

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით*

ლარისა შენგელია, გიორგი კორძახია, გენადი თვაური, მურმან ძაძამია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, გარემოს ეროვნული სააგენტო)

რეზიუმე: განხილულია აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირებისა და GIS (გეო-საინფორმაციო სისტემები) ტექნოლოგიების გამოყენებით. ნახვენებია, რომ თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება და GIS ტექნოლოგიები მნიშვნელოვანი ინოვაციაა, რომელთა საშუალებით მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრა საიმედო შედეგებს იძლევა. ამ შედეგებზე დაყრდნობით მიღებულია მნიშვნელოვანი დასკვნები, რომელთაგან ერთ-ერთი ძირითადია ის, რომ მცირე მყინვარების კვლევისათვის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების გამოყენებით შესაძლებელია დავადგინოთ, თუ როგორ შეიცვალა მათი ზომები, რომელი მყინვარი უფრო მეტად შემცირდა ან საერთოდ გაქრა.

საკვანძო სიტყვები: მცირე მყინვარები; თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება; GIS ტექნოლოგიები.

შესავალი

აღმოსავლეთ საქართველოში მრავლადაა მცირე მყინვარები. თითოეული მათგანის ფართობი 0,5 კმ²-ს არ აღემატება. მცირე მყინვარების კვლევა მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე საკმაოდ შეზღუდული იყო, ბოლო წლების განმავლობაში კი ფაქტობრივად სრულიად შეწყდა. დღეს მათ შესასწავლად ეფექტურად გამოიყენება თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება, რომლის მეშვეობით შესაძლებელი გახდა მცირე მყინვარების მაღალი სივრცითი გარჩევადობის სურათების მოპოვება და შემდგომ ამ სურათებისა და [1, 2] შრომებში აღწერილი მეთოდოლოგიის საფუძველზე მათი კონტურებისა და მახასიათებლების დადგენა.

მყინვარების შესახებ სტანდარტიზებული ინფორმაცია მოყვანილია მსოფლიო მყინვარების კატალოგში (World Glacier Inventory–WGI^{**}), რომელიც დაცული და წარმოდგენილია მსოფლიო მყინვარების მონიტორინგის სამსახურის (World Glacier Monitoring Service–WGMS) ვებ გვერდზე:

* პროექტი ხორციელდება შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი FR /586/9-110/13). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლებელია არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

** WGI – მსოფლიო მყინვარების კატალოგის ელექტრონული ვერსია ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიისათვის შედგენილია მყინვარების კატალოგის ნაბეჭდი ვერსიის საფუძველზე.

www.wgms.ch. WGMS მდებარეობს შვეიცარიაში. მას მჭიდრო ურთიერთობა აქვს ქ. ბოულდერში (აშშ) თოვლისა და ყინულის ეროვნულ ცენტრში (National Snow and Ice Data Center–NSIDC) არსებულ გლაციოლოგიის მსოფლიო მონაცემთა ცენტრთან და პროექტთან, რომლის სახელწოდებაც „მიწისპირა ყინულების გლობალური გაზომვები კოსმოსიდან“ (Global Land Ice Measurements from Space – GLIMS).

ძირითადი ნაწილი

მყინვარების კვლევისთვის, ზოგადად, გამოიყენება GLIMS-ის მონაცემთა ბაზა. ეს ბაზა შექმნილია თანამგზავრ Terra-ს ASTER (Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) სენსორის მონაცემთა საფუძველზე [3]. ეს სენსორი, რომლის მაქსიმალური სივრცითი გარჩევადობა 15 მ-ს შეადგენს, ხილულ და ინფრაწითელ დიაპაზონებში მოიპოვებს მონაცემებს.

სენსორ ASTER-ის მონაცემების საშუალებით შესაძლებელია 30 მ სივრცითი გარჩევადობის რელიეფის ციფრული მოდელის (Digital Elevation Model – DEM) გენერირება. მულტისპექტრულ თანამგზავრულ მონაცემებთან ერთად ASTER DEM მყინვარების შესწავლის საუკეთესო საშუალებად იქცა [4, 5]. თანამგზავრული მონაცემების დამუშავებისათვის გამოიყენება GIS სისტემები – Google Earth, BEAM Visat და Quantum GIS Lisboa.

მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათების ხელმისაწვდომი წყაროა პროგრამა Google Earth. საქართველოს ტერიტორიის უმეტესი ნაწილისათვის ეს პროგრამა 0.5–0.8 მ-ის სივრცითი გარჩევადობის სურათებს გეთავაზობს, რაც მყინვარების კონტურების დიდი სიზუსტით დადგენის საშუალებას იძლევა. პროგრამა Google Earth-ის საშუალებით დავამუშავეთ NSIDC-ის მყინვარების მსოფლიო კატალოგის მონაცემები.

განსახილველი მყინვარები მცირე ზომის გამო GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში შეტანილი არ არის და, შესაბამისად, არც მათი კონტურებია მოცემული. მცირე მყინვარების შესასწავლად პირველ რიგში საჭირო გახდა მათი იდენტიფიცირება.

მცირე მყინვარების შესახებ ინფორმაცია დაცულია სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგში. ამავე კატალოგშია ინფორმაცია აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების შესახებ [6–8].

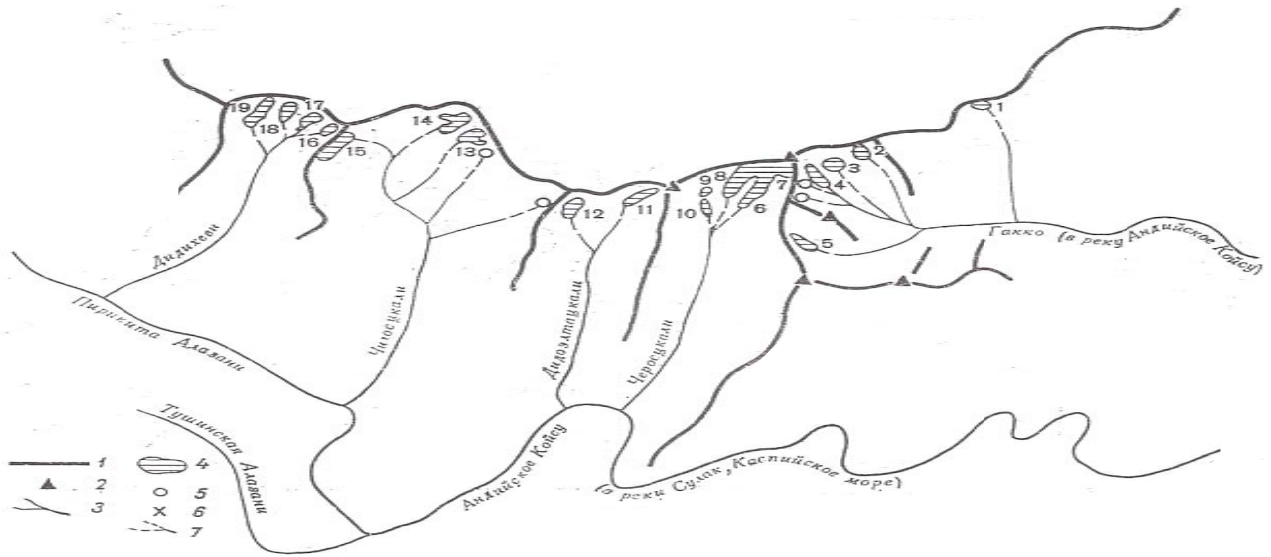
თანამგზავრიდან დედამიწის ზედაპირის მონიტორინგის განხორციელებაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ამინდის პირობები, კერძოდ, ღრუბლიანობის დროს გადაღებული თანამგზავრული სურათების გამოყენება სხვადასხვა მონაცემის მისაღებად ფაქტობრივად შეუძლებელია.

მყინვარებზე დაკვირვებისას ამ შეზღუდვას ემატება თვით მყინვარის ზედაპირის მდგომარეობა. აღსანიშნავია, რომ ამ დროს მყინვარი მაქსიმალურად თავისუფალი უნდა იყოს თოვლის საფრისაგან. კერძოდ, დისტანციური მონიტორინგი უნდა განხორციელდეს აბლაციის დამთავრებიდან პირველი თოვლის მოსვლამდე. თანამედროვე კლიმატის პირობებში საქართველოსათვის ეს დროითი ინტერვალი მოიცავს აგვისტოს ბოლოდან დაახლოებით ოქტომბრის დასაწყისამდე პერიოდს.

