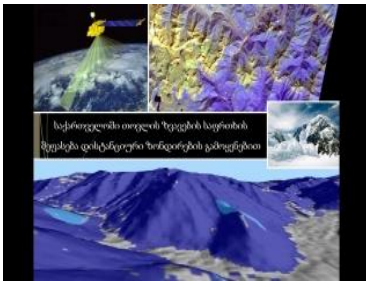


საქართველოში თოვლის ზვავების საფრთხის შეფასება დისტანციური ზონდირების გამოყენებით / Estimation of Avalanche risk by using remote sensing technologies

ლაშა სუხიშვილი / Lasha Sukhishvili



საქართველოში ეკონომიკის და ურბანიზაციის სწრაფი ტემპით განვითარება აუცილებლობას ქმნის, რომ განსახორციელებელი საბუნებისმეტყველო კვლევები გახდეს უფრო სწრაფი და მობილური. საქართველოს ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე, მიგვაჩნია რომ ძალიან მნიშვნელოვანია მეტი ყურადღება მიექცეს თოვლის ზვავების კვლევას და პროცესში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებას. თოვლის ზვავი და მისი საშიშროება

საქართველოს ზოგიერთი მუნიციპალიტეტის ნაწილს თითქმის ათოვანი იზოლაციაში ამყოფებს და თუ გავითვალისწინებთ იმას რომ ეს რეგიონები საქართველოში ეკონომიკის და ურბანიზაციის სწრაფი ტემპით განვითარება აუცილებლობას ქმნის, რომ განსახორციელებელი საბუნებისმეტყველო კვლევები გახდეს უფრო სწრაფი და მობილური. საქართველოს ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე, მიგვაჩნია რომ ძალიან მნიშვნელოვანია მეტი ყურადღება მიექცეს თოვლის ზვავების კვლევას და პროცესში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებას. თოვლის ზვავი და მისი საშიშროება საქართველოს ზოგიერთი მუნიციპალიტეტის ნაწილს თითქმის ათოვანი იზოლაციაში ამყოფებს და თუ გავითვალისწინებთ იმას რომ ეს რეგიონები (თუშეთი, ხევსურეთი- არხოტი, არღუნის ხეობა, მიდმახევი, პერიოდულად ყაზბეგის მუნიციპალიტეტი) რუსეთის ფედერაციას ესაზღვრებიან, ცხადი ხდება რომ საქართველოს სახელმწიფოს უსაფრთხოებისთვის სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს. გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემებით საქართველოში 5000-ზე მეტი იდენტიფიცირებული ზვავშემკრებია. მუდმივად, თითქმის ავტომატურ რეჟიმში, განახლებადი მონაცემები საშუალებას იძლევა ბუნებაში მომხდარი ცვლილებები სწრაფად აისახოს მონაცემთა ბაზაში, დამუშავდეს და მოხდეს ათასობით ზვავშემკრების სწრაფი დარუკება.

თოვლის ზვავი არის მთის ფერდობზე მოძრავი თოვლის მასა. მთიან რეგიონებში ბუნებრივი პირობების შეთანწყობა - რელიეფი, მცენარეული საფარი, ფერდობებზე მოსული მყარი ატმოსფერული ნალექები, ფერდობებზე ნაქარი თოვლის დაგროვება, თოვლის დნობის შედეგად თოვლის ფენებს ან თოვლსა და ქვეყნილ ზედაპირს შორის წყლის გაჩენა და ა.შ. თოვლის ზვავწარმომქნელი ფაქტორებია.

საქართველოს მთიან რეგიონებში მოსახლეობა დროთა განმავლობაში დაგროვილი გამოცდილების გამო ცდილობდა თავი აერიდებინა ზვავსაშიშ ადგილებში დასახლებისგან და ისეთ სამოსახლო ადგილებს არჩევდა, რომელიც ზვავებისაგან ყველაზე მეტად იყო დაცული. ადამიანების ეს მიდგომა შეიძლება ზვავსაშიშროების პირველ შეფასებად ჩავთვალოთ.

