ჯ. ელიაშვილი

გადაწყვეტილებათა მიღების მეთოდები

(მოკლე კურსი)

თბილისი
2005

ცნობები ავტორის შესახებ

ჯანგირ გიორგის ძე კლიაშვილი. ტ.მ.კ., დოცენტი. 1958-75 წლებში მოღვაწეობდა ლენინგრადის პოლიტექნიკურ და რკ. გზის ტრანსპორტის ინსტიტუტებში მყარი ტანის მექანიკისა და მართვის პროცესების კათედრებზე
1975-94 წლებში საქ. მეცნ. აკადემიის სესმომედეგობის ინსტიტუტში – უფრ. მეცნიერ მუშაკი. 1994-2005 წლებში საქ. ტექნიკურ უნივერსიტეტში – ჯარების მართვის ავტომატიზებული სისტემების პროფილის ხელმძღვანელი. არის 6 სამეცნიერო მონოგრაფიის და 40-მდე სტატიის ავტორი. დამატებითი ცნობები ტ. 38-02-24

წინასიტყვაობა

წინამდებარე წიგნში განხილულია გადაწყვეტილებათა მიღების მეთოდები სისტემური ანალიზის, სინერგეტიკისა და თამაშების თეორიის პრინციპების შესაბამისად. წარმოდგენილი მასალა დარ-გობრივად ორიენტირებული არ არის და ამიტომ მისი გამოყენების არე პრაქტიკულად შეუზღუდავია. განხილული მეთოდები ინტენ-სიურად გამოიყენება მოწინავე ქვეყნების ეკონომიკურ, პოლიტიკურ, სოციალურ, დემოგრაფიულ და სხვა ამავე რიგის სისტემათა მართვაში.

ჩვენ მიზნად არ ვისახავდით წარმოგვედგინა მართვის თეორიის საფუძვლების რაიმე ანალიზი. წიგნი განკუთვნილია იმ ადა-მიანებისათვის, რომლებიც თავიანთი ყოველდღიური საქმიანობით დაკავშირებულნი არიან გადაწყვეტილებათა მიღების აუცილებლო-ბასთან. ამ ადამიანებს, როგორც წესი, აქვთ საკმარისი მათემატიკური მომზადება. მათი სირთულეები დაკავშირებულია საჭირო მათემატი-კური მოდელების მოძიებასთან და ამ მოდელების საფუძველზე დასაბუთებული გადაწყვეტილების მიღებასთან. წიგნში წარმოდგე-ნილი მასალა სწორედ ამ სირთულეების დაძლევაზეა ორიენტირე-ბული. მას პრაქტიკული გამოყენების დანიშნულება აქვს. ამიტომ განხილულ დებულებათა მათემატიკური მტკიცებულებები გადატანი-ლია წიგნის ბოლოში, დანართებში. მათ შეგიძლიათ გაეცნოთ, თუ კი ასეთი სურვილი გაგიჩნდებათ. მასალის შინაარსის გასაგებად ეს აუცილებელი არ არის.

პირველ თავში განხილულია სპეციალისტთა ჯგუფური მუ-შაობის საკითხები, რომლებიც მოიცავს საექსპერტო ჯგუფების, კომი-სიების, საბჭოების, პარლამენტების და სპეციალისტთა სხვა გაერთია-ნებების საქმიანობათა პრობლემებს. წარმოდგენილია ჯგუფების ჩამო-ყალიბებისა და მუშაობის ორგანიზების მათემატიკური მოდელები, რომლებიც გამორიცხავენ სპეციალისტთა ტენდენციურ შერჩევას და მიკერძოებული გადაწყვეტილებების შემუშავების შესაძლებლობას. ამ მიზნით განხილულია და დაწვრილებით არის აღწერილი თომას საატის იერარქიათა ანალიზის მეთოდი, რომელიც ინტენსიურად გა-მოიყენება აშშ-სა და ევროპის ქვეყნებში. მეთოდი წარმოდგენილია შესაბამისი რიცხვითი მაგალითებით და ალგორითმის აღწერით.

მეორე თავი ეძღვნება სისტემური ანალიზის იმ ნაწილს, რომელსაც სინერგეტიკა ეწოდება და შეისწავლის რთულ, თვითორგანიზებად სისტემებს. ეს შედარებით ახალგაზრდა მეცნიერებაა, სულ 30 წლისაა. სწრაფად ვითარდება და წარმატებით გამოიყენება ბიოლოგიური, საზოგადოებრივი და ეკონომიკური სისტემების ანალიზსა და მართვაში. განმარტებულია ამ სისტემათა სირთულეები. ჩამოყალიბებულია თვითორგანიზებად სისტემათა მართვის რეკომენდაციები სინერგეტიკის პოზიციებიდან. აგრეთვე წარმოდგენილია მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს დასახული მიზნის სწორი ფორმულირება და მართვის განხორციელების ფაზები სისტემური ანალიზის თვალსაზრისით.

მესამე თავში განხილულია გადაწყვეტილებათა მიღების მეთოდები კონფლიქტურ ვითარებაში მატრიცული თამაშების თეორიის ბაზაზე. წარმოდგენილი მასალა იძლევა საშუალებას ამოვირჩიოთ ჩვენი შესაძლო მოქმედებიდან ოპტიმალური ვარიანტი რისკის გათვალისწინებით. მატრიციული თამაშების მეთოდები ეფექტურად გამოიყენება ეკონომიკური, სამხედრო, პოლიტიკური და ეთნიკური კონფლიქტების ანალიზში.

განხილულია აგრეთვე ეტაპობრივად განვითარებადი კონფლიქტების მათემატიკური მოდელები. წარმოჩენილია რიცხვითი მაგალითები სხვადასხვა შინაარსის კონფლიქტური ვითარებებისათვის.

მეოთხე თავში განხილულია ცალმხრივი დაპირისპირებათა ვითარებები. მაგალითად, დაპირისპირება ბუნების სტიქიასთან, ინფლიაციის დონესთან, ტექნიკურ მოწყობილობასთან, პოლიტიკურ კონიუქტურასთან და სხვა. წარმოჩენილია ასეთ ვითარებებში ოპტიმალური გადაწყვეტილების ამორჩევის მეთოდები. აღწერილია აგრეთვე ე.წ. კლასიკური კრიტერიუმების გამოყენების ტექნოლოგიები გადაწყვეტილებათა მიღებაში და შესაძლო რისკის შეფასების მეთოდები.

თავი I

საექსპერტო შეფასებები

„იაპონიაში გადაწყვეტილების მიღების პროცესი ასეთია. ლაპარაკი ლაპარაკი და კიდევ ლაპარაკი ვიდრე არ იქნება მიღწეული კონსენსუსი. მინისტრთა კაბინეტში კამათი საათობით გრძელდება. ამასთან საბოლოო აზრს არავინ გამოთქვამს კონსენსუსის მიღწევამდე“.

თ. საატი [1]

§1.1. რატომ ვიწვევთ ექსპერტებს?

ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღება მეტ-ნაკლებად რთული საკითხის თაობაზე დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, კერძოდ, საჭიროა დადგინდეს საკითხთან დაკავშირებული ცნებები, პარამეტრები, საზომი ერთეულები; დაზუსტდეს კავშირები და უახლოესი მიზნები; შეფასდეს არასასურველ შედეგთა მნიშვნელოვნობა, ყოველივე ეს საკმაოდ რთული და შრომატევადია, მაშინაც კი, როდესაც საქმე გვაქვს საათის მექანიზმის მსგავს სისტემასთან, ზუსტი და სტაბილური კავშირებით. სამწუხაროდ ასეთი სისტემები იშვიათია. რეალურ სინამდვილეში, როგორც წესი, განვიცდით ინფორმაციის ნაკლებობას, ვერ ვახერხებთ პარამეტრების რაოდენობრივ შეფასებას მათი თვისობრივი ბუნების გამო, ინფორმაციის მოპოვება ხშირად დაუძლეველ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. რთული საკითხები, როგორც წესი, მრავალასპექტიანია და მათი ოპტიმალური გადაწყვეტა მოითხოვს მაღალი დონის კვალიფიკაციას მრავალ დარგში, რაც ერთი ადამიანისათვის პრაქტიკულად მიუღწეველია.

ასეთ ვითარებაში ვიწვევთ შესაბამის პრობლემებში ჩახედულ ადამიანებს და ვეკითხებით მათ აზრს. ეს პროცესი სხვადასხვა წესით ტარდება: კომისიები, ექსპერტიზები, საბჭოები, კომიტეტები, პარლამენტები და სხვა. განხვავება მათ იურიდიულ სტატუსშია, არსი კი ერთია — სათათბიროდ მოწვეულთა აზრის დადგენა, შეჯერება და

მის საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღება. ანუ ვიქცევით ცნობილი პრინციპით „ჩემი თანამშრომელი ჩემზე ჭკვიანი უნდა იყოს, თორემ ამ საქმეს მე თვითონ გავაკეთებ".

ჩვენი განხილვის საგანი იქნება სათათბიროდ მოწვეულ სპეციალისტთაგან ინფორმაციის მოძიებისა და გადაწყვეტილებათა შემუშავების ტექნოლოგია. ამ თვალსაზრისით საექსპერტო ჯგუფების საქმიანობა ყველა სახასიათო ნიშანს მოიცავს და ჩვენც მათი მუშაობის ანალიზით შემოვიფარგლებით. სათათბიროდ მოწვეული ჯგუფების იურიდიულ სტატუსს არ განვიხილავთ.

ვიდრე საექსპერტო ჯგუფების მუშაობის მეთოდებს განვიხილავდეთ საჭიროა შევთანხმდეთ, თუ რა თვისებების მქონე სპეციალისტები შეიძლება მოვიწვიოთ ექსპერტებად. ამ საკითხის შესწავლის საფუძველზე [2;3] ჩამოყალიბებულია სხვადასხვა ავტორთა პრაქტიკულად ერთსულოვანი მოსაზრება, რომ ექსპერტებად მოწვეული სპეციალისტები უნდა ამჟღავნებდნენ შემდეგ პიროვნულ თვისებებს:

1. <u>პროფესიონალიზმი</u> — სწორი შედეგების სტაბილურობა.
2. <u>მსჯელობის დამოუკიდებლობა</u> — უმრავლესობის აზრის წინააღმდეგობის უნარი, თავის აზრში დარწმუნებულობის შემთხვევაში (ნონკონფორმიზმი).
3. <u>ობიექტურობა</u> — თავის მოსაზრებაში კორექტივების შეტანის უნარი ახალი ინფორმაციის მიღების საფუძველზე.
4. <u>მობილურობა</u> — ერთი ობიექტის შეფასებიდან მეორის შეფასებაზე გადასვლის უნარი.
5. <u>კონტაქტურობა</u> — კონფლიქტურ ვითარებაში მუშაობის უნარი.

ჩამოთვლილი თვისებები რანჟირებულია მათი მნიშვნელოვნობის მიხედვით და შეიძლება გამოყენებულ იქნას ექსპერტთა შესაძლებლობების დასახასიათებლად.

<u>რაში უნდა ერკვეოდეს ექსპერტი?</u>

იგულისხმება, რომ მოწვეული ექსპერტი გარკვეულია განსახილველ პრობლემასთან დაკავშირებულ ცნებებში, აქვს წარმოდგენა პრობლემის მახასიათებლებზე, ფლობს შეფასებების მიცემის ტექნოლოგიას, აქვს გამოცდილების ფონდი და გამართული ლოგიკური აპარატი [3].

§1.2. ექსპერტთა შერჩევის მეთოდიკა

ჩამოთვლილი თვისებების მქონე სპეციალისტთა გამოვლენა საკმაოდ რთული საქმეა. მის განხორციელებაზე შეიძლება უარყოფითი გავლენა მოახდინოს ჩვენში ტრადიციად ქცეულმა „საიმედო" გზამ, კერძოდ, ექსპერტებად მოვიწვიოთ ოფიციალური ელიტა (მინისტრების მოადგილეები, მმართველები, აკადემიკოსები, დირექტორები და ა. შ.). ასეთ შემთხვევაში ექსპერტთა ჯგუფის შემდგენელი თავისი არჩევანის სისწორეს იცავს მოწვეულთა ტიტულებით. ეს მეთოდი იმდენად გავრცელებულია, რომ რაც უფრო ტიტულოვანია სპეციალისტი მით უფრო აბსურდულია იმ კომისიათა რაოდენობა, რომლებშიც იგი ნომინალურად ირიცხება. გასათვალისწინებელია, რომ დირექტორები თუ მმართველები დროის დეფიციტს განიცდიან და ამიტომ კომისიებს ხშირად ვერ ესწრებიან. გარდა ამისა, თავიანთი სამუშაოს სპეციფიკის შესაბამისად ფლობენ ზედაპირულ ინფორმაციას დიდი რაოდენობის საკითხების შესახებ. მათი ქვეშემრდომები კი პირიქით – დიდ ინფორმაციას მცირე რაოდენობის საკითხების შესახებ. ბერნარ შოუს აზრით, „თუ ეს ტენდენცია განვითარდება, მაშინ სულ მალე დირექტორებს არაფერი არ ეცოდინებათ ყველაფრის შესახებ და მათ ქვეშემრდომებს – ყველაფერი ეცოდინებათ არაფრის შესახებ". ამ სარკაზმული გამონათქვამიდან გამომდინარე ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმას, თუ როგორი ინფორმაციის მფლობელი სპეციალისტები გვჭირდება ექსპერტებად.

გასათვალისწინებელია აგრეთვე ის, რომ არსებობს მაღალი კვალიფიკაციის მქონე სპეციალისტთა არაოფიციალური ელიტა, რომლის წარმომადგენლები არაპრესტიჟულ თანამდებობებზე მუშაობის გამო, გამოირჩევიან უწყებრივი მიუკერძოებლობით და ნონკონფორმიზმით, რაც მნიშვნელოვანი თვისებებია ექსპერტისათვის.

როდესაც საექსპერტო კომისიის ჩამოყალიბება ევალება ერთ პიროვნებას იგი ძალაუნებურად თავისი შეხედულებებისა და ინფორმირებულობის მიხედვით ახდენს კომისიის შერჩევას. ამ შემთხვევაში დარგის სპეციალისტთა კომპეტენტურობის საკითხს წყვეტს ერთი პიროვნება. მის გადაწყვეტილებაზე გავლენას ახდენს მთელი რიგი შემთხვევითი ფაქტორებისა: ამ პიროვნების ინტელექტი,

ინფორმირებულობის დონე, ვიწრო სპეციალობა, არ გამოირიცხება პირადი დაინტერესება და სხვა. ამ შემთხვევითობების თავიდან ასაცილებლად სასურველია, რომ კომისიის ფორმირება მოხდეს დარგის სპეციალისტთა ერთობლივი აზრის გათვალისწინებით. ამის მიღწევა შესაძლებელია ე. წ. „გამოკითხვის მეთოდის“ გამოყენებით, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ექსპერტთა შერჩევის ჩამტარებელი, რომელსაც შემდგომში კურატორ-ს ვუწოდებთ, თავისი შეხედულებების მიხედვით შეარჩევს დარგის ერთ სპეციალისტს და ამცნობს მას, რომ იგი დასახელებულია ექსპერტობის კანდიდატად (არ ეუბნება ვის მიერ არის დასახელებული) და სთხოვს დაუსახელოს მას სამი სპეციალისტი, რომლებიც, მისი აზრით, ამჟღავნებენ ექსპერტისათვის სასურველ (ზემოთ ჩამოთვლილ) თვისებებს. ამ ინფორმაციის მიღების შემდეგ კურატორი უკავშირდება თითოეულ ახალ დასახელებულ სპეციალისტს და მიმართავს მათ იმავე თხოვნით დაასახელონ სამი კანდიდატი, რომლებიც მათი აზრით ... და ა. შ. ამ პროცედურით მიღებული ინფორმაცია კურატორს შეაქვს ცხრილში, რომელიც შემდეგი წესით ფორმირდება:

ცხრილის სტრიქონების გასწვრივ იწერება დასახელებულ კანდიდატთა გვარები და მათ ენიჭებათ ნომრები (იხ. ცხრილი 1.1)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
გეგეჭკორი	1	0		1	1	1				
გავაშელი	2	1	0			1	1			
ლანდია	3		1	0		1		1		
გოგუა	4			1	0		1	1		
ჩხეტია	5					0	1	1	1	
თევზაძე	6				1		0	1	1	
პანტურია	7	1						0	1	1
საყვარელიძე	8		1		1			1	0	
გოგლიძე	9				1		1		1	0
		2	2	2	4	3	4	5	4	1

ცხრილი 1.1

ცხრილის სვეტებს ზემოდან ეწერებათ კანდიდატთა იგივე ნომრები. ცხრილის დიაგონალზე განლაგებულ უჯრედებში კურატორი თავიდანვე წერს ნულებს. ეს ნიშნავს, რომ კანდიდატი თავის თავს ვერ დაასახელებს. ცხრილი 1.1 წარმოადგენს კურატორის მიერ შედგენილი ცხრილის ნიმუშს. მასში, მაგალითად, მეოთხე სტრიქონის გადაკვეთაზე მე-3, მე-6 და მე-7 სვეტებთან კურატორმა უჯრედებში ჩაწერა ერთიანები. ეს ნიშნავს, რომ კანდიდატმა გოგუამ დაასახელა კანდიდატებად: ლანდია (3), თევზაძე (6) და ჭანტურია (7). კანდიდატთა დასახელება და ამ წესით ცხრილში შეტანა გრძელდება ვიდრე პროცესი არ ჩაიციკლება (შეწყდება ახალ კანდიდატთა დასახელება).

ცხრილის შევსების შემდეგ კურატორმა ცალკეულ სვეტებში შეაჯამა ჩაწერილი ერთიანები და ეს ჯამები მიუწერა ცხრილს ქვემოთ, სტრიქონის სახით. ამ სტრიქონში ჩაწერილი რიცხვები წარმოადგენენ იმ ქულათა რაოდენობებს, რომლებიც დააგროვეს შესაბამისი ნომრის კანდიდატებმა. კერძოდ, ქვემოთ მიწერილ სტრიქონში ციფრი 5 ნიშნავს, რომ №7 კანდიდატმა — ჭანტურიამ დააგროვა 5 ქულა. რიცხვი 3 — ჩხეტიამ დააგროვა 3 ქულა და ა. შ.

ექსპერტთა საჭირო რაოდენობა ამოირჩევა იმ კანდიდატებიდან, რომლებმაც სხვებზე მეტი ქულა დააგროვეს.

არჩევანის პროცესის დასაჩქარებლად და აგრეთვე, მიკერძოებული შერჩევის შესაძლებლობის შესამცირებლად კურატორმა შერჩევის პროცესი უნდა დაიწყოს არა ერთი, არამედ რამოდენიმე სპეციალისტის გამოკითხვით. კურატორის მიერ დასახელებული კანდიდატები ცხრილში არ შეიყვანება.

აღწერილი მეთოდით ჩატარებული არჩევანით გამოიხატება დარგის სპეციალისტთა ერთობლივი აზრი შერჩეულ სპეციალისტთა კომპეტენტურობაზე.

საექსპერტო ჯგუფში შესაყვან კანდიდატთა ოპტიმალური რაოდენობის შესახებ სხვადასხვა, ხშირად ურთიერთ საწინააღმდეგო შედეგების მქონე თეორიული გამოკვლევები არსებობს [4]. ავტორთა დიდი ნაწილი ოპტიმალურად მიიჩნევს 5-7 ექსპერტისაგან შედგენილ ჯგუფს [2,4].

ექსპერტთა მიერ განსახილველ პრობლემათა მრავალასპექტიანობის გასათვალისწინებლად გამოყენებულ უნდა იქნეს შერეული პროფესიული შემადგენლობის ექსპერტთა ჯგუფები [1; 5]. ასეთ

ჯგუფში ცალკეული ექსპერტი პრობლემას განიხილავს თავისი პოზიციებიდან (მისი განათლებისა და პროფესიული ინტერესების შესაბამისად). ცხადია, რომ საექსპერტო ჯგუფში შეუძლებელია წარმოდგენილი იქნეს ყველა პროფესიული მოსაზრება. ამ გარემოების კომპენსირებისათვის ცდილობენ ექსპერტებად მოიწვიონ ისეთი სპეციალისტები, რომლებიც მზად იქნებიან გადასცენ განსახილველად თავიანთი კვლევების შედეგები სხვა პროფესიის სპეციალისტებს და ითანამშრომლონ მათთან.

§1.3. ექსპერტთა ჯგუფის მუშაობის წესი – რეგლამენტი და სტრუქტურა

ნებისმიერი ორგანიზაციის, მათ შორის საექსპერტო ჯგუფის მუშაობის წესი უნდა განისაზღვროს ორგანიზაციის ჩამოყალიბების მიზნით.

ექსპერტთა მოწვევის მიზანია მათგან დამოუკიდებელი, პროფესიონალური მოსაზრებებისა და რეკომენდაციების მიღება. ამიტომ, მიზნის შესაბამისად, ექსპერტთა მუშაობის რეგლამენტი და ორგანიზაციული სტრუქტურა უნდა უზრუნველყოფდეს მათი დამოუკიდებელი პროფესიონალური მოსაზრებების ჩამოყალიბებას და რეალიზებას. წინააღმდეგ შემთხვევაში ექსპერტთა მოწვევა აზრს კარგავს.

ექსპერტთა დამოუკიდებლობის შემლახველი ზემოქმედება შეიძლება განხორციელდეს, როგორც ჯგუფის „გარედან“, ასევე წარმოიქმნას თვით ექსპერტთა ჯგუფის შიგნით. რამდენადაც პარადოქსულად არ უნდა გვეჩვენოს, გარედან ზამოქმედებას, ჩვენში, აწარმოებენ თვით ექსპერტთა მომწვევები, რომლებიც ითვისებენ ექსპერტთა ჯგუფის ხელმძღვანელის (თავმჯდომარის) ფუნქციას და ახდენენ მათ უზურპაციას სასურველი გადაწყვეტი-ლების მიღების მიზნით.

ექსპერტთა ჯგუფს შიგნით წარმოქმნილ დამოუკიდებლობის შემლახავ ფაქტორთაგან შეიძლება აღვნიშნოთ აქტიურ და ტიტულოვან მოპაექრეთა ფსიქოლოგიური ზეგავლენა.

სისტემურ ანალიზში, დამუშავებულია მთელი რიგი მეთოდებისა და რეკომენდაციებისა, რომელთა გამოყენება იძლევა საშუალებას მინიმუმამდე დავიყვანოთ და გამოვრიცხოთ კიდეც ექსპერტთა დამოუკიდებლობაზე ზეგავლენის მოხდენის შესაძლებლობა. ამ საკითხთან დაკავშირებით ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი რეკომენდაციები, რომლებსაც მკვლევარები განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ანიჭებენ [2.5]:

1. **საექსპერტო ჯგუფში შეყვანილი სპეციალისტები თანასწორუფლებიანები არიან.** ამ პირობის შესაბამისად ექსპერტის მიერ გამოთქმული მოსაზრება უნდა შეფასდეს მხოლოდ მის მიერ მოყვანილი არგუმენტაციით და არა ტიტულებით, სამსახურებრივი თანამდებობით, ასაკით და სხვა.
2. **განსხვავებული მოსაზრების სისწორე არ შეფასდეს უმრავლესობის პრინციპით.** ასეთი მოსაზრების მქონე ექსპერტს მოეთხოვოს თავისი არგუმენტაციის დასაბუთება (დეტალები ამ საკითხზე იხილეთ ქვემოთ §1.4, „დელფოს მეთოდი"). ამ მოთხოვნის შემოღება ეფუძნება შემდეგ გარემოებას; რაც უფრო რთულია პრობლემა, მით უფრო ნაკლებია მასში ღრმად ჩახედულ სპეციალისტთა რაოდენობა. ამიტომ სწორი პასუხის მქონე სპეციალისტი შეიძლება უმცირესობაში აღმოჩნდეს. ქვემოთ №1 დანართში მოყვანილია ნორტკოტ პარკინსონის მეტად გავრცელებული ვითარების ამსახავი და საგულისხმო მაგალითი [6], რომელსაც ჩვენ განვიხილავთ სწორი პასუხის მქონე ადამიანის უმცირესობაში აღმოჩენის თვალსაზრისით. (ამ დანართს გირჩევთ ეხლავე გაეცნოთ).
3. **ექსპერტთა ჯგუფს დაენიშნოს ხელმძღვანელი, რომელიც თავად ექსპერტი არ იქნება.** მისი „ხელმძღვანელობა" შემოიფარგლება ჯგუფის მუშაობის ორგანიზებით და არა გადაწყვეტილების შინაარსში ჩარევით.
4. **ექსპერტთა ჯგუფის ხელმძღვანელი** ვალდებულია:
   ა) ექსპერტთა ჯგუფური მუშაობის პირობებში არ გამოხატოს თავისი მოსაზრება ექსპერტთა მიერ გამოთქმული

შეხედულების შესახებ. არ გამოვიდეს შემაჯამებელი სიტყვით. ამის უფლება აქვს მხოლოდ ექსპერტს თუ მას დანარჩენი ექსპერტები სთხოვენ.

ბ) ექსპერტთა ცალ-ცალკე (ინდივიდუალურად) მუშაობის პირობებში უზრუნველყოს მათი ანონიმურობა.

გ) უზრუნველყოს ექსპერტთა მუშაობაში სხვათა ჩაურევლობა.

5. **ექსპერტთა ჯგუფის ხელმძღვანელი უნდა ფლობდეს კითხვების დასმის ტაქტიკას,** კერძოდ:

კითხვა არ უნდა ახდენდეს ექსპერტის ორიენტაციას რაიმე კონკრეტული პასუხის გაცემაზე. ამისათვის მან უნდა გააკონტროლოს კითხვათა თანმიმდევრობა და ფრაზეოლოგია.

კითხვამ არ უნდა აიძულოს ექსპერტი გამოხატოს თავისი აზრი იმ სფეროში, რომელშიც იგი ვერ გრძნობს თავს კომფორტულად. ექსპერტებს უნდა განემარტოთ, რომ პასუხზე თავის შეკავება მათ ნაკლად არ ჩაეთვლებათ.

კითხვა არ უნდა დაისვას ისე, რომ უზრუნველყოფდეს ექსპერტთა „ერთსულოვნობას“.

უკეთესია თუ თავიდან დაისმება ზოგადი კითხვები, თემასთან დაკავშირებული მიზნების, ცნებების, პარამეტრების, კრიტერიუმების, ალტერნატივების შესახებ. შემდეგ უნდა დაისვას უფრო კონკრეტული კითხვები. ხელმძღვანელმა უნდა მოითხოვოს ექსპერტთაგან, რომ მათ თვითონ მისცენ შეფასება თუ რამდენად სანდოთ მიაჩნიათ მათ მიერ გაცემული პასუხი. შეფასება მოახდინონ 10 ქულიანი სკალით. რაც უფრო სწორად და საიმედოთ მიაჩნიათ პასუხი, მით უფრო მაღალი ქულა (1-დან 10-მდე) მიანიჭონ მას.

და ბოლოს, ერთი საგულისხმო მოსაზრება კითხვებთან დაკავშირებით, რომელსაც დიდ ფილოსოფოსს ემანუილ კანტს მიაწერენ [7]: „თუ კითხვა თავისთავად უაზროა. მაშინ იგი გარდა სირცხვილისა, ამ კითხვის დამსმელისათვის, ხშირად აიძულებს წინდაუხედავი პასუხის გაცემაზე. იქმნება ძველ ბერძენთა მიერ აღწერილი ვითარება

ერთი წყალს ასხამს ზევიდან და მეორეს ქვეშ საცერი უჭირავს".

6. **ჯგუფის ხელმძღვანელმა განსაკუთრებული ყურადღება მიაქციოს ახალ იდეებს.** გაითვალისწინოს, რომ კომპრომისი ყოველთვის უფრო ძვირი ჯდება, ვიდრე ნებისმიერი ალტერნატივა (ხუჯერის კანონი).

7. **ექსპერტთა ჯგუფის ხელმძღვანელმა უნდა გაითვალისწინოს ჯგუფური ინტერესების და ჯგუფური აზროვნების წარმოქმნის შესაძლებლობა.** გააკონტროლოს ეს გარემოება და საჭიროების შემთხვევაში მიმართოს მათ გამომრიცხავ მეთოდების გამოყენებას (იხილეთ ქვემოთ, შემდეგ პარაგრაფში). ამ საკითხთან დაკავშირებით ცნობილი ამერიკელი მეცნიერი სოციალური ფსიქოლოგიის დარგში ირვინ ჯანისი, თავისი გამოკვლევების საფუძველზე [8] აკეთებს დასკვნას: „კონკრეტული ადამიანები ღებულობენ გადაწყვეტილებას იმ ჯგუფის ინტერესებიდან გამომდინარე, რომელსაც თვითონ ეკუთვნიან. ჯგუფური ჰარმონიისათვის ახშობენ თავის უთანხმოებას ჯგუფთან და ამით უშვებენ შეცდომას. აშშ-ს საგარეო და საშინაო პოლიტიკის მრავალი ჩავარდნა სწორედ ამ შეცდომებითაა გამოწვეული". ადამიანთა ასეთ ქცევას ი. ჯანისი „ჯგუფურ აზროვნებას" უწოდებს და წარმოგვიჩენს მისი ფორმირების ფაქტორებს, რომლებსაც შეგიძლიათ №2 დანართში გაეცნოთ.

ექსპერტთა ჯგუფის მუშაობის ორგანიზებისათვის სასურველია მოწვეულ იქნეს მართვის სისტემების სპეციალისტი, რომელიც იცნობს საექსპერტო საქმიანობის ტექნოლოგიებს, მაგალითად: დოკუმენტის შედგენის ტექნოლოგიას, ექსპერტთა გამოკითხვის მეთოდიკას, დელფოს მეთოდს, სამომავლო ვითარების სცენარების დამუშავებას და სხვა. შეუძლია მოიძიოს ექსპერტთაგან დამოუკიდებელი და მიუკერძოებელი ინფორმაცია. ერკვეოდეს ექსპერტთა საქმიანობის ტიპიურ ხარვეზებში და მათი დაძლევის მეთოდებში. შეეძლოს მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავება.

ჯგუფური აზროვნების ჩამოყალიბების და მისი უარყოფითი გავლენისაგან განთავისუფლება შესაძლებელია ექსპერტებთან ცალ-ცალკე მუშაობის მეთოდის გამოყენებით (ერთ-ერთ ასეთ მეთოდზე ქვემოთ გვექნება საუბარი). საგულისხმოა, რომ ექსპერტთა ცალ-ცალკე მუშაობა შესაძლებელია მაშინ, როდესაც მოწვეული სპეციალისტები ფლობენ საექსპერტო მუშაობის ტექნოლოგიას. გარკვეულნი არიან პრობლემასთან დაკავშირებულ მახასიათებლებში და ფლობენ რაოდენობრივი შეფასებების მიცემის მეთოდებს.

§1.4 დელფოს მეთოდი*)

ეს მეთოდი გამორიცხავს ჯგუფური აზროვნების ჩამოყალიბების შესაძლებლობას და ენერგიულ მოპაექრეთა ფსიქოლოგიურ გავლენას კამათის სხვა მონაწილეებზე.

დელფოს მეთოდით ექსპერტები განცალკევებულად მუშაობენ. მათ არ იციან ექსპერტთა ჯგუფის შემადგენლობა. ანონიმურობა დაცულია. ექსპერტებს ეგზავნებათ კითხვები, ანკეტების სახით, რომლებსაც ადგენს მათი მუშაობის ორგანიზატორი – კურატორი. ექსპერტი ამზადებს პასუხებს საანკეტო კითხვებზე და უგზავნის კურატორს. კურატორი, ყოველი ექსპერტისაგან მიღებულ პასუხს უგზავნის დანარჩენ ექსპერტებს, რათა გაეცნონ სხვათა პასუხებს. ექსპერტებმა არ იციან თუ ვის მიერაა შედგენილი მასთან გამოგზავნილი პასუხი. მათ უნდა გამოთქვან თავისი მოსაზრება სხვათა პასუხების შესახებ. ეს პროცედურა მეორდება რამოდენიმეჯერ.

ექსპერტებს მოეთხოვებათ დაასაბუთონ თავიანთი უარყოფითი მოსაზრებები სხვათა პასუხების შესახებ. თუ რომელიმე ექსპერტის შეხედულება მკვეთრად განსხვავდება უმრავლესობის მოსაზრებისაგან, მაშინ კურატორმა უნდა მოითხოვოს ექსპერტისაგან დამატებითი ინფორმაცია, რას ეფუძნება მისი განსხვავებული

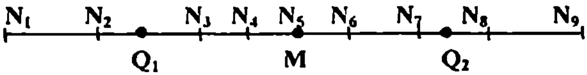
---

*) დელფო – ძველი ბერძნული ქალაქი აპოლონის სახელგანთქმული ტაძრით და სამისნო ცენტრით. მოყვანილი მეთოდი დელფოს სახელწოდებით არის ცნობილი.

შეხედულება?: ჩატარებულ თეორიულ ანალიზს, საწარმოო გამოცდილებას, სხვა ავტორთა ნამუშევართა განზოგადოებას, თუ რას?

ექსპერტთა არგუმენტაციის გულდასმითი ანალიზი იცავს კურატორს ზედმეტი ნდობისაგან და ბრმა მიმდევრობისაგან უმრავლესობისადმი. ექსპერტთა გამოკითხვის მრავალ ტურად ჩატარება არ ისახავს მიზნად „ერთსულოვნობის" მიღწევას. მრავალტურიანი გამოკითხვა აძლევს საშუალებას ექსპერტს შეაფასოს თავისი შეხედულებები სხვათა არგუმენტაციის გათვალისწინებით.

დელფოს მეთოდთან დაკავშირებით საჭიროა შევთანხმდეთ, თუ როგორი მოსაზრებები ჩავთვალოთ მკვეთრად განსხვავებულად?! როდესაც მოსაზრებები გამოხატულია რაოდენობრივად, მაშინ საკითხი ადვილად წყდება. მაგალითი: ცხრა ექსპერტთაგან (მათი რაოდენობა აუცილებლად კენტი უნდა იყოს) მიღებულია განსხვავებული შეფასებები. ეს შეფასებები უნდა განლაგდეს რიცხვით ღერძზე თავისი მნიშვნელობების შესაბამისად (ნახ. 1.1).



ნახ. 1.1

მიმდევრობით განლაგებულ $N_1, N_2, \dots, N_9$ წერტილთა შორის შუაწერტილი N_5 აღინიშნება M-ით (მედიანა). მონაკვეთები (N_1M) და (MN_9) იყოფა შუაზე და შესაბამისად აღინიშნება Q_1 და Q_2. შეფასებები, რომლებიც არ ხვდება [Q_1;Q_2] ინტერვალში ითვლება მკვეთრად განსხვავებულად.

§1.5 დოკუმენტის შედგენის ტექნოლოგია

აქ ჩვენ ვუბრუნდებით ექსპერტთა ჯგუფურად მუშაობას და გთავაზობთ დოკუმენტის შედგენის ტექნოლოგიას.

დოკუმენტის შედგენის მეტად გავრცელებული ტექნოლოგია ასეთია: დოკუმენტზე მომუშავე ჯგუფის ერთ-ერთი წევრი წერს დოკუმენტს და შემდეგ ყველანი ერთად მუშაობენ დოკუმენტის გაუმჯობესებაზე. ნაკლებად გავრცელებულია ვარიანტი — ჯგუფის ყოველი წევრი წერს დოკუმენტის თავსეულ ვარიანტს და შემდეგ ხდება ამ ვარიანტების შეჯერება.

ორივე ამ მეთოდის ნაკლი იმაშია, რომ ხდება დოკუმენტის „მორგება" ჯგუფის წევრების შეხედულებაზე. ეს მეტად შრომატევადი საქმეა და პრაქტიკულად განუხორციელებელი. რეალურ ვითარებაში დოკუმენტის შესადგენად გამოყოფილი დრო, როგორც წესი, შეზღუდულია. ასეთ პირობებში თავს იჩენს ექსპერტთა არა ის თვისებები, რომელთა მიხედვით მოხდა მათი შერჩევა. არამედ სრულიად საპირისპირო: გავლენიანობა, თანმდებობრივი მდგომარეობა, საზოგადოებრივი ავტორიტეტი, უწყებრივი კუთვნილება და სხვა. სწორედ ეს თვისებები განსაზღვრავენ მიღებული დოკუმენტის შინაარსს და მის ხარისხს.

სისტემური ანალიზის და კომპლექსური ექსპერტიზის მეთოდიკა [3; 9] გვთავაზობს სრულიად სხვა მიდგომას. კერძოდ, ექსპერტთა ჯგუფის წევრები უთანხმდებიან ერთმანეთს შესადგენ დოკუმენტთან დაკავშირებულ ცნებებზე, პარამეტრებზე, კრიტერიუმებზე, შესაძლო ალტერნატივებზე. ცხადია, რომ ამ საკითხებზე მოლაპარაკება ბევრად უფრო ადვილია ვიდრე მზა დოკუმენტზე. როდესაც ბაზისურ ელემენტებზე კონცესუსი მიღწეულია, შემდეგ ხდება დოკუმენტის შედგენა ზემოთაღწერილი პირველი ვარიანტით. ეს ბევრად უფრო ნაკლებ დროს მოითხოვს, და რაც მთავარია დოკუმენტის „მორგება" ხდება არა ცალკეული ექსპერტის შეხედულებებზე. არამედ დოკუმენტთან დაკავშირებული ბაზისურ ელემენტზე, რომლებზეც კონცესუსი უკვე მიღწეულია.

§1.6 სუბიექტურ შეფასებათა რაოდენობრივი გამოხატვა

გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში საჭირო ხდება სხვადასხვა შინაარსის ობიექტთა შედარება. ამ შედარებათა რაოდენობრივი გამოხატვა გარკვეულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. მაგალითად ახალგაზრდა სპეციალისტს აქვს შესაძლებლობა რამოდენიმე სამუშაო ადგილიდან ამოირჩიოს ერთ-ერთი. მან თავისთვის განსაზღვრა კრიტერიუმები, რომელთა მიხედვით გააკეთებს არჩევანს. ეს კრიტერიუმებია: პროფესიული დაინტერესება, სამუშაო ადგილის სტაბილურობა, ჯამაგირი, თანამდებობა, სასიამოვნო კოლექტივი და სამუშაო ადგილის სიშორე სახლიდან.

ახალგაზრდა სპეციალისტმა უნდა განსაზღვროს, რომელი კრიტერიუმის დაკმაყოფილებაა მისთვის უფრო მეტად მნიშვნელოვანი.

როგორც ვხედავთ კრიტერიუმებს საერთო საზომი ერთეული არა აქვთ. მიუხედავად ამისა მან უნდა განსაზღვროს რა უფრო მნიშვნელოვნად მიაჩნია პროფესიული დაინტერესება თუ, მაგალითად, სასიამოვნო კოლექტივი. მან შეიძლება ჩათვალოს რომ პროფესიული დაინტერესება ბევრად უფრო მნიშვნელოვანია ვიდრე სასიამოვნო კოლექტივი და ოდნავ უფრო მნიშვნელოვანია ვიდრე ჯამაგირი. ამგვარი შეფასებები უნდა ჩამოყალიბდეს ყველა კრიტეუმების ერთმანეთთან წყვილ-წყვილად შედარებების საფუძველზე. შემდეგ სიტყვებს „ბევრად უფრო“, „ოდნავ უფრო“ და ა.შ. შეიძლება მიეკუთვნოს რიცხვითი მნიშვნელობები – წონები. ასეთი მიკუთვნების გამოცდილება არსებობს. თუნდაც მოსწავლეთა შეფასება ხუთ ბალიანი სისტემით, სადაც სიტყვებს „ფრიადი“, „კარგი“, „დამაკმაყოფილებელი“ და ა.შ. გამომცდელი გამოხატავს რიცხვებით: 5, 4, 3 ...

ქვემოთ, ცხრილი 1.2-ით მოცემულია ცნობილი ამერიკელი მეცნიერის თომას საატის 9 ქულიანი სკალა [1]. ამ სკალით განსაზღვრული ქულა მიეწერება შესადარებელ A ობიექტს.

სუბიექტური შედარების შედეგის შინაარსი	შედარების რაოდენობრივი შეფასება ქულებით
A ობიექტი და B ობიექტი ერთნაირი ხარისხისაა	1
A ობიექტი ოდნავ უკეთესი (უარესი) ხარისხისაა, ვიდრე B	3, (1/3)
A ობიექტი უკეთესი (უარესი) ხარისხისაა, ვიდრე B	5, (1/5)
A ობიექტი ბევრად უკეთესი (უარესი) ხარისხისაა, ვიდრე B	7, (1/7)
A ობიექტი შეუდარებლად უკეთესი (უარესი) ხარისხისაა, ვიდრე B	9, (1/9)
საშუალედო მნიშვნელობები (ვითარება, რომელშიც საჭიროა კომპრომისი)	2, (1/2); 4 (1/4); 6, (1/6); 8, (1/8)

ცხრილი 1.2.

მაგალითად, ცხრილის მეორე სტრიქონში ჩაწერილია „A ობიექტი ოდნავ უკეთესი (უარესი) ხარისხისაა ვიდრე B". ამავე სტრიქონის მეორე სვეტში ჩაწერილია რიცხვები 3, (1/3). ეს ნიშნავს, რომ თუ შემფასებელი A ობიექტს ოდნავ უფრო უკეთესი ხარისხისად თვლის ვიდრე B-ს, მაშინ მან ობიექტ A-ს 3 ქულა უნდა მიაწეროს. (ოდნავ უარესობის შემთხვევაში A-ს მიეწერება 1/3 ქულა).

ცხრილში სიტყვები „უკეთესი (უარესი) ხარისხისაა" შეიძლება ჩანაცვლებული იყოს სხვა სიტყვებით, მაგალითად: „მეტია", „სასურველია", „მიზანშეწონილია", „მოსალოდნელია" და ა.შ. ამოცანის შინაარსის შესაბამისად. უნდა გვახსოვდეს, რომ სკალით მინიჭებული A ობიექტისადმი 3 ქულა არ ნიშნავს, რომ A სამჯერ უფრო უკეთესია ვიდრე B, არამედ ნიშნავს იმას რაც ცხრილში წერია – „ოდნავ უკეთესია" B-ზე.

სუბიექტურ შეფასებათა სიზუსტე განისაზღვრება ადამიანის რეაგირების უნარით. ამ საკითხთან დაკავშირებით ფსიქოლოგთა მიერ

ჩატარებულია მნიშვნელოვანი გამოკვლევები. [10; 11; 12] ავტორები ასაბუთებენ ორ გარემოებას:

1. თუ A და B შესადარებელ ობიექტთა შორის განსხვავება მცირეა, თვით ამ ობიექტთა სიდიდეებთან შედარებით, მაშინ სუბიექტურად შეფასებული განსხვავების ოდენობა არასაიმედოა.
2. თუ ერთდროულად შესადარებელ ობიექტთა საერთო რაოდენობა არ აღემატება შვიდს, მაშინ მათ შორის არსებული განსხვავებები შეიძლება დამაკმაყოფილებელი სიზუსტით შეფასდეს. ერთდროულად შესადარებელ ობიექტთა რაოდენობის ზრდა ამცირებს სუბიექტურ შეფასებათა სიზუსტეს. თუ ობიექტთა საერთო რაოდენობა აღემატება ცხრას, მაშინ სუბიექტურ შეფასებათა შედეგები მიუღებელია, ვინაიდან სცილდება ადამიანთა მიერ შეფასებების მიცემის შესაძლებლობებს.

შესაფასებელი ობიექტები, რომელთა რაოდენობა 9-ს აღემატება დაყოფილ უნდა იქნენ ჯგუფებათ რაიმე ნიშნის მიხედვით ისე, რომ თითოეულ ჯგუფში იყოს 9-ზე ნაკლები ობიექტი. შემდეგ შეფასება უნდა მიეცეს ჯგუფების მნიშვნელოვნობებს ერთმანეთთან მიმართებაში (მათი საშუალებით მიზნის მიღწევის თვალსაზრისით). შემდეგ ეტაპზე ფასდება ჯგუფში შემავალი ობიექტები ამავე ჯგუფის სხვა ობიექტებტან მიმართებაში. ობიექტის საბოლოო შეფასებისას გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მისი მნიშვნელოვნობა ჯგუფის ფარგლებში და ასევე თვით ჯგუფის მნიშვნელოვნობა სხვა ჯგუფებთან მიმართებაში. მაგალითად: ობიექტები დასაყოფი შეიქმნა სამ ჯგუფად. ამ ჯგუფების ერთმანეთთან შედარების შედეგად მათ მიენიჭათ მნიშვნელოვნობების წონები I – 0,6; II – 0,3 და III – 0,1. ამის შემდგომ პირველ ჯგუფში შემავალ 9 ობიექტსაც მივანიჭეთ მათი მნიშვნელოვნობების წონები ჯგუფის ფარგლებში. დაუშვათ, რომ I ჯგუფის მესამე ობიექტმა ჯგუფის ფარგლებში მიიღო შეფასება 0,15-ის ტოლი. ამ ობიექტის შეფასება ჯგუფის გათვალისწინებით იქნება 0,15x0,6=0,09. ანალოგიურად გამოითვლება ყველა ობიექტის „წონა“.

§1.7 იერარქიათა ანალიზის მეთოდი (იამ)

იერარქიათა ანალიზის მეთოდი მათემატიკური მოდელია, რომელიც იძლევა საშუალებას სუბიექტურ შეფასებათა პირობებში დავადგინოთ ალტერნატივათა ურთიერთ უპირატესობების იერარქია მათი „წონების“ მნიშვნელობათა მითითებით.

იამ შედარებით ახალი მეთოდია. იგი დამუშავებულია ამერიკელი მეცნიერის თ. საატის მიერ, რომელმაც პირველი წერილი ამ თემაზე 1972 წელს გამოაქვეყნა [13]. მეთოდი სწრაფად განვითარდა და დღეს ინტენსიურად გამოიყენება საექსპერტო შეფასებებში.

იამ-ის იდეა შემდეგში მდგომარეობს. დაუშვათ, რამოდენიმე ობიექტის შესახებ შეგვიძლია გამოვთქვათ მხოლოდ სუბიექტური მოსაზრებები მათი ურთიერთ უპირატესობების თაობაზე. მტკიცდება [1; 14], რომ თუ ამ მოსაზრებებს რაოდენობრივად გამოვხატავთ და ჩავწერთ სათანადოთ ორგანიზებული მატრიცის სახით, მაშინ ამ მატრიცაზე გარკვეული ოპერაციების ჩატარების შედეგად მივიღებთ რიცხვთა მიმდევრობას, რომლებიც წარმოადგენენ შესადარებელ ობიექტთა უპირატესობების ფარდობით წონებს (ამ დებულების მტკიცებულება იხილეთ №3 და №4 დანართებში).

§1.8 წყვილ–წყვილად შედარებების მატრიცა

დაუშვათ გვაქვს n რაოდენობის A_1, A_2, ..., A_n ობიექტი, რომელთა წონებია P_1, P_2, ..., P_n შესაბამისად. წონების დადგენა უშუალო გაზომვებით არ შეგვიძლია. შესაძლებელია გამოვთქვათ მხოლოდ სუბიექტური მოსაზრებები წონათა თანაბარდობების შესახებ. კერძოდ, შეგვიძლია მხოლოდ სუბიექტურად შევაფასოთ თუ რამდენად მძიმეა (მნიშვნელოვანია) ნებისმიერი A_1, A_2, ..., A_n ობიექტთაგანი ყოველ დანარჩენ ობიექტთან შედარებით. შეფასებები გამოვხატოთ რიცხვობრივად შესაბამისი სკალის მეშვეობით. ეს რიცხვები წარმოადგენენ ჩვენს მიერ შეფასებულ P_i/P_j წონების თანაფარდობას. ამ თანაფარდობებიდან შევადგინოთ ე. წ. წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცა შემდეგი წესით:

პირველ სტრიქონში ჩავწეროთ პირველი ობიექტის წონის შეფარდებები ყველა დანარჩენ ობიექტებთა წონებთან. მეორე სტრიქონში — მეორე ობიექტის წონის შეფარდებები დანარჩენი ობიექტების წონებთან და ა.შ. (1.1).

$$\begin{bmatrix} \frac{P_1}{P_1} & \frac{P_1}{P_2} & \frac{P_1}{P_3} & \cdots & \frac{P_1}{P_n} \\ \frac{P_2}{P_1} & \frac{P_2}{P_2} & \frac{P_2}{P_3} & \cdots & \frac{P_2}{P_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{P_n}{P_1} & \frac{P_n}{P_2} & \frac{P_n}{P_3} & \cdots & \frac{P_n}{P_n} \end{bmatrix} \qquad (1.1)$$

ასეთი წესით შედგენილ მატრიცას წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცას უწოდებენ. განვიხილოთ მისი შედგენის რიცხვითი მაგალითი: გვაქვს ოთხი ნივთი A_1, A_2, A_3 და A_4. ამ ნივთების წონები უცნობია. სასწორი არა გვაქვს. გვსურს შევადგინოთ მათი წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცა. ამისათვის A_1 და A_2 ნივთების ხელში აღებით (ან რაიმე სხვა გზით) ვაფასებთ მათ წონათა თანაფარდობას. დაუშვათ დავადგინეთ, რომ A_1 ნივთი A_2 ნივთთან შედარებით ბევრად უფრო მძიმეა. მაშინ ცხრილი 2-ით წარმოდგენილ სკალის თანახმად შესადგენი მატრიცის პირველი სტრიქონისა და მეორე სვეტის გადაკვეთაზე იწერება 7 ქულა.

	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1	1	7	2	1/3
A_2	1/7	1	1/4	5
A_3	1/2	4	1	2
A_4	3	1/5	1/2	1

(1.2)

მატრიცის დიაგონალის მიმართ სიმეტრიულად განლაგებულ უჯრედში იწერება 1/7 ქულა. ეს ნიშნავს, რომ A_2 ნივთი A_1-თან შედარებით ბევრად უფრო მჩატეა. შემდეგ ავიღებთ A_1 და A_3 ნივთს, და ა.შ. შევავსებთ პირველი სტრიქონის დანარჩენ უჯრედებს. შემდეგ ვიღებთ

A_2 ნივთს და ვადარებთ დანარჩენებს. ივსება მეორე სტრიქონი და ა.შ.

როგორც (1.2)-დან ვხედავთ დიაგონალზე განლაგებული რიცხვები 1-ის ტოლია, ხოლო დიაგონალის მიმართ სიმეტრიულად განლაგებული – ურთიერთ შებრუნებული რიცხვებია.

როდესაც წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის ელემენტები დადგენილია ზუსტი გაზომვების საფუძველზე, მაშინ ეს ელემენტები (რიცხვები) ურთიერთ შეთანხმებულია. ეს ნიშნავს, რომ დაცულია ტრანზიტიულობის პირობა (ანუ, თუ A მეტია B-ზე და B მეტია C-ზე, მაშინ A მეტია C-ზე) და აგრეთვე პროპორციულობის პირობა (მაგალითად A ორჯერ მეტია B-ზე, ხოლო B სამჯერ მეტია C-ზე, მაშინ A ექვსჯერ მეტია C-ზე). მატრიცის ელემენტთა სუბიექტურად შეფასებისას შეთანხმებულობის პირობა ირღვევა. ისმის კითხვა – შესაძლებელია თუ არა ასეთი მატრიცის გამოყენება ობიექტთა წონების იერარქიის დასადგენად? ხომ არ არსებობს ასეთ მატრიცათა გამოყენებადობის რაიმე კრიტერიუმი?

ცნობილია, რომ ყოველი კვადრატული მატრიცა ხასიათდება საკუთარი რიცხვებით (ამ ცნების განმარტება მოყვანილია №3 დანართში) თუ წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცა შედგენილია ზუსტი გაზომვების საფუძველზე, მაშინ ასეთ მატრიცას აქვს ერთი საკუთარი რიცხვი λ_{max} და იგი მატრიცის n-ზომის (შესადარებელ ობიექტთა რაოდენობის) ტოლია $\lambda_{max}=n$. თუ ასეთ მატრიცის ელემენტების სიდიდეებში მცირე ცვლილებებს შევიტანთ, მაშინ λ_{max} მცირედ განსხვავდება n-საგან.

სუბიექტურ შეფასებათა საფუძველზე შედგენილი წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის ელემენტებში მცირე ცვლილებების შეტანამ შეიძლება დიდად განასხვაოს ამ მატრიცის λ_{max} საკუთარი რიცხვის მნიშვნელობა შესადარებელ ელემენტთა n რაოდენობისაგან. ეს ნიშანია იმისა, რომ მატრიცის ელემენტებს შორის დაირღვა შეთანხმებულობა. ამ საკითხის გამოკვლევის საფუძველზე [1;14] დადგინდა შეთანხმებულობის მაკონტროლებელი ინდექსი, რომელსაც $J_{\lambda n}$-ით აღნიშნავენ და გამოითვლიან ფორმულით

$$J_{\lambda n}=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \tag{1.3}$$

ეს სიდიდე უნდა შედარდეს შეთანხმებულობის ინდექსის გასაშუალოებულ მნიშვნელობას „$J_{\text{საშ}}$“, რომელიც დადგენილია სხვადასხვა ზომის შემთხვევით აღებული მატრიცებისათვის და მოცემულია 1.3 ცხრილით.

მატრიცის ზომა	3	4	5	6	7	8	9	10
$J_{\text{საშ}}$	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

ცხრილი 1.3

შეტანხმებულობის ინდექსის მნიშვნელობას, გამოთვლილს (1.3) ფორმულით, შეფარდებულს ცხრილი 1.3-ით მოცემულ შესაბამის $J_{\text{საშ}}$ მნიშვნელობასთან შეთანხმებულობის ფარდობით ინდექსს უწოდებენ და აღნიშნავენ $J_{\text{ფ}}$:

$$J_{\text{ფ}}=\frac{\lambda_{\lambda n}}{\lambda_{\text{ფ}}} \qquad (1.4)$$

თუ $J_{\text{ფ}}$ ნაკლებია 0,1-ზე, ეს ნიშნავს, რომ სუბიექტურ შეფასებათა საფუძველზე შედგენილი მატრიცის ელემენტთა შეთანხმებულობა დამაკმაყოფილებელია. თუ $J_{\text{ფ}}$ აღემატება 0,2-ს მაშინ შეთანხმებულობა დაბალი დონისაა და ექსპერტებმა უნდა გადახედონ თავის მოსაზრებებს მიცემული შეფასებების შესახებ. ეს კი ნიშნავს, რომ გაიმეორონ უკვე ერთხელ ჩატარებული შრომატევადი და დამღლელი პროცესი. ამ პროცესის ხელმეორედ ჩატარების სირთულე მდგომარეობს გაურკვევლობაში. ექსპერტები-სათვის უცნობია, სად ეძებონ შეუთანხმებლობის მიზეზი, რომელ სტრიქონში და როგორ აღმოფხვრან იგი. ამავე დროს არ არის იმის გარანტია, რომ ხელმეორედ შედგენილი მატრიცა უკეთ შეთანხმე-ბული აღმოჩნდება. ექსპერტთა განსაკუთრებულ გაღიზიანებას იწვევს ერთხელ ჩატარებული სამუშაოს გამეორების აუცილებლობა, რადგან. როგორც წესი, ადრე მიცემული შეფასებების შეცვლა განსაკუთრებულ დაძაბვას და დიდ დროს მოითხოვს. დანართ №6-ში მოყვანილია იტერაციული მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს

სუბიექტურ შეფასებათა საფუძველზე წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის ელემენტთა შეთანხმებულობას. ამ მეთოდის გამოყენება პროცედურულად სირთულეს არ წარმოადგენს, მარტივად განსახორციელებელია და ზედმიწევნით აადვილებს ექსპერტთა სამუშაოს.

§1.9 იერარქიათა ანალიზის მეთოდის გამოყენების თანმიმდევრობა. რიცხვითი მაგალითი

ჩვენ ავირჩიეთ საყოფაცხოვრებო შინაარსის მაგალითი რათა გამოვრიცხოთ განსახილველი ვითარების სპეციფიკასთან დაკავშირებული ცნებების განმარტება.

დაუშვათ, ოჯახის წევრებმა გადაწყვიტეს შეიძინონ თბილისში ბინა. მათ ითათბირეს და შეთანხმდნენ გაითვალისწინონ შემდეგი კრიტერიუმები:

1) ოთახების რაოდენობა,

2) ქალაქის რაიონი,

3) ფასი,

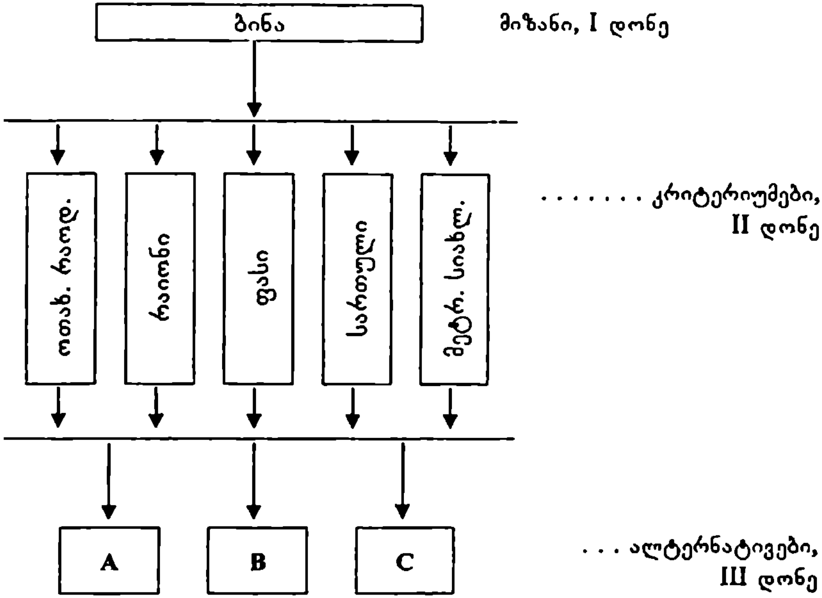
4) სართული და

5) მეტროსთან სიახლოვე.

ოჯახის წევრებს სურთ არჩევანის გასაკეთებლად გამოიყენონ იერარქიათა ანალიზის მეთოდი. ამისათვის საჭიროა, პრობლემა წარმოდგენილი იქნეს იერარქიული დონეების სახით (იხ. ნახ. 1.2).

იერარქიის უმაღლეს დონეზე განლაგდება მიზანი — I დონე. შემდგომ ქვედა დონეზე ჩამოთვლილი კრიტერიუმები — II დონე და ბოლოს, სულ ქვედა დონეზე ბინების ვარიანტები (ალტერ-ნატივები A, B და C ბინები) — III დონე.

იამ-ის შესაბამისად ოჯახის წევრებმა უნდა განსაზღვრონ, თუ რომელ კრიტერიუმს უნდა გაეწიოს მეტი ანგარიში და რომელს ნაკლები. ამისათვის მათ უნდა მოახდინონ კრიტერიუმთა ურთიერთ შედარება და მათი შეფასება მიზნის მიღწევის თვალსაზრისით.



ნახ. 1.2

კრიტერიუმთა შედარებისას დასმული იყო კითხვა „რომელი კრიტერიუმი უფრო მნიშვნელოვანია ბინის ამორჩევის თვალსაზრისით?". ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემათ ოჯახის წევრებმა ერთობლივად იმსჯელეს, როგორც ექსპერტთა ჯგუფმა. მათ წყვილ-წყვილად შეადარეს ერთმანეთს ყველა კრიტერიუმები. შედარებათა შედეგების რაოდენობრივად წარმოსაჩენად გამოიყენეს თ. საატის სკალა (ცხრილი 1.2) და შეადგინეს კრიტერიუმთა წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცა, რომელიც წარმოდგენილია ცხრილი 1.4-ის სახით.

	ოთახე-ბის რაოდ.	რაიონი	ფასი	სართუ-ლი	მეტროს-თან სიახლო-ვე	კრიტერი-უმთა წონები
ოთახების რაოდენობა	1	5	3	5	7	0,5112
რაიონი	1/5	1	1/2	1	5	0,1271
ფასი	1/3	2	1	2	3	0,1927
სართული	1/5	1	1/2	1	5	0,1271
მეტროსთან სიახლოვე	1/7	1/5	1/3	1/5	1	0,0417
λ_{max}=5,2011; $I_{ფ}$=0,0449						

ცხრილი 1.4

1.4 ცხრილის ბოლო სვეტში მოყვანილი რიცხვები წარმოად-გენენ შესაბამის კრიტერიუმთა მნიშვნელოვნობების ფარდობით წონებს. ამ სიდიდეთა გამოთვლის წესი მოყვანილია №5 დანართში. ცხრილის ქვედა სტრიქონში მოყვანილია მატრიცის შეთან-ხმებულობის ფარდობითი ინდექსი, რომლის გამოთვლის ტექნო-ლოგია შეგიძლიათ იხილოთ იმავე №5 დანართში.

შემდეგ ეტაპზე ოჯახის წევრები აწარმოებენ ბინათა A, B და C ვარიანტების ერთმანეთთან შედარებას ყოველი ცალკეული კრიტერიუმის დაკმაყოფილების თვალსაზრისით. ბინათა შესადა-რებლად საჭირო მონაცემები მოყვანილია 1.5 ცხრილში.

ხუთი კრიტერიუმიდან, რომელთა მიხედვით უნდა მოხდეს ვარიანტების ერთმანეთთან შედარება, ორი კრიტერიუმისათვის ვა-რიანტთა ფარდობითი „წონები“ დადგინდება უშუალო გამოთ-ვლებით — სუბიექტურ შეფასებათა გარეშე. ეს კრიტერიუმებია „ოთახების რაოდენობა“ და „ფასი“. ამ კრიტერიუმებით ბინათა შესაფასებელი მახასიათებლები მოცემულია რიცხობრივად და ამიტომ ვარიანტთა ფარდობითი წონები გამოითვლება უშუალოდ (გამოთვლები იხ. 1.5 ცხრილში).

ბინათა ვარიანტების ფარდობითი წონების დადგენა დანარჩენი კრიტერიუმების მიხედვით ხორციელდება სუბიექტურ შეფასებათა საფუძველზე წყვილ-წყვილად შედარებების მეშვეობით. ეს ოპერაცია ჩაატარეს ოჯახის წევრებმა და შესაბამისი მატრიცები მოყვანილია 1.5 ცხრილში. ვარიანტთა ფარდობითი წონები ყოველი კრიტერიუმის მიხედვით მოყვანილია შესაბამისი მატრიცების ბოლო, დამატებით სვეტში (იხ. 1.5 ცხრილი)

ოთახების რაოდ.			ვარიანტ ფარდობ. წონები
A	3	3:8,5=	0,3529
B	2,5	2,5:8,5=	0,2941
C	3	3:8,5=	0,3529

რაიონი	A	B	C	ვარიანტ ფარდობ. წონები
A	1	5	7	0,7147
B	1/5	1	5	0,2185
C	1/7	1/5	1	0,0668
$\lambda_{max}=3,1828$; $I_{\text{შ}}=0,157$				

ფასი			ვარიანტ ფარდობ. წონები
A	10	10:24=	0,4167
B	8	8:24=	0,3333
C	6	6:24=	0,2500

სართული	A	B	C	ვარიანტ ფარდობ. წონები
A	1	1/5	1/9	0,0545
B	5	1	1/7	0,1734
C	9	7	1	0,7720
$\lambda_{max}=3,2074$; $I_{\text{შ}}=0,1788$				

მეტროსთ. სიახლოვე	A	B	C	ვარიანტ ფარდობ. წონები
A	1	1/9	1/7	0,0549
B	9	1	3	0,6553
C	7	1/3	1	0,2897
$\lambda_{max}=3,0796$; $I_{\text{შ}}=0,0700$				

ბინათა დახასიათება:

A – 3 ოთახიანი, ვაკეში. $\$10\cdot10^3$, VIII სართ. მეტროდან შორს.

B – 2.5 ოთახიანი, საბურთალო, $\$8\cdot10^3$, I სართული, მეტროსთან ახლოს

C – 3 ოთახიანი, დიღომში, $\$6\cdot10^3$, III სართული, მეტროსთან ახლოს.

ცხრილი 1.5

გამოთვლების ბოლო ეტაპზე დგინდება ბინათა ვარიანტების ფარდობითი წონები, რომელთა მიხედვით ხდება მათი ამორჩევა. ამ ოპერაციის ჩასატარებლად საჭიროა პირველი – A ვარიანტის

ფარდობითი წონა პირველი კრიტერიუმის მიხედვით გამრავლდეს თვით პირველი კრიტერიუმის ფარდობით წონაზე. შემდეგ A ვარიანტის ფარდობითი წონა მეორე კრიტერიუმის მიხედვით მრავლდება მეორე კრიტერიუმის წონაზე და ა.შ. გამოთვლილი ნამრავლების ჯამი არის A ვარიანტის ფარდობითი წონა. ანალოგიურად გამოითვლება B და C ვარიანტების წონებიც. ეს გამოთვლები სრულდება ერთი მატრიცული ოპერაციით. ამისათვის უნდა შევადგინოთ მატრიცა, რომლის პირველი სვეტი იქნება ბინათა ფარდობითი წონები პირველი კრიტერიუმის მიხედვით, მეორე სვეტი – მეორე კრიტერიუმის მიხედვით და ა.შ. მივიღებთ მატრიცას 3x5. ეს მატრიცა უნდა გამრავლდეს კრიტერიუმთა ფარდობითი წონებზე, რომლებიც მოცემულია 1.4 ცხრილით. ნამრავლი წარმოადგენს ბინათა ვარიანტების ურთიერთ უპირატესობების ფარდობით წონებს.

$$\begin{bmatrix} 0{,}3529 & 0{,}7147 & 0{,}4167 & 0{,}0545 & 0{,}0549 \\ 0{,}2941 & 0{,}2185 & 0{,}3333 & 0{,}1734 & 0{,}6653 \\ 0{,}3529 & 0{,}0668 & 0{,}2500 & 0{,}7720 & 0{,}2897 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0{,}5112 \\ 0{,}1271 \\ 0{,}1927 \\ 0{,}1271 \\ 0{,}0417 \end{bmatrix} = \begin{array}{c} \begin{bmatrix} 0{,}3607 \\ 0{,}2920 \\ 0{,}3473 \end{bmatrix} \end{array}\begin{array}{l} A \\ B \\ C \end{array}$$

როგორც ვხედავთ, ოჯახის წევრების მიერ არჩეული კრიტერიუმებისა და გაკეთებული შეფასებების შესაბამისად უკეთესი აღმოჩნდა A ვარიანტი რომლის ფარდობითი წონაა 0,3607. მას ოდნავ ჩამორჩება C ვარიანტი წონით 0,3473. განსხვავება 1,34%-ს შეადგენს. რამაც შეიძლება გავლენა იქონიოს გადაწყვეტილების მიღებაზე.

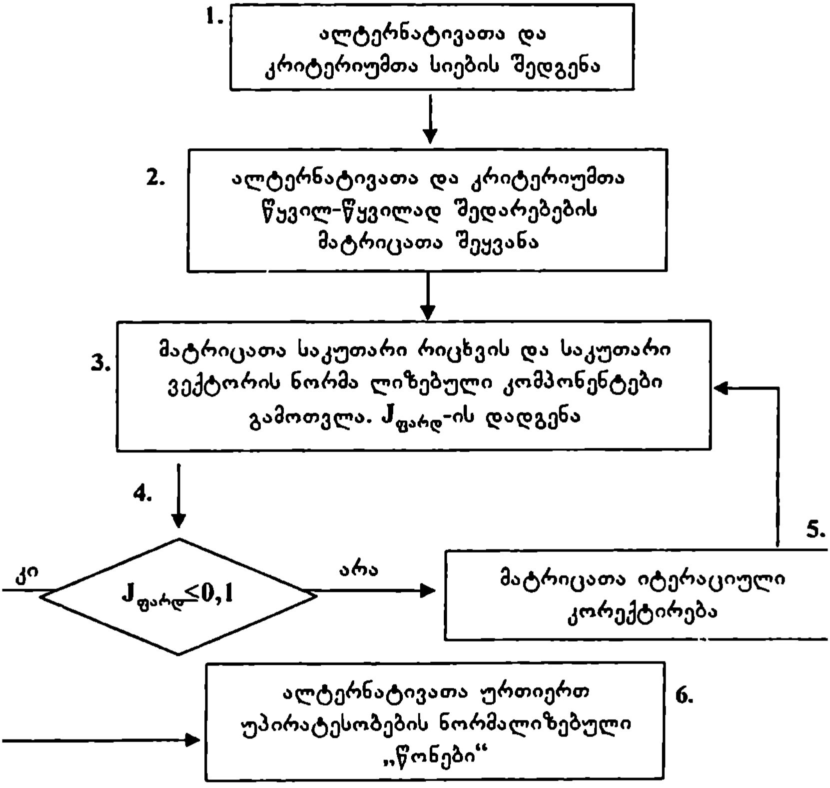
ამა მაგალითში საყურადღებოა ის, რომ იამ-ის მეშვეობით მოხდა არა მარტო უკეთესი ვარიანტის დადგენა, არამედ რაოდენობრივად შეფასდა ვარიანტთა ურთიერთუპირატესობები.

§1.10 იამ–ის პროცედურათა ავტომატიზების შესახებ

იამ-ის გამოყენების არსებული კომპიუტერული პროგრამები, როგორც წესი ორიენტირებულია კონკრეტულ ამოცანებზე. ამიტომ

მათი „მორგება“ თქვენს ამოცანაზე უფრო რთული და შრომატევადი საქმე იქნება, ვიდრე თქვენთვის საჭირო პროგრამის შედგენა.

იამ-ის გამოყენების სირთულე მთლიანად გადატანილია წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცათა შედგენაზე, რაც ექსპერტთა კომპეტენციაა და მათ კომპიუტერი ჯერჯერობით ვერ ცვლის. კომპიუტერს ევალება მხოლოდ ექსპერტთა მიერ შედგენილი წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცათა დამუშავება გარკვეული და საკმაოდ მარტივი ალგორითმით, რომელიც პროგრამირების თვალსაზრისით არავითარ სირთულეს არ წარმოადგენს. იამ-ის ალგორითმის ბლოკ-სქემა მოყვანილია ნახ. 1.3-ზე.



ნახ. 1.3

ბლოკების დახასიათება

1 ბლოკი — ალტერნატივათა და კრიტერიუმთა აღწერა. მათი სიების შედგენა და შეყვანა.

2 ბლოკი — ექსპერტთა მიერ შედგენილი კრიტერიუმებისა და ალტერნატივების წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცების შეყვანა.

3 ბლოკი — შეყვანილი წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცებისათვის შესაფასებელ ობიექტთა ნორმალიზებული წონების გამოთვლა (შესაბამისი არითმეტიკული ოპერაციების თანმიმდევრობა და აღწერა მოყვანილია №5 დანართში). შეყვანილი მატრიცის საკუთარი რიცხვის λ_{max}-ის გამოთვლა (შესაბამისი ოპერაციების აღწერა №5 დანართში).

$J_{ფარდ}$ — შეთანხმებულობის ფარდობითი ინდექსის გამოთვლის წესი იხილეთ §1.8-ში. იქვე მოცემული ცხრილი 1.3 — შეყვანილ იქნეს კომპიუტერში $J_{ფარდ}$-ის დასადგენათ.

4 ბლოკი — გამოთვლილი $J_{ფარდ}$-ის მნიშვნელობის შედარება მის ნორმატიულ (0,1) სიდიდესთან.

5 ბლოკი — მატრიცათა იტერაციული კორექტირების ბლოკი იხილეთ №6 დანართში, რომელშიც აღწერილია იტერაციული მეთოდი.

6 ბლოკი — კრიტერიუმთა მიხედვით ალტერნატივების ნორმალიზებული წონების მატრიცის ფორმირება და ამ მატრიცის გამრავლება კრიტერიუმთა ნორმალიზებული წონების ვექტორზე (ამ პროცესის აღწერა მოყვანილი იყო §1.9-ის ბოლო ნაწილში).

პასუხის ამობეჭდვა ალტერნატივათა ურთიერთ უპირატესობების ნორმალიზებული წონების სახით.

§1.11 კომენტარი იამ-ის თავისებურებათა შესახებ

ექსპერტთა მუშაობის შემოქმედებითი ნაწილი იერარქიათა ანალიზის მეთოდში მთლიანად მიმართულია კრიტერიუმთა ჩამოყალიბებაზე და მათ შეფასებებზე. აგრეთვე ალტერნატივათა ურთიერთ შედარებებზე ცალკეულ კრიტერიუმთა მიხედვით. ამ სამუშაოს შესრულების შემდეგ უკეთესი ალტერნატივის ამორჩევა და აგრეთვე ალტერნატივათა ურთიერთ უპირატესობების წონების დადგენა ხდება სტანდარტული მათემატიკური გამოთვლებით შესაბამისი პროგრამის მიხედვით, რომელთა სამართლიანობის სისწორე მოყვანილი იყო დანართებში №3 და №4. ამ გამოთვლებში ექსპერტები არ მონაწილეობენ. თუმცა, თუ ამის სურვილი გაუჩნდებათ, მაშინ თვითონ უნდა შეასრულონ სწორედის მათემატიკური ოპერაციები, რომლებიც განსაზღვრულია იამ-ით. ეს გარემოება, ერთის მხრივ აადვილებს ექსპერტთა საქმიანობას და მეორეს მხრივ გამორიცხავს არჩევანის პროცესში მანკიერი და მიკერძოებული ჩარევის შესაძლებლობას.

საექსპერტო შეფასებების სხვა მეთოდთაგან განსხვავებით, იამ-ი ერთად-ერთი მეთოდია, რომელიც თავისი პროცედურით ითვალისწინებს ექსპერტთა მიერ მიცემული შეფასებების შეთანხმებულობის კონტროლს.

იერარქიათა ანალიზის მეთოდის აღწერის ბოლოს გთავაზობთ კრიტერიუმთა ამორჩევის რამოდენიმე მაგალითს:

კრიტერიუმები, რომელთა გათვალისწინება სასურველია ადმინისტრაციის ხელმძღვანელის ამორჩევისას [15]

1. კომპეტენტურობა — თანაბრად ერკვეოდეს მისდამი დაქვემდებარებული დაწესებულების, როგორც წარმოების, ასევე მართვის საკითხებში. რაც უფრო მაღალი თანამდებობა უკავია, მით უფრო მეტად უნდა ერკვეოდეს მართვაში;
2. ორგანიზატორული მონაცემები — შეეძლოს მართვა;

3. ანალიზის და გადაწყვეტილების მიღების ბუნებრივი მონაცემები, მისი პიროვნული ხასიათის შესაბამისად.
4. ობიექტურობა და სამართლიანობა — მისი ავტორიტეტის საფუძველი.
5. დიპლომატიურობა — თავშეკავება ზედმეტი ინფორმაციის გაცემისაგან.
6. მოქხიბვლელობა ქცევაში.
7. კარიერის გაკეთების სურვილი.

კრიტერიუმები, რომელთა გათვალისწინება მიზანშეწონილია უმაღლესი სასწავლებლების პედაგოგის არჩევისას [1]:

1. ადვილად გასაგები თხრობის უნარი;
2. თანმიმდევროულობა;
3. მომთხოვნელობა;
4. კრიტიკული მიდგომის უნარის განვითარება;
5. სიმართლის თქმა.

კრიტერიუმები, რომელთა მიხედვით შეიძლება შევაფასოთ მიღებული გადაწყვეტილება:

1. დრო, რომელიც დაიხარჯება გადაწყვეტილების მიღებაზე;
2. გარდამავალი პერიოდისათვის საჭირო დრო რომლის განმავლობაშიც რეალურად განხორციელდება მიღებული გადაწყვეტილება;
3. არასასურველი შედეგების შეფასება, რასაც ადგილი ექნება მიღებული გადაწყვეტილების გამო.

თავი II

ზოგადსასისტემო კანონზომიერებანი და სინერგეტიკის ელემენტები

§2.1 სისტემა

სისტემურ ანალიზში სისტემა შემდეგნაირად განიმარტება:

> ელემენტთა ურთიერთ დაკავშირებული ერთობლიობა გაერთიანებული ერთიანი მიზნით და ფუნქციონალური მთლიანობით, რომელიც ავლენს ინტეგრაციულ თვისებებს. განსხვავებულს მისი ელემენტების თვისებებისაგან.

განმარტების თანახმად სისტემები განირჩევიან მათი ინტეგრაციული თვისებებით. ამიტომ სისტემური მიდგომა ითვალისწინებს საკვლევი ობიექტის მთლიანობაში ხედვას და ეფუძნება შესწავლის დედუქციურ მეთოდს — რთულიდან მარტივისაკენ.

სისტემურ ანალიზში შემუშავებულია ნიშნების ნუსხა, რომლებსაც უნდა ავლენდეს შესასწავლი ობიექტი, რომ იგი სისტემად ჩაითვალოს [17; 19]. ქვემოთ მოყვანილია ეს ნიშნები კომენტარებით:

1. ერთიანობა და დაყოფადობა. — ერთის მხრივ სისტემა არის ერთიანი წარმონაქმნი, ხოლო მეორეს მხრივ შესაძლებელია სისტემიდან გამოვყოთ მისი შემადგენელი ელემენტები.

2. კავშირების არსებობა ელემენტებს შორის. არსებობენ კავშირები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ინტეგრაციული თვისებების წარმოქმნას.

3. ინტეგრაციული თვისებების არსებობა — ისეთი თვისებებისა, რომლებიც სისტემის ელემენტებს გაერთიანებამდე არ გააჩნდათ. მაგალითად: სხვადასხვა ზომის და ფორმის ფიცრებისაგან აგებული წიგნების კარადა ავლენს სათავსოს თვისებას. ამ თვისებას ფიცრები აწყობამდე არ ავლენდნენ. სწორედ ამ ინტეგრაციული,

ახალი თვისებით გამოიყოფა კარადა, როგორც სისტემა სხვა სისტემებისაგან.

4. ორგანიზებულობა, რითაც უზრუნველყოფილია სისტემის ფუნქციონირება, არსებობა და თვითშენარჩუნება.

ორგანიზებულობისათვის მნიშვნელოვანია სისტემაში მართვის პროცესების არსებობა. ეს ნიშნავს, რომ სისტემა წარმოგვიდგება არა მარტო ენერგეტიკულ-მატერიალური თვისებებით, არამედ მასში ინფორმაციის ცირკულირების თვისებებითაც. მაგალითად იმავე კარადაში წიგნების დაწყობის შედეგად ცირკულირებს ინფორმაცია შემოსული დატვირთვის შესახებ. ეს ინფორმაცია გამოიხატება ძალვებით, რომლებსაც კარადის ელემენტები გადასცემენ ერთმანეთს კავშირების მეშვეობით. აღსანიშნავია, რომ კარადაში ადგილი აქვს თვითორგანიზების და თვითშენარჩუნების გამოვლენას. კერძოდ, დატვირთვისაგან წარმოქმნილი ძალვები კარადის ელემენტებს შორის ნაწილდება მათი სიხისტის პროპორციულად. რაც უფრო ხისტია ელემენტი მით უფრო მეტ დატვირთვას იღებს თავის თავზე და ამით იცავს სისტემას რღვევისაგან. ეს გარემოება ცნობილი ფაქტია დრეკადობის თეორიასა და მასალათა გაძლეობაში.

ზემოთ ჩამოთვლილი ოთხივე ნიშანს ამჟღავნებენ ბიოლოგიური სისტემები და მათთან ერთად ეკონომიკური, სოციალური, პოლიტიკური, ტექნიკური, განათლების, თავდაცვის და სხვა ამავე რიგის სისტემები. ამ სისტემების ანალიზი და მათი მართვის შესაძლებლობების გამოკვლევა სისტემური ანალიზის შესწავლის საგანს შეადგენს. ვიდრე სისტემათა მართვის პრობლემებზე ვისაუბრებდეთ უნდა შევთანხმდეთ ძირითად ცნებებზე, ტერმინოლოგიაზე, სისტემაში მიმდინარე პროცესებზე და მათი ინტენსივობის საზომ ერთეულებზე. მითუმეტეს, რომ პრობლემათა განხილვის ასეთი თანმიმდევრობის მიზანშეწონილობაზე ჩვენ უკვე შევთანხმდით პირველ თავში.

§2.2 სისტემური ანალიზის ძირითადი ცნებები. ტერმინოლოგია

სისტემები დინამიკურ, ცვალებად ობიექტებს წარმოადგენენ. ამიტომ მათი შესწავლის დასაწყისში უნდა განიმარტოს თუ რა ცვალებადობებს შევისწავლით და რის მიმართ. ამ თვალსაზრისით სისტემურ ანალიზში საკვანძო მნიშვნელობას იძენს სისტემის წონასწორობის ცნება. იგი პრინციპულად განსხვავდება მექანიკური წონასწორობის ცნებისაგან. მექანიკური წონასწორობა ეხება სისტემის ყოველ ელემენტს და გულისხმობს, რომ თითოეული ელემენტის სიჩქარე და აჩქარება ნულის ტოლია. სისტემურ ანალიზში შემოღებულია ე. წ. თერმოდინამიკური წონასწორობის ცნება. იგი ეხება არა სისტემის ცალკეულ ელემენტებს, არამედ სისტემის ინტეგრაციული თვისებების საერთო, კოლექტიურ მახასიათებლებს. ეს მახასიათებლები შეიძლება იყოს: ფიზიკურ სისტემაში — წნევა, სიმკვრივე, ტემპერატურა..., ეკონომიკურში — თვითღირებულება, ინფლიაციის დონე, ზარალი..., სოციალურში — მოსახლეობის მიმჰიდროვე, საარსებო მინიმუმი და სხვა. ეს მახასიათებლები გასაშუალოებულ ან მეტი ალბათობების მქონე მნიშვნელობებს წარმოადგენენ. მათ სტატისტიკური შინაარსი აქვთ.

დავუშვათ, რომ სისტემა ხასიათდება ხუთი მახასიათებლით, რომელთა მნიშვნელობებია, შესაბამისად S_1, S_2, S_3, S_4 და S_5 დავუშვათ, რომ S_4 მახასიათებლისათვის სისტემასა და მის გარემოს შორის საზღვარი „გახსნილია". თუ გარემოში, იმავე შინაარსის მქონე მახასიათებლის G_4-ის მნიშვნელობა განსხვავებულია სისტემის S_4 მახასიათებლის მნიშვნელობისაგან ($S_4 \neq G_4$), მაშინ დაიწყება S_4 და G_4 მახასიათებლების მნიშვნელობათა გაწონასწორება. ეს პროცესი გაგრძელდება ვიდრე S_4 არ გახდება G_4-ის ტოლი.

> ამბობენ, რომ სისტემა S_i მახასიათებლის მიმართ იმყოფება თერმოდინამიკურ წონასწორობაში თუ S_i მახასიათებელს აქვს იგივე მნიშვნელობა, რაც გარემოს, იმავე შინაარსის მქონე G_i მახასიათებელს ($S_i=G_i$).

თერმოდინამიკურ წონასწორობაზე ამბობენ, რომ იგი სტაბილურია S_i მახასიათებლის მიმართ თუ ამ მახასიათებლის მნიშვნელობა დროში არ იცვლება. ასეთ შემთხვევაში აგრეთვე ამბობენ, რომ S_i მახასიათებლის ნაკადი სისტემასა და გარემოს შორის ნულის ტოლია.

სისტემურ ანალიზში აგრეთვე გამოიყენება სისტემათა იზოლირებულობისა და გახსნილობის ცნებები.

ამბობენ, რომ სისტემა იმყოფება თერმოდინამიკურ იზოლირებულ მდგომარეობაში, თუ ყველა მახასიათებლის ნაკადი სისტემასა და გარემოს შორის ნულის ტოლია. ასეთ სისტემებს იზოლირებული სისტემები ეწოდება. სისტემები, რომლებშიც იზოლირებულობის პირობა არ სრულდება გახსნილ სისტემებად იწოდებიან.

სისტემა შეიძლება გახსნილი იყოს ერთი ან რამოდენიმე მახასიათებლის მიმართ და ამავე დროს იყოს იზოლირებული სხვა მახასიათებლების მიმართ.

სისტემათა გახსნილობისათვის, ანუ იმისათვის, რომ მოხდეს მახასიათებელთა გაწონასწორების (გაცვლის) პროცესი სისტემასა და გარემოს შორის, საჭიროა შესრულდეს შემდეგი სამი პირობა:

1. სისტემისა და გარემოს ერთნაირი შინაარსის მახასიათებელთა წყვილს უნდა ჰქონდეს განსხვავებული მნიშვნელობები. ამ პირობის შესრულება ნიშნავს, რომ არის მოთხოვნილება (დაკვეთა) მახასიათებელთა ნაკადის წარმოქმნისათვის.
2. საზღვრის გახსნილობა. უნდა არსებობდეს პირობები მახასიათებელთა გაცვლის შესაძლებლობის. ასეთი შესაძლებლობის არარსებობის მაგალითად გამოდგება ე.წ. „რკინის ფარდა“, რომელიც არსებობდა საბჭოთა კავშირსა და სხვა ქვეყნებს შორის.
3. მმართველი ზემოქმედება, რომელიც უზრუნველყოფს სისტემისა და გარემოს მახასიათებელთა წყვილის (ან წყვილების) მნიშვნელობათა განსხვავებულობის შენარჩუნებას და ხელს შეუშლის მათ გაწონასწორებას. ამ ზემოქმედებებს

„შეზღუდვებს“ აგრეთვე „არაწონასწორობად ზემოქმედებებს“ უწოდებენ. მათ განსახორციელებლად საჭიროა დამატებითი ენერგიის მიწოდება. მაგალითად თბილი ოთახიდან ცივ ოთახში სითბოს ნაკადის ინტენსივობის შესანარჩუნებლად საჭიროა თბილი ოთახის დამატებითი გათბობა.

სისტემის ინტეგრაციული თვისებები განისაზღვრება მისი ელემენტების მოწესრიგებულობის ხასიათით. როდესაც სისტემა გარემოსთან ურთიერთობს მაშინ მისი მოწესრიგებულობას სახე ეცვლება. ეს მეტად მნიშვნელოვანი გარემოებაა სისტემათა შესწავლის თვალსაზრისით. საჭირო ხდება სისტემის მოუწესრიგებლობის დონის გაზომვა. ამისათვის საჭიროა ვიქონიოთ მოუწესრიგებლობის დონის რაოდენობრივი მახასიათებელი.

სისტემათა მოუწესრიგებლობის რაოდენობრივი შეფასებისათვის მიღებულია მახასიათებელი Э(X), რომელსაც ენტროპია ეწოდება და გამოითვლება ფორმულით.

$$Э(X) = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 P_i \qquad (2.1)$$

აქ Э(X) – არის სისტემა X-ის ენტროპია. P_i არის ალბათობა იმისა, რომ X სისტემა იმყოფება i ნომრით აღნიშნულ მდგომარეობაში, n – სისტემის შესაძლო მდგომარეობათა საერთო რაოდენობა. ფორმულა (2.1)-ის თანახმად რაც უფრო მოუწესრიგებელია X სისტემა, მით უფრო მეტია მისი ენტროპია. იმისათვის, რომ (2.1) ფორმულის გამოყენების სიადვილეში დავრწმუნდეთ და აგრეთვე გავერკვეთ თუ რა იგულისხმება სისტემის მოუწესრიგებლობაში – განვიხილოთ რიცხვითი მაგალითი:

დაუშვათ გვაქვს ორი კამათელი: N1 ქარხნული წესითაა დამზადებული, სიმეტრიულია და კარგად არის ბალანსირებული. მეორე, N2 კამათელი კუსტარულადაა დამზადებული – ასიმეტრიულია და ცუდათაა ბალანსირებული. კამათლების წახნაგებზე, გამოხატულია რიცხვები 1-დან 6-მდე.

N1 კამათელის წახნაგებზე გამოხატული ნებისმიერი რიცხვის „მოსვლა" ტოლი ალბათობისაა და 1/6-ს შეადგენს. ეს კამათელი არავითარ მოწესრიგებულობას არ ივლენს მის წახნაგზე გამოხატული რომელიმე რიცხვის „მოსვლის" უპირატესობის მიმართ. ამიტომ თუ კამათელის მოწესრიგებულობას მის წახნაგებზე გამოხატული რიცხვების მოსვლის წესით დავახასიათებთ, მაშინ N1 კამათელი მოუწესრიგებელია.

N2 კამათელი ასიმეტრიულია და ამიტომ მის წახნაგებზე გამოხატული რიცხვების „მოსვლა" სხვადასხვა ალბათობებით ხდება. ეს ნიშნავს, რომ ამ რიცხვების მოსვლათა ურთიერთ უპირატესობები მოწესრიგებულია და ხდება მათი ალბათობების განაწილების შესაბამისად. დაუშვათ, რომ ეს მოწესრიგებულობა გამოიხატა ცხრილში მოყვანილი მონაცემებით. ცხრილის პირველ სტრიქონში მოყვანილია კამათელის გაგორების შედეგად „მოსული" ციფრები ხოლო მეორე სტრიქონში – ამ ციფრების „მოსვლის" ალბათობები.

X	1	2	3	4	5	6
P_i	0,10	0,08	0,02	0,60	0,04	0,16

ცხრილი

N1 და N2 კამათლების მოუწესრიგებლობის დონეთა შესაფასებლად გამოვიყენოთ ფორმულა (2.1) და გამოთვალოთ შესაბამისი ენტეროპიები.

N1 კამათელი – $Э(X) = -\left(\frac{1}{6}\log 2\frac{1}{6}\right) = 2{,}586$

N2 კამათელი – $Э(X) = -(0{,}10\log_2 0{,}10+0{,}08\log_2 0{,}08+0{,}02\log_2 0{,}02+$
$+0{,}60\log_2 0{,}60+0{,}04\log_2 0{,}04+0{,}16\log_2 0{,}16) = 1{,}787$

N1 და N2 კამათლებისათვის ენტროპიის გამოთვლით ჩვენ დავადგინეთ არა მარტო ის, რომ N1 კამათელი უფრო მოუწესრიგებელია (2,586>1,787) არამედ ისეც, თუ რამდენად უფრო მოუწესრიგებელია იგი ვიდრე N2 კამათელი. ენტროპიის მეშვეობით მოუწესრიგებლობის რაოდენობრივი შეფასების შესაძლებლობა ნათელყოფს თუ რამდენად

მნიშვნელოვანია ამ მახასიათებლის როლი სისტემურ ანალიზში (დამატებითი ცნობები ენტროპიის შესახებ იხილეთ N7 დანართში).

ის გარემოება, რომ ასიმეტრიული კამათელი N2 უფრო მოწესრიგებული აღმოჩნდა ვიდრე N1 სიმეტრიული, სრულებით არ ნიშნავს, რომ N2 უფრო უკეთესია. „უკეთესი“ — ეს სხვა კატეგორიის ცნებაა. იგი განისაზღვრება ჩვენი დამოკიდებულებით მოწესრიგებულობის მიმართ. მაგალითად უინსტონ ჩერჩილი ასე ახასიათებდა საბჭოთა სისტემაში დამყარებულ ტოტალურ წესრიგს: „ყველაფერი აკრძალულია. რაც ნებადართულია — სავალდებულოა“. დამეთანხმებით, რომ ჩერჩილი არ იყო აღფრთოვანებული საბჭოთა სისტემაში დამყარებული წესრიგით. ასევე ჩვენს მაგალითში — ასიმეტრიული, უფრო მოწესრიგებული N2 კამათელი თავის ფუნქციას უბრალოდ ვერ შეასრულებს და ამიტომ არ ვარგა.

ბუნების კანონები, ისევე როგორც ზოგადსისტემო კანონზომიერებანი უკომპრომისოდ განაგებენ სისტემათა ევოლუციას. ამ გარემოების გათვითცნობიერებასთან ერთად საზოგადოებრივ სისტემათა მმართველნი ასიმეტრიულად არიან განწყობილნი ბუნების სხვადასხვა კანონების მიმართ. ასე მაგალითად, ლოიალურად არიან განწყობილნი თერმოდინამიკის პირველი კანონის მიმართ, რომლის თანახმად სისტემისა და მისი გარემოს საერთო ენერგია უცვლელი რჩება. ამ კანონის შესაბამისად არც ერთ მმართველს აზრად არ მოუვა ხელი შეუწყოს პერპეტუ-მობილეს განხორციელების პროექტს. სულ სხვა განწყობაა თერმოდინამიკის მეორე კანონის მიმართ. ამ კანონის თანახმად:

> ყოველი იზოლირებული სისტემის ენტროპია დროში იზრდება.

ეს ნიშნავს, რომ ყოველი იზოლირებული სისტემა დროთა განმავლობაში მიისწრაფის მაქსიმალური მოუწესრიგებლობისაკენ. მოუწესრიგებლობის ზრდის პროცესი შეიძლება ხანგრძლივი აღმოჩნდეს. საბჭოთა კავშირის ერთპარტიული ხელმძღვანელობა, თავისი რკინის ფარდით იზოლირებულ სისტემას წარმოადგენდა მის დაშლას საკმაო დრო დასჭირდა.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ სისტემის იზოლირებულობა მისი მოწესრიგებულობის მოშლის მიზეზია. მაგალითად, თუ არ არის მოთხოვნილება განათლებულ

ადამიანებზე განათლების სისტემიდან სახელმწიფოში (გარემოში), მაშინ არც ასეთ ადამიანთა ნაკადი არსებობს და განათლების სისტემა იზოლირებულ მდგომარეობაშია. იწყება სისტემის მოუწესრიგებლობის ზრდა, რაც გამოიხატება მახინჯი ფორმების გამოვლინებით. იგივე შეიძლება ითქვას სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტების სისტემაზე, სოფლის მეურნეობის დარგებზე და სხვა. თერმოდინამიკის მეორე კანონის გააზრებული გამოყენება სისტემათა ანალიზში ხელს შეგვიწყობს ჩვენი მმართველობითი ძალისხმევის სწორ ორიენტაციაში.

§2.3 სისტემათა თვითორგანიზებადობის მექანიზმი

რეალური სისტემების სრული იზოლირება პრაქტიკულად შეუძლებელია. ყოველთვის რჩება სისტემის გახსნილობის რაღაც დონე. ამიტომ, სისტემები მაქსიმალურ მოუწესრიგებლობას — ენტროპიის მაქსიმუმს ვერ აღწევენ. სისტემის მოწესრიგებულობას განსაზღვრავენ როგორც სხვაობას მის მაქსიმალურ შესაძლო მოუწესრიგებლობის დონესა (ენტროპიის მაქსიმუმს $Э_{max}$) და რეალურად არსებულ მოუწესრიგებლობის (რეალური ენტროპიის $Э_R$) დონებს შორის. ამ სიდიდეს NЭ აღნიშნავენ და ნეგენტროპიას უწოდებენ

$$Э_{max} - Э_R = NЭ$$

ამრიგად NЭ არის სისტემის მოწესრიგებულობის დონის მახასიათებელი. იგი ენტროპიის საპირისპირო ხასიათის ცნებაა. ერთის ზრდა იწვევს მეორის შემცირებას და პირიქით.

გასათვალისწინებელია, რომ სისტემის მოწესრიგებულობა და მოუწესრიგებლობა განსხვავებული კანონზომიერებით იცვლებიან.

სისტემის გახსნილობის დონის ცვალებადობა იწვევს ენტროპიისა და ნეგენტროპიის დონეთა თანაფარდობის ცვალებადობას. სისტემის გახსნილობის ყოველ დონეს შეესაბამება Э და NЭ დონეთა გარკვეული თანაფარდობა, რომელსაც სისტემის ორგანიზებულობის

კრიტიკულ დონეს $Э_K$ ან სტაბილურობის კრიტიკულ წერტილს უწოდებენ. Э და NЭ დონეთა ცვალებადობა ხდება $Э_K$-ს მიმართ.

ენტროპიის ცვლილების პროცესში წარმოიქმნება ენტროპიული რხევები $Э_K$ დონის მიმართ. ამის მიზეზია სისტემის ინერციულობა. როდესაც ეს რხევები მილევადია, მაშინ სისტემის მდგომარეობა სტაბილიზირდება. თუ რხევები მილევადი არ არის და ამავე დროს სისტემის გახსნილობა იზრდება, მაშინ სისტემაში წარმოიქმნება პროცესები, რომლებიც სისტემას სხვა, ახალი ორგანიზებულობის სისტემად გარდაქმნის. გარდაქმნა მოხდება ისე, რომ სისტემის გახსნილობის დონის მაქსიმუმი ჯერ კიდევ არ იქნება მიღწეული. ამ გარემოებას საფუძვლად უდევს ის ფაქტი, რომ ელემენტთა ურთიერთობის გავრცელების სიჩქარე (სიგნალის გადაცემის სიჩქარე) უსასრულო არ არის. ამიტომ, როდესაც სისტემაში მოხდება რაიმე სტრუქტურული ცვლილება, მაშინ ეს პირველ რიგში გადაეცემა მის უახლოეს სტრუქტურულ ელემენტებს. ეს ელემენტები წარმოქმნიან ჯგუფს, რომელთა ქცევა განსხვავებული იქნება დანარჩენი ელემენტების ქცევისაგან. თუ ასეთი ელემენტების რაოდენობა იქნება საკმაოდ დიდი, ისინი შეასრულებენ ახალი სტრუქტურული ელემენტის როლს. ამასთან ახალი სტრუქტურული ელემენტები ურთიერთქმედებენ არა ძველი, არამედ ახალი კანონზომიერებებით. ახალი სტრუქტურული ელემენტების წარმოქმნით ნახტომისებურად წარმოიქმნება ახალი სტრუქტურული განსხვავებული კანონზომიერებები. ეს თავის მხრივ ნიშნავს, რომ წარმოიქმნა ახალი სისტემა. ეხლა უკვე ახალი სისტემის გახსნილობის დონის ზრდით. მისი განვითარება იმეორებს ადრე გავლილ სტადიებს და ასე სრული მოწესრიგებულობის მიუღწევლად გადავა შემდეგ ახალ სისტემაში და ა. შ. „კიბის საფეხურების“ გავლის სახით.

§2.4 მიზეზ–შედეგობრივი კანონზომიერება და სინერგეტიკის ამოცანები

სისტემათა გააზრებული მართვის შესაძლებლობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად წინასწარმეტყველებადია სისტემაში მიმდინარე პროცესების განვითარება. თუ სისტემაში მიზეზ-

შედეგობრივი დამოკიდებულება არ სრულდება, მაშინ პროცესების განვითარების წინასწარმეტყველება ზედმიწევნით რთულდება. სისტემებში მიმდინარე პროცესების პროგნოზირებადობის თვალსაზრისით გამოყოფენ სისტემათა სამ კლასს:

I დეტერმინირებული სისტემები (ანუ განსაზღვრული, მიზეზობრივი). ამ სისტემებში მიზეზ-შედეგობრივი კანონზომიერება სრულდება ცალსახად. ამიტომ პროცესების განვითარების წინასწარმეტყველება შესაძლებელია საწყისი მონაცემების საფუძველზე დროის ნებისმიერი მომენტისათვის. დეტერმინირებული სისტემები შეისწავლება მათემატიკური ანალიზის, ვარიაციული აღრიცხვის და წრფივი პროგრამირების მეთოდებით.

II სტოქასტიკური სისტემები. ამ სისტემებში მიზეზ-შედეგობრივი კანონზომიერება სრულდება გარკვეული ალბათობით და შესაბამისად მიმდინარე პროცესების წინასწარმეტყველებაც შესაძლებელია მხოლოდ ალბათობით. სტოქასტიკური სისტემათა შესწავლა ხდება ალბათობის თეორიის, მათემატიკური სტატისტიკის და თამაშების თეორიის მეთოდებით.

მიზეზ-შედეგობრივი კანონზომიერების შეუსრულებლობა ფსიქოლოგიურად ძნელად შესაგუებელი გარემოებაა. ადამიანის მთელი საინჟინრო საქმიანობის ისტორია დაკავშირებულია ამ კანონზომიერებასთან. აღსანიშნავია, რომ საქმე გვაქვს კანონზომიერებასთან და არა კანონთან. იგი წარმოადგენს ჩვენი პრაქტიკული გამოცდილების განზოგადოებას გონივრული მოსაზრების დონეზე და არ გამომდინარეობს არც ერთი ფუნდამენტური თეორიიდან.

ამ უკანასკნელი 30 წლის მანძილზე დადგინდა სისტემათა ახალი, მესამე კლასი, რომელიც შემდეგნაირად აღიწერება:

III რთული, თვითორგანიზებადი, არაწრფივი, არამდგრადი, და ალბათური ბუნების სისტემები.

ამ სისტემებში მიმდინარე პროცესების წინასწარმეტყველება შესაძლოა მხოლოდ დროის შეზღუდული ინტერვალისათვის. სისტე-

მის საწყისი პირობების მცირე ცვლილება იწვევს პროცესების სწრაფ განვითარებას და დროის გარკვეული მომენტიდან პროცესის შემდგომი წინასწარმეტყველება შეუძლებელი ხდება.

სისტემური ანალიზის ნაწილის, რომელიც III კლასის სისტემებს შეისწავლის **სინერგეტიკა** ეწოდება. იგი XX საუკუნის ბოლო მეოთხედში ჩამოყალიბდა და ინტენსიურად ვითარდება. მის განვითარებას ხელი შეუწყო ი. პრიგოჟინის, ი. სტენგერის, გ. ნიკოლისის და გ. ხაკენის ფუნდამენტურმა შრომებმა. გამოირკვა, რომ III კლასის სისტემათა თვისებებს ავლენენ პრაქტიკულად ყველა ბიოლოგიური, ფიზიკური, ეკონომიკური, პოლიტიკური და სხვა საზოგადოებრივი სისტემები. ჩამოთვლილი სისტემები სინერგეტიკის შესწავლის საგანს წარმოადგენენ. ამ სისტემათა სირთულე მათ განსაკუთრებულ თვისებებში მდგომარეობს, რომელთა მოკლე დახასიათებები მოყვანილია შემდეგ პარაგრაფში.

§2.5 რთულ, თვითორგანიზებად სისტემათა თვისებები:

ა) <u>არაწრფივობა</u>

ამბობენ, რომ სისტემა არაწრფივია, თუ მასზე ზემოქმედებების თანაბარი ინტენსივობით მატება იწვევს სისტემის მახასიათებელთა არათანაბარ ცვლილებებს. ასეთი დამოკიდებულება გრაფიკულად წრფის სახით არ გამოიხატება. ამიტომ პროცესის ამსახველ განტოლებებს არაწრფივს უწოდებენ. მათ რამოდენიმე ამონახსნი აქვთ. ეს კი ნიშნავს, რომ არაწრფივ სისტემაზე ერთი კონკრეტული ზემოქმედების შედეგი შეიძლება იყოს რამოდენიმე, მათ შორის არასასურველიც. საყურადღებოა კიდევ ერთი გარემოება. არაწრფივ სისტემებში არ სრულდება სუპერპოზიციის პრინციპი. კერძოდ, ორი ერთდროულად განხორციელებული ზემოქმედების შედეგი არ არის თითოეული მათგანის განცალკევებულად მოქმედების შედეგთა ჯამი (სუპერპოზიცია). არაწრფივ სისტემებში მცირე ინტენსივობის ზემოქმედებებს შეუძლიათ გამოიწვიონ დიდი შედეგები. ამიტომ, ცალკეული ზემოქმედება გავლენას ახდენს სხვა ზემოქმედების შედეგზე. სუპერპოზიციის პრინციპი კი არ ითვალისწინებს სხვადასხვა ზემოქმედებათა ურთიერთ გავლენას შედეგებზე.

ორივე აღნიშნული გარემოება: არაწრფივობა და მისგან გამომდინარე სუპერპოზიციის პრინციპის დარღვევა მეტად საყურადღებოა და გასათვალისწინებელია სისტემათა ანალიზში.

ბ) მდგრადობა

ამ ტერმინით განიმარტება სისტემის რეაგირების ხასიათი მასზე განხორციელებულ მცირე ინტენსივობის ზემოქმედებაზე.

> ამბობენ, რომ სისტემა მდგრადია თუ მასზე გარემოს მცირე ზემოქმედების შედეგად სისტემის მდგომარეობა მცირედ იცვლება. თუ ეს პირობა დარღვეულია — სისტემას არამდგრადს უწოდებენ.

გარემოს მიერ გამოწვეული მცირე ინტენსივობის ზემოქმედებებს შეშფოთებებს უწოდებენ. სისტემებზე მცირე ინტენსივობის ზემოქმედებების არსებობა განპირობებულია აგრეთვე თვით სისტემათა ბუნებით და არა მხოლოდ გარემოთი. ცნობილია, რომ სისტემათა უმრავლესობა შედგება დიდი რაოდენობის ელემენტებისაგან. ასეთი სისტემების მახასიათებლები სტატისტიკური ხასიათისაა და წარმოადგენენ საშუალო ან ყველაზე მეტი ალბათობის მქონე სიდიდეებს. მახასიათებელთა რეალური — მყისიერი მნიშვნელობები კი განსხვავდებიან სტატისტიკურად დადგენილი სტანდარტული მნიშვნელობებისაგან ეს განხვავებები სისტემის შინაგანი ბუნებითაა გამოწვეული და მათ ფლუქტუაციებს უწოდებენ.

ფლუქტუაციათა ზემოქმედება, სისტემის მდგრადობის თვალსაზრისით, იგივე შინაარსისაა, რაც გარემოს მცირე ზემოქმედებები. ამიტომ სისტემის არამდგრადობის მიზეზი შეიძლება იყოს როგორც შეშფოთებები, ასევე ფლუქტუაციები (მდგრადობისა და არამდგრადობის სახეობათა შესახებ იხილეთ №8 დანართი).

გ) ბიფურკაცია

სისტემათა არაწრფივობა და არამდგრადობა გარკვეულ ზეგავლენას ახდენს მათში მიმდინარე პროცესების განვითარებაზე. განვიხილოთ ამ თვისებების მქონე სისტემის ქცევა, როდესაც მისი მდგომარეობის განმსაზღვრელი პარამეტრის მნიშვნელობა იზრდება. თავდაპირველად, ვიდრე ამ პარამეტრის მნიშვნელობა მცირეა,

სისტემის შეშფოთებებით და ფლუქტუაციებით გამოწვეული ცვლილებები მილევადი ხასიათისაა. სისტემა მათ მიერ გამოწვეულ შედეგებს ახშობს და უბრუნდება თავის თერმოდინამიკური წონასწორობის მდგომარეობას. როდესაც განმსაზღვრელი პარამეტრის მნიშვნელობა კრიტიკულ ზღვარს მიაღწევს სისტემა ველარ ახერხებს შეშფოთებებით და ფლუქტუაციებით გამოწვეულ ცვლილებათა ჩახშობას. კრიტიკულ მდგომარეობაში სისტემა კარგავს მდგრადობას. ამ მომენტიდან დაწყებული სისტემა ავლენს თავის არაწრფივ ბუნებას, ანუ ქცევის რამოდენიმე რეჟიმის არსებობას, რომელიც მას ახასიათებს. იგი კრიტიკულ მდგომარეობაში აკეთებს არჩევანს და გადადის რომელიმე მათგანზე. ამ მოვლენას ბიფურკაცია-ს უწოდებენ. არჩევანი ხდება შემთხვევითი ფლუქტუაციებით. სისტემა აკეთებს რამოდენიმე ცდას. ბოლოს რომელიმე ფლუქტუაცია იმარჯვებს და ეს გარემოება სტაბილიზირდება. სისტემის მომავალი განისაზღვრება ამ შემთხვევითი კრიტიკული არჩევანით.

დ) თვითშენარჩუნება – ჰომეოსტაზი

ტერმინი ჰომეოსტაზი შემოღებულ იქნა ბიოლოგიაში უოლტერ კენონის მიერ 1932 წელს [36]. იგი გამოხატავს ცოცხალ ორგანიზმთა უნარს შეინარჩუნონ სტაბილური მდგომარეობა ცვალებად გარე სამყაროში და ამით უზრუნველყონ ორგანიზმის სიცოცხლის უნარიანობა. ჰომეოსტაზის ცნება იმდენად მოხერხებული აღმოჩნდა სხვადასხვა ბუნების მქონე სისტემათა თვითშენარჩუნების აღსაწერად, რომ მალე დამკვიდრდა საერთო სისტემურ ანალიზში. მრავალმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში არსე-ბულ რეგულირების მეთოდებს ბევრი საერთო აქვთ არაცოცხალ სისტემებში (მანქანებში) და საზოგადოებრივ სისტემებში არსებული რეგულირების მოწყობილობებთან და მეთოდებთან. ნორბერტ ვინერმა პირველმა განავრცო ჰომეოსტაზის ცნება საზოგადოებრივ სისტემებზე.

ჰომეოსტატიკა — შეისწავლის სისტემებში სიცოცხლის უნარიანობის შენარჩუნების მართვის პროცესებს, განიხილავს სისტემაში არსებულ ურთიერთ საწინააღმდეგო საწყისებს და მათთან დაკავშირებული პროცესების მართვის პრობლემებს. ქვემოთ ნაჩვენები იქნება, რომ ურთიერთ საწინააღმდეგო საწყისების ერთობლიობა ხელს უწყობს სისტემის სტაბილურობის შენარჩუნებას.

ეკონომიკაში ჰომეოსტატიკა შეისწავლის ისეთი დინამიკური პროცესების წონასწორობის მექანიზმებს, როგორებიცაა მიწოდებისა და მოთხოვნილების წონასწორობა, ბაზრის ეფექტურობის რეგულირება, უმუშევრობის ოპტიმალური დონის შენარჩუნება და სხვა.

სისტემათა ჰომეოსტაზურობა მკვეთრ გამოხატულებას პოულობს ადამიანთა საზოგადოებრივ სისტემებში. მისი წარმოქმნის მიზეზი, უმთავრესად არის დაპირისპირება სისტემის ფუნქციასა და სტრუქტურას შორის. სისტემის (მაგალითად ფირმის) ფუნქცია განისაზღვრება იმ ობიექტური მიზეზებით, რომლისთვისაც იგი შეიქმნა. ფუნქციის განხორციელების მიზნით იქმნება შესაბამისი სტრუქტურა, რომელიც ცოცხალ ადამიანებს შეიცავს თავიანთი სისუსტეებით, განსაკუთრებული მოსაზრებებით, პირადი ინტერესებით. ადამიანები ძალაუნებურად აყალიბებენ თავიანთ სუბიექტურ მიზნებს. სისტემას განვითარების პროცესში ეცვლება მიზნები. ცვლილებას განიცდიან გარემო პირობებიც. ყოველივე ამის შედეგად იცვლება სისტემის ფუნქცია. სისტემის სტრუქტურა უფრო ინერციულია ვიდრე მისი ფუნქცია. ადამიანები, როგორც წესი, დაინტერესებულნი არიან შეინარჩუნონ მათთვის ჩვეული და ათვისებული სისტემა. ყოველთვის მოიძებნებიან ადამიანები, რომლებიც მზად არიან შეასრულონ სამუშაო, რომელიც უკვე არავის სჭირდება. როგორც წესი, ფუნქციის ცვლილება საბოლოო ჯამში იწვევს სტრუქტურის ცვლილებას და სისტემა გარდაიქმნება [9].

სისტემათა სიცოცხლისუნარიანობის შენარჩუნების მოდელების აგება ხორციელდება უკუკავშირების ანალიზის საფუძველზე. სისტემურ ანალიზში უკუკავშირი განიმარტება როგორც თვით სამართავი პროცესის ზემოქმედება მმართველ ორგანოზე. უკუკავშირის მაგალითად შეიძლება განვიხილოთ მაცივარში ტემპერატურის მარეგულირებელი მოწყობილობის ფუნქციონირება. აქ სამართავია ტემპერატურის დონე, რომელიც მოქმედებს ტემპერატურის მარეგულირებელ — მმართველ მოწყობილობაზე. ასეთი ტიპის უკუკავშირებს, რომლებიც ხელს უწყობენ რომელიმე სამართავი პარამეტრის (ჩვენს მაგალითში — ტემპერატურის) სტაბილურობას უარყოფით უკუკავშირებს უწოდებენ. სწორედ უარყოფითი უკუკავშირები უზრუნველყოფენ სისტემათა ჰომეოსტაზური ბუნების გამოვლენას. საზოგადოებრივ სისტემებში უკუკავშირების ფუნქციას

ადამიანთა ჯგუფები (ექსპერტები) ასრულებენ, რომლებიც თვალ-ყურს ადევნებენ სოციალურ, ეკონომიკურ თუ პოლიტიკურ მდგომარეობას. უკუკავშირების გამოვლენის მეთოდიკაზე საუბარი გვექნება §2.7.2-ში.

§2.6. სისტემათა თვითორგანიზებადობის პროტოტიპი

რთულ სისტემათა ევოლუციაში განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს თვითორგანიზებადობის პროცესი. საინტერესოა მისი მიმდინარეობა, მოვლენათა თანმიმდევრობა და იმ თვისებათა როლი, რომლებზეც ზემოთ გვქონდა საუბარი. ამ საკითხების წარმოჩენა მოსახერხებელია რაიმე რეალურ მაგალითზე, რომელიც იქნება საკმაოდ ზოგადი და არ მოითხოვს სპეციალურ ცოდნას შესაბამის დარგში, რათა მისაწვდომი იყოს ადამიანისათვის განურჩევლად მისი პროფესიისა. ასეთ მაგალითად მივიჩნიეთ გ. ნიკოლისის და ი. პრიგოჟინის [21] წიგნში დეტალურად აღწერილი ფიზიკური ცდა, რომელიც მიგვყავს მცირედი შემოკლებებით და კომენტარებით.

წარმოვიდგინოთ, რომ ორ ჰორიზონტალურ ფირფიტას შორის მოთავსებულია წყლის თხელი ფენა. ფირფიტების განივი ზომები ბევრად აღემატება წყლის ფენის სისქეს. დაუშვათ, რომ ეს კონსტრუქცია იზოლირებულია. მცირე დროის შემდეგ სითხე აღმოჩნდება სრულიად ერთგვაროვან მდგომარეობაში, რომელშიც მისი სხვადასხვა ნაწილების ერთმანეთისგან გარჩევა შეუძლებელი იქნება. წარმოვიდგინოთ მინიატურული დამკვირვებელი, რომელიც მოთავსებულია წყლის ფენის რომელიმე მცირე ზომის მოცულობაში. იგი ვერ შესძლებს გაარჩიოს სად იმყოფება V_A მოცულობაში თუ V_B მოცულობაში. მას დაკარგული ექნება სივრცის აღქმის შესაძლებლობა მისი ერთგვაროვნობის გამო. ეს ერთგვაროვნობა გავრცელებული იქნება წყლის ფენის ყველა მახასიათებელზე: ტემპერატურაზე, წნევაზე, სიმკვრივეზე და სხვა. ყველაფერი ყველა მიმართულებით აბსოლუტურად ერთნაირია. დამყარებულია სრული სიმეტრია. ერთი ელემენტალური მოცულობის მიხედვით შეგვიძლია წარმოდგენა ვიქონიოთ ყველა დანარჩენ მოცულობაზე. არავითარი სტრუქტურირება ან რაიმე კანონზომიერება არ შეიმჩნევა.

ტემპერატურა ზედა და ქვედა ფირფიტებისა აღვნიშნოთ T_1 და T_2 შესაბამისად. გვექნება:

$$T_2 - T_1 = 0 \qquad (*)$$

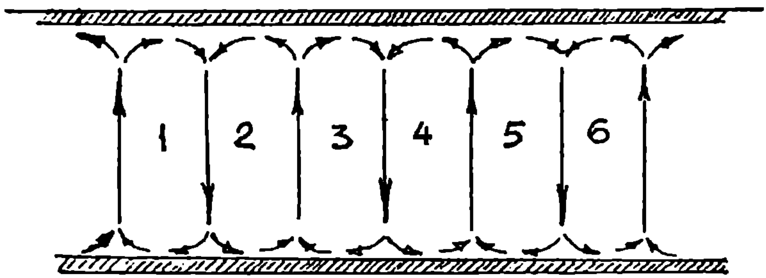
დაუშვათ, რომ მცირე დროით თითით შევეხეთ რომელიმე ფირფიტას. ამ ნაწილში ტემპერატურა სწრაფად აიწევს, მაგალითად 20^0-დან $36{,}5^0$-მდე. ამგვარ ზემოქმედებას, რომელიც ლოკალურად და სწრაფად ხორციელდება ჩვენ შეშფოთება ვუწოდეთ. თერმოდინამიკურ წონასწორობაში მყოფი სისტემა შეშფოთებას ჩაახშობს და ტემპერატურა სწრაფად გახდება 20^0-ის ტოლი. ასეთ შემთხვევაში ჩვენ ვამბობდით, რომ სისტემა ასიმპტოტურად მდგრადია (იხ. №8 დანართი).

შევცვალოთ ზემოქმედების ხასიათი და ხანგრძლივად გავათბოთ ქვედა ფირფიტა. ამისათვის საჭირო იქნება სისტემაზე ენერგიის მიწოდება სითბოს სახით. ამგვარი ზემოქმედებით ჩვენ ვზღუდავთ სისტემას. არ ვაძლევთ მას საშუალებას ჩაახშოს გარე ზემოქმედება და გადავიდეს წონასწორულ მდგომარეობაში. ტემპერატურის ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად დაირღვევა (*) პირობა და გვექნება $T_2 - T_1 > 0$.

დაუშვათ, რომ დასაწყისში ტემპერატურას ვზრდით მცირე დოზებით. სისტემაში წარმოიქმნება ტემპერატურის გადაცემის პროცესი. სითბო ქვედა ფირფიტიდან გადაეცემა სითხეს. გაივლის მის შრეებს და გადაეცემა ზედა ფირფიტას. შემდეგ სითბო გადავა ჰაერში (გარემოში). ამ პროცესში წყლის ფენის მდგომარეობა განსხვავებული იქნება თავდაპირველი წონასწორული მდგომარეობიდან. მინიატურული დამკვირვებლისათვის უკვე არ იქნება სულ ერთი რომელ მოცულობაში იქნება. იგი შეამჩნევს, რომ თუ ეტაპობრივად ტოლი მანძილებით გადაადგილდება წყლის ფენაში ქვევიდან ზევით, მაშინ წყლის მახასიათებლები: ტემპერატურა, სიმკვრივე, და წნევა ტოლი სიდიდეებით შემცირდება. ამ მოვლენას თბოგამტარობას უწოდებენ. დამკვირვებელს უკვე შეექმნა წარმოდგენა სივრცის შესახებ. იგი ამჩნევს მოწესრიგებულობას, ადრე არსებული სიმეტრიის დარღვევას, რომელშიც ყველა მიმართუ-ლებით ერთი და იგივე თვისებები vლიმდებოდა.

განვაგრძოთ ტემპერატურის თანდათანობით ზრდა. როდესაც იგი გარკვეულ T_K სიდიდეს მიაღწევს, რომელსაც კრიტიკულს ვუწოდებთ, სითხე უცებ მოწესრიგდება (სტრუქტურირდება) მცირე ზომის უჯრედების სახით. უჯრედები ერთმანეთის თანმიმდევრობით

განლაგდებიან, როგორც ეს ნახ. 2.1-ზე არის წარმოდგენილი. ყოველ უჯრედში სითხე წრიულად იმოძრავებს. მეზობელ უჯრედებში მოძრაობა საწინააღმდეგო მიმართულებებით ხდება: საათის ისრის მიმართულებით და საწინააღმდეგო მიმართულებებით. ნახაზზე მოძრაობის მიმართულებები ისრებითაა აღნიშნული. ამ უჯრედებს ბენარის უჯრედებს უწოდებენ, ხოლო თვით მოვლენას — სითბურ კონვექციას.



ნახ. 2.1

ჩვენი მინიატურული დამკვირვებლისათვის უკვე ადვილი წარმოსადგენია თუ სად იმყოფება იგი. მას შეუძლია საკმაოდ სრული წარმოდგენა იქონიოს სივრცეზე. როდესაც იგი თბოგამტარობის პროცესის მონაწილე იყო მას შეეძლო განესაზღვრა თავისი მდგომარეობა მხოლოდ სითხის ფენის სისქეში, რომელშიც აღნიშნავდა მახასიათებლების ცვლილებას. ჰორიზონტალური მიმართულებით კი სითხე ისევ ერთგვაროვანი იყო. სითბური კონვექციის პირობებში კი, სითხე ჰორიზონტალური მიმართულებითაც მოწესრიგებულია. ამრიგად გარემოს ზემოქმედებამ (ტემპერატურის ზრდამ) გამოიწვია ენტროპიის თანდათანობითი შემცირება — მოწესრიგებულობის თანდათანობითი ზრდა.

ნახ. 2.1-ზე წარმოდგენილია შემთხვევა, რომელშიც კენტი ნომრით აღნიშნულ უჯრედებში წყლის წრიული მოძრაობა ხდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ხოლო ლუწი ნომრის უჯრედებში — საწინააღმდეგო მიმართულებით. რამდენჯერაც არ უნდა გავიმეოროთ ცდა, იმდენჯერ წარმოიქმნება ბენარის უჯრედები. ეს

მოხდება როგორც კი ტემპერატურა კრიტიკულ Tк მნიშვნელობას მიაღწევს. ამ მომენტში უჯრედებში წარმოქმნილი წყლის წრიული მოძრაობების მიმართულებები უცვლელი დარჩება ცდის ბოლომდე. ყოველ ახალ ცდაში წყლის წრიული მოძრაობების მიმართულებები შეიძლება შეიცვალოს. მოძრაობის მიმართულებათა წინასწარმეტყველება (იქნება საათის ისრის მიმართულებით თუ საწინააღმდეგო მიმართულებით) შეუძლებელია. ერთი რამ კი აუცილებლად იქნება დაცული: ყოველ ცდაში წყლის წრიული მოძრაობების მიმართულება ორ მეზობელ უჯრედში აუცილებლად იქნება ერთმანეთისაგან განსხვავებული. წინააღმდეგ შემთხვევაში მეზობელ უჯრედებში წარმოქმნილი მოძრაობის ნაკადები ერთმანეთს ხელს შეუშლიან (ეს გარემოება ადვილი გასარკვევია თუ ნახ. 2.1-ს განიხილავთ).

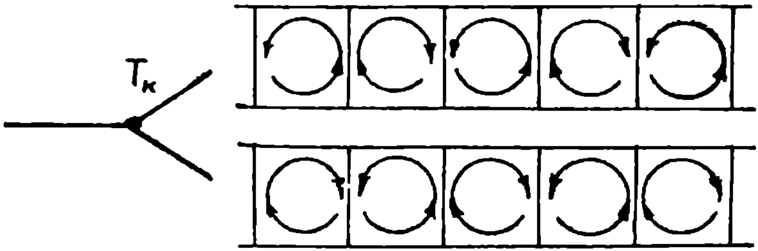
რა მოხდება, როდესაც სისტემაზე ტემპერატურული ზემოქმედების დონე გადააჭარბებს სტრუქტურირების პირველ კრიტიკულ Tк ზღვარს? ტემპერატურის ამ კრიტიკული დონის გადაჭარბების გარკვეულ ფარგლებში ბენარის უჯრედები ისევ იარსებებენ, თუმცა მათი ზოგიერთი მახასიათებელი შეიცვლება. როდესაც ტემპერატურის დონე მიაღწევს შემდეგ კრიტიკულ მნიშვნელობას უეცრად ბენარის უჯრედები მოიშლება და წარმოიქმნება დინების ახალი რეჟიმი, რომლისათვის სახასიათოა პარამეტრთა მოუწესრი-გებელი ცვლილება დროში. ეს რეჟიმი წინ უსწრებს ე. წ. ტურბუ-ლენტურ რეჟიმს, რომელიც ტემპერატურის შემდგომი ზრდის შედე-გად ასევე მყისიერად გადავა ქაოტურ მოძრაობაში.

აღწერილ ცდაში ტერმინი „წონასწორობა“ გამოყენებული იყო მისი თერმოდინამიკური მნიშვნელობით, რომლითაც არ გამორიცხება 20^0-მდე გამთბარ წყალში მოლეკულათა ქაოტური მოძრაობა. ასეთ პირობებშიც ჩვენი მინიატურული დამკვირვებელი მოწესრიგებულობას ვერ აღმოაჩენს, ვერც ერთი მიმართულებით.

საყურადღებოა ისიც, რომ ცდაში სისტემაზე ზემოქმედება (ტემპერატურის მატება) მცირე დოზებით ხორციელდება. ამ პირობის დარღვევის შემთხვევაში ზემოთ აღწერილ პროცესებს ვერ ვიხილავდით. ადვილი შესაძლებელი იყო, რომ სითხე ნახტომისებურად გადასულიყო ქაოსურ მდგომარეობაში. ეს გარემოება აუცილებლად გასათვალისწინებელია რთულ სისტემათა მმართველთათვის.

გ. ნიკოლისის და მ. პრიგოჟინის მიერ [21] აღწერილი ცდა, ჩვენის აზრით, ნათელყოფს, რომ რთულ სისტემათა ბუნება ურთიერთ საპირისპირო თვისებათა ერთობლიობას წარმოადგენს. მხედველობაში გვაქვს, ერთის მხრივ სისტემათა არაწრფივობა და არამდგრადობა, ხოლო მეორეს მხრივ თვითორგანიზებადობა და ჰომეოსტაზი. არაწრფივობის გამო სისტემას აქვს განვითარების რამოდენიმე განსხვავებული გზა, ისეთი, რომ ნებისმიერი მათგანის განვითარებას ერთნაირი შანსი აქვს. სისტემის არამდგრადობის თვისება კი იძლევა იმის გარანტიას, რომ თავისი განვითარების პროცესში მცირე შეშფოთებების გამო სისტემა მკვეთრად შეიცვლის მდგომარეობას. ნამდვილად გასაოცარია, რომ ასეთი გაურკვეველი და არაცალსახა ქცევის სისტემები, გარემოსთან ურთიერთობის პირობებში, ახერხებენ თვითორგანიზებადობას და თვითშენარჩუნებას. დაუბრუნდეთ ცდას და ვნახოთ თუ როგორ ვითარდება ეს პროცესი. როგორც უკვე აღინიშნა, როდესაც გარემოს ზემოქმედებამ (ტემპერატურის ზრდამ) გარკვეულ დონეს მიაღწია და მმართველი პარამეტრის მნიშვნელობა გახდა T_K-ს ტოლი, სისტემამ გამოავლინა თავისი არამდგრადი ბუნება. კერძოდ, მცირე შეშფოთებების შედეგად იგი მყისიერად გადავიდა თბოგამტარობის რეჟიმიდან სითბური კონვექციის რეჟიმში. ამასთან ერთად სისტემამ გამოავლინა თავისი არაწრფივობის თვისებაც. კერძოდ, ბენარის ცალკეულ უჯრედში სითხის წრიული მოძრაობა ერთნაირად შესაძლებელი გახდა როგორც საათის ისრის მიმართულებით, ასევე საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამ შესაძლებლობათა რეალიზება მოწესრიგდა, რაც გამოიხატა იმაში, რომ ყოველ მეზობელ უჯრედში სითხის წრიული მოძრაობა მონაცვლებით განხორციელდა საათის ისრის მოძრაობის და საწინააღმდეგო მომართულებით. ასეთი მოწესრიგებულობა იქცა საფუძველი იმისა, რომ კონვექციის რეჟიმი სტაბილიზირებულიყო. წინააღმდეგ შემთხვევაში, თუ ორ მეზობელ უჯრედში სითხე წრიულ მოძრაობას ერთი და იგივე მიმართულებით განახორციელებს, მაშინ წარმოიქმნება შემხვედრი ნაკადები და ბენარის უჯრედები მოიშლება. წრიული მოძრაობების მიმართულებათა ორგანიზება ხორციელდება უჯრედებს შორის არსებული კავშირების მეშვეობით. ყოველ ცალკეულ უჯრედში მცირე, შემთხვევითი ფლუქტუაციით პროვოცირდება სხვადასხვა მიმართულების წრიული მოძრაობების წარმოქმნა. ეს ინფორმაცია გადაეცემა ყველა უჯრედებს და იმარჯვებს

მოძრაობის მიმართულებათა ის თანაწყობა უჯრედებს შორის, რომელიც უზრუნველყოფს ყველა უჯრედში თანმიმდევრობით მოძრაობის მიმართულებათა შეცვლას და ამით პროცესის სტაბილურობას. ასე მაგალითად — შესაძლებელია, რომ კენტი ნომრების მქონე უჯრედებში წრიული მოძრაობა განხორციელდეს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ხოლო ლუწებში — საწინააღმდეგო მიმართულებით. შემდეგ ცდაში კი მიმართულებები შეიძლება შეიცვალოს. ამას მთელს სისტემაში წრიული მოძრაობის პროცესის თვითშენარჩუნებისათვის მნიშვნელობა არა აქვს. მთავარია დაცული იყოს მოძრაობის მიმართულებათა მონაცვლება მეზობელ უჯრედებში. რითაც უზრუნველყოფილი იქნება ბენარის უჯრედების შენარჩუნება. გამოთქმული მოსაზრებები შეჯამებულია ნახ. 2.2-ზე.



ნახ. 2.2

კრიტიკული ტემპერატურის T_K-ს მიღწევისას ყველაფერი ისე ხდება, თითქოს ყოველი მოცულობის ელემენტი თვალყურს ადევნებს დანარჩენი ელემენტების ქცევას და ამის გათვალისწინებით ირჩევს თავისი ქმედების ხასიათს, რათა შეასრულოს საჭირო როლი საერთო საარსებო პროცესში. ადამიანთა საზოგადოებრივ სისტემებში, ბიოლოგიურ სისტემებში ასეთი გააზრებული ქცევა გასაგებია და სავსებით შეესაბამება მათ ჰომეოსტაზურ ბუნებას. არაცოცხალი სისტემების ანალოგიური ქცევა კი ნამდვილად საოცრებაა, რომ არაფერი ვთქვათ ჩვენს უცოდინარობაზე.

§2.7 როგორ ვმართოთ რთული, თვითორგანიზებადი სისტემები

თვითორგანიზებად სისტემათა თვისებების მოკრძალებული აღწერაც კი ნათელყოფს, თუ რაოდენ რთულია მათი დამორჩილება და მიზანდასახული მართვა. მეცნიერების განვითარების თანამედროვე დონეზე შესაძლებელი ხდება ჩამოყალიბდეს მხოლოდ ზოგადი რეკომენდაციები იმის თაობაზე თუ რის გაკეთება შეიძლება და რისი არ შეიძლება. ამ თვალსაზრისით სისტემური და სინერგეტიკული კანონზომიერებები ასრულებენ იმავე ფუნქციას, რასაც ენერგიის შენახვისა და გარდაქმნის კანონი ასრულებს მუდმივი ძრავის შექმნისაკენ სწრაფვის მიმართებაში. სინერგეტიკული კანონზომიერებები ამ მხრივ მიგვითითებენ თუ რა მიმართულებით და რა ფარგლებშია შესაძლებელი თვითორგანიზებადი, რთული სისტემების მართვა. ეს გარემოება დაგვიცავს ილუზიისაგან ჩვენი მმართველობითი ღონისძიებების ყოვლის შემძლობის შესახებ.

შემდეგ პარაგრაფში გთავაზობთ ზოგად რეკომენდაციებს [9;21] რომელთა გათვალისწინება საჭიროდ არის მიჩნეული თვითორგანიზებადი, რთული სისტემების მართვაში.

§2.7.1 თვითორგანიზებადი სისტემების მართვის ზოგადი რეკომენდაციები

1. რთული სისტემების ალბათური ბუნების შესაბამისად მათზე მოხდენილმა ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს რამოდენიმე შედეგი და მათ შორის არასასურველიც. რამდენადაც დაბალი არ უნდა იყოს არასასურველი შედეგის განხორციელების შესაძლებლობა. ანგარიში უნდა გაეწიოს იმას, რომ მისი განხორციელების დაბალი ალბათობა ნიშნავს, რომ იგი ნაკლებად მოსალოდნელია განხორციელებათა დიდი რაოდენობის შემთხვევაში. რომ მას ამ დიდ რაოდენობაში მცირე წვლილი აქვს და არა ის, რომ ერთჯერადი განხორციელების შემთხვევაში არასასურველ შედეგს არ ექნება ადგილი.

2. არაწრფივ სისტემათა ბუნების შესაბამისად მათზე განხორციელებულმა ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს პროცესების განსხვავებული განვითარება. ყოველივე მათგანის რეალიზება ტოლი ალბათობისაა. ამიტომ, რთული სისტემები მოითხოვენ ინტენსიურ კვლევას, ვიდრე არ იქნება დადგენილი ყველა მოსალოდნელი შედეგი, რომლის მოაზრება შესაძლებელია. სინერგეტიკისა და მენეჯმენტის სპეციალისტების თვალსაზრისით, თუ რთული სისტემის მკვლევარი თვლის, რომ სისტემაზე ერთ ზემოქმედებას მოყვება მხოლოდ ერთი შედეგი ეს მეტყველებს მკვლევარის სიზარმაცეზე, ან მის უუნარობაზე ჩაატაროს სრულყოფილი ანალიზი [22].

3. მცირე ინტენსივობის ზემოქმედებამ კრიზისულ მდგომარეობას მიღწეულ სისტემაში შეიძლება გამოიწვიოს დიდი ცვლილებები. ამიტომ დიდი ინტენსივობით განხორციელებულმა ზემოქმედებებმა შეიძლება კრიზისული მდგომარეობა იმდენად სწრაფად განავითაროს, რომ კრიზისის მოახლოება შეუმჩნეველი გახდეს და სისტემა პირდაპირ, „ნახტომით" გადავიდეს სხვა (შესაძლოა არასასურველ) მდგომარეობაში.

4. მმართველობითი ზემოქმედების, წარმატებულობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად დაინტერესებულია ზემოქმედებას და ქვემდებარებული სუბიექტი მოთხოვნათა განხორციელებაში. აქედან გამომდინარე, სინერგეტიკა მართვის დირექტიული მეთოდის ნაცვლად გვთავაზობს ე. წ. ინდივიდუალიზებულ მართვას, ორიენ-ტირებულს ცალკეულ ადამიანზე.

სინერგეტიკა მოითხოვს, რომ ყოველი მმართველობითი ზემოქმედება იყოს მაქსიმალურად რეზონირებული (ჰპოვოს გამოძახილი). ასეთ შემთხვევაში თვით ზემოქმედება შეიძლება იყოს სუსტი. მთავარია არა მისი სიძლიერე, არამედ სწორი ორიენტაცია. ასეთი მიდგომა განიხილება როგორც თვითმაორგანიზებელი, რაც ამაღლებს მართვის ეფექტურობას.

ინდივიდუალიზებული მართვის კლასიკურ ნიმუშად სინერგეტიკაში მიღებულია საზოგადოების მართვის მაგალითი ბიბლიური ცნებების მეშვეობით. აქ მმართველობით ზემოქმედებას წარმოადგენენ ბიბლიური ცნებებიდან გამომდინარე ადამიანთა ქცევების მარტივი წესები. ბიბლიური წესები და მათი გავრცელების მეთოდი

ბევრად უფრო ეფექტური აღმოჩნდა, ვიდრე რომელიმე ისტორიული ცდა საზოგადოებაში წესრიგის დამყარებისა.

5. სინერგეტიკა განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობს ადამიანთა ინტერესების, ქცევის, შეხედულებათა და ტრადიციების ინერციულობას, რაც ხშირად ფინანსურ ინტერესებზე უფრო ძლიერია. ამის უგულებელყოფამ შეიძლება დაღუპოს ახალ კანონში გათვალისწინებული იდეების განხორციელება, თუნდაც ისინი მაღალ დონეზე იქნენ წარმოდგენილი (მაგალითად ლეონარდო და ვინჩის საფრენი აპარატი).

ადამიანთა ინერციულობის დაძლევის საშუალებად, როგორც სანიმუშო მაგალითს, მიუთითებენ მაცხოვრის ქადაგებას სინას მთაზე. ქადაგებანი მათი შინაარსის სიახლესა და რევოლუციურობასთან ერთად წარმოადგენენ წინამორბედი ცნებების განვითარებას: „გესმა, რამეთუ ითქვა...“, „ხოლო მე გეტყვი თქვენ...“ — უზენაესის მაგალითი კომენტარს არ საჭიროებს.

6. კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება, რომლის გათვალისწინება საჭიროდ არის მიჩნეული: — თვითორგანიზებად სისტემათა ინერციულობის გამო მათზე მმართველობითი ზემოქმე-დების განხორციელების სიჩქარე არ უნდა აღემატებოდეს სისტემაში თვითორგანიზებადობის გავრცელების სიჩქარეს. თუ ეს პირობა დარღვეულია, მაშინ სისტემა ვერ ასწრებს მოწესრიგებას და იმსხვრევა.

სინერგეტიკის თვალსაზრისით თვითორგანიზებად სისტემათა ინერციული, არამდგრადი და არაწრფივი ბუნების გამო სრულიად დაუშვებელია რადიკალური ცვლილების მომტანი, ინტენსიური და სწრაფი ზემოქმედების განხორციელება.

7. და ბოლოს, არც მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიმღებთ და არც მათ გამკითხავებს არ უნდა ჰქონდეთ იმის ილუზია, რომ კანონის მიღებით შესაძლებელია მთელი საზოგადოების ამოქმედება. სტატისტიკური გამოკვლევებით დადგენილია ე. წ. „20%-იანი კანონზომიერება“. კერძოდ, მსოფლიოს მოსახლეობის 20% ქმნის მთელი პროდუქციის 80%-ს. დანარჩენი მოსახლეობა 80% ქმნის პროდუქციის 20%-ს. ეს კანონზომიერება ვრცელდება სამეცნიერო და შრომით კოლექტივებზე, განათლების სისტემაზე და რამდენადაც გასაკვირი არ უნდა იყოს, საზოგადოებრივ მწერებზე, კერძოდ, ჭიანჭველებზე და ფუტკრებზე, ეს უკანასკნელი გარემოება

მიუთითებს 20%-იანი კანონზომიერების ღრმა ფესვებზე. ამიტომ მისი გაუთვალისწინებლობა მმართველობით საქმიანობაში დაუშვებელია.

1982 წლის ნობელის პრემიის ლაურეატი (ეკონომიკის დარგში) დ. სტიგლერი თავის გამოკვლევაში აღნიშნავს: „რთული სისტემების თავისებურებათა გაუთვალისწინებლობით მიღებულმა არც ერთმა დადგენილებამ, რომელთა მეშვეობით აშშ-ს მთავრობა წლების განმავლობაში ცდილობდა უშუალოდ წარემართა ეკონომიკა, არ მოგვცა სასურველი შედეგი. უფრო მეტიც, ეს შედეგი სრულიად საწინააღმდეგო აღმოჩნდა იმისა, რასაც მოელოდნენ“. ეს გამოცდილება ნამდვილად გასათვალისწინებელია. ამიტომ, ნუ შევეცდებით ვმართოთ რთული სისტემები მათი ბუნების საწინააღმდეგოდ. ნუ დავემსგავსებით ადამიანს, რომელიც ცდილობს აიძულოს ცხენი ზურგზე იცუროს.

§2.7.2 სისტემათა შიდა და გარე კავშირების თვისობრივი (კონგიტიური) მოდელი

სისტემის ელემენტებს შორის კავშირების არსებობა უზრუნველყოფს იმ ინტეგრაციული თვისებების წარმოქმნას, რომლებიც განასხვავებენ მოცემულ სისტემას სხვა სისტემებისაგან. ამასთან ერთად, აღნიშნული კავშირების არსებობა განაპირობებს სისტემის თვითორგანიზებადობის შესაძლებლობას. ყოველივე ეს მიუთითებს იმაზე თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ვიქონიოთ ნათელი წარმოდგენა სისტემაში არსებულ კავშირებზე.

განსახილველ მოვლენებს შორის კავშირების აღმოჩენა და გაანალიზება საკმაოდ რთული და მომქანცველი პროცესია. ამიტომ, ხშირად მკვლევარი შემოიფარგლება რამოდენიმე კავშირით და ამით უშვებს შეცდომას. ასეთი ვითარების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა, რომ კავშირების გამოვლენის პროცედურა ითვალისწინებდეს ყველა მოვლენის (ობიექტის) ყველა დანარჩენ მოვლენასთან (ობიექტან) კავშირის განხილვის აუცილებლობას. განსხილველია აგრეთვე კავშირები პროცესებსა და სიტუაციებს შორის, სისტემასა და მის გარემოს შორის. ყველაფერი ეს საკმაოდ შრომატევადი საქმეა და ამიტომ საჭიროა ამ პროცესის ფორმალიზებული მოწესრიგება. ამ

მიზნით სისტემათა ანალიზში აიგება თვისობრივი შეფასებების სქემა, რომელსაც კონგიტიურ (თვისობრივ) რუქას, აგრეთვე კონგიტიურ მოდელს უწოდებენ [23]. კონგიტიური მოდელი ეფუძნება გრაფების თეორიის მათემატიკურ აპარატს. ეს მოდელი განსაკუთრებით ეფექტურია დიდმაშტაბიანი სისტემებისათვის, როგორებიცაა: ეკონომიკური, პოლიტიკური, სოციალური, ეკოლოგიური, დემოგრაფიული და სხვა ამ რიგის სისტემები.

განვიხილოთ კონგიტიური მოდელის აგების მეთოდიკა. სისტემის ორი A_1 და A_2 ელემენტი წარმოვიდგინოთ, როგორც ორი კვანძი (წერტილი) სიბრტყეზე.

როდესაც A_1 ელემენტი დაკავშირებულია A_2 ელემენტთან მიზეზ-შედეგობრივი კავშირით ისე, რომ A_1 არის მიზეზი ხოლო A_2 – შედეგი, მაშინ ეს გარემოება აღინიშნება მიმართული ისრიანი რკალით A_1-დან A_2-კენ ($A_1 \rightarrow A_2$). ეს კავშირი ითვლება დადებითად თუ A_1 ელემენტის ზრდა (შემცირება) იწვევს A_2 ელემენტის ზრდას (შემცირებას). კავშირი ითვლება უარყოფითად თუ მიზეზის ზრდა იწვევს შედეგის შემცირებას და პირიქით – შემცირება იწვევს ზრდას. კავშირის დადებითობა აღინიშნება „+“ ნიშნით, უარყოფითობა „–“ ნიშნით და ორივე ეს ნიშნები გამოისახება ისრიან რკალზე.

შესაძლებელია, რომ სისტემის ელემენტებს (პროცესებს, სიტუაციებს, პარამეტრებს) შორის ადგილი ჰქონდეს უკუკავშირებს. მაგალითად A_1 არის მიზეზი ხოლო A_2 არის შედეგი. ამავე დროს A_2 არის მიზეზი და A_1 არის შედეგი. ეს გარემოება კონგიტიურ მოდელში აღინიშნება ორი რკალით $A_1 \leftrightarrows A_2$; რკალი A_2-დან A_1-კენ გამოხატავს უკუკავშირს.

უკუკავშირი შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითიც. უარყოფითი უკუკავშირი უზრუნველყოფს სისტემის თვითრეგულირების შესაძლებლობას. სახელდობრ თუ A_1 მიზეზის გადამეტებული ზრდა მოხდება და იგი გამოიწვევს პირდაპირი კავშირით A_2 შედეგის ზრდას, მაშინ A_2 შედეგის ზრდა, უარყოფითი უკუკავშირით მოახდენს A_1 მიზეზის შემცირებას.

მიზეზის შედეგზე ზემოქმედების რაოდენობრივი შეფასება, როგორც წესი, ვერ ხერხდება ვინაიდან ზემოქმედების გამომხატველი ფაქტორები თვისობრივი ბუნებისანი არიან. ასეთ შემთხვევებში იძულებულნი ვხდებით მივცეთ სუბიექტური შეფასებები, რისთვისაც

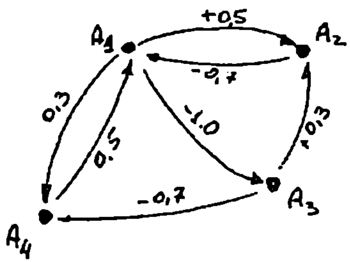
გამოიყენება ლინგვისტური შეფასებები. ეს შეფასებები იწერება რკალზე ნიშნის გვერდით. ლინგვისტური ცვლადებია: „ძალიან სუსტი“, „ზომიერ“, და ა.შ

ლინგვისტურ ცვლადებს ხშირად გამოხატავენ რიცხვებით [0;1] ინტერვალიდან შემდეგი სკალით:

ძალიან სუსტი	0,1
ზომიერი	0,3
მნიშვნელოვანი	0,5
ძლიერი	0,7
ძალიან ძლიერი	1,0

ეს რიცხვები იწერება რკალებზე ნიშნის გვერდით ლინგვისტური ცვლადების მაგივრად.

კონგიტიური მოდელის მაგალითი მოყვანილია 2.3 ნახატზე. აქ წარმოდგენილია ოთხ კვანძიანი გრაფი (ა) და მისი შესაბამისი მატრიციული ჩანაწერი (ბ).



ა)

	A_1	A_2	A_3	A_4	
A_1		+0,5	-1,0	+0,3	3
A_2	-0,7				1
A_3		+0,3		-0,7	2
A_4	+0,5				1

ბ)

ნახ. 2.3

მატრიცის ფარგლებს გარეთ სტრიქონების გასწვრივ და სვეტების თავზე აღნიშნულია სისტემის ელემენტთა A_1, A_2, A_3 და A_4 დასახელებები, რომლებიც გრაფზე წარმოდგენილია კვანძების სახით. მატრიცის უჯრედებში ჩაწერილი ნიშნიანი რიცხვები წარმოადგენენ სისტემის ელემენტთა ურთიერთ ზეგავლენის რაოდენობრივად გამოხატულ შეფასებებს. მათი ჩაწერის ადგილი მიუთითებს იმაზე, თუ

რომელი კვანძი რომელზე მოქმედებს. კერძოდ, პირველ სტრიქონში ჩაწერილი რიცხვები: +0,5; -1,0; +0,3 მიუთითებენ პირველი (A_1) კვანძის ზემოქმედებებს: მეორე კვანძზე (0,5), მესამე (A_3) კვანძზე (-1) და მეოთხე (A_4) კვანძზე (+0,3). მეორე სტრიქონში ჩაწერილი რიცხვები მიუთითებენ მეორე კვანძის (A_2)-ზე მოქმედებებს და ა.შ.

მოყვანილ მაგალითში უკუკავშირებით დაკავშირებულნი არიან A_1 კვანძი და A_2. აქ უკუკავშირი $A_2 \rightarrow A_1$ უარყოფითია. უკუკავშირია აგრეთვე A_1 და A_4 კვანძებს შორის (დადებითი). უკუკავშირებით დაკავშირებული ელემენტები მატრიცაში განლაგებულნი არიან სიმეტრიულად მატრიცის დაშტრიხული დიაგონალის მიმართ. ეს რიცხვებია +0,5 და -0,7, აგრეთვე +0,3 და +0,5 შესაბამისად $A_1 \leftrightarrows A_2$ და $A_1 \leftrightarrows A_4$ კვანძებისათვის.

მატრიცის გვერდით ჩამოწერილი რიცხვების სვეტში ყოველი რიცხვი მიუთითებს თუ რამდენ ელემენტთან აქვს უშუალო კავშირი შესაბამისი სტრიქონის ელემენტს. როგორც ვხედავთ ყველაზე მეტკავშირებიანი ელემენტია A_1 – (3) შემდეგ მოდის ელემენტი A_2 – (2). ამ ელემენტებს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცნეს კავშირების ანალიზის დროს.

თუ სისტემაში განსახილველ ელემენტთა რაოდენობა დიდია, მაშინ გრაფის აგებით კავშირების გაანალიზება რთულდება. არის შესაძლებლობა, რომ რომელიმე კავშირი გამოგვრჩეს. ამიტომ უნდა გამოვიყენოთ გრაფის მატრიცული ჩანაწერი. ამისათვის ვაგებთ კვადრატულ მატრიცას $n \times n$ (სადაც n არის სისტემის ელემენტთა რიცხვი) და ვიწყებთ ყოველი სტრიქონის შევსებას. თუ ელემენტებს შორის კავშირი არ არის, მაშინ მატრიცის შესაბამის უჯრედში იწერება „0“, ხოლო თუ არის იწერება შესაბამისი შეფასება.

სისტემათა კონგიტიური მოდელის შედგენა მნიშვნელოვან დახმარებას გვიწევს დიდი მაშტაბის სისტემების ანალიზში. გვაძლევს საშუალებას განვიხილოთ ყველა შესაძლო კავშირი და თვისობრივად შევაფასოთ მათი მნიშვნელობა. სისტემის შესახებ ასეთი ინფორმაციის მოპოვება ხელშემწყობი გარემოებაა სისტემის რაციონალური მართვის ორგანიზებაში.

§2.8 „მიზანი“ და „მართვა“ სისტემურ ანალიზში

სისტემათა მეცნიერული კვლევის ძირითად ინტერესს წარმოადგენს მათი მიზანდასახული მართვა. თუ მიზანი დასახული არ არის, მაშინ უმიზნო მართვას აზრი არა აქვს. ამ ბანალური მოსაზრების დაფიქსირების საჭიროება გამოწვეულია არა ერთი, მაღალი დონისა და მნიშვნელობის დოკუმენტის შინაარსით, რომლებიც მიზანდაუსახულობის გამო გადაიქცნენ შემთხვევით, ერთმანეთთან დაუკავშირებელ ზემოქმედებათა ერთობლიობად.

სისტემურ ანალიზში, ასევე მენეჯმენტში მიზნის რამოდენიმე და საკმაოდ ვრცელი განსაზღვრება არსებობს. მათ შორის ერთ-ერთი, ჩვენის აზრით საკმაოდ ზოგადი განმარტება ასეთია: „მიზანი — სასურველი შედეგის დეკლარაციაა“.

მიზნის დასახვა ურთულესი პრობლემაა. როგორც წესი საქმე გვაქვს ურთიერთ საწინააღმდეგო მიზნებთან, მოტივებთან, კრიტერიუმებთან. ხშირ შემთხვევაში ზუსტად ვიცით რა არ გვინდა და არ ვიცით თუ რა გვინდა. ასეთი ვითარება ძალზე გვძაბავს. თუ ასეთი ვითარება მასიურ ხასიათს ღებულობს მაშინ იგი, ხშირ შემთხვევაში რევოლუციის საწინდარი ხდება. მიზნის დასახვას ორი ასპექტი გააჩნია: „მიზნების გამოვლენა და მიზნების ჩამოყალიბება“.

მიზნების გამოვლენის რეცეპტი არ არსებობს. მიზანდასახულობის მთავარი სირთულე სწორედ მიზანთა გამოვლენაშია. მიზანთა გამოვლენაში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ე. წ. „ტვინის იერიშის“ მეთოდი, რომელიც განკუთვნილია ახალი იდეების აღმოსაჩენად და ამიტომ ითვალისწინებს ნებისმიერი იდეის განხილვას (იხ. §2.9). მიზანთა გამოვლენა ითვალისწინებს აგრეთვე მათ რანჟირებას უპირატესობების მიხედვით. ხშირად თვით ეს პროცესი ხდება მიზნის გამოვლენის და დაზუსტების საშუალება.

მიზანთა ჩამოყალიბება უნდა მოხდეს ისეთი ფორმით, რომ მათ მისაღწევად გამოსაყენებელი მართვითი მოქმედებები იყოს რაციონალური. ეს მეთოდიკა დეტალურადაა დამუშავებული [24; 25] და წარმოდგენილია ქვემოთ მცირე შემოკლებებით და კომენტარებით.

მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს მიზნის ფორმულირება

1. იწყებოდეს ბრძანებითი კილოს განუსაზღვრელი საწყისი ფორმის ზმნით, რომელიც ახასიათებს შესასრულებელ მოქმედებას („უზრუნველყოფილ იქნეს ...", „შემუშავდეს ...".) ან სასურველ შედეგს („ყოველ თვეში გამოშვებულ იქნეს ...").
2. აკონკრეტებდეს:
   ა) საბოლოო შედეგს და იძლეოდეს მის რაოდენობრივ დახასიათებას
   ბ) მიზნის მიღწევის ვადას
   გ) დასაშვები ხარჯების მაქსიმალური რაოდენობის სიდიდეს.

   ამ გარემოებათა დაკონკრეტება იძლევა საშუალებას დავრწმუნდეთ მიზნის მიღწევაში და შევძლოთ შესრულებული სამუშაოს შეფასება.
3. ჩამოყალიბდეს თუ „რა" და „როდის" უნდა გაკეთდეს და არ „რატომ" და „როგორ".
4. აუცილებლად გაიმიჯნოს შედეგი და პროცესი, იმის მიხედვით თუ რას უნდა ვესწრაფოდეთ.
5. იყოს რეალური და მიღწევადი
6. გამორიცხავდეს (ან მინიმუმამდე დაყავდეს) შედეგის მიღებაზე ორმაგი პასუხისმგებლობის შესაძლებლობას*).
7. იყოს გასაგები შემსრულებლისათვის. გამორიცხავდეს ორმაგ წაკითხვას.
8. ემთხვეოდეს შემსრულებლის ინტერესებს.
9. დაფიქსირდეს წერილობით და ინახებოდეს.

მოყვანილი წესები ხელს შეგვიწყობს მიზნის ჩამოყალიბებაში. არ უნდა ვიფიქროთ, რომ მიზნის ფორმულირება აუცილებლად უნდა პასუხობდეს ყოველ მოთხოვნას. მაგრამ, მოყვანილი ნებისმიერი მუხლის გამოტოვება უნდა დასაბუთდეს. ასეთია სპეციალისტთა აზრი

---

*) „ყოველ საქმეზე პასუხი უნდა აგოს ერთმა და მხოლოდ ერთმა შემსრულებელმა" — ბისმარკი.

„საერთო საქმე — არავისი საქმეა" ინგლისური გამოთქმა.

მიზნის ფორმულირების თაობაზე. ყოველივე ეს ნათელყოფს თუ რამდენად რთულია მიზნის ჩამოყალიბება ვიდრე მიზანზე ზოგადი საუბარი. აქ ალბათ დროულია გავიხსენოთ ჰარტლის პირველი კანონი: „ძნელი არ არის ცხენის წყალთან მოყვანა, მაგრამ თუ თქვენ აიძულებთ მას ზურგზე იცუროს ეს უკვე ნიშნავს, რომ თქვენ რაღაცას მიაღწიეთ".

მართვის ფაზები

მართვის ცნების ერთ-ერთი ზოგადი განმარტება ასეთია:

> **მართვა** — გადაწყვეტილებათა მიღების და მათი შესრულების ხელშეწყობაა.

უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს მართვის მრავალი განმარტება, ორიენტირებული კონკრეტულ სისტემებზე. თუმცა მართვის არც ზოგად განმარტებათა სიმცირეა. მაგალითად ნ. მარკოზაშვილის [22] წიგნში მოყვანილია მართვის განმარტების 10 მაგალითი განსჯისათვის.

ავტორთა უმრავლესობა (განურჩევლათ იმისა, თუ რომელი განმარტებით ხელმძღვანელობს) თვლის [22; 25], რომ მართვის პროცესი უნდა შედგებოდეს შემდეგი ფაზებისაგან:

1. მიზნის დასახვა
2. ეფექტურობის კრიტერიუმების შერჩევა, რომელთა დაკმაყოფილებით ფასდება მიზნის მიღწევის ხარისხი. ამისათვის შემოაქვთ რაოდენობრივი მახასიათებლები, რომლებსაც ეფექტურობის კრიტერიუმებს უწოდებენ.
3. გარემო ფაქტორების შეფასება. აქ იგულისხმება, რომ საჭიროა გარემოსთან ყოველგვარი ურთიერთობის შეფასება ყველა პარამეტრით.
4. საკუთარი შესაძლებლობების განსაზღვრა — რესურსების დადგენა.
5. დაგეგმვა — დაიგეგმოს მართვის პროცესი და პროგნოზირება გაუკეთდეს მომავალს.

6. გეგმის რეალიზაცია — ამისათვის საჭიროა:
სისტემის დანაწევრება (სტრუქტურიზაცია).
ფუნქციების განაწილება.
გადაწყვეტილების მიღება მუშაობის დაწყებაზე და მისი განხორციელება.
7. აღრიცხვა — მუშაობის ყოველი პერიოდის ბოლოს პარამეტრების შედარება გეგმიურთან.
8. კონტროლი და ანალიზი — აღრიცხვის შედეგებით მუშაობის მიმდინარეობის კონტროლი და სისტემის ეფექტურობის ანალიზი.

ზემოთ აღწერილი მიზნის ჩამოყალიბების ტექნოლოგია და მართვის ფაზები განკუთვნილია ე. წ. მიზნობრივად ორიენტირებული სისტემებისათვის. ასეთი სისტემები ხასიათდებიან მიზანთა მკვეთრად გამოყოფილი იერარქიით და მართვის დონეთა საფეხურებით. ეს შედარებით მარტივი და მეტად გავრცელებული სისტემებია. არის სისტემათა მეორე კლასი. ე. წ. ფასეულობრივად ორიენტირებული სისტემები. მათ ფუნქციონირებაში მიზანი გამოკვეთილი არ არის [9]. ამ სისტემებისათვის მთავარია ფუნქციონირების პროცესი და არა შედეგი, რომლის ჩამოყალიბება მიზნის სახით შეუძლებელია. ამ სისტემათა მაგალითად შეიძლება განვიხილოთ ოჯახი, ხელოვნების მსახურთა გაერთიანებები, მეცნიერებათა აკადემია — რომელიც დაკავებულია ფუნდამენტური კვლევებით. ასეთი ტიპის სისტემებისათვის შეუძლებელია მიზნის დასახვა ზემოთ წარმოდგენილი, კანონიკური ფორმით. ფასეულობებზე ორიენტირებულ სისტემათა თავისებურება აუცილებლად გასათვალისწინებელია. მათ არ შეიძლება მოეთხოვოს იგივე, რაც მოეთხოვება, მაგალითად მაკარონის ქარხანას, რომელსაც თავისი, საკმაოდ რთული და წინააღმდეგობრივი პრობლემები აქვს გადასაწყვეტი მართვაში.

§2.9 ტვინის პირდაპირი იერიში

ასეთია დასახელება თათბირის ჩატარების წესისა, რომელიც ეფუძნება შემდეგ ჰიპოთეზას: დიდი რაოდენობის იდეათა შორის ყოველ შემთხვევაში არის რამოდენიმე მაინც კარგი. ამ მეთოდის დიდი გამოცდილების შედეგებს გვიზიარებს თავის წიგნში [39] ცნობილი ავსტრიელი მეცნიერი ე. იანჩი. მას განხილული აქვს ტვინის იერიშის მეთოდის რამოდენიმე ვარიანტი. ერთ-ერთი მათგანით თათბირის ჩატარების წესი ასეთია:

1. ჩამოყალიბდეს პრობლემა მხოლოდ ძირითად ტერმინებში (საკვანძო სიტყვები).
2. არ გამოცხადდეს მცდარად არცერთი იდეა და არ შეწყდეს მსჯელობა (გარჩევა) არცერთი იდეისა (არ შეწყვიტოთ ძალდატანებით).
3. აიტაცეთ ნებისმიერი გვარის იდეა, თუნდაც გეჩვენებოდეთ იგი უადგილოდ და საეჭვოდ მოცემულ მომენტში.
4. მხარი დაუჭირეთ და წააქეზეთ მონაწილენი, რათა გაანთავისუფლოთ ისინი შებოჭილობისაგან.

ცალკეული გამოკვლევები ამ დარგში მოწმობენ, რომ: ტვინის იერიშის ვითარებას შესწევს ძალა აამაღლოს მონაწილეთა აზროვნების პროდუქტიულობა. მე-3 მუხლის შესრულების შემთხვევაში „კარგი" იდეები უფრო მეტი წამოიჭრება, ვიდრე მაშინ როდესაც ვიზრუნებთ მხოლოდ კარგი იდეების გამოძებნაზე.

ტვინის პირდაპირი იერიშის მეთოდი იდეალური ვარიანტია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ვიცით რა არ გვინდა და არ ვიცით თუ რა გვინდა.

§2.10 ადამიანთა საზოგადოებრივი სისტემების მართვის თავისებურებანი

საზოგადოებრივი იდეოლოგიის განმარტება სისტემურ ანალიზში ასეთია:

> საზოგადოებრივი იდეოლოგია არის შეხედულებათა სისტემა საზოგადოებრივ ფასეულობებზე, რომლებიც საზოგადოების წევრთა უმრავლესობას მნიშვნელოვნად და მიმზიდველად მიაცნია თავისთვის.

საერთო იდეოლოგიის მქონე ადამიანებს საერთო მიზნები აქვთ. ამ მიზნების მისაღწევად ადამიანები ერთიანდებიან და წარმოქმნიან საზოგადოებებს. ასეთ გაერთიანებათა უმრავლესობა აკმაყოფილებს ყველა იმ მოთხოვნებს, რომლებითაც §2.1-ში განმარტებული იყო სისტემის ცნება. აღნიშნულ მოთხოვნებს აკმაყოფილებს სახელმწიფოც. ამიტომ ბუნებრივია, რომ ასეთი გაერთიანებები განვიხილოთ სისტემური ანალიზის პოზიციებიდან.

იდეოლოგიის განმარტებაში მოხსენიებული „საზოგადოებრივი ფასეულობები", როგორც წესი, კონცეპციების სახით წარმოგვიდგება. ეს შეიძლება იყოს ეკონომიკური, ეროვნული, პოლიტიკური, რელიგიური, განათლების, თავდაცვის ან სხვა რომელიმე კონცეპცია.

საზოგადოების მიერ მიღებული კონცეპციის დამკვიდრება საზოგადოებრივ მიზანს წარმოადგენს. უნდა აღინიშნოს, რომ საზოგადოებრივი იდეოლოგიის შესაბამისი ფასეულობების დადგენა და სათანადო მიზნების დასახვა უაღრესად რთული პრობლემაა. მისი გადაწყვეტა მოითხოვს ქვეყნის დიდი ინტელექტუალური პოტენციალის მობილიზებას. როდესაც ქვეყნის ხელისუფალნი ამ პრობლემის მოწესრიგებას ვერ ახერხებენ, მაშინ ხდება საზოგადოებრივ მიზანთა ჩანაცვლება. მიზნებად სახელდება ფინანსური სტაბილურობა, საბაზრო ეკონომიკაზე გადასვლა, ზოგიერთ უწყებათა გაძლიერება და სხვა. ყოველივე ეს მიზნის მიღწევის საშუალებებია და არა მიზანი.

ცოცხალ არსებათა სხვა საზოგადოებრივ სისტემებში ფასეულობებთან დაკავშირებული პრობლემები არ წამოიჭრება.

მხედველობაში გვაქვს ბიოლოგიური საზოგადოებრივი სისტემები, რომელთა სტაბილური ფუნქციონირების ხანგრძლივობა მილიონობით წლებს მოიცავს. ასეთ საზოგადოებრივ სისტემებს ქმნიან ჭიანჭველები, ტერმიტები, ფუტკრები თავიანთ უაღრესად მრავალფეროვანი და ურთულესი საქმიანობებით. მათ არც საზოგადოებრივი მიზნების დასახვა და არც მიზანთა მიღწევის გზების დაგეგმვა არ სჭირდებათ. მათი ფუნქციონირება გენეტიკითაა განსაზღვრული და ემსახურება სისტემის სტაბილურობის და თვითშენარჩუნების მიზნებს. ეს ბუნებრივი სისტემებია და მათი შექმნის მიზნები უზენაესი განგების კომპეტენციაა.

სახელმწიფოს (როგორც საზოგადოებრივი სისტემის) მართვა წარმატებულია, თუ იგი ემსახურება საზოგადოებრივი ფასეულობების დამკვიდრებას. თუ ეს პირობა დაცული არ არის, მაშინ საზოგადოება მართვას ნაკლებად ემორჩილება და მას არაეფექტურს ხდის.

საყურადღებოა, რომ სახელმწიფოს მართვის ტექნოლოგია, რომელიც არ ემსახურება საზოგადოებრივი ფასეულობების დამკვიდრებას, თავის არაეფექტურობასთან ერთად, იწვევს საზოგადოებაში სახელმწიფოებრივი აზროვნების მოშლას. ეს გარემოება სავსებით შეესაბამება თერმოდინამიკის მეორე კანონს, რომელზეც საუბარი გვქონდა §2..2-ში. ამ კანონის თანახმად თუ სისტემის რომელიმე თვისებას თავისი გამოვლენის საშუალება არა აქვს, მაშინ იგი დროთა განმავლობაში ატროფირდება. ჩვენთვის ამ გარემოების მნიშვნელოვნობა ნათელი გახდება, თუ გავითვალისწინებთ საქართველოს სახელმწიფოებრივობის უკანასკნელ ორ საუკუნოვან ისტორიას. ამ საკითხზე დიდი გულისტკივილით წერდა ილია ჭავჭავაძე ჯერ კიდევ თერმოდინამიკის მეორე კანონის დამკვიდრებამდე: „თითოეულმა ჩვენგანმა საერთო საქმეს თვალი მოაშორა და გონება თავისი საერთო საგანზე არ ავარჯიშა. ის გონებაც ისე დაუბრმავდა, რომ იგი თავისი ქონების იქეთ ველარ გადაუცილებია" საქართველო (ზოგიერთი რამ), 1876 წელი.

გასათვალისწინებელია ადამიანთა საზოგადოებრივი სისტემების კიდევ ერთი თავისებურება, რომელსაც „ადამიანურ ფაქტორს" ვუწოდებთ.

ადამიანებს, როგორც სისტემათა მმართველებს, ასევე სისტემების წევრებს აქვთ პირადი ფასეულობები და საკუთარი

შეხედულებები საზოგადოებრივ ფასეულობებზე. ეს გარემოება უბიძგებთ მათ მიიღონ მიკერძოებული და ხშირად მანკიერი გადაწყვეტილებები. ასეთი მოქმედებები იწვევს სისტემის სტაბილური ფუნქციონირების მოშლას. სისტემა თანდათანობით გადაიქცევა სხვა, ახალი თვისებების მქონე სისტემად, რომელსაც არაფერი აქვს საერთო საზოგადოებრივ ფასეულობებთან. ადამიანთა ასეთ ქმედებებს (ცნობიერს თუ ქვეცნობიერს) ადამიანური ფაქტორი ვუწოდოთ. ამ ფაქტორით გამოწვეული ნეგატიური შედეგების თავიდან ასაცილებლად მიზანშეწონილია შემდეგი: რაც უფრო მაღალი თანამდებობა უკავია ადამიანს საზოგადოების მმართველობით იერარქიაში, მით უფრო გამჭირვალე და კონტროლირებადი იყოს მისი საქმიანობა, ვინაიდან მაღალი თანამდებობიდან მეტი ზიანის მოტანაა შესაძლებელი. საკითხისადმი ასეთი მიდგომა გამოწვეულია არა დემოკრატიული პრინციპების დაცვის მიზნით, არამედ სისტემის სტაბილური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის საჭიროებით.

მმართველთა საქმიანობაში ადამიანის ფაქტორის უარყოფითი გამოვლინების შესაზღუდავად საჭიროა დაწესდეს თანამედროვე, ფორმალიზებული მეთოდების გამოყენების აუცილებლობა, როდესაც ეს შესაძლებელია. ასეთი მეთოდებისა და პროგრამების თაობაზე საუბარი გვქონდა წინამდებარე წიგნის პირველ თავში.

არ არის გამორიცხული, რომ ჩვენი ისტორიული წარსულის გადასახედიდან ზედმეტად გაიდეალიზებულად გვეჩვენოს საზოგადოებათა მართვის თანამედროვე მეთოდები და გზები. და მაინც, მათი ცოდნა აუცილებელია, რათა გავიაზროთ თუ საით უნდა ვისწრაფებოდეთ და არ ვიაროთ სრულიად საწინააღმდეგო მიმართულებით.

თავი III

გადაწყვეტილებათა მიღება კონფლიქტურ ვითარებაში (თამაშების თეორიის მეთოდები)

თამაშების თეორია დაკავშირებულია ცნობილი ამერიკელი მეცნიერის ჯონ ფონ ნეიმანის სახელთან. მასვე ეკუთვნის კვანტური მექანიკის მათემატიკური და გამოთვლით სისტემათა ლოგიკური საფუძვლების შექმნა. პირველი წერილი თამაშების თეორიაში ფონ ნეიმანმა 1928 წელს გამოაქვეყნა. იგი სალონური თამაშების მათემატიკურ პრობლემებს ეხებოდა. 1947 წელს ჯ. ნეიმანი ო. მორგენშტერნთან ერთად აქვეყნებს კაპიტალურ ნაშრომს [29], იმ დროისათვის უცნაური სახელწოდებით „თამაშების თეორია და ეკონომიკური ქცევა", რომელშიც ავტორები ასაბუთებენ თეზისს: „ეკონომიკური პრობლემები განხილული უნდა იქნენ სალონური თამაშების პოზიციებიდან". ამ თეზისის საფუძველი შემდეგი შინაარსისაა: ნეიმანი თვლის, რომ ეკონომისტები ცდებიან, როდესაც ცდილობენ ერთი, იზოლირებული ინდივიდის ქცევის შესწავლის საფუძველზე წარმოდგენა იქონიონ ინდივიდთა ჯგუფების ქცევაზე. იზოლირებული ინდივიდის მოდელად ეკონომისტებს მიჩნეული ჰყავდათ უკაცრიელ კუნძულზე მოხვედრილი რობინზონ კრუზო, რომელიც დაპირისპირებულია ბუნებასთან და ცდილობს მიიღოს მისგან მაქსიმალური სარგებელი. ფონ ნეიმანის აზრით შეცდომა იმაში მდგომარეობს, რომ ერთინდივიდიანი საზოგადოებიდან ორინდივიდიან საზოგადოებაზე გადასვლისასაც კი წარმოიქმნება თვისებრივად ახალი პრობლემები, მაგალითად, ორი რობინზონ კრუზოს შემთხვევაში შესაძლებელია, რომ თითოეულ მათგანს ჰქონდეს სურვილი იქონიოს გარკვეული რაოდენობის დეფიციტური პროდუქტი და მასზე კონტროლის უფლება. ასეთ ვითარებაში ერთი ინდივიდის გონივრული მოქმედება უნდა შეესადაგოს მეორე ინდივიდის შესაძლო საწინააღმდეგო მოქმედებას. მოწინააღმდეგე მხარეები ეცდებიან გაითვალისწინონ მოქმედებათა სერიები, რათა მიიღონ გადაწყვეტილება თავისი ქმედების საუკეთესო ვარიანტის ამოსარჩევად. ამგვარად ყალიბდება საკონფლიქტო, კორკურენციული ვითარება, რასაც ერთი რობინზონ კრუზოს შემთხვევაში,

საერთოდ ადგილი არა აქვს. ეს უფრო რთული ვითარებაა, ვიდრე ინდივიდის ბუნებასთან დაპირისპირება. სირთულე განპირობებულია იმით, რომ კონკურენტი, ბუნებისაგან განსხვავებით ატარებს სპეციალურად გამიზნულ საწინააღმდეგო მოქმედებას და საშუალება აქვს ცვალოს ეს მოქმედება წინასწარი გაფრთხილების გარეშე, შეუძლია განახორციელოს ცრუ მოქმედება (ბლეფი). როგორც ვხედავთ, კონკურენტთა ურთიერთდამოკიდებულება ემთხვევა სალონური თამაშის მონაწილეთა დამოკიდებულებას.

ამგვარი მსჯელობების საფუძველზე 60 წლის წინ ფონ ნეიმანი იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ეკონომიკა სჯობს შევისწავლოთ სალონური თამაშების თეორიის საფუძველზე და არა უბრალო ექსტრემუმის ძიების მეთოდებით, რომლებშიც დაპირისპირებას, მოქმედებათა ცვლილებას და გაურკვევლობას ადგილი არა აქვთ. დღეისათვის ეკონომიკისადმი მიდგომის ეს გზა საფუძვლიანადაა გამოკვლეული, როგორც ეკონომისტების ასევე მათემატიკოსების მიერ. თამაშების თეორიის გამოყენება გასცილდა გართობის სფეროს. იგი ინტენსიურად ემსახურება ეკონომიკის, პოლიტიკის, სამხედრო საქმის და სხვა სფეროთა პრობლემებს. თამაშების თეორიის მეთოდებით ხდება ოპტიმალური გადაწყვეტილების ამორჩევა გარკვეული ვითარებისათვის. თვით ვითარების და გადაწყვეტილების განხორციელების შედეგის შეფასება ხდება შესაბამისი დარგის მეთოდებით (იქნება ეს ეკონომიკა, პოლიტიკა, სამხედრო საქმე მედიცინა თუ სხვ.), ამიტომ თამაშების თეორია არ არის „მიბმული" რაიმე დარგზე, რაც მისი გამოყენების მეტად ფართო შესაძლებლობას იძლევა.

§3.1. ძირითადი ცნებები. ტერმინოლოგია

თამაშების თეორიაში კონფლიქტი განისაზღვრება როგორც ვითარება, რომელშიც ხდება ორი ან მეტი მხარის ინტერესების შეჯახება. კონფლიქტში მხარეთა მოქმედებები მიზანდასახულია და ინტერესები ნაწილობრივ ან სრულიად საწინააღმდეგო. ყოველ მხარეს თავისი მოქმედებით შეუძლია გავლენა მოახდინოს მოწინააღმდეგესთან ურთიერთობის შედეგზე, ამასთან, მას არ შეუძლია თავისი მოქმედებით სრულიად განსაზღვროს ურთიერთობის

შედეგი — იგი დამოკიდებულია მოწინააღმდეგე მხარის მოქმედებაზეც. კონფლიქტის ცნება ითვალისწინებს შემთხვევითი ხდომილობების შესაძლო გავლენასაც მხარეთა ურთიერთობის შედეგზე.

კონფლიქტის მოცემული განმარტება სავსებით მიესადაგება ეკონომიკურ, პოლიტიკურ, სოციალურ, სამხედრო, ბიოლოგიურ და სხვა დაპირისპირებებს. იგი ამავე დროს გამოხატავს სალონური თამაშების ვითარებას, რომელთა მათემატიკური თეორია საკმაოდაა დამუშავებული. ამიტომ თამაშების თეორია წარმოგვიდგება, როგორც რეალური კონფლიქტების მათემატიკური მოდელი.

თამაშების თეორიას ხშირად საქმინ თამაშებს უწოდებენ. იგი შეისწავლის ოპტიმალური გადