

UDC 504

SCOPUS CODE 2301

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-2-265-272>

წყალდიდობის პროგნოზირების საკითხისათვის

ერეკლე კეჩხოშვილი ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60

E-mail: e.kechkhoshvili@gtu.ge

ირინა ხუციშვილი კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტი, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0179, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 1

E-mail: irina.khutsishvili@tsu.ge

რეცენზენტები:

ი. იორდანიშვილი, სტუ-ის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტმდ

E-mail: i.iordanishvili@gtu.ge

მ. ხაჩიძე, თსუ-ის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის პროფესორი, ტმდ

E-mail: manana.khachidze@tsu.ge

ანოტაცია. კლიმატის გლობალურმა ცვლილებამ გამოიწვია სტიქიური ბუნებრივი მოვლენების და მათ შორის წყალდიდობების მკვეთრი ზრდა. უკანასკნელ პერიოდში მთელ მსოფლიოში ყოველწლიურად აღინიშნება მხოლოდ კატასტროფული წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების ათობითი შემთხვევა მრავალმილიონიანი ზარალითა და ადამიანთა მსხვერპლით. სტატიაში განიხილება წყალმოვარდნისა და ზოგადად წყალდიდობის პროგნოზირების საკითხი. მოყვანილია გაზაფხულის წყალდიდობებისა და წვიმისმიერი წყალმოვარდნების

ძირითადი განმასხვავებელი ნიშან-თვისებები. ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში დამუშავებულია სტატისტიკურ და არამკაფიო ანალიზზე დაფუძნებული პროგნოზირების გადაწყვეტილების მიღების მეთოდოლოგია, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს წყალდიდობის პროგნოზირებისათვის. მეთოდოლოგია შედგება ორი ეტაპისაგან. პირველ ეტაპზე ფასდება ერთი და იგივე საპროგნოზო მოვლენა სამი მეთოდით, რომელთა მეშვეობით კეთდება დამოუკიდებელი პროგნოზები. მეორე ეტაპზე ამ პროგნოზების მიხედვით მიიღება საბო-

ლო გადაწყვეტილება. წყალდიდობის პროგნოზირებისათვის ამ მეთოდოლოგიის გამოსაყენებლად შემოთავაზებული ფაქტორები უშუალოდაა დაკავშირებული ტერიტორიის კლიმატურ პარამეტრებთან და მდინარის კალაპოტის და ქვედა ტერასის მდგომარეობასთან. წყალდიდობების პროგნოზირების შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის ძირითადი მიზანი არის დროული ინფორმირება მოსალოდნელი კატასტროფის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: არამკაფიო კლასების ანალიზის სტატისტიკური მეთოდი; არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდები; ატმოსფერული ნალექები; ექსპერტონების მეთოდი; მდინარის წყალშემკრები აუზი; პრეცედენტებზე დაფუძნებული მსჯელობის მეთოდი; ფაზი-დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდი; წყალდიდობა; წყალმოვარდნა.

შესავალი

კლიმატის გლობალურმა ცვლილებამ XXI საუკუნეში გამოიწვია ბუნების ისეთი სტიქიური მოვლენების გახშირება, როგორცაა გვალვა, ქარიშხალი და ა.შ. მათ რიცხვს მიეკუთვნება წყალმოვარდნა და წყალდიდობა. მარტო 2023 წლის 9 თვეში საქართველოში წყალდიდობისგან დაზარალდა: მასი - ივნისში – ყვარელი, სიღნაღი, ლაგოდეხი, გურჯაანი, დუშეთი, გორი, ახალქალაქი; ივლისში – სამეგრელო-ზემო სვანეთის მუნიციპალიტეტები – სენაკის, ხობის, მარტვილის, ზუგდიდის, ქ. ფოთი; სექტემბერში – საგურამო და ლანჩხუთის მუნიციპალიტეტები.

