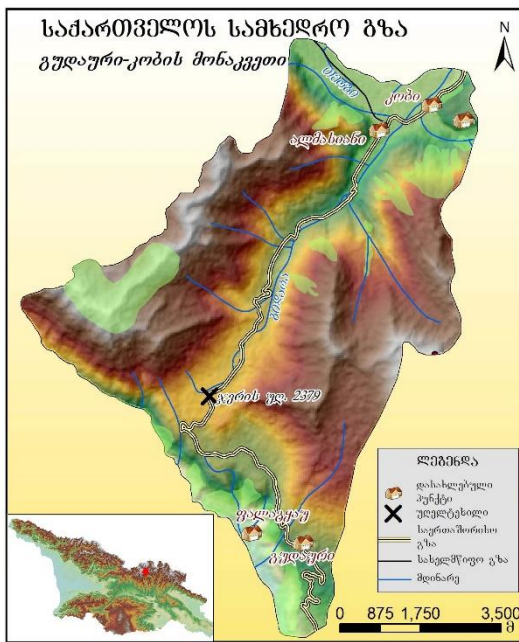
მაგისტრალებზე, რომელიც დიდ როლს ასრულებს არა მარტო ქვეყნის ფარგლებში, არამედ საერთაშორისო მიმოსვლაშიც. სწორედ ასეთია მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში არსებული საავტომობილო მაგისტრალი, რომელიც სამხედრო გზის სახელწოდებითაა ცნობილი (სურ. 1). ეს გზა ასრულებდა და დღესაც ასრულებს როგორც მცხეთა-მთიანეთის რეგიონისთვის, ასევე საქართველოსთვის სატრანზიტო, სავაჭრო-ეკონომიკურ, კულტურულ, ტურისტულ-რეკრეაციულ ფუნქციას. სწორედ ეს გზა აკავშირებს სამხრეთ კავკასიას ჩრდილოეთ კავკასიასთან და რუსეთთან. ამ გზის მნიშვნელობას კიდევ უფრო აძლიერებს გაზსადენი, რომელიც რუსეთიდან სამხედრო გზის გავლით სომხეთს მიეწოდება (კვირკველია, 2014). აღნიშნული გზის გასწვრივ, განსაკუთრებით კი კობი-გუდაურის მონაკვეთზე ხშირია ზვავების ჩამოსვლა, რომელიც სეზონზე დროებით აფერხებს მოძრაობას.

საქართველოს სამხედრო გზას ოდითგანვე დიდი ეკონომიკური და სამხედრო-სტრატეგიული მნიშვნელობა ჰქონდა, თუმცა ასეთი სახელწოდება მას

მხოლოდ მე-19 საუკუნეში მიენიჭა. ადრეულ საუკუნეებში აქ იყო ძნელად სავალი ბილიკი, რომელიც კავკასიონის ქედის გადამკვეთ სხვა ბილიკებთან ერთად გარკვეულ როლს

სურათი 1. საქართველოს სამხედრო გზის გუდაური-კობის მონაკვეთი

ასრულებდა ჩრდილოეთ კავკასიის რაიონებთან ურთიერთობის დამყარებაში. დარიალის ბილიკის არსებითი გაუმჯობესება დაიწყო მე-18 საუკუნის 70-იან წლებში, როცა დღის წესრიგში დადგა რუსეთის სამხედრო ნაწილების გადმოყვანა და სამხედრო ტექნიკის გადმოტანა ჩრდილოეთ კავკასიიდან



საქართველოში. მე-19 საუკუნიდან უმჯობესდებოდა გზის მშენებლობა და უკვე 1857 წელს დაიწყო ჯვრის უღელტეხის მშენებლობა, რაც დიდ სირთულეებთან იყო დაკავშირებული რთული ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების გამო. უკვე მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში სამხედრო გზის საუღელტეხილო უბანი, რომელიც 36 კმ-ს მოიცავდა, გადაიქცა ერთ-ერთ პირველხარისხოვან გზად რუსეთის იმპერიაში (კვერენჩილაძე, 1981). გზა აშენდა, მაგრამ გადაუჭრელი დარჩა ზვავებისა და ნამქერის უბნის ჯვრის უღელტეხილისათვის გვერდის აქცევის პრობლემა. ეს პრობლემა გადაუწყვეტელია ფაქტიურად ამჟამადაც. აღნიშნული მიზეზების გამო გადაწყვეტეთ ჩაგვეტარებინა კვლევა ამ ტერიტორიაზე.