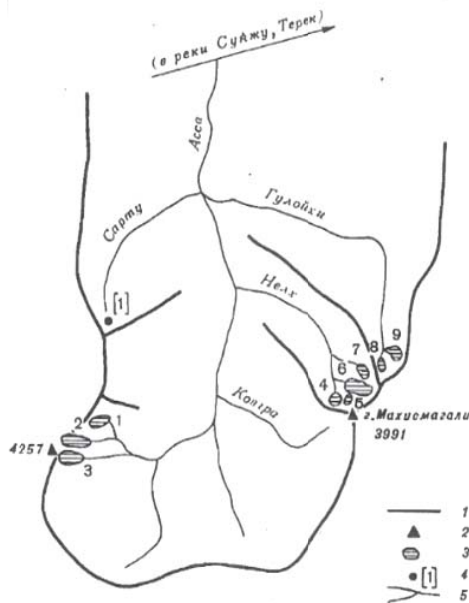
მყინვარების კონტურების გასაველებად გამოვიყენეთ Google Earth-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათები. კერძოდ, პირიქითი ქედის, ანუ თუშეთის ქედის მდინარეების აუზის მყინვარებისათვის 2006 წლის 26 აგვისტოთი, ხოლო მდინარეების – არხოტისწყლის და ჯუთას აუზების მყინვარებისათვის 2011 წლის 22 სექტემბრით დათარიღებული სურათები. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარები შესწავლილია იმ თანმიმდევრობით, როგორც ისინი წარმოდგენილია მყინვარების კატალოგის ცხრილში, ანუ აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ. განსახილველი მყინვარები მათი მცირე ზომის გამო GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში შეტანილი არ არის.

პროგრამა Google Earth-ის საშუალებით დამუშავებული NSIDC-ის მყინვარების მსოფლიო კატალოგის მონაცემებით შესაძლებელია მხოლოდ ზოგიერთი მათგანის საიდენტიფიკაციო კოდების დადგენა, რითაც შესაძლებელი გახდა ამ მყინვარების საორიენტაციოდ გამოყენება.

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის (აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ განლაგების მიხედვით) გამოიყენება მყინვარების კატალოგებში მოყვანილი სქემები [6–8, ნახ. 1–3].



ნახ. 1. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარეების – გაკოსა და პირიქითი ალაზნის – აუზებში; № 6–19 საიდენტიფიკაციო მყინვარები მდებარეობს მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში. 1 – წყალგამყოფები, 2 – მწვერვალი, 3 – მდინარე, 4 – მყინვარი თავისი ნომრით, 5–0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი, 6 – უღელტეხილები, 7 – წყლის დინებები, რომლებსაც არა აქვს მუდმივი ნაკადი



ნახ. 2. მყინვარების განლაგების სქემა მდ. ასას (საქართველოში – არხოტისწყალი) აუზში; № 1 – 3 საიდენტიფიკაციო მყინვარები. 1 – ქედი, 2 – მწვერვალი, 3 – 0,1 კმ²-ზე მეტი ფართობის მქონე მყინვარი და მისი ნომერი, 4 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი თავისი ნომრით, 5 – მდინარე



ნახ. 3. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარეების ფიაგდონის, გიზელდონის და თერგის ზემო წელში; № 96 და №97 საიდენტიფიკაციო მყინვარები თერგის აუზში (მდ. ჯუთას ხეობა). 1 – წყალგამყოფი, 2 – მწვერვალი, 3 – მყინვარგამყოფი, 4 – მდინარე, 5 – მოწისქვეშა დინება, 6 – მყინვარი თავისი ნომრით, 7 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი

უნდა აღინიშნოს, რომ მეტი სიზუსტისათვის ყველა მყინვარისათვის Google Earth-ის საშუალებით ხდება მათი მდებარეობის კოორდინატების განსაზღვრა და მსოფლიო კატალოგში მოცემულ კოორდინატებთან შედარება, რადგან მყინვარების კატალოგში კოორდინატები არ არის მოცემული. მსოფლიო კატალოგში საორიენტაციო მყინვარების მახლობლად მითითებულია თითოეული მყინვარის საიდენტიფიკაციო კოდი, რის საფუძველზეც შესაძლებელია მყინვარების კატალოგში მათი საიდენტიფიკაციო ნომრებისა და შესაბამისი მახასიათებლების განსაზღვრა.

შესასწავლი მყინვარებისათვის 1-ლ ცხრილში Google Earth-ის მიხედვით მოყვანილი გეოგრაფიული კოორდინატები ემთხვევა მსოფლიო მყინვარების კატალოგის (WGI) მონაცემებს, რაც მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტეს ადასტურებს. განსხვავებულია მხოლოდ რამდენიმე მონაცემი და ისიც ერთი მეასედით, რაც კოორდინატების გაზომვის სიზუსტის ფარგლებშია. ამდენად, შესასწავლი მყინვარებისათვის მსოფლიო კატალოგის მონაცემების მიხედვით მინიჭებული საიდენტიფიკაციო კოდები სინამდვილეს შეესაბამება.

გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ №7 და №13 მყინვარებიდან თითოეული დანაწევრდა ორ მყინვარად: 7a და 7b, 13a და 13b.

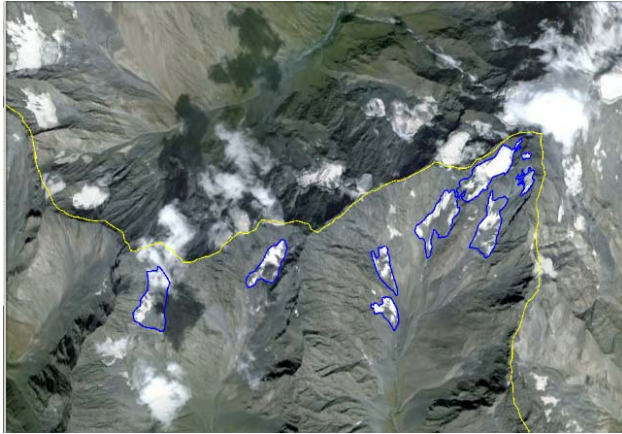
მყინვარების კოორდინატებით დაზუსტებული საიდენტიფიკაციო კოდები შესაბამისი სახელწოდებით და ნომრით სსრ კავშირის და მსოფლიო მყინვარების კატალოგებში

№	№ სსრკ კატალ. სქემის მიხედვით	ID WGI-ის მიხედვით	განედი Google Earth-ის მიხედვით	განედი WGI-ის მიხედვით	გრძელი Google Earth-ის მიხედვით	გრძელი WGI მიხედ.	სახელწოდება და № სსრკ კატალოგის მიხედვით	სახელწოდება და № WGI ფორმატის მიხედვით
1	6	SU4G09301006	42,479404	42,48	45,769522	45,78	92a	92A
2	7 a	SU4G09301007 a	42,484983	42,48	45,768290	45,78	92b	92B
3	7 b	SU4G09301007 b	42,486430	42,48	45,773772	45,77	92b	92B
4	8	SU4G09301008	42,479497	42,48	45,769748	45,77	ჩერო 92	CHERO (92)
5	9	SU4G09301009	42,484983	42,48	45,768290	45,77	92c	92V
6	10	SU4G09301010	42,475403	42,48	45,752128	45,75	92d	92G
7	11	SU4G09301011	42,475186	42,48	45,733515	45,73	აღმ. დიკლო 93	VOSTOCHNY DIKLO (93)
8	12	SU4G09301012	42,472363	42,47	45,715043	45,72	დას. დიკლო 94	ZAPADNY DIKLO (94)
9	13 a	SU4G09301013a	42,492794	42,50	45,681857	45,68	ჩიგოს მყინვარი №5, 96	CHIGOS-KINVARI 5 (96)
10	13 b	SU4G09301013 b	42,493194	42,50	45,685110	45,68	ჩიგოს მყინვარი №5, 96	CHIGOS-KINVARI 5 (96)
11	14	SU4G09301014	42,502027	42,50	45,675265	45,68	ჩიგოს მყინვარი №4, 97	CHIGOS-KINVARI 4 (97)
12	15	SU4G09301015	42,491326	42,50	45,648129	45,65	ჩიგოს მყინვარი №1, 100	CHIGOS-KINVARI 1 (100)
13	16	SU4G09301016	42,496920	42,50	45,645728	45,65	სამხ.-დას. დიდი ხევი, 101a	JUGO-ZAPANY DIDIHEVI (101A)
14	17	SU4G09301017	42,500871	42,50	45,639702	45,63	აღმ. დიდი ხევი, 101b	VOSTOCHNY DIDIHEVI (101B)
15	18	SU4G09301018	42,504329	42,50	45,633127	45,63	ცენტ. დიდი ხევი, 101c	ZENTRAL'NY DIDIHEVI (101V)
16	19	SU4G09301019	42,503331	42,50	45,624558	45,62	დას. დიდი ხევი, 101	ZAPADNY DIDIHEVI (101)
17	1	SU4G08012001	42,683965	42,68	44,865422	44,87	170	170
18	2	SU4G08012002	42,670947	42,67	44,847976	44,85	169	169
19	3	SU4G08012003	42,661115	42,67	44,842662	44,85	168	168
20	96	SU4G08011096	42,616036	42,62	44,834045	44,83	193	193
21	97	SU4G08011097	42,612081	42,62	44,821881	44,82	197	197