ამგვარი მოვლენები დამახასიათებელია არამხოლოდ საქართველოსთვის. შეიძლება მოვიყვანოთ ამავე პერიოდში მთელს მსოფლიოში მომხდარი კატასტროფული წყალდიდობების ჩამონათვალი: იანვარი – კალიფორნია (აშშ); მარტი – ავღანეთი; მაისი – იტალია, კონგო, რუანდა; ივნისი – ინდოეთი, ბრაზილია; აგვისტო – პაკისტანი; სექტემბერი – თურქეთი, საბერძნეთი, ბულგარეთი, სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკა.

თითოეული აქ მოყვანილი შემთხვევა დაკავშირებულია მრავალმილიონიან ზარალთან და უმრავლეს შემთხვევებში, სამწუხაროდ, ადამინთა მსხვერპლთან

ძირითადი ნაწილი

წყალდიდობის პროგნოზირება და მასთან ბრძოლა კაცობრიობის აქტუალური პრობლემაა.

გაზაფხულზე თოვლისა და მდინარის მაღალმთიან სათავეში ყინულის დნობით გამოწვეული წყალდიდობების საკითხი შედარებით გადაწყვეტილია – ჯერ ერთი, ისტორიული გამოცდილებით ასეთი წყალდიდობის დაწყება ყოველი მდინარისთვის ცნობილია 1 – 2 კვირის სიზუსტით, მეორე, ასეთი წყალდიდობა დროში გახანგრძლივებულია, საშუალოდ 6 – 10 კვირა, წყალდიდობის ხარჯისა და წყლის დონეების თანდათანობითი ზრდით. მთავარი – წყალდიდობის სიძლიერე შეიძლება ვარეგულიროთ მდინარეზე წყალსაცავის (დიდ მდინარეებზე წყალსაცავების კასკადის) საშუალებით, რომლებშიც აკუმულირდება წყალდიდობის ხარჯის შემდგომი გამოყენების მიზნით.

ამგვარი წყალდიდობისაგან განსხვავებით, წვიმისმიერ წყალდიდობას ანუ წყალმოვრდნას ახასიათებს შემდეგი თავისებურებები:

- წყალმოვარდნა შესაძლებელია წლის ნებისმიერ დროს;
- წყალმოვარდნა განპირობებულია ხანგრძლივი, საშუალოზე მეტი ინტენსიურობის წვიმებით, შედარებით ხანმოკლე, თავსხმა წვიმებით ან მდინარის აუზში თოვლისა და ყინულის ინტენსიური დნობით, რაც გამოწვეულია გარემოს ტემპერატურის მკვეთრი ზრდით. ამასთან ერთად მდინარის ჩამონადენი მაქსიმალურია ან საშუალოზე მეტი;
- წყალმოვარდნის გავლის დრო იცვლება რამდენიმე საათიდან რამდენიმე დღემდე; ამასთანავე წყალმოვარდნის ხარჯი მკვეთრად იზრდება და მაქსიმუმს შეუძლია მიაღწიოს რამდენიმე საათში;
- წყალმოვარდნა ხშირად არის დაკავშირებული ღვარცოფთან და მეწყერთან, რაც ზრდის მის მიერ მიყენებულ ზარალს.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე ცხადი ხდება წყალმოვარდნით გამოწვეული წყალდიდობის პროგნოზირების სირთულე და ამ ამოცანის გადაწყვეტის აუცილებლობა.

ზოგადად პროგნოზირების ყველა მეთოდოლოგია თუ მეთოდი ეფუძნება ევრისტიკულ ან მათემატიკურ მიდგომას. ევრისტიკულ ცოდნაზე დაფუძნებული პროგნოზირება გამოიყენება იმ შემთხვევებში, როდესაც განსახილველი პრობლემა ეკუთვნის ე.წ. მწელად ფორმალიზებად ამოცანებს, ე.ი. როდესაც მისი ტრადიციული მათემატიკური ტერმინებით ჩამოყალიბება შეუძლებელია, რაც ხდება

ისეთი რთული მოვლენების პროგნოზირების დროს, რომლებიც აუცილებლად მოითხოვენ არამკაფიო კავშირებისა და ცნებების შემოღებას.