თოვლის ზვავები საქართველოს საშუალო და მაღალმთიანი ზონებისათვის არის დამახასიათებელი და დიდ მატერიალურ ზარალს იწვევს. ზვავების წარმოქმნასა და გავრცელებას ძირითადად განაპირობებს რელიეფის ზედაპირის დიდი დახრილობა, დანაწევრება, მცენარეული საფარისა და მეტეოროლოგიური ელემენტების თავისებურებანი. საქართველოს ტერიტორიაზე ზვავების რეჟიმზე შედარებით ხანგრძლივი სტაციონალური დაკვირვება მხოლოდ ჯვრის უღელტეხილის თოვლ-საზვავე სადგურზე ხდებოდა. მისი მონაცემებით ერთი და იგივე ზვავშემკრებიდან 18-20 ზვავის ჩამოსვლაა დაფიქსირებული. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ რთული ზვავის კერების ციკაბო ფერდობებზე ახალმოსული თოვლის ზვავების მნიშვნელოვანი ნაწილი ზვავშემკრების ზედა ნაწილში ჩერდება ისე, რომ ვერ აღწევს საავტომობილო გზას (ქალდანი, 2003). საქართველოს ტერიტორიაზე თოვლის ზვავების განსაკუთრებული აქტივობა აღინიშნება 1970 წლიდან. კონკრეტულად, 1992 წლის თებერვალში კობი-ჯაზბეგის საავტომობილო გზის მონაკვეთზე 15 ზვავი ჩამოწვა და 4 დღელამე მოძრაობა შეწყდა. შესაბამისი სახელმწიფო სამსახურის მონაცემებით, 1996 წელს თოვლზვავი გუდაური-კობის მონაკვეთზე 149-ჯერ ჩამოწვა, რის შედეგადაც საავტომობილო გზა 42 დღის განმავლობაში დაიკეტა. იმავე წლის დეკემბერში, „თეთრი მთიდან“ (საქართველოს სამხედრო გზა) ჩამოწოლილ ზვავში 21 ადამიანი მოჰყვა. 1997 წელს გუდაური-კობის მონაკვეთზე თოვლზვავი 120-ჯერ ჩამოწვა, დაიღუპა 5 ადამიანი, საავტომობილო გზა დაკეტილი იყო 40 დღის განმავლობაში. 1998 წელს იმავე მონაკვეთზე ზვავი 54-ჯერ ჩამოწვა და 22 დღის განმავლობაში შეწყდა ტრანსპორტის მოძრაობა (საქართველოს გეოგრაფია. ნაწილი I, 2000). მეტ-ნაკლები აქტიურობით ეს პროცესები აქ ყოველწლიურად მეორდება და მთელი ზამთრის განმავლობაში მოსახლეობას მუდმივად მიეწოდება ინფორმაცია არსებული ვითარების შესახებ¹.

