

УДК 681.327

თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენება მიწისძვრის შესაძლებლობასთან დაკავშირებული მონაცემების დამუშავებისთვის

თინათინ არევამე

ივ. ჯავახიშვილის სახ. სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის გამოყენებითი მათემატიკისა და კომპიუტერულ მეცნიერებათა ინსტიტუტი.

ანოტაცია

ნაშრომში აღწერილია მეთოდი, რომელსაც არამკაფიო კლასების სტატისტიკა ეწოდება. ეს მეთოდი შესაძლებელს ხდის სტატისტიკური მონაცემების გამოყენებას, როდესაც მიკუთვნების ფუნქციები და კლასების ხატები აგებულია.

პროგნოზის ამოცანა იწყება საპროგნოზო ობიექტის ფიქსირებით და დახასიათებით. მათემატიკურ მოდელში ობიექტს ეთანადება მისი დამახასიათებელი პარამეტრების სიმრავლე, რომელთა რიცხვითი მნიშვნელობების არე დაყოფილია სამ საპროგნოზო კლასად. ვინაიდან ეს კლასები არამკაფიოა, შესაბამისი მიკუთვნების ფუნქციების სუპორტები იკვეთება. ვითვლით არამკაფიო შერჩევით სიხშირეებს, შესაბამის არამკაფიო ფარდობით სიხშირეებს და საპროგნოზო ფაქტორების წონებს.

მეთოდი შემოწმებულია მაგალითზე. ჩვენ ავარჩიეთ ათი წლის მონაცემები საშუალო და ძლიერი მიწისძვრების შესახებ. ყოველი მონაცემისთვის ავიღეთ ელექტრული ველის მნიშვნელობა მიწისძვრამდე სამი დღით ადრე. გადაწყვეტილების მისაღებად გავაკეთეთ მრავალფაქტორული წრფივი სინთეზი არამკაფიო წონებსა და არამკაფიო სიხშირეებს შორის. ბოლოს, გამოვიყენეთ მაქსიმუმის პრინციპი და მივიღეთ საბოლოო გადაწყვეტილება.

საკვანძო სიტყვები: მიწისძვრის პროგნოზი, არამკაფიო კლასები, მიკუთვნების ფუნქცია, არამკაფიო სიხშირე, არამკაფიო წონა.

მიწისძვრის სიძლიერის განსაზღვრა ანუ იმის დადგენა, მიწისძვრა სუსტი იქნება, საშუალო სიძლიერის თუ ძლიერი, ექსპერტის მიერ შესაბამისი ფაქტორების შეფასებაზეა დამოკიდებული. აქედან გამომდინარე, მიწისძვრის შესაძლებლობის შესახებ გადაწყვეტილების მიღებისას საპროგნოზო ობიექტის განსაზღვრება შეიცავს სუბიექტურ კომპონენტს. ამ შემთხვევაში კლასიკური სტატისტიკის უშუალო გამოყენება დასაჯერებელ შედეგს არ იძლევა [1].

ქვემოთ აღწერთ არამკაფიო კლასების სტატისტიკის მეთოდს, რომელიც საპროგნოზო ცნებების შეთანხმებულობის ფუნქციებისა და არამკაფიო კლასების ხატების აგების შემთხვევაში სტატისტიკური მონაცემების გამოყენების საშუალებას იძლევა [2].

პროგნოზის ამოცანა იწყება საპროგნოზო ობიექტის ფიქსირებითა და დახასიათებით. მათემატიკურ მოდელში ობიექტს ეთანადება მისი დამახასიათებელი პარამეტრების სიმრავლე, რომელთა რიცხვითი მნიშვნელობების მთელი არე დაყოფილია ე.წ. საპროგნოზო კლასებად.

კლასების დასახელების შესაბამისად საჭიროა მიეთითოს სათანადო რიცხვითი ინტერვალები, რომლებიც ფარავენ საპროგნოზო სიდიდის მთელ არეს. ვინაიდან ხსენებული კლასები არამკაფიოა, შესაბამისი მიკუთვნების (შეთანხმებულობის) ფუნქციების სუპორტები იკვეთება. შემოვიღოთ აღნიშვნები:

საპროგნოზო ობიექტები: R_1, R_2, \dots, R_n

შესაბამისი შეთანხმებულობის ფუნქციები: $\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, \dots, \tilde{R}_n$

ფაქტორები: X_1, X_2, \dots, X_m

ფაქტორების კლასები: $X_{k_1}, X_{k_2}, \dots, X_{k_r}$, $k = \overline{1, m}$ $X_k = \bigcup_{j=1}^r X_{k_j}$

გარდა ამისა, შემოვიღოთ $n_{k_j}^i$ სიდიდეები, რომლებიც წარმოადგენენ i -ური საპროგნოზო ობიექტის შესაბამისი x_k -ური ფაქტორის j -ური კლასის შერჩევით სიხშირეებს. ეს სიხშირეები მიიღება უშუალო დაკვირვებებისა და გაზომვების საფუძველზე. მათემატიკურ მოდელში ისინი წარმოადგენენ პირველად ინფორმაციას. $n_{k_j}^i$ და \tilde{R}_i სიდიდეები განსაზღვრავენ არამკაფიო შერჩევით სიხშირეებს და შესაბამის არამკაფიო Fფარდობით სიხშირეებს [3]

$$\tilde{n}_{k_j}^m = \sum_i \mu_i^m n_{k_j}^i, \quad \tilde{f}_{k_j}^m = \frac{\tilde{n}_{k_j}^m}{\sum_i \tilde{n}_{k_j}^i} \quad (1)$$

სადაც μ_i^m არის შეთანხმებულობის ფუნქციის საშუალო მნიშვნელობა, როდესაც საპროგნოზო სიდიდე i -ური საპროგნოზო ინტერვალიდან მიეკუთვნება m -ურ საპროგნოზო ინტერვალს. აუცილებელია აგრეთვე გამოითვალოს საპროგნოზო ფაქტორის ყოველი კლასის წონა

$$w_{k_j} = \frac{\sum_i \tilde{n}_{k_j}^i}{\sum_j \sum_i \tilde{n}_{k_j}^i} \quad (2)$$

ამის Fშემდეგ უკვე Fშეიძლება გაკეთდეს პროგნოზი გარკვეული საპროგნოზო ფაქტორების კლასების ამონარჩევითვის. ამისთვის საჭიროა განისაზღვროს არამკაფიო წონები ყოველი საპროგნოზო ფაქტორის კლასისთვის მისი ინტერვალის შესაბამისად და განხორციელდეს მრავალფაქტორული წრფივი სინთეზი არამკაფიო წონებისა და არამკაფიო სიხშირეებისა და შედარდეს ყოველი საპროგნოზო ობიექტისთვის მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობები.

ჩვენ გვაქვს მონაცემები 1955წ-დან 1992წ-მდე საშუალო (3-5 ბალი) და ძლიერ (5-7 ბალი) მიწისძვრებზე საქართველოს ტერიტორიაზე. ჩვენ ნებისმიერად ავარჩიეთ ათ-ათი მიწისძვრა და თითოეული მონაცემისათვის ავიღეთ ელექტრული ველის მნიშვნელობა სამი, ორი, ერთი დღით ადრე და მიწისძვრის დღეს.

ვინაიდან ატმოსფეროს ელ. ველზე გარდა მიწისძვრის ფაქტორისა მოქმედებს სხვა ფაქტორებიც (როგორცაა ღრუბლიანობა, ქარიანობა და ა.შ.), ამიტომ ელ. ველის მნიშვნელობებში შევიტანეთ შესწორებები ამ ფაქტორების გათვალისწინებით. დავტოვეთ მხოლოდ მიწისძვრის მიერ გამოწვეული ელ. ველის მნიშვნელობები. სხვა

ფაქტორების მიერ ელ. ველში შეტანილი შესწორება დადგენილია ექსპერტის შეფასებების საფუძველზე).

ღრუბლიანობის სამი გრადაცია (CB ღრუბლები)

1. [0,2] ბალი – ველს აკლდება 18-20%;
2. [3,8] ბალი – ველს ემატება 13-15%;
3. [8,10] ბალი – ველს ემატება 25-30%.
4. ქარი: ა) თუ $V=2-10მ/წმ-12მ/წმ-მდე$, მაშინ ველი მცირდება 10%-ის ფარგლებში; ბ) $V=16მ/წმ-ზე$ მეტი არ ახდენს გავლენას.

შესწორებული მონაცემები გასაშუალოებულია დღე-ღამის მიხედვით და თავმოყრილია ცხრ.1-ში.

ელ. ველის მნიშვნელობა მიწისძვრამდე
3 დღით ადრე

ცხრილი 1

	საშუალო სიძლიერის მიწისძვრა	ძლიერი მიწისძვრა
I	11.11	5.171
II	6.413	12.88
III	6.808	1.363
IV	9.654	8.796
V	0.383	4.175
VI	8.346	2.975
VII	11.23	6.575
VIII	8.213	20.95
IX	5.138	6.879
X	9.421	-11.23

მსგავსი სახე აქვს ელ. ველის მნიშვნელობებს მიწისძვრამდე ორი, ერთი დღით ადრე და მიწისძვრის დღეს. ყველა შემდგომი გამოთვლა Qჩატარებულია ამ მონაცემებზე.

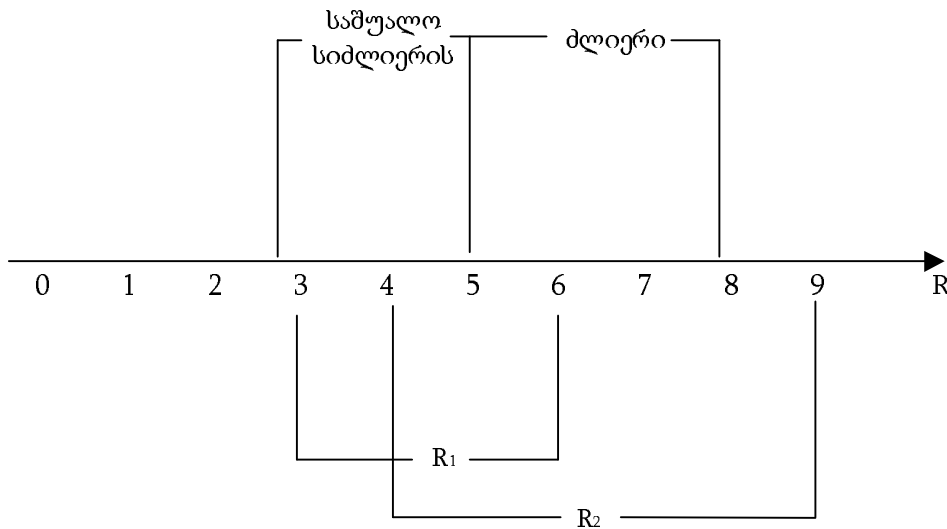
საპროგნოზო კლასების შეთანხმებულობის ფუნქციებს შემდეგი სახე აქვს:

$$\tilde{R}_1(R) \equiv \text{“საშუალო სიძლიერის”} = \begin{cases} 0, & R < 2 \\ \frac{1}{1+(R-4)^2}, & 2 \leq R \leq 6 \end{cases}$$

*) ჩვენ მივმართეთ ფიზიკის ფაკულტეტის გეოფიზიკის კათედრის გამგეს, პროფ. ზ. ხვედელიძეს, რომელიც დაგვეხმარა შესწორებების შეტანაში.

$$\tilde{R}_2(R) \equiv \text{“ძლიერი”} = \begin{cases} 0, & R < 4 \\ \frac{1}{1 + (0,333(R - 8))^2}, & 4 \leq R \leq 8 \\ 1, & R > 8 \end{cases}$$

მოყვანილი შეთანხმებულობის ფუნქციების შესაბამისი კლასიკური ინტერვალებისა და სუპორტების გადაფარვის სქემა ასეთია:



საპროგნოზო კლასების ინტერვალების მიხედვით შეთანხმებულობის ფუნქციათა გასაშუალოებულ სიდიდეებს შემდეგი სახე აქვს:

$$\mu_1^1 = \frac{1}{2} \int_3^5 \frac{dR}{1 + (R - 4)^2} = 0,23;$$

$$\mu_2^1 = \int_5^6 \frac{dR}{1 + (R - 4)^2} = 0,18;$$

$$\mu_1^2 = \int_4^5 \frac{dR}{1 + (0,333(R - 8))^2} = 0,38;$$

$$\mu_2^2 = \frac{1}{3} \int_5^8 \frac{dR}{1 + (0,333(R - 8))^2} = 0,78;$$

პირველადი მონაცემები, ანუ საშუალო სიძლიერის და ძლიერი მიწისძვრების მაგნიტუდების მნიშვნელობები მიწისძვრამდე სამი, ორი, ერთი დღით ადრე და მიწისძვრის დღეს წარმოადგენს ფაქტორებს, რომლებზეც დამოკიდებულია საპროგნოზო სიდიდის მნიშვნელობა. ყოველი ფაქტორი იყოფა სამ კლასად. ამ კლასების რიცხვითი ინტერვალებისა და (1)-(2) ფორმულების გათვალისწინებით ხდება პირველადი მონაცემების წარმოდგენა სიხშირეების სახით. შესაბამისი შედეგები მოყვანილია 12 ცხრილში.

ფაქტორების სიხშირეები

ცხრილი 2

საპროგნოზო ფაქტორი X	საპროგნოზო ქვეფაქტორები	ქვეფაქტორების სიხშირეები სხვადასხვა სიძლიერის მიწისძვრისთვის:		$\sum_{i=1}^2 n_{k_j}^i$
		კლასიკური სიხშირე (დაკვირვების შედეგი) საშუალო სიძლიერის R ₁	არამკაფიო სიხშირე (გამოთვლის შედეგი) ძლიერი R ₂	
X ₁ (სამი დღით ადრე)	X ₁₁	$\frac{1}{1,41}$	$\frac{1}{1,16}$	$\frac{2}{1,57}$
	X ₁₂	$\frac{8}{3,1}$	$\frac{7}{8,5}$	$\frac{15}{11,6}$
	X ₁₃	$\frac{2}{0,59}$	$\frac{2}{1,94}$	$\frac{3}{2,53}$
X ₂ (ორი დღით ადრე)	X ₂₁	$\frac{7}{2,33}$	$\frac{4}{5,78}$	$\frac{11}{8,11}$
	X ₂₂	$\frac{3}{1,59}$	$\frac{5}{5,04}$	$\frac{8}{6,63}$
	X ₂₃	$\frac{0}{0,18}$	$\frac{1}{0,78}$	$\frac{1}{0,96}$
X ₃ (ერთი დღით ადრე)	X ₃₁	$\frac{1}{0,59}$	$\frac{2}{1,94}$	$\frac{3}{2,53}$
	X ₃₂	$\frac{9}{3,15}$	$\frac{6}{8,1}$	$\frac{15}{11,25}$
	X ₃₃	$\frac{0}{0,36}$	$\frac{2}{1,56}$	$\frac{2}{1,92}$
X ₄ (მიწისძვრის დღე)	X ₄₁	$\frac{9}{3,15}$	$\frac{6}{8,1}$	$\frac{15}{11,25}$
	X ₄₂	$\frac{1}{0,59}$	$\frac{2}{1,94}$	$\frac{3}{2,53}$
	X ₄₃	$\frac{0}{0,36}$	$\frac{2}{1,56}$	$\frac{2}{1,92}$

არამკაფიო ფარდობითი წონები და არამკაფიო ფარდობითი სიხშირეები

ცხრილი 3

საპროგნოზო ფაქტორი	წონა	ფარდობითი სიხშირეები
X ₁ (სამი დლით ადრე)	X ₁₁ w ₁₁ =0.1	f ₁₁ ¹ = 0.2611 f ₁₁ ² = 0.7389
	X ₁₂ w ₁₂ =0.7389	f ₁₂ ¹ = 0.2672 f ₁₂ ² = 0.7328
	X ₁₃ w ₁₃ =0.1611	f ₁₃ ¹ = 0.2332 f ₁₃ ² = 0.7668
X ₂ (ორი დლით ადრე)	X ₂₁ w ₂₁ =0.5166	f ₂₁ ¹ = 0.2873 f ₂₁ ² = 0.7127
	X ₂₂ w ₂₂ =0.4223	f ₂₂ ¹ = 0.2398 f ₂₂ ² = 0.7602
	X ₂₃ w ₂₃ =0.0611	f ₂₃ ¹ = 0.1875 f ₂₃ ² = 0.8125
X ₃ (ერთი დლით ადრე)	X ₃₁ w ₃₁ =0.1611	f ₃₁ ¹ = 0.2332 f ₃₁ ² = 0.7668
	X ₃₂ w ₃₂ =0.7166	f ₃₂ ¹ = 0.28 f ₃₂ ² = 0.72
	X ₃₃ w ₃₃ =0.1223	f ₃₃ ¹ = 0.1875 f ₃₃ ² = 0.8125
X ₄ (მიწისძვრის დღე)	X ₄₁ w ₄₁ =0.7166	f ₄₁ ¹ = 0.28 f ₄₁ ² = 0.72
	X ₄₂ w ₄₂ =0.1611	f ₄₂ ¹ = 0.2332 f ₄₂ ² = 0.7668
	X ₄₃ w ₄₃ =0.1223	f ₄₃ ¹ = 0.1875 f ₄₃ ² = 0.8125

ახლა გადაწყვეტილების მისაღებად საჭირო ყველა მონაცემი გვაქვს.

დავუშვათ, ჩატარდა საპროგნოზო პარამეტრის, კერძოდ, ელექტრული ველის გაზომვა. მიღებულ მონაცემებს ვადარებთ თითოეული საპროგნოზო ფაქტორის თითოეულ რიცხვით ინტერვალს დღეების შესაბამისად. იმის მიხედვით, თუ რომელ ინტერვალში მოხვდება მონაცემები, ხდება ამ ინტერვალის შესაბამისი საპროგნოზო ობიექტის წონებისა და არამკაფიო ფარდობითი სიხშირეების დადგენა. “3 დლით ადრე” საპროგნოზო ფაქტორისთვის ეს არის X₁₃ რიცხვითი ინტერვალი, “2 დლით ადრე” საპროგნოზო ფაქტორისთვის – X₂₂ რიცხვითი ინტერვალი, “1 დლით ადრე” საპროგნოზო ფაქტორისთვის – X₃₂ რიცხვითი ინტერვალი, “მიწისძვრის დღე” საპროგნოზო ფაქტორისთვის – X₄₁ რიცხვითი ინტერვალი. შესაბამისი საპროგნოზო ფაქტორის წონები და არამკაფიო ფარდობითი სიხშირეებია:

$$\bar{w} = (0.1611, 0.4223, 0.7166, 0.7166)$$

$$\tilde{f} = \begin{pmatrix} 0.2332 & , & 0.7668 \\ 0.2398 & , & 0.7602 \\ 0.28 & , & 0.72 \\ 0.28 & , & 0.72 \end{pmatrix}$$

გადაწყვეტილების (პროგნოზის) მისაღებად უნდა განხორციელდეს გაზომვის წონებისა და მონაცემთა მატრიცების მრავალფაქტორული სინთეზი. ნორმირების შედეგად მიიღება შესაბამისი განზოგადებული გადაწყვეტილება (შესაძლო აწონილ გადაწყვეტილებათა ფაქტორი):

$$\begin{aligned} \overrightarrow{\text{Poss}} = \vec{w} \cdot \vec{f} &= (0.1611, 0.4223, 0.7166, 0.7166) \cdot \begin{pmatrix} 0.2332 & , & 0.7668 \\ 0.2398 & , & 0.7602 \\ 0.28 & , & 0.72 \\ 0.28 & , & 0.72 \end{pmatrix} = \\ &= (0.54 \quad , \quad 1.477) \end{aligned}$$

ნორმირების შემდეგ ვღებულობთ:

$$\overrightarrow{\text{Poss}} = (0.2679 \quad , \quad 0.7321)$$

ვისარგებლოთ შესაძლებლობის მაქსიმუმის პრინციპით, მივიღებთ:

$$D_{\text{Class}} = 0.7321 \quad (\Rightarrow \tilde{R}_2 \equiv \text{“ძლიერი”})$$

ამრიგად, მივიღეთ გადაწყვეტილება:

მოსალოდნელია ძლიერი მიწისძვრა 73%-იანი შესაძლებლობის ზომით.

საბოლოოდ შევნიშნოთ შემდეგი: უპირველეს ყოვლისა, საპროგნოზო ფაქტორებს შორის უნდა არსებობდეს დამოკიდებულება, ხოლო საპროგნოზო ფაქტორებსა და საპროგნოზო ობიექტებს შორის კი შესაძენვევი კორელაცია.

საპროგნოზო ფაქტორების კლასების რაოდენობა, შესაბამის ინტერვალთა რიგი შეიძლება აირჩეს ნებისმიერად ერთადერთი პირობის გათვალისწინებით: კლასიკური კლასიფიკაციის შერჩევით სიხშირეებს შორის არ უნდა გვხვდებოდეს ბევრი ნულოვანი სიხშირე. წინააღმდეგ შემთხვევაში ამას ექნება სტატისტიკური ეფექტი.

ლიტერატურა

1. F.Criado, T. Gachechiladze, H.Meladze, G.Tsertsvadze. New Approach to Analysing Fuzzy Data and Decision – making Regarding the Possibility of Earthquake Occurrence . INTAS, 97-2126 (Final Report), 1999.
2. Li Zuoyong, Chen Zhenpei, Li Jitao. A Model of Weather Forecast by Fuzzy Grade Statistics. FSS 26, pp.275-281, 1988.
3. Li Juzhang. Fuzzy Statistics of Classification. Fuzzy Mathematics. 2 (4), 107, 1982.

სტატია მიღებულია: 2006-01-20