მოვლენა, რომლისთვისაც დგება პროგნოზი, უნდა იყოს წარმოდგენილი შესაბამისი საპროგნოზო სიდიდით, რომელიც შეიძლება აღიწეროს ე.წ. ლინგვისტური ცვლადის [1] საშუალებით, რომლის შესაძლო მნიშვნელობებია: „სუსტი“, „საშუალო“, „ძლიერი“, „კატასტროფული“. ანუ გვექნება კლასიფიკაციის ოთხი კლასი ზემოთ მოყვანილი მნიშვნელობებით. ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში შეუძლებელია მკაცრი საზღვრების გატარება კლასიფიკაციის კლასებს შორის, ე.ი. საპროგნოზო ცნება შეიცავს არამკაფიობას. თუ კლასიფიკაციის კლასები წარმოადგენს არამკაფიო სიმრავლეებს, კლასიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენება არ იძლევა სანდო შედეგებს. ამან განაპირობა არამკაფიო სტატისტიკური (ფაზი-სტატისტიკური) მეთოდების გამოყენება.

ადრე მომხდარი შემთხვევების ფაქტორების მნიშვნელობები, რომლებიც პირველადი მონაცემებია (დაკვირვებების შედეგები, გაზომვები და ექსპერტთა შეფასებები), სწორად მიღებულ გადაწყვეტილებებთან ერთად ქმნის იმ ინფორმაციას, რომელიც საფუძვლად უდევს გადაწყვეტილების მიღების პროცესს.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტში ავტორის მიერ დამუშავებულია სტატისტიკურ და არამკაფიო ანალიზზე დაფუძნებული პროგნოზირების გადაწყვეტილების მიღების მეთოდოლოგია, რომლითაც შესაძლებელია ბუნებრივი კატასტროფების პროგნოზირება.

იგი შედგება ორი ეტაპისაგან. პირველ ეტაპზე ხდება ერთი და იმავე საპროგნოზო მოვლენის შეფასება სამი მეთოდით, რომლებითაც კეთდება დამოუკიდებელი პროგნოზები. ეს მეთოდებია:

- არამკაფიო კლასების ანალიზის სტატისტიკური მეთოდი (Statistical Method of Fuzzy Grades' Analysis);
- ფაზი-დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდი (Fuzzy Discrimination Analysis);
- პრეცედენტებზე დაფუძნებული მსჯელობის მეთოდი (Case Based Reasoning).

ფაზი-სტატისტიკური და საექსპერტო მონაცემების საფუძველზე, თითოეული მეთოდით პროგნოზირება ხდება საკუთარი მიდგომით. სტატისტიკური მონაცემები წარმოადგენს არსებულ ისტორიულ პრეცედენტებს, როდესაც ბუნებრივი კატასტროფის გამოვლენილი შემთხვევების დროს საპროგნოზო ფაქტორების საფუძველზე შესაძლებელი იყო სწორი პროგნოზის მიღება.

არამკაფიო კლასების ანალიზის სტატისტიკური მეთოდით სარგებლობისა და გადაწყვეტილების მიღება ხასიათდება შემდეგით: უკვე არსებული სწორი პროგნოზების შემთხვევების და მათთვის გამოვლენილი საპროგნოზო ფაქტორების საფუძველზე შეიქმნება საპროგნოზო მოვლენის კლასიფიკაციის არამკაფიო კლასების ეტალონები და აიგება საპროგნოზო ცნებების რომელიმე კლასისადმი მიკუთვნების ფუნქციები, ხოლო გადაწყვეტილება მიიღება იმის მიხედვით, რამდენად “ახლოსაა” ახალი განსახილველი შემთხვევა რომელიმე ეტალონთან [2, 3].

არამკაფიო სიმრავლისადმი მიკუთვნების ფუნქცია არის ჩვეულებრივი სიმრავლის მახასიათებელი

ფუნქციის განზოგადება. იგი აიგება ექსპერტების სუბიექტური უპირატესობების მიხედვით და ამიტომ შეიძლება იყოს ნებისმიერი სახის [4].

ფაზი-დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდით ახალი პროგნოზის დასადგენად გამოვლენილი შემთხვევების ფაქტორები ფასდება იმის მიხედვით, თუ რამდენად უფრო მნიშვნელოვანია ისინი ერთი კონკრეტული პროგნოზისთვის სხვა დანარჩენ პროგნოზებთან შედარებით [5]. საბოლოო „კლასიკური“ პროგნოზის მიღების პრინციპად შეიძლება შეირჩეს მაქსიმალური შესაძლებლობის პრინციპი.

პრეცედენტებზე დაფუძნებული მსჯელობა მიეკუთვნება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებს. მისი იდეა ძალზე მარტივია: იმისათვის, რომ მივიღოთ სანდო პროგნოზი, ეძებენ წარსულში ახალი შემთხვევის ანალოგებს და ახალ პროგნოზად ირჩევენ ანალოგებისთვის სწორ პროგნოზს [6], რისთვისაც გამოითვლება მსგავსების ზომები ახალ და ყველა არსებულ შემთხვევას შორის. საუკეთესო პროგნოზად კი მიიჩნევა ისეთი, რომლის მსგავსება ახალ განსახილველ შემთხვევასთან უდიდესია. ამიტომ ამ მეთოდს ხშირად უწოდებენ „უახლოესი მეზობლის“ მეთოდს.

მეორე ეტაპზე, მეოთხე - **ექსპერტონების მეთოდი** (Expertons method) გამოიყენება საბოლოო გადაწყვეტილების მისაღებად. მეთოდი დაფუძნებულია მხოლოდ საექსპერტო ცოდნაზე. პირველი სამი მეთოდით შემოთავაზებული პროგნოზებიდან შეირჩევა ყველაზე დასაჯერებელი, სანდო პროგნოზი. ეს მეთოდი მუშაობს მხოლოდ მაშინ, როდესაც პირველ ეტაპზე მიღებული პროგნოზები განსხვავდება.

ექსპერტონი არის შემთხვევით-არამკაფიო ხდომილობის ალბათობის ცნების განზოგადება, როდესაც შემთხვევითი ხდომილობის ყოველი α -კვეთის ალბათობა იცვლება ალბათობათა ინტერვალებით. ისინი, თავის მხრივ, სტატისტიკურად განისაზღვრება ექსპერტთა ჯგუფის მიერ.

ექსპერტონების თეორიაში მტკიცდება, რომ ექსპერტონს აქვს იგივე ალგებრული თვისებები, რაც ალბათობას, როდესაც დაცულია ინტერვალური მონოტონურობის სპეციალური წესები. გადაწყვეტილების მისაღებად სრულდება ექსპერტონის შემდეგი გარდაქმნები: ა) ექსპერტონი დაიყვანება ალბათურ სიმრავლეზე საზღვრების საშუალო არითმეტიკულის ადებით; ბ) ალბათური სიმრავლე დაიყვანება არამკაფიო სიმრავლეზე მათემატიკური მოლოდინის საშუალებით.

ვთქვათ, პირველი სამი მეთოდით გაკეთებული პროგნოზების არამკაფიო სიმრავლე $E = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$ შეიცავს k ელემენტს – k საპროგნოზო კლასს. ზემოთ მოყვანილი გარდაქმნების შედეგად ყოველ P_j -ს შეესაბამება გარკვეული რიცხვი, რომელიც გამოხატავს ექსპერტების საერთო აზრის გათვალისწინებით დადგენილ ნდობის მნიშვნელობას. მაშინ, ექსპერტონების მეთოდის ალგორითმის მიხედვით ერთადერთი ყველაზე სარწმუნო პროგნოზი იქნება:

$$P^{Believable} = \max(P_j), j = 1, \dots, k,$$

სადაც P_j არის j -ური პროგნოზი.