მეთოდოლოგია

ზვავასაშიში რელიეფის მოდელირებისას გასათვალისწინებელია უამრავი პარამეტრი და უნდა აღინიშნოს, რომ რაც უფრო მრავალმხრივი და მრავალრიცხოვანია ეს პარამეტრები, შედეგიც უფრო ზუსტია (Biskupic & Barka, 2010). თუმცა ხშირად მათზე წვდომა ან ძალიან რთულია ან შეუძლებელი. პირველ რიგში აუცილებელია რელიეფის რაც შეიძლება მაღალი გარჩევადობის, ციფრული მოდელი (DEM), საიდანაც მივიღებთ ინფორმაციას რელიეფის იმ მახასიათებლების შესახებ, რომელიც თავის მხრივ ხელს უწყობს ზვავების ფორმირებას, მაგალითად ჰივსომეტრია, ფერდობების დახრილობა და ექსპოზიცია. რელიეფის გარდა აუცილებელია ინფორმაცია ქვეფენილ ზედაპირზე, კერძოდ მცენარეული საფარის შესახებ (Selcuk, 2013). მიმდინარე კვლევისას, დასახული მიზნის მისაღწევად გამოვიყენეთ მოდელი, რომელშიც განთავსდა ზემოთხსენებული პარამეტრები (Ingold, 2013). მოქმედებები შესრულდა

¹ <http://www.georoad.ge/?lang=geo&act=gallery&func=menu&pid=&type=2>

პროგრამა Arcgis 10.3.1-ში ASTER-ის 30 მ გარჩევადობის რელიეფის ციფრულ მოდელზე². თავდაპირველად გაკეთდა რეგიონის რელიეფის მორფომეტრიული ანალიზი. კერძოდ, გამოიყო რელიეფის ცალკეული ჰიფსომეტრიული საფეხურები, გამოთვლილ იქნა ფერდობების დახრილობა გრადუსებში და განისაზღვრა ფერდობების ექსპოზიცია. ასევე განისაზღვრა ზედაპირის უსწორმასწორობები, ამისათვის გამოყოფილ იქნა ფერდობების დადებითი და უარყოფითი ფორმები. რაც შეეხება მცენარეულ საფარს, მასზე ინფორმაცია მიღებულ იქნა Landsat 8 OLI-ს კოსმოსური სურათის კომპიუტერული დეშიფრირებით პროგრამა Arcgis 10.3.1-ში (სურ. 2).



სურათი 2. საკლვევი ტერიტორია Landsat 8 OLI-ს კოსმოსურ სურათზე

შემდეგ ეტაპზე, ანალიზისას მიღებული თითოეული რასტრული ფენა დაყოფილ იქნა ცალკეულ კლასებად და მიენიჭა რიცხვითი მნიშვნელობები, რის შედეგადაც მიღებულ იქნა სათანადო ფაქტორები, რომლებიც აღინიშნა ლათინური ასოებით (გუგეშაშვილი, 2016). უფრო დეტალურად, რელიეფის ჰიფსომეტრიულ საფეხურებს ზეგავარმოქმნის საშიშროების მიხედვით მიენიჭა განსხვავებული რიცხვითი მნიშვნელობები (ცხრ. 1). იგივე განმეორდა ზედაპირის დადებითი და უარყოფითი ფორმების შემთხვევაშიც. ფერდობების დახრილობის შემთხვევაშიც, ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა მივანიჭეთ $35-45^\circ$ დახრილ ფერდობებს, როგორც ზვავის წარმოქმნისათვის ყველაზე ხელსაყრელ პირობას (ცხრ.2). ამავე ცხრილშია მოცემული ფერდობების ექსპოზიციისა და მცენარეული საფარის შესაბამის ფაქტორთა მნიშვნელობები.

ცხრილი 1. ზვავის მოწყვეტის ზონების გამოყოფისას გამოყენებული ფაქტორები

სიმაღლე (მ)	H ფაქტორი	ზედაპირის უსწორმასწორობანი (პროფილი)	PI ფაქტორი	ზედაპირის უსწორმასწორობანი (სქემატური)	Pf ფაქტორი
< -1700	1	(-5)-(-0.2)	1	(-7)-(-0.5)	0.5
1700-1950	2	(-0.2)-0.2	1	(-0.5)-(-0.2)	1
1950-2200	0.5	0.2-0.5	1	(-0.2)-0.2	1
2200->	0.1	0.5-5	0.5	0.2-6	1

ცხრილი 2. ზვავის მოწყვეტის ზონების გამოყოფისას გამოყენებული ფაქტორები

ფერდობების დახრილობა	S ფაქტორი	ფერდობების ექსპოზიცია	EX ფაქტორი	მცენარეული საფარი	V ფაქტორი
0-10	0	ვაკე	0	მეჩხერი ტყე	1.5
10-19	0.4	N	0.8	ბალახი, მცირე ზომის ნაშალი	2.8
19-25	0.8	NE	0.5		

² ჩვენ არ გვქონდა წვდომა უფრო მაღალი გარჩევადობის რელიეფის ციფრულ მოდელზე.