საქართველოს ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე თოვლის საფარის მახასიათებლების თავისებურებას შავი ზღვის გავლით საქართველოს ტერიტორიაზე შემოჭრილი ნოტიო ჰაერის მასები განაპირობებს. ამასთანავე, კარგად შეიმჩნევა თოვლის საფარის მახასიათებლების მჭიდრო კავშირი ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლესთან (მათი ზრდა სიმაღლის მატებასთან ერთად). ამ კავშირში გარკვეული კორექტივები ზოგიერთ მთიან რეგიონში ოროგრაფიულ თავისებურებებს შეაქვს.

თუ მტკიცედ შეკავშირებული თოვლის ფენებს შორის, ან მტკიცედ შეკავშირებულ ფენაზე, წარმოიქმნა სუსტად შეკავშირებული ფენა, მაშინ ფერდობის დახრილობის და ტრიგერ ფაქტორის არსებობის შემთხვევაში სუსტი ფენა მტკიცე ფენაზე დასრიალდება და ჩამოყალიბდება ფენობრივი თოვლის ზვავი.

თოვლის ზვავების წარმოსაქმნელად საჭიროა, ისეთი ტრიგერ ფაქტორის არსებობა, რომელიც დაარღვევს ბალანსს თოვლის საფარის მდგრადობასა და დაძაბულობას შორის. ასეთი შეიძლება იყოს ბუნებრივი ფაქტორები, როგორცაა ატმოსფერული ნალექი (თოვლი ან წვიმა), ნაქარი თოვლი, მზის რადიაცია და ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება, მიწისძვრა და სხვ. არსებობს ანთროპოგენური ტრიგერ ფაქტორებიც, ასეთებია სამთო-სათხილამურო სპორტთან დაკავშირებული აქტივობები, ლაშქრობა, ავტო ტრანსპორტითა და სხვადასხვა მექანიზმებით გამოწვეული ვიბრაციები, აფეთქებები და ა.შ.



ვენი კვლევა შეეხება თოვლის ზვავწარმოქმნელი კერების, დისტანციური ზონდირების საშუალებით მიღებული მონაცემებით, იდენტიფიცირებას. ეს მონაცემები მუდმივად, თითქმის ავტომატურ რეჟიმში განახლებადია. მეთოდი გამოირჩევა სისწრაფით და მისი სიზუსტე დიდწილად დამოკიდებულია გამოყენებული გამოსახულებების რერეზოლუციაზე. დისტანციური ზონდირება არის დედამიწის ზედაპირზე დაკვირვება მასთან ფიზიკური კონტაქტის გარეშე. ჩვენ ვიყენებთ დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრ Terra.

MODIS-ის და ASTER-ის მონაცემები დავამუშავეთ და შევქმენით ჩვენი კვლევისთვის საჭირო სხვადასხვა კომპონენტის რუკები. თემატურ რუკებზე მნიშვნელობები რიცხვებითაა გამოსახული. ამიტომ მოხდა თემატური რიცხვითი მნიშვნელობების რეკლასიფიკაცია. კერძოდ, ყოველ რუკაზე გამოიყო მნიშვნელობების ოთხი ჯგუფი: პირველ ჯგუფში გაერთიანდა ზვავის წარმოქმნისადმი ყველაზე მეტად მიდრეკილი მნიშვნელობები. მეორე ჯგუფში - საშუალოდ მიდრეკილი მნიშვნელობები, ხოლო მესამეში - ზვავის წარმოქმნისადმი ყველაზე ნაკლებად ხელის შეშეშობი მნიშვნელობები. მეოთხე ჯგუფში გაერთიანდა ყველა ის მნიშვნელობა, რომლებიც საერთოდ არ წარმოადგენს ზვავის ხელშეშეშობ ღირებულებას.

ბოლოს, ზემოთ აღწერილი კრიტერიუმის რუკები დავაჯამეთ და მივიღეთ საქართველოში თოვლის ზვავების საფრთხის ოთხდონიანი შეფასების რუკა შემდეგი კლასიფიკაციით- მაღალი საფრთხე, საშუალო საფრთხე, დაბალი საფრთხე და უსაფრთხო.

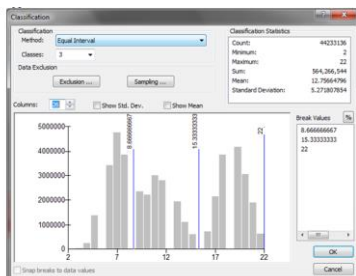
ზვავწარმოქმნელი ფაქტორებიდან თავი მოვუყარეთ ექვსი მათგანის კრიტერიუმთან რუკას, ესენია:

- ფერდობის დახრილობა;
- თოვლის საფარის სივრცითი და დროითი განაწილება;
- აბსოლუტური სიმაღლე;
- ფერდობის მზის მიმართ ექსპოზიცია;
- რელიეფის ფორმები;
- ტყის საფარი.

სამწუხაროდ, მონაცემების არქონის გამო ვერ მოვიცავით ყველა მნიშვნელოვანი კომპონენტი.

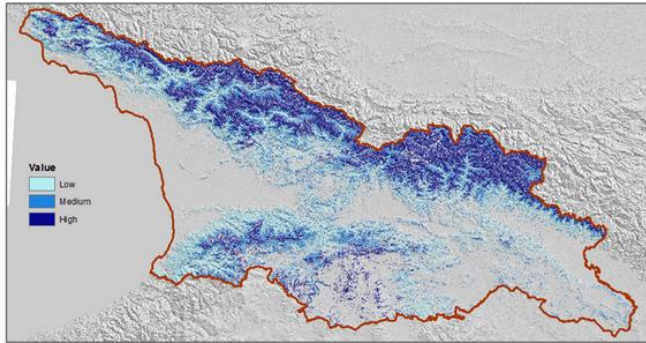
სხვადასხვა კრიტერიუმის კლასიფიცირებული რუკების შექმნის შემდეგ GIS-ში მოხდა მათი შეწონილი მნიშვნელობების დაჯამება. შედეგად ყოველ პიქსელს დაუგროვდა საფრთხის აღმნიშვნელი მნიშვნელობა- რაც მეტია რიცხვითი მნიშვნელობა მით მეტია იმ ადგილას თოვლის ზვავის წარმოქმნის საფრთხე.

კლასიფიკაციისთვის გამოვიყენეთ მნიშვნელობების თანაბარი ინტერვალის მეთოდით განაწილება



აღსანიშნავია რომ ამ მეთოდით კლასიფიკაციამ ჩვენი აზრით გაამართლა რადგან პიქსელები სამ ბუნებრივ კლასად დაყო, სამივე კლასს თავისი პიკი და დაცხრომის ზონები ახასიათებს.

თოვლის ზვავწარმოქმნელი კერები საფრთხეების მიხედვით დაიყო სამ ნაწილად: დაბალი საფრთხე, საშუალო საფრთხე და მაღალი საფრთხე. ხოლო, მთლიანად საქართველოს რუკაზე არსებობს მეოთხე- უსაფრთხო ტერიტორიების ცნება



თოვლის ზვავწარმოქმნელი კერების რუკა კლასიფიკაციის შემდეგ

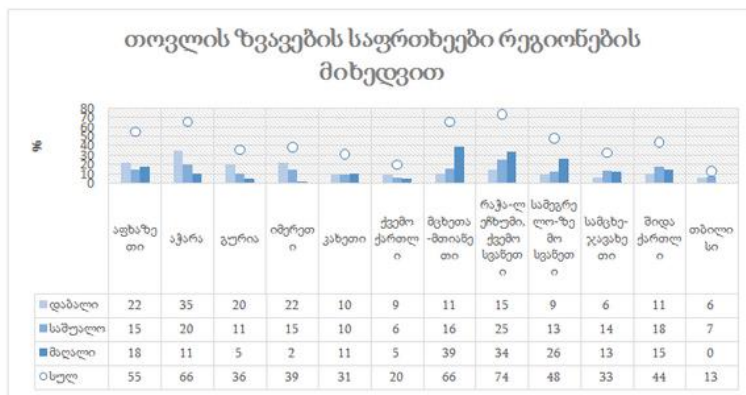
რუკაზე პიქსელის ზომა შეადგენს 27.8 მეტრს.

კვლევამ აჩვენა, რომ საქართველოს ტერიტორიის 45% წარმოადგენს ზვავწარმოქმნელ კერას.

საქართველოს ტერიტორიის 14% მოექცა დაბალი საფრთხის ზონაში, ამდენივე პროცენტი - საშუალო საფრთხის ზონას ერგო, ხოლო მაღალი საფრთხის ზონაში აღმოჩნდა საქართველოს მთლიანი

ტერიტორიის 17%.

საქართველოს ადმინისტრაციული რეგიონების მიხედვით მონაცემები შემდეგნაირად გადანაწილდა:

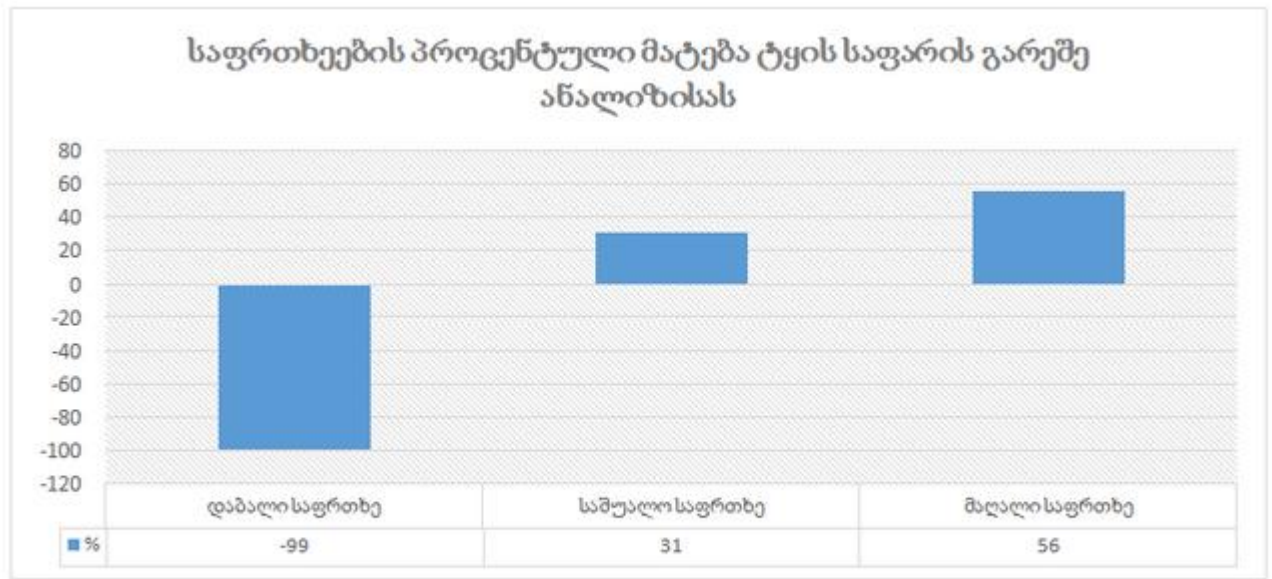


თოვლის ზვავების საფრთხეები რეგიონების მიხედვით

როგორც კვლევამ აჩვენა ყველაზე ზვავსაშიში რეგიონი რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთია (74%), მას მოსდევს მცხეთა-მთიანეთი და აჭარა (66-66%). საინტერესოა, რომ მაღალი საფრთხის ზვავწარმოქმნელ კერებში ლიდერობს მცხეთა-მთიანეთი, რაც ალბათ მოსალოდნელიც იყო, დიდი აბსოლუტური სიმაღლეების, ფერდობის დახრილობის, ტყის საფარის და ა.შ. კომპონენტების გათვალისწინებით.

პროცენტული მაჩვენებლით ყველაზე უსაფრთხო რეგიონი თბილისია (მთლიანი ფართობის 13%), აქ მაღალი საფრთხის მაჩვენებელი 0-ის ტოლია. თბილისის შემდეგ ყველაზე დაბალსაფრთხიანი ქვემო ქართლია მისი მაჩვენებელი 20%-ს შეადგენს, ხოლო კახეთი 31%-ით მესამე ადგილზეა.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ტყის საფარს გააჩნია თოვლის ზვავის წარმოქმნისთვის შემაფერხებელი ეფექტი. ჩვენ ჩავატარეთ ზვავწარმოქმნელი კერების საფრთხეების ანალიზი ტყის საფარის კომპონენტის გარეშე და მივიღეთ შემდეგი სურათი:



საფრთხეები პროცენტული მატება ტყის საფარის გარეშე ანალიზისას

შედეგებმა გვაჩვენა, რომ ფერდობებზე ტყის ჭრა ძალიან სახიფათოა, და საბოლოო ჯამში საფრთხეების ზრდის საკმაოდ სერიოზული ხელშემწყობი ფაქტორია.

საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ საქართველოს თოვლის ზვავების საფრთხეების შეფასების ჩვენს მიერ განხორციელებული კვლევა მოიცავს მხოლოდ თოვლის ზვავწარმოქმნელი კერების იდენტიფიკაციას და არ მოიცავს კალაპოტის ან გამოზიდვის კონუსის განსაზღვრას. ამასთან, მიღებული შედეგი გამოსახულია 28.7 მ-იანი პიქსელებით. თუმცა ზოგიერთი კრიტერიუმის რუკა (თოვლის სივრცული და დროითი განაწილება და ტყის საფარი) შექმნილია გაცილებით უფრო დიდი ზომის პიქსელის გამოსახულებებით, რამაც ბუნებრივია საბოლოო პროდუქტის ხარისხზე იქონია გავლენა. პიქსელის სპეციფიკიდან გამომდინარე, მისი ფორმა აუცილებლად უჯრედულია და ბუნებრივი იდეალური სიზუსტით ვერ ასახავს ზვავწარმოქმნელი კერების ფორმას.

გარდა პიქსელების ზომისა, კვლევის ხარვეზს წარმოადგენს ზვავწარმოქმნელი კრიტერიუმების არასრულყოფილი გათვალისწინება, მაგალითად, მონაცემების არქონის გამო ვერ გავითვალისწინეთ ქარის სიჩქარე და მიმართულება, თოვლის სიმკვრივე, თოვლში წყლის რაოდენობა, ციფრული რელიეფის მოდელი, თოვლის საფარის სიღრმე და ა.შ.

ზემოთ ჩამოთვლილი ხარვეზების ნაწილი გამოწვეულია იმიტაც, რომ კვლევისას გამოვიყენეთ მხოლოდ უფასოდ ხელმისაწვდომი დისტანციური ზონდირების მასალები.

აქვე უნდა აღინიშნოს ერთი თავისებურება, რაც შეეხება სემი-არიდულ და თოვლის ზვავებისთვის „არატრადიციულ“ არეალებში ზვავების საფრთხის დაფიქსირებას. გამომდინარე ყველა კრიტერიუმიდან, იმ კონკრეტულ ადგილებში თეორიულად შესაძლებელია, რომ ფერდობზე თოვლის მასა დაცურდეს. ეს პროცესი შესაძლებელია არაა მასშტაბური და შესამჩნევი, თუმცა მაინც ვარჩიეთ რომ შედეგებში ხელოვნური ჩარევისგან თავი შეგვეკავებინა და ხელუხლებად დაგვეტოვებინა.