მაშასადამე, მეთოდი მიიღებს ერთადერთ პროგნოზს, რომელშიც გათვალისწინებულია ექსპერტთა ჯგუფის ერთობლივი მოსაზრება [7].

მეთოდოლოგია აპრობირებული იყო მიწისძვრის შესაძლებლობის შესახებ გადაწყვეტილების

მიღებაზე ატმოსფეროს გეოფიზიკური და კლიმატური ფაქტორების მონაცემების მიხედვით. პირველადი მონაცემები მოიცავდა საქართველოს დუშეთის რეგიონში მიწისძვრების სტატისტიკას და მიღებული იყო სეისმური მონიტორინგის ეროვნული ცენტრიდან.

შემოთავაზებული მეთოდოლოგიით პროგნოზის სიზუსტე მიწისძვრის სპეციფიკური ამოცანის გადასაწყვეტად იყო დაახლოებით 70%. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ატმოსფეროს გეოფიზიკური და კლიმატური ფაქტორები არ წარმოადგენს მიწისძვრის ძირითად მახასიათებლებს, ეს შედეგი დამაკმაყოფილებელია.

წყალდიდობების პროგნოზირებისათვის ამ მეთოდოლოგიის გამოსაყენებლად უნდა შეირჩეს შესაბამისი ფაქტორები. ამისათვის ჩვენ გთავაზობთ შემდეგს:

- ატმოსფერული ნალექების სიდიდის და მათი მოსვლის ხანგრძლივობის პროგნოზი;
- ატმოსფერული ნალექების მოსვლის საპროგნოზო ფართობის შეფარდება მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობთან;
- მდინარის კალაპოტისა და ქვედა ტერასის მდგომარეობა.

ზამთრის თვეებისთვის ამ ფაქტორებს მიზანშეწონილია დაემატოს კიდევ ორი: ტემპერატურის საპროგნოზო აწევა და თოვლისა და ყინულის მოცულობა მდინარის წყალშემკრებ აუზში.

აღნიშნული ფაქტორების შერჩევა განპირობებულია შემდეგი მოსაზრებებით:

ატმოსფერული ნალექების სიდიდე [8, 9] არის წყალმოვარდნების გამომწვევი ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი. ამასთან ერთად წვიმის ინტენსიუ-

რობას აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა, რადგან დაბალი ინტენსიურობის შემთხვევაში მდინარეში წყლის დონის აწევა, გარკვეულ პირობებში, იქნება უმნიშვნელო. ამ ფაქტორის გამოყენებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს ორი, ერთი შეხედვით შეუთავსებელი მოთხოვნა – პროგნოზის საიმედოობა (მით უფრო მაღალი, რაც უფრო ხანმოკლეა საპროგნოზო ვადა) და საკმარისი დრო მოსახლეობის ინფორმირებისა და ევაკუაციისთვის.

ზამთრის თვეებში წყალმომარდის პროგნოზირებისას ატმოსფერული ნალექების სიდიდესთან ერთად გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება ჰაერის ტემპერატურის მატების პროგნოზს [10]. ამ ფაქტორს წაეყენება იგივე მოთხოვნა, რაც წინას. მეორე ფაქტორი არის მდინარის წყალშემკრებ აუზში დაგროვილი თოვლისა და ყინულის მოცულობა

ატმოსფერული ნალექი შეიძლება მოვიდეს მდინარის წყალშემკრები აუზის დიდ ან მცირე ფართობზე. წვიმამ, რომლის შედეგი იქნება მდინარეში წყლის დონის უმნიშვნელო მატება, შეიძლება გამოიწვიოს წყალმომარდნა მის შენაკადზე, რომლის წყალშემკრები ფართობი მთლიანად მოხვდა წვიმის ზონაში.

რაც შეეხება მესამე ფაქტორს, დიდი და მცირე მდინარეებისა და მშრალი ხეობების (რომელშიც წვიმის დროს მოედინება წყლის ნაკადი) უმრავლესობაზე აგებულია სხვადასხვა ზომისა და კონსტრუქციის ხიდები. გარდა ამისა, თუ მდინარე მოედინება დასახლებული პუნქტის ფარგლებში, მისი კალაპოტის ნაწილი შეიძლება იყოს დახურული და შესრულდეს გვირაბის, გალერეისა და მილის სახით. მდინარის კალაპოტის, ან ქვედა ტერასის საყოფაცხოვრებო ტექნიკის მსხვილგაბარიტიანი

ნარჩენებით დანაგვიანების, ან ქვედა ტერასაზე თვითნებური ავტოსადგომის მოწყობის შემთხვევაში, მდინარეში წყალმომარდნის ხარჯის გავლის დროს დიდია ალბათობა, რომ ხიდის ან გალერეის კვეთი ჩაიხერგოს. სიტუაცია კიდევ უფრო გართულდება თუ ამ დროს მდინარე რეცხავს ნაპირებს და წყალს მოაქვს გარეცხილი გრუნტი და ხემცენარეები. შედეგად, ჩახერგილი უბნის წინ წყლის დონე მკვეთრად მატულობს, ხოლო ხიდის შემთხვევაში, იგი შეიძლება დაინგრეს. ამის მაგალითად შეიძლება დასახელდეს ქ. თბილისში 2015 წლის მდ. ვერეს კატასტროფა [11]. ვაკისა და საბურთალოს შემაერთებელი გზის ქვეშ მდინარის გასატარებლად მოწყობილი იყო მრგვალი კვეთის გალერეა. წყალმომარდნის დროს იგი ჩაიხერგა ქვედა ტერასაზე მდგარი ავტომანქანითა და იქვე დაყრილი საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ნარჩენებით. სიტუაცია გართულდა, როდესაც ეს ხერგილი ჩაცემენტდა ნარეცხი გრუნტითა და მცენარეულობით. შედეგად, ხერგილის წინ მდინარეში წყლის დონემ აიწია რამდენიმე მეტრით.

აქვე უნდა დავუმატოთ, რომ თუ წყალდიდობის პროგნოზირება ხდება მდინარის წყალსაცავიანი უბნებისთვის, აუცილებლად გასათვალისწინებელია წყალსაცავის ავარიის რისკის ალბათობაც [12].

დასკვნა

წყალდიდობის პროგნოზირების შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის ძირითადი მიზანი არის მოსახლეობისა და პასუხისმგებელი ორგანიზაციების დროული ინფორმირება მოსალოდნელი კატასტროფის შესახებ, საევაკუაციო ღონისძიებების სრულყოფილი ჩატარების მიზნით. ამავე დროს,

მეთოდოლოგიაში მესამე ფაქტორის არსებობა იძლევა ამ სტიქიური მოვლენის პრევენციისა და მიყენებული ზარალის შემცირების გარკვეულ საშუალებას კალაპოტის გაწმენდის და მის ქვედა ტერასაზე ნებისმიერი სამეურნეო საქმიანობის კატეგორიული აკრძალვის გზით.

პროგნოზის სიზუსტე დამოკიდებულია შერჩეული ფაქტორების უტყუარობაზე, რომელთა არსი და რაოდენობა შეიძლება დაზუსტეს მეთოდოლოგიის ნატურული კვლევის პროცესში.

ლიტერატურა

1. Zadeh, L.A. (1975). The concepts of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 8, 199-249.;
2. Khutsishvili, I. (2009). The Combined Decision Making Technology based on the Statistical and Fuzzy Analysis and its Application in Forecast's Modeling. *WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS*. 8(7), 891-901.;
3. Li, Z., Chen, Z., Li, J. (1988). A Model of Weather Forecast by Fuzzy Grade Statistics. *Fuzzy Sets and Systems*, 26(3), 275-283.;
4. Dombi, J. (1990). Membership function as an evaluation. *Fuzzy Sets and Systems*, 35(1), 1-19.;
5. Sikharulidze, A. (2009). Generalized discrimination analysis. In: *Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Automatic, Control, Modelling and Simulation (ACMOS '09)*, Istanbul, Turkey, 312-315.;
6. Sirbiladze, G., Khutsishvili, I., Ghvaberidze, B. (2014). Multistage Decision-Making Fuzzy Methodology for Optimal Investments Based on Experts' Evaluations. *European Journal of Operational Research*, 232(1), pp. 169-177.;
7. Wang, K., Yang, Y., Reniers, G., Li, J., Huang, Q. (2022). Predicting the spatial distribution of direct economic losses from typhoon storm surge disasters using case-based reasoning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 68.;
8. Meladze, G., Meladze, M. (2010). *Agroclimatic resources of eastern regions of Georgia*. Tbilisi: Universali.;
9. Meladze, G., Meladze, M. (2012). *Agroclimatic resources of western regions of Georgia*. Tbilisi: Universali.;
10. Meladze, G., Meladze, M. (2020). *Climate Change: Agroclimatic Challenges and Prospects in Eastern Georgia*. Tbilisi: Universali.;
11. Gavardashvili, G., Diakonidze, R., Chakhaia, G., Tsulukidze, L., Kukhalashvili, E. (2015). Assessment and Analysis of Natural Hazards in the Riverbed of River Vere in 13-14 June, 2015 and Efficient Measures of Hazards Regulation. *Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University*, 70, 30 – 44.;
12. Vartanov, M., Iordanishvili, I., Kechkhoshvili, E., Beraia, N., Shogiradze, M. (2020). On the issue of forecasting the danger of accidents and disasters at the existing reservoirs of Georgia. *Scientific and Practical Internet Conference Collected Papers*, 49 – 59.

UDC 504

SCOPUS CODE 2301

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-2-265-272>

For Flood Forecasting Issues

Erekle Kechkhoshvili Tsothne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 60, I. Chavchavadze ave.

E-mail: e.kechkhoshvili@gtu.ge

Irina Khutsishvili Department of Computer Sciences, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia, 0179, Tbilisi, 1, I. Chavchavadze ave.

E-mail: irina.khutsishvili@tsu.ge

Reviewers:

I. Iordanishvili, Chief Scientist, Head of the Department of Seas and Reservoirs, Tsothne Mirtskhulava Institute of Water Management, GTU

E-mail: i.iordanishvili@gtu.ge

M. Khachidze, Professor, Faculty of Exact and Natural Sciences, I. Javakhishvili Tbilisi State University

E-mail: manana.khachidze@tsu.ge

Abstract. Global climate change has caused sharp increasing of natural calamities, including floods. In the course of recent period, over the entire world, every year there are occurring tens of cases of disastrous floods and waterflows characterized by damages worth of several millions and human losses. The issue of forecasting waterflows and floods, in general, is discussed in the article. There are given basic differentiating features-characteristics existing between spring floods and rain-caused waterflows. The methodology of forecasting related decision-making based on the Statistical Fuzzy Analysis is developed at Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, which methodology can be used for flood forecasting. The methodology consists of two stages. At the first stage one and the same prognostic event is assessed using three methods, which allow to make independent forecast. At the second stage, according to the mentioned forecast, the final decision is made. The factors suggested for application of this methodology for flood forecasting are directly related to the climatic parameters of the territory and the state of a river bed and lower terrace. The basic goal of the methodology suggested for flood forecasting is timely reporting on an anticipated disaster.

Keywords: case-based reasoning; experton's method; flood; fuzzy discrimination analysis method; fuzzy statistical methodologies; precipitation; river catchment basin; statistical method of fuzzy grades analysis; waterflow.

განხილვის თარიღი 05.02.2024

შემოსვლის თარიღი 12.02.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 10.06.2024