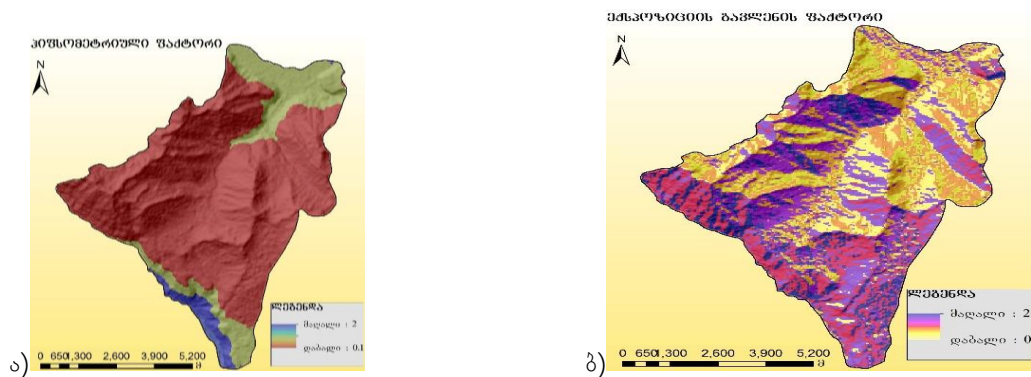
25-30	1.2	E	0.7	მასალა	
30-35	1.6	SE	1.5	ბალახი, ალაგ- ალაგ შიშველი კლდეები	3
35-45	2	S	2		
45-50	1.6	SW	1		
50-55	1.2	W	1.7		
55-60	0.8	NW	0.4		
60-70	0.4				

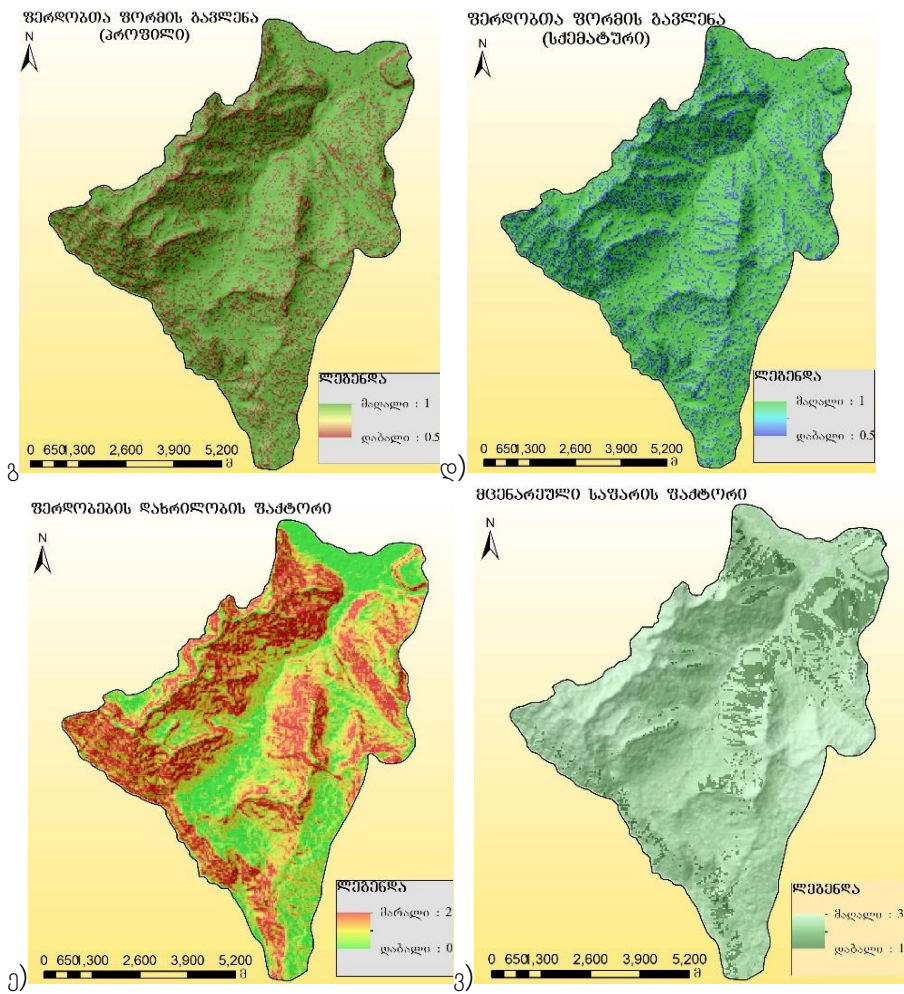
დასკვნით ეტაპზე ზემოხსენებული ყველა ფაქტორი განთავსდა ერთ ფორმულაში, საიდანაც მივიღეთ საბოლოო რიცხვითი მნიშვნელობა:

$$Av=(H+Ex+Pf+PI)*S*V \quad (1)$$

სადაც Av არის ზვავის მოწყვეტის საშიშროების ზონები, H-ჰიფსომეტრიული ფაქტორი (სურ.3.ა), Ex-ექსპოზიციის გავლენის ფაქტორი (სურ.3.ბ), Pf-ფერდობთა ფორმის გავლენა (პროფილი) (სურ.3.გ), PI-ფერდობთა ფორმის გავლენა (სქემატური) (სურ.3.დ), S-ფერდობების დახრილობის ფაქტორი (სურ.3.ე), V-მცენარეული საფარის ფაქტორი (სურ.3.ვ).

სურათი 3. ზვავსაშიში რელიეფის მოდელირებული ფაქტორები

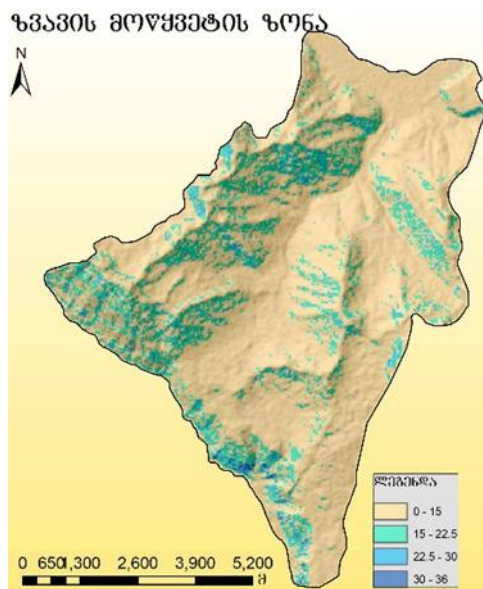




ცხრილი 3. ზედაპირული ფორმის გამაღმანა

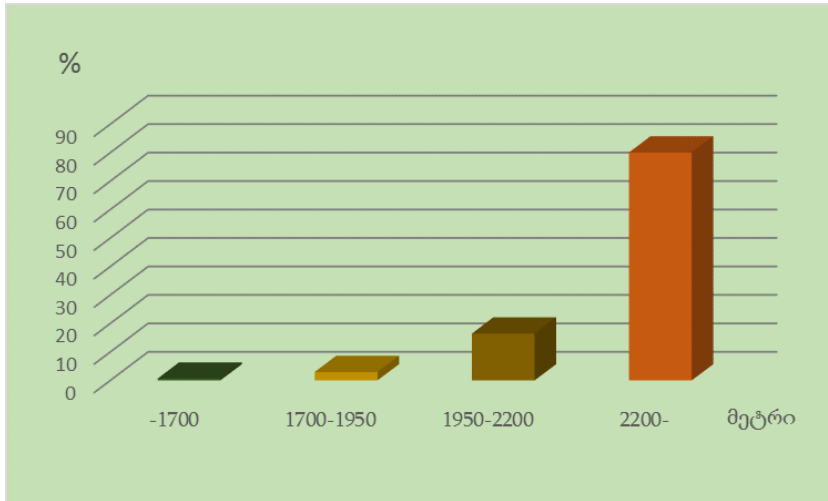
AV ფაქტორი	ზედაპირული ფორმის გამაღმანა
0-15	დაბალი
15-22.5	საშუალო
22.5-30	მაღალი
30-36	ძალიან მაღალი

მიღებული შედეგების თანახმად, მაქსიმალური მნიშვნელობა იყო 36, რაც ზედაპირული ფორმის გამაღმანაზე მაღალ საშუალოებაზე მიუთითებს, ხოლო მინიმალური – 0. გამოთვლის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები გადანაწილდა შემდეგნაირად (ცხრ. 3). მიღებული შედეგების სივრცული გამოსახულება იხილეთ (სურ.1.8)-ზე.



