

უკ 004.82; 004.891

## ძნელად ფორმალიზებადი ცოდნის წარმოდგენა მიწისძვრის შედეგების პროგნოზირების მაგალითზე

თენგიზ ბახტაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, თბილისი 0175, საქართველო

### ანოტაცია

შემოთავაზებულია ძნელად ფორმალიზებადი ცოდნის წარმოდგენის მონაცემთა ბაზურ-პროცედურული მეთოდი მიწისძვრის შედეგების პროგნოზირებისათვის. ექსპერტული ცოდნა აღწერილია ცხრილურ-ვერბალური საშუალებით. მოხდენილია ამოცანის ფორმალიზაცია და პროგრამული რეალიზაცია. გამოთვლების შედეგები მოყვანილია ქალაქ თბილისის მაგალითზე.

**საკვანძო სიტყვები:** საგანგებო სიტუაცია, მიწისძვრა, ცოდნის წარმოდგენა, ექსპერტული, ძნელად ფორმალიზებადი, პროგნოზირება.

საგანგებო სიტუაციების მართვის ცენტრი(სსმც) გეოფიზიკის ინსტიტუტიდან ღებულობს ინფორმაციას მიწისძვრის შესახებ (მოხდენიდან არაუგვიანეს 1 საათისა). ინფორმაცია შეიცავს პუნქტის დასახელებას, გამოვლენილი ინტენსიურობის მიახლოებით მნიშვნელობას და დღე-ღამის დროს, როდესაც მოხდა მიწისძვრა. ამ ინფორმაციის საფუძველზე საჭიროა განვსაზღვროთ მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობანი: მძიმედ დაზიანებული შენობების, ღია ცის ქვეშ დარჩენილი ხალხის, შენობებიდან გამოსაყვანთა რაოდენობა, ჩახერგილობის ფართი.

ამგვარი ამოცანის გადაწყვეტა საჭიროებს ფაქტობრივ და პროცედურულ ექსპერტულ ცოდნას. სათანადო მათემატიკური მოდელის აგებასა და ზემოთ ჩამოთვლილი ეტაპების ჩატარებას. კერძოდ, ფაქტობრივი ექსპერტული მონაცემები მოცემულია ცხრილებში 1-6.

ცხრილი 1

შენობის კატეგორიების მიხედვით მძიმე დაზიანებისა და ნგრევის წილი $k_{კბ}$				
ბალიანობა				
შენობის კატეგორია		7	8	9
		1	2	3
A	1			
B	2	0.1-0.3	0.3-0.5	0.5-0.8
C	3	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8
D	4	-	0.1-0.3	0.3-0.6
E	5	-	0.1-0.2	0.2-0.4

ცხრილი 2

დასახლებულ პუნქტებში შენობათა კატეგორიები სეილმორი რისკის მიხედვით და მათში მცხოვრებთა რაოდენობა $S_3$										
დასახლებული პუნქტი	A		B		C		D		E	
	რაოდ.	მაცხ.								

ცხრილი 3

მძიმე დაზიანებულ და დანგრეულ საცხოვრებელ სახლებში მოყოლილი ცხოვრებთა წილი შენობების სართულიანობის და დროის მიხედვით $t_{სდ}$				
დროის მონაკ. სართული.		8-18	18-22	22-8
		1	2	3
1-2	1	0.05-0.1	0.08-0.15	0.15-0.2
3-5	2	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.5
5-9	3	0.15-0.25	0.25-0.4	0.4-0.7
9-16	4	0.3-0.5	0.5-0.7	0.7-0.9

ცხრილი 4

მძიმედ დაზიანებულ და დანგრეულ საზოგადოებრივ ნაგებობებში მოყოლ ადამიანთა წილი შენობის სართულიანობისა და დროის მიხედვით $Q_{სდ}$				
დროის მონაკ. სართული.		08-18	18-22	22-08
		1	2	3
1-2	1	0.2-0.3	0.15-0.25	0.1-0.15
3-5	2	0.35-0.5	0.2-0.35	0.15-0.2
5-9	3	0.5-0.7	0.3-0.5	0.2-0.3

ცხრილი 5

შენობათა კატეგორიებისა და სართულიანობის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების მატრიცა ნებისმიერი ბალიანობის და დროის მონაკვეთისათვის  $n_{33}$

$K_3$	1	2	3	4	5
$t_s$					
1	0.7	0	0	0.1	0.2
2	0.2	0.8	0.3	0.15	0.1
3	0.1	0.2	0.7	0.15	0.3
4	0	0	0	0.6	0.4

ცხრილი 6

შენობის ჩამონგრევით გამოწვეული ჩახერგილობების რადიუსი R

შენობის ტიპი	კონსტრუქ.	სართ.	სიმაღლე	$R_a$	
საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი	აგური	2	8	8	
		3	11	12	
		5	20	21	
		8	25	30	
	მსხვილბლოკიანი	3	11	11	
		5	18	20	
		9	32	35	
		14	51	55	
	მსხვილპანელიანი	9	30	32	
		14	51	55	
		კარკასული	5	18	18
			9	30	30
14	50		50		
16	60		60		
სამრეწველო	აგური	2	8	9	
		3	12	14	
	კარკასი	1	6-12	6-12	
		2	9-12	10-13	
		5	18	20	

ცხრილი 1.1

მიწისძვრის შედეგად დასახლებულ პუნქტებში საგანგებო სიტუაციის შეფასებითი ცხრილი

დასახლებული პუნქტი	მძიმედ დაზიანებული ან დანგრეული შენობები	ღია ცის ქვეშ დარჩენილთა რაოდენობა	დაზიანებული შენობებიდან გამოსაყვანთა რაოდენობა	ჩახერგილობების საერთო ფართი
1	2	3	4	5

მოცემული ცხრილების შინაარსობრივი მხარე კარგად ჩანს თვით ამ ცხრილებში მოცემული სიტყვიერი აღწერილობებით. დეფიზიტ მოცემული მნიშვნელობანი აღნიშნავენ მინიმალურ და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს შესაბამისად. ამოცანის

გადაწყვეტის შედეგები აისახება ცხრილში 1.1. თითოეული ცხრილი სისტემაში წარმოდგენილია, როგორც მონაცემთა ბაზის ცხრილი. ოპერაციების ჩასატარებლად გამოიყენება ამგვარი ტიპის ამოცანებისათვის დამუშავებული, სტრუქტურულ მოთხოვნათა ენისა და მატრიცული ოპერაციების კომბინირებული მეთოდი. მისი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ბაზისადმი მოთხოვნა ხდება ალგორითმის და შესაბამისად პროგრამის ორგანული ნაწილი. თითოეული ცხრილი, როგორც მათემატიკური ობიექტი წარმოვადგინოთ ორი ცვლადის ცხრილური ფუნქციის სახით. კერძოდ,  $K(k,b)$  - შენობის კატეგორიების მიხედვით მძიმე დაზიანებისა და ნგრევის წილი, სადაც  $k=\{A,B,C,D,E\}$ ;  $b=\{7,8,9\}$ , კატეგორია და ბალიანობა შესაბამისად. ერთხელ შემოტანილ აღნიშვნებს ყველა ფორმულებში ერთი და იგივე მნიშვნელობები აქვს და ამიტომ ისინი არ მეორდებიან ყოველი ახალი განსაზღვრების შემოტანისას.

$S(o,k_r)$  დასახლებულ პუნქტებში შენობათა რაოდენობაა სეისმური რისკის კატეგორიების მიხედვით და  $S(o,k_m)$  - მათში მცხოვრებთა რაოდენობა, სადაც  $o$  ობიექტის დასახელებაა.  $r$  და  $m$  შენობათა რაოდენობისა და მაცხოვრებელთა რაოდენობის განმასხვავებელი ინდექსებია შესაბამისად. თუ ინდექსი მითითებული არ არის იგულისხმება ორივე.  $o$  ობიექტის დასახელებაა, ჩვენი დეტალიზაციის კონკრეტულ შემთხვევაში საქართველოს რაიონის დასახელებას წარმოადგენს.  $t(s,d)$  - მძიმე დაზიანებულ და დანგრეულ საცხოვრებელ სახლებში მოყოლილი მცხოვრებთა წილი შენობების სართულიანობისა და დროის მიხედვით, სადაც  $s$  სართულის მახასიათებელია, მაგალითად, თუ  $s=1$  ნიშნავს, რომ პირველი ან მეორე სართულია,  $d$ -დროითი ინტერვალის მახასიათებელია,  $d=\{08-18, 18-22, 22-08\}$ . დღე-ღამე დაყოფილია სამ პირობით ინტერვალად. ეს დაყოფა გამომდინარეობს იქიდან, რომ გარკვეულ პერიოდებში მოსახლეობა უპირატესად საზოგადოებრივ დაწესებულებებშია, საცხოვრებელ სახლებშია თუ სძინავს.  $QQ(s,d)$  - მძიმედ დაზიანებულ და დანგრეულ საზოგადოებრივ ნაგებობებში მოყოლილ ადამიანთა წილი შენობის სართულიანობისა და დროის მიხედვით.  $\delta(s,k)$  - შენობათა კატეგორიებისა და სართულიანობის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების მატრიცა ნებისმიერი ბალიანობისა და დროის მონაკვეთისათვის.  $s$ -ისა და  $d$ -ს მნიშვნელობები იგივეა, რაც ზედა ფორმულებში.

მოყვანილ გამოსახულებებში პირველი არგუმენტი განსაზღვრავს სტრიქონს, ხოლო მეორე - სვეტს. რომელიმე სტრიქონის ან სვეტის ამოსარჩევად ვაფიქსირებთ ერთ-ერთ პარამეტრს, ხოლო მეორის მაგივრად ვწერთ სიმბოლოს. მაგალითად,  $KK(*,b)$  ნიშნავს  $b$  სვეტის ყოველ სტრიქონს. გამოსავალი ცხრილი აღვნიშნოთ CG-ით. ამგვარი აღნიშვნები საშუალებას გვაძლევს ნათლად ჩავწეროთ ალგორითმი. ალგორითმში მოყვანილი თითოეული ოპერაცია ტარდება მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობებისათვის შესაბამისად. ალგორითმი შემდეგი გამსხვილებული ბიჯებისაგან შედგება.

1.  $o, b, d, c$  პარამეტრების განსაზღვრა;
2. ამ პარამეტრების შედარება წინა მიმართვისას შემოსულ პარამეტრებთან; განმეორებითი პროცედურების თავიდან ასაცილებლად;
3.  $CG \leftarrow K(*,b) \otimes S(o,*)$  - მიიღება დანგრეულ ან მძიმედ დაზიანებული შენობების რაოდენობა და ღია ცის ქვეშ დარჩენილთა რაოდენობა დასახლებული პუნქტების მიხედვით. სადაც  $\otimes$ -აღნიშნავს კონტექსტურ პროცედურას, ინფიქსურ კონტექსტურ ოპერატორს, ჩვენს შემთხვევაში შესაბამისი სტრიქონისა და სვეტის ნამრავლს,  $\leftarrow$  აღნიშნავს CG-ს შესაბამის ველებში მნიშვნელობების მოთავსებას;
4.  $CQ \leftarrow C \otimes Q(*,d)$  -  $C$  კოეფიციენტი. კოეფიციენტის მნიშვნელობა აიღება იმისდა მიხედვით, არის თუ არა დასახლებულ პუნქტში სკოლა, საავადმყოფო, სავაჭრო

დაწესებულება, სასტუმრო და სხვა. ( $0 \leq C \leq 0.24$ ) ზუსტი ინფორმაციის უქონლობის შემთხვევაში შეიძლება ქალაქებისთვის  $C=0.2$  სოფლებისთვის  $C=0.15$ ;

5.  $TCQ \leftarrow CQ \oplus t(*,d)$  მე-4 ბიჯზე მიღებული მნიშვნელობები იკრიბებიან ცხ. 3-ის სათანადო უჯრედებში განთავსებულ მნიშვნელობებთან;

6.  $t \leftarrow t(*,d) \oplus \delta(*,*)$  - დროის ფიქსირებული მნიშვნელობისათვის (ცხ. 3)-ის თითოეული სვეტი გადამრავლდება (ცხ. 5) მატრიცის შესაბამის ელემენტებზე;

7.  $St \leftarrow \sum t \delta(*,*)$  - მე-6 ბიჯის შედეგი აჯამდება სვეტების მიხედვით და მიიღება დაზიანებულ სახლებში მოყოლილ მაცხოვრებელთა წილი შენობათა კატეგორიების მიხედვით;

8.  $CG \leftarrow S(o,*) \otimes K(*,b) \otimes St \delta(*)$  - ფიქსირებული მიწისძვრის ინტენსიურობისათვის ხდება დაზიანებულ სახლებში მოყოლილ მაცხოვრებელთა რაოდენობის დადგენა დასახლებული პუნქტების მიხედვით;

9.  $AB = K(*,b) \otimes S(o,A_r) + K(*,b) \otimes S(o,B_r)$  - 1-3 სართულიანი A და B კატეგორიის მძიმედ დაზიანებული სახლების რაოდენობის დადგენა;

10.  $CDE = K(*,b) \otimes S(o,C_r) + K(*,b) \otimes S(o,D_r) \otimes S(o,B_r) + K(*,b) \otimes S(o,E_r)$  - 4-7 სართულიანი C, D და E მძიმედ დაზიანებული სახლების რაოდენობის დადგენა;

11.  $CG \leftarrow (\pi \times (AB \times (3 \times 3.3)^2 + CDE \times (7 \times 3.3)^2)) / 1000000$  - თითოეული სართულის სიმაღლედ აღებულია 3.3 მეტრი, შედეგი მიიღება კვადრატულ კილომეტრებში. ჩახერგილობის ფართის გამოთვლის მოყვანილი სქემა არჩეული იქნა იმის გამო, რომ ცხრილში 6 მოყვანილი პარამეტრები არ პოულობს რეალურ ასახვას ცხრილში 2.

ქვემოთ მოყვანილია მიწისძვრის შედეგების შეფასების ქვესისტემასთან მუშაობის ფორმა. ფორმასთან მუშაობა შეესაბამება თანამედროვე სისტემებთან მუშაობის სტანდარტებს.

**აირჩიეთ მონაცემები და დააჭირეთ ღილაკს შესრულება**

პუნქტის დასახელება	ინტენსივობა	დღე-ღამის დრო	კოეფიციენტი(C)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>გლდანის-ნაძაღარი 1                      ისანი-საშორის 4                      ვაკე-საბურთალო 7                      დიდუბე-ჩუღურთი 8                      მთაწმინდა-კრწან 9</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>7 8 9</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>08-18 18-22 22-08</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ქალაქი სოფელი საშუალო</p> </div>

შესრულება

ბოლო შედეგის ნახვა

შედეგების ნახვა

შედეგების წაშლა

ფორმიდან გამოსვლა

შედეგების დაბეჭდვა

როგორც ფორმიდან ჩანს, არის ოთხი არჩევითი ინფორმაციული ველი. მაუსის მარცხენა ღილაკით საჭიროა მოვნიშნოთ ასარჩევი მონაცემები. ოთხივე ველში უნდა მოხდეს მინიმუმ ერთი სტრიქონის არჩევა. იმ შემთხვევაში, თუ ვირჩევთ რამდენიმე სტრიქონს, მაშინ გათვლები ტარდება ყველა შესაძლო ვარიანტისათვის. მაგალითად თუ ავირჩიეთ რამდენიმე რაიონი და დღე-ღამის სამივე ვარიანტი ფიქსირებული ბალიანობისა და დასახლების კოეფიციენტის ერთი მნიშვნელობის მიხედვით

მიხედვით, გათვლები ჩატარდება თითოეული რაიონისათვის დღე-ღამის სამივე ვარიანტისათვის. რაც მოყვანილია ქვემოთ.

№	დასახელება	მომიქმე	მომიქმელ	ღია ცის	ღია ცის	გამოსაყვანთა	გამოსაყვანთა	ჩახერტი	ჩახერტილო	ინტი	დღე ღამ	კოეფ
1	გლდანი-ნ	4766	7322	81420	142840	43478	133841	1.57971	2.593887236	7	08-18	0.2
2	გლდანი-ნ	4766	7322	81420	142840	56913	169408	1.57971	2.593887236	7	18-22	0.2
3	გლდანი-ნ	4766	7322	81420	142840	80443	247542	1.57971	2.593887236	7	22-08	0.2
4	ისანი-სამქ	4255	6509	75120	117280	40114	109892	1.38131	2.217657608	7	08-18	0.2
5	ისანი-სამქ	4255	6509	75120	117280	52509	139094	1.38131	2.217657608	7	18-22	0.2
6	ისანი-სამქ	4255	6509	75120	117280	74219	203245	1.38131	2.217657608	7	22-08	0.2
7	გაკე-საბუქ	2595	4042	48640	100600	25973	94262	0.86197	1.433415382	7	08-18	0.2
8	გაკე-საბუქ	2595	4042	48640	100600	33998	119311	0.86197	1.433415382	7	18-22	0.2
9	გაკე-საბუქ	2595	4042	48640	100600	48056	174338	0.86197	1.433415382	7	22-08	0.2
10	დიდუბე-ჩ	2566	3868	55710	91270	29749	85520	0.80073	1.226569484	7	08-18	0.2
11	დიდუბე-ჩ	2566	3868	55710	91270	38942	108245	0.80073	1.226569484	7	18-22	0.2
12	დიდუბე-ჩ	2566	3868	55710	91270	55042	158170	0.80073	1.226569484	7	22-08	0.2
13	მთაწმინდ	2297	3475	36950	60310	19732	56511	0.71821	1.104193075	7	08-18	0.2
14	მთაწმინდ	2297	3475	36950	60310	25828	71528	0.71821	1.104193075	7	18-22	0.2
15	მთაწმინდ	2297	3475	36950	60310	36506	104518	0.71821	1.104193075	7	22-08	0.2

მონიშვნის შემდეგ საჭიროა დავაჭიროთ კლავიშს "შესრულება". შედეგების ნახვა შესაძლებელია ფორმის ან ცხრილის სახით. შესაბამისი კლავიშებია "ბოლო შედეგის ნახვა" და "შედეგების ნახვა". შესაძლებელია შედეგების ამობეჭდვა (კლავიში "შედეგების დაბეჭდვა"), წაშლა (კლავიში "შედეგების წაშლა"). მუშაობის დასამთავრებლად განკუთვნილია კლავიში "ფორმიდან გამოსვლა".

A და ნაწილობრივ B კატეგორიის მიერ დაზიანებულ და დანგრეულ შენობებში მოყოლილი მაცხოვრებელთა გამოყვანა ძირითადად ხდება ადგილობრივი ძალებით და ამიტომ მაშველთა რაზმები მათ გამოსაყვანად საჭირო არ არის. B, C, D და E კატეგორიის შენობებში მოყოლილ მაცხოვრებელთა გამოსაყვანად მაშველთა რაზმის რაოდენობა განისაზღვრება სავსე კოორდინატორის მიერ.

ზემოთ მოყვანილი ალგორითმი რეალიზებულია MMS ACCESS VBA-ს ენაზე კლასის სახით. ეს კლასი გამოყენებულია და ფუნქციონირებს საგანგებო სიტუაციების ოპერატიული მართვის ექსპერტულ სისტემაში.

*პროექტი განხორციელებულია საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი №GNSF/ST08/1-367). ამ სტატიაში მოყვანილი ნებისმიერი მოსაზრება წარმოადგენს ავტორთა მოსაზრებას და შესაძლოა არ ემთხვევა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მოსაზრებას.*

*The project has been carried out with financial support of the National Scientific Foundation of Georgia (Grant # GNSF/ST08/1-367). Any concepts described in the paper reflect the authors' notions and may not reflect notions of the National Scientific Foundation of Georgia.*

**ლიტერატურა**

1. D.A. Waterman. A Guide to expert system. Addison-Wesley, 1986.
2. E .V. Popov. Expert system: The solution of not formalized problems in dialogue from the computer . M., 1987 (Russian).

სტატია მიღებულია: 2009-04-03