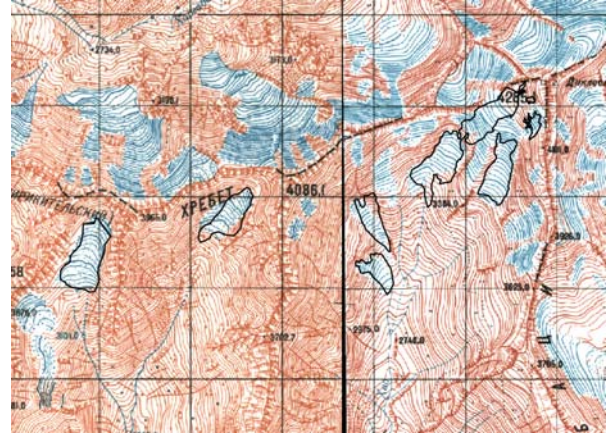
შესასწავლი მყინვარების კონტურების ვალიდაციისათვის გამოყენებულია გასული საუკუნის 60-იანი წლების სსრ კავშირის ტოპოგრაფიული რუკები (1:50000), რომლებსაც თავის დროზე მყინვარების კატალოგის შექმნისას იყენებდნენ.

მას შემდეგ, რაც დადგინდა შესასწავლი მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, შესაძლებელი გახდა აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრა.

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ვიზუალიზაცია Google Earth-ის მიხედვით და შესაბამისი ტოპოგრაფიული რუკები წარმოდგენილია მე-4–6 ნახებზე.

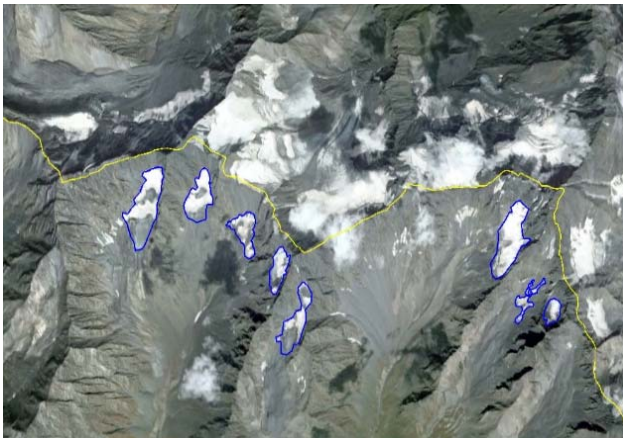


ა

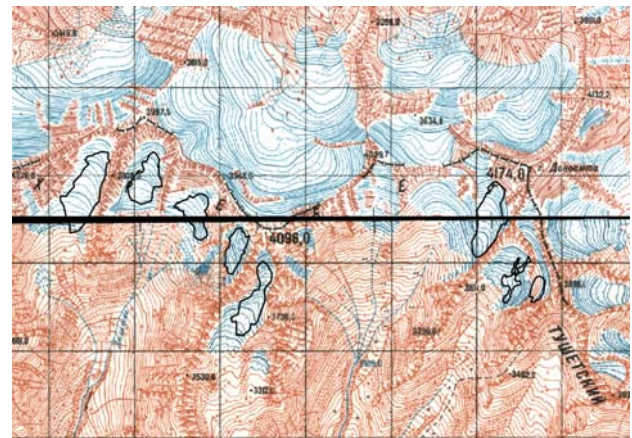


ბ

ნახ. 4. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩეროსწყლისა და დიდოელთაწყლის ხეობებში მდებარე მყინვარები. ა – 3D ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან



ა

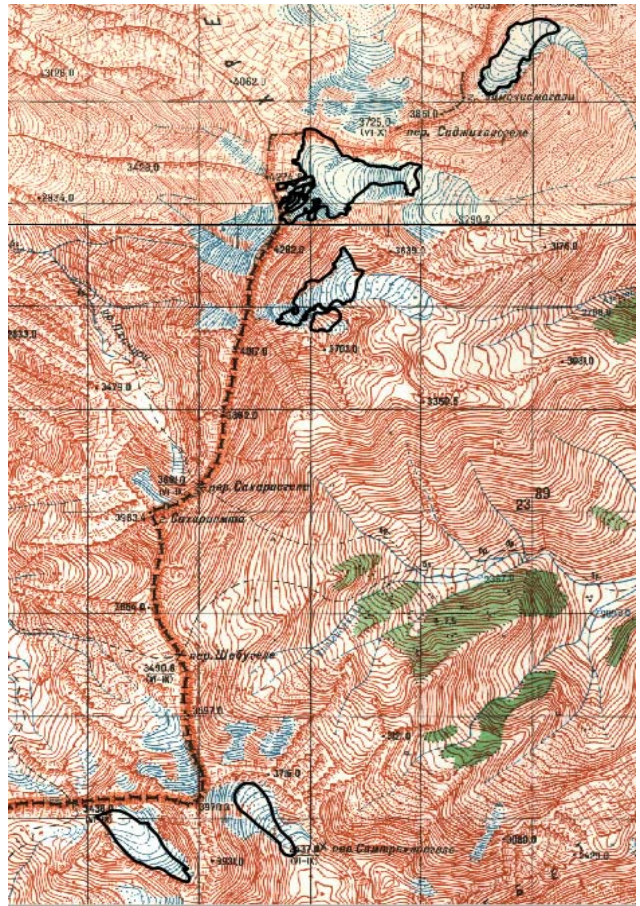


ბ

ნახ. 5. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩიგოსწყლისა და დიდიხევის ხეობებში მდებარე მყინვარები. ა – 3D ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან



ა



ბ

ნახ. 6. მდინარეების – არხოტისწყლისა და ჯუთას ხეობებში მდებარე მყინვარები. ა – 3D ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრისათვის საჭიროა მყინვარების ვიზუალიზაციის შემდგომ მათი კონტურების დაზუსტება.

შესასწავლი მყინვარების მცირე ზომის გამო მათი ფირნის ხაზის დადგენა თანამგზავრული ინფორმაციით ვიზუალურად საკმაოდ რთულია, რადგან მყინვარების კვების და აბლაციის არეები მკვეთრად არ არის გამოყოფილი. თუმცა ფირნის ხაზის დასადგენად, კატალოგის მსგავსად, გამოიყენება გეფერის მეთოდი. თანამგზავრული სურათით ასევე რთულია მცირე ზომის მყინვარების მთლიანი და ღია ნაწილის მკვეთრად გამოიყენება. იმ შემთხვევაში, როცა მყინვარების კატალოგის მიხედვით მთლიანი და ღია არის მნიშვნელობები ემთხვეოდა ერთმანეთს, თანამგზავრული ინფორმაციით მიღებული ღია არის მნიშვნელობები შეტანილ იქნა მთლიანი არის მნიშვნელობათა გრაფაში.

ზემოთ მოყვანილი მეთოდოლოგიის საფუძველზე დაზუსტდა მცირე მყინვარების კონტურები და განისაზღვრა ამ მყინვარების ძირითადი მახასიათებლები (ცხრილი 2).

თანამგზავრული ინფორმაციით მიღებული მყინვარების მახასიათებლების კატალოგის მონაცემებთან შესადარებლად საჭირო იყო მათი შესაბამისი მახასიათებლების სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგში მოძიება.

ადმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების მახასიათებლები. (1)-ით მითითებულ სვეტებში მოცემულია თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე მიღებული შედეგები; (2)-ით – მყინვარების სსრ კავშირის კატალოგის შესაბამისი მონაცემები

№	№ კატ. სვეტის მიხედვით	სსრკ კატალოგის მიხედვით მყინვარების სახელწოდება და №	მყინვარების მსოფლიო კატალოგში საინდენტიფიკაციო კოდი, ID	სსრკ კატალოგის მიხედვით მყინვარების სახელწოდება და №	მაქსიმალური სიღრმე (კმ)		ფართობი (კმ ²)		მინ. სიმაღლე (მ)				მაქს. სიმაღლე (მ)		ფირნის საზის სიმაღლე (მ)		აბლაციის არის ფართობი (კმ ²)				
					მოლიანი მყინვარის	ლია ნაწილის	მოლიანი მყინვარის	ლია ნაწილის	მოლიანი მყინვარის	ლია ნაწილის	მოლიანი მყინვარის	ლია ნაწილის	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)
1	6	92a	SU4G09301006	92a	0,7	1,0	0,7	1,0	0,16	0,4	0,2	3401	3041	3841	3800	3720	3540	0,135	0,25	-	-
2	7 a	92b	SU4G09301007 a	92b	0,2	0,5	0,2	0,5	0,024	0,1	0,024	3953	3760	4067	4200	-	-	-	-	-	-
3	7 b	92b	SU4G09301007 b	92b	0,08	0,5	0,08	0,5	0,004	0,1	0,004	4127	3760	4177	4200	-	-	-	-	-	-
4	8	ჩურო 92	SU4G09301008	92	1,8	2,0	-	1,5	0,38	0,6	-	3165	3080	4137	4080	3603	3560	0,21	0,3	0,2	0,2
5	9	92c	SU4G09301009	92c	0,6	0,4	-	-	0,1	0,1	-	2937	3200	3338	3400	-	-	-	-	-	-
6	10	92d	SU4G09301010	92d	0,5	0,9	0,2	0,2	0,1	0,2	-	2804	2800	3086	3130	-	-	-	-	-	-
7	11	93, აღმდ. კოდი	SU4G09301011	93	0,8	1,4	0,9	0,9	0,15	0,2	0,15	3381	3150	3690	3780	3706	3590	0,1	0,1	0,1	0,1
8	12	94, დას. დიდი	SU4G09301012	94	0,8	0,8	0,8	0,8	0,24	0,3	0,24	3370	3340	3671	3620	3425	3410	0,0	0,036	0,1	0,1
9	13a	96, ჩიგოს მყინვარი №5	SU4G09301013 a	96	0,15	1,5	0,6	0,6	0,035	0,4	0,2	3621	3200	3720	3760	3831	3620	0,036	0,3	0,1	0,1
10	13 b	96, ჩიგოს მყინვარი №5	SU4G09301013 b	96	0,4	1,5	0,6	0,6	0,043	0,4	0,2	3398	3200	3695	3760	3719	3620	0,043	0,3	0,1	0,1
11	14	97, ჩიგოს მყინვარი №4	SU4G09301014	97	0,9	1,0	0,9	1,0	0,2	0,3	0,2	3526	3380	3855	3800	3683	3610	0,19	0,2	0,19	0,2
12	15	100, ჩიგოს მყინვარი №1	SU4G09301015	100	0,9	1,4	0,9	1,4	0,15	0,3	0,15	3537	3460	3856	3800	3689	3650	0,115	0,3	0,115	0,3
13	16	101a სამხ-დას. დიდიხევი	SU4G09301016	101a	0,3	0,6	0,3	0,6	0,084	0,1	0,084	3687	3600	3922	3940	3764	3720	0,035	0,1	0,035	0,1
14	17	101b, აღმ. დიდიხევი	SU4G09301017	101b	0,32	0,5	0,3	0,5	0,1	0,1	0,1	3493	3420	3658	3610	-	-	-	-	-	-
15	18	101c, ცენტრ. დიდიხევი	SU4G09301018	101c	0,59	0,7	0,59	0,7	0,136	0,2	0,136	3541	3440	3753	3720	3691	3640	0,1	0,1	0,1	0,1
16	19	101, დას. დიდიხევი	SU4G09301019	101	0,98	1,3	0,98	1,3	0,26	0,3	0,26	3477	3380	3793	3810	3659	3610	0,179	0,2	0,179	0,2
17	1	170	SU4G08012001	170	0,9	1,0	-	0,6	0,21	0,3	0,2	3352	3420	3743	3780	-	-	-	-	-	-
18	2	169	SU4G08012002	169	1,79	1,8	-	1,7	0,47	0,6	0,47	3367	3120	4250	4160	3654	3530	0,074	0,2	0,074	0,2
19	3	168	SU4G08012003	168	0,8	1,2	-	0,8	0,26	0,3	0,26	3475	3320	3883	3860	3728	3650	0,2	0,2	0,2	0,2
20	96	193	SU4G08011096	193	0,8	1,0	0,8	1,0	0,13	0,3	0,13	3375	3360	3691	3830	3588	3580	0,098	0,2	0,098	0,2
21	97	197	SU4G08011097	197	1,0	1,1	1,0	1,1	0,22	0,3	0,22	3440	3420	3769	3770	3610	3600	0,172	0,2	0,172	0,2

მე-2 ცხრილის ანალიზმა აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების მახასიათებლების შესახებ გამოავლინა:

- მყინვარების სიგრძე მცირდება, გამონაკლისს წარმოადგენს ერთი მყინვარი (SU4G09301009);
- მყინვარების ფართობი მცირდება, გამონაკლისია ერთი მყინვარი (SU4G093010170), რომლის ფართობი არ იცვლება;
- მყინვარების მინიმალური სიმაღლე იზრდება, გარდა ორი მყინვარისა (SU4G09301009 და SU4G08012001);
- გაზომვის ცდომილების ფარგლებში უმეტესი რაოდენობის მყინვარისათვის მაქსიმალური სიმაღლე არ იცვლება, მაგრამ ზოგიერთი მყინვარისათვის – მცირდება. ეს აიხსნება მათი ზომების სიმცირით. ისინი მდებარეობენ მთის კალთებზე და დათბობის შედეგად მათი ზომები იკლებს როგორც ენის ბოლოს, ასევე ზედა ნაწილშიც.

დასკვნა

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის აღნიშნული მეთოდოლოგიის საფუძველზე ჩატარდა მყინვარების ზუსტი გეოგრაფიული მიბმა, რამაც მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტე უზრუნველყო.

შესასწავლი მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდების დადგენის შემდგომ განისაზღვრა მცირე მყინვარების კონტურები და მათი ძირითადი მახასიათებლები.

მიღებული მონაცემების დაწვრილებითმა ანალიზმა გამოავლინა მცირე მყინვარების ცვლილების თავისებურებები. მაგალითად, თუ დიდი ზომის მყინვარებისათვის მაქსიმალური სიმაღლე არ იცვლება, ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო, რომ მცირე ზომის მყინვარებისათვის იგი მცირდება.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრისათვის თანამგზავრული დისტანციური მონიტორინგი ფრიად ეფექტურია. ეს დასკვნა უადრესად მნიშვნელოვანია, რადგან ადრეც მცირე მყინვარების კვლევა მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე ძლიერ შეზღუდული იყო, ხოლო ბოლო წლების განმავლობაში მცირე მყინვარების კვლევა ფაქტობრივად არ ხორციელდება.

ამდენად, მცირე მყინვარების კვლევისას სწორედ თანამგზავრული დისტანციური ზონდირებაა ის ძირითადი საშუალება, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია იმის გაგება, თუ როგორ შეიცვალა მათი ზომები – რომელი მყინვარი უფრო მეტად შემცირდა ან საერთოდ გაქრა.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, ვ. ცომაია. სუათისის მყინვარების კვლევის შედეგები თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე. თბ.: ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 120, 2014, გვ. 52-56.
2. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G.Tvauri, V.Tsomaia, M. Dzadzamia. Satellite remote sensing outputs of the certain glaciers in the territory of East Georgia // Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. www.elsevier.com, 2014.
3. B. H. Raup, A. Kääh, J. S. Kargel, M. P. Bishop, G. Hamilton, E. Lee, F. Paul, F. Rau, D.Soltesz, S.J.S. Khalsa, M. Beedle&C. Helm. Remote sensing and GIS technology in the Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) Project. Computers and Geosciences, 33, 2007, p.104-125.
4. P. Frank, C. Huggel, A. Kääh. Combining satellite multispectral image data and a digital elevationmodel for mapping debris-covered glaciers. Remote Sensing of Environment, 89, 2004, p. 510-518.
5. T. Bolch and U. Kamp. Glacier mapping in high mountains using DEMs, Landsat and ASTER Data, 8th International symposium on high moutain remote sensing cartography, La Paz, Bolivia, 22 March, 2005.
6. Цомаея В. Ш. Каталог ледников СССР. Т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан. Л.:Гидрометеоиздат, 1975. – 95 с.
7. Панов В. Д., Боровик Э. С. Каталог ледников СССР. Т. 8, ч. 12, Северный Кавказ. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 52 с.
8. Цомаея В. Ш., Дробышев О.А. Каталог ледников СССР. Т. 8, ч. 11, Северный Кавказ. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 71 с.

RESEARCH OF EAST GEORGIAN SMALL GLACIERS ON THE BASIS OF REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGIES

L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia

(Hydrometeorological Institute of Georgian Technical University, M. Nodia Institute of Geophysics of I. Javakishvili Tbilisi State University, National Agency of Environment)

Resume: There is considered the determination of East Georgian small glaciers main characteristics on the basis of satellite remote sensing and GIS technologies. There is indicated, that remote sensing and GIS technologies are important innovations for this objective and it gives the reliable results for determination of the characteristics of the small glaciers. Based on the small glaciers research outputs, the important conclusions are received, one of which is essential, particularly, satellite remote sensing can be used to estimate the small glaciers sizes, how it changed, which glaciers sizes reduced more or disappeared in general.

Key words: small glaciers; satellite remote sensing; GIS technologies.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛЫХ ЛЕДНИКОВ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС ТЕХНОЛОГИИ

Шенгелия Л. Д., Кордзахия Г. И., Тваури Г. А., Дзадзамия М. Ш.

(Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Институт геофизики М. Нодия Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Национальное агентство окружающей среды)

Резюме: На основе спутникового дистанционного зондирования и ГИС технологии рассмотрены результаты исследований по определению основных характеристик малых ледников Восточной Грузии. Показано, что спутниковое дистанционное зондирование и ГИС технологии являются важной инновацией - она дает надежные результаты для определения основных характеристик малых ледников. На основе этих результатов получены важные заключения, основное из которых: для исследования малых ледников использование спутникового дистанционного зондирования дает возможность установить, как изменились их размеры, которые из них наиболее уменьшились или вовсе исчезли.

Ключевые слова: малые ледники; спутниковое дистанционное зондирование; ГИС технологии.