შედეგები

კვლევის პირველ ეტაპზე რელიეფის მორფომეტრიულმა ანალიზმა საინტერესო შედეგები მოგვცა. საკვლევ ტერიტორიაზე რელიეფის ჰიფსომეტრიული საფეხურებიდან ყველაზე მეტი უკავია 2200 მ-ზე მაღალ სიმაღლეებს – 80.03%, ხოლო ყველაზე ნაკლები (0.62%) წარმოდგენს 1700 მ-მდე საფეხურს (გრაფიკი 1).



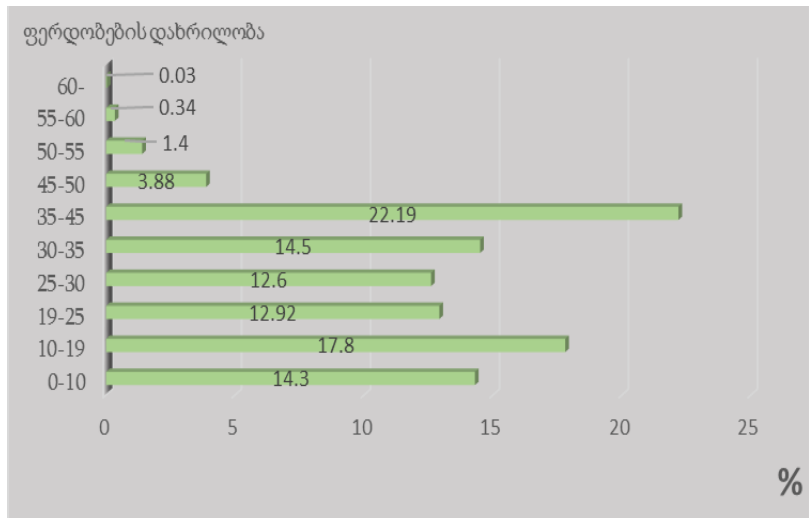
გრაფიკი 1. რელიეფის ჰიფსომეტრიული საფეხურების პროცენტული განაწილება

ფერდობების დახრილობის ანალიზმა კი აჩვენა, რომ ყველაზე მეტი ფართობი 22.19% უკავია 35-45° დახრილობის მქონე ფერდობებს. როგორც ცნობილია, სწორედ 35-45° დახრილობის ფერდობები მიიჩნევა ზვავის წარმოქმნისათვის ყველაზე ხელსაყრელ პირობად. ყველაზე ნაკლები – 0.03% უკავია 60°-ზე მეტად დახრილ ფერდობებს, სადაც

თოვლის დაგროვება და ზვავების წარმოქმნა პრაქტიკულად არ ხდება (გრაფიკი 2).

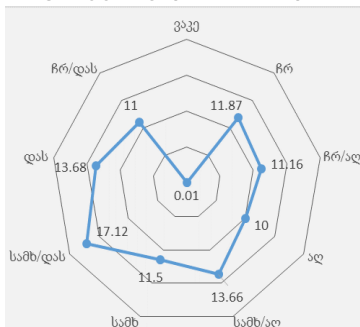
რაც შეეხება ზვავების წარმოქმნის ხელშემწყობ ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს – ფერდობების ექსპოზიციას, ჩვენს შემთხვევაში ყველაზე მეტი 17.12% უჭირავს სამხრეთ-დასავლეთ ექსპოზიციის მქონე ფერდობებს, ხოლო ყველაზე მცირე – 0.01% ლოგიკურად სწორ ზედაპირებს (გრაფიკი 3).

რელიეფის მორფომეტრიული ანალიზი



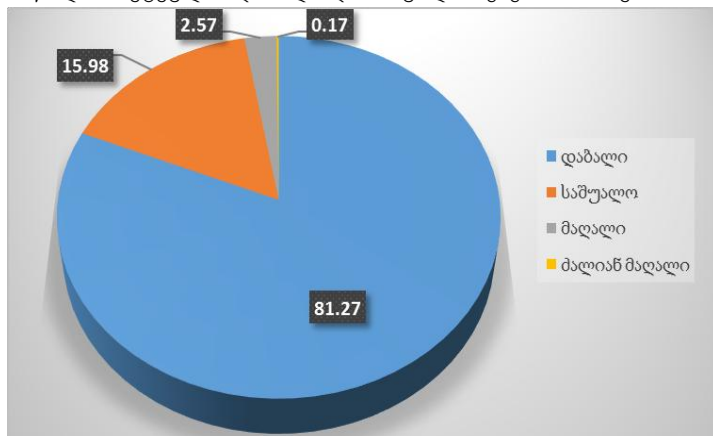
გრაფიკი 2. ფერდობების დახრილობების პროცენტული განაწილება

თვალნათლივ მიგვანიშნებს საკვლევი რეგიონის რელიეფის მრავალფეროვნებასა და სირთულეზე, რაც თავის მხრივ ხელს უწყობს ზვავების წარმოქმნას. მოდელირების დასასრულს მიღებული შედეგების ანალიზით ირკვევა, რომ რეგიონში ტერიტორიის დიდი



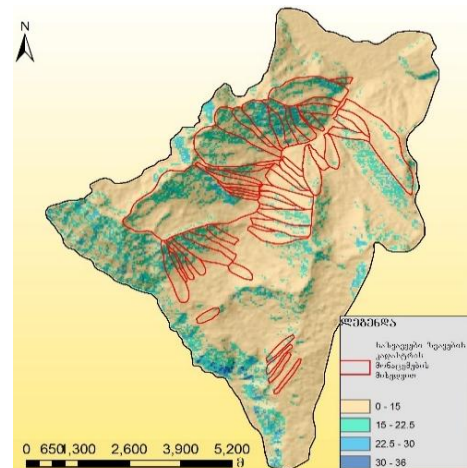
გრაფიკი 3. ფერდობების ექსპოზიციის პროცენტული განაწილება

ნაწილი მოქცეულია დაბალი და საშუალო ზვავსაშიშროების ზონაში (გრაფიკი 4).



ჩვენ მიერ მიღებული კვლევის შედეგების სიზუსტე შედარებულ იქნა ამავე რეგიონში ფრანგი კოლეგების მიერ ჩატარებულ კვლევის შედეგად მიღებულ ზვავების კადასტრის მონაცემებს.

გრაფიკი 4. ტერიტორიის განაწილება ზვავსაშიშროების მიხედვით



სურათი 4. ზვავის მოწყვეტის ზონები და ზვავშემკრებები

სურათი 5-დან ჩანს, რომ ჩვენს მიერ გამოყენებული მეთოდით მიღებულია კარგი შედეგები, რაც მეტ-ნაკლებად ემთხვევა რეალურ სურათს. თუ გავითვალისწინებთ იმასაც, რომ აღნიშნული კადასტრი შესრულდა მაღალი გარჩევადობის რელიეფის ციფრულ მოდელზე, სპეციალურად ზვავების მოდელირებისათვის შექმნილ ძვირადღირებულ პროგრამა RAMS-ში, მაშინ იმედი გვეძლევა, რომ სამომავლო დეტალური კვლევისა და დახვეწის პირობებში, თამამად შეგვიძლია ამ მოდელის გამოყენება საქართველოს იმ მთიანი რეგიონების ზვავსაშიშროების კერების კვლევისას, სადაც სტაციონალური დაკვირვებები დღემდე არ ხდება.

დასკვნა

ნებისმიერი რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას განაპირობებს მისი სატრანსპორტო-გეოგრაფიული მდებარეობა. ამ შემთხვევაში მცხეთა-მთიანეთის მოხერხებულ სატრანსპორტო-გეოგრაფიულ მდებარეობას განსაზღვრავს აქ არსებული სახმელეთო სატრანსპორტო მაგისტრალი – საქართველოს სამხედრო გზა. რეგიონის ეკონომიკურ-გეოგრაფიული მნიშვნელობა დამოკიდებულია იმაზე, რამდენად სტაბილურად ფუნქციონირებს ეს გზა. როგორც ცნობილია რეგიონი ხასიათდება მაღალი ჰიდრომეტრიულობით და საკმაოდ მკაცრი ბუნებრივი პირობებით. თოვლზვავების სიმრავლის გამო ზამთარში ხშირია შეფერხებები. აქედან გამომდინარე, საჭიროა აღნიშნული მხარის მუდმივი მონიტორინგი და პროგნოზი. ბუნების სტიქიური პროცესების, განსაკუთრებით ზვავების, კვლევის თანამედროვე მეთოდებით შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მარტო საბუნებისმეტყველო, არამედ სოციალურ-ეკონომიკური მიმართულებითაც. ნაშრომში ზვავსაშიშროების რელიეფის მოდელირების მეთოდით გამოიყო აღნიშნული გზის – გუდაური-კობის მონაკვეთის ზვავსაშიშროების ზონები პროგრამა ArcGIS 10.3.1-ში. შედეგად განისაზღვრა ზვავის წარმოქმნის მაღალი, საშუალო და დაბალი ალბათობის კერები. მიღებული შედეგები გათვალისწინებული უნდა იქნეს რეგიონის მდგრადი განვითარების პრობლემების შესწავლისას.

ბიბლიოგრაფია:

- გუგეშაშვილი, მ. (2016). *ზვავსაშიშრო რელიეფის გეოეკოლოგიური შეფასება და GIS ანალიზი (რაჭის მაგალითზე). სამაგისტრო ნაშრომი*. თბილისი: თსუ.
- კვერენჩილაძე, რ. (1981). სატრანსპორტო მეურნეობა. საქართველოს აღმოსავლეთ-ცენტრალური ეკონომიკური რაიონი (155-165). თბილისი: მეცნიერება.
- კვირკველია, ნ. (2014). ხევის მდგრადი განვითარების გეოგრაფიული პრობლემები. *ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული 6(85)*, 58-63.
- საქართველოს გეოგრაფია. ნაწილი I. (2000). თბილისი: მეცნიერება.
- ქალდანი, ლ. (2003). *ზვავსაშიშროების შეფასება და ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები (საქართველოს მაგალითზე)*. დისერტაცია. თბილისი.
- Biskupic, M., & Barka, I. (2010). Spatial Modelling of Snow avalanche Run-outs Using GIS. *GIS Ostrava*, 22-27.
- Ingold, K. F. (2013). *Remote Analysis Of Avalanche Terrain Features: Identifying Routes, Avoiding Hazards. Master Thesis*.
- Selcuk, L. (2013). An avalanche hazard model for Bitlis Province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analysis. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 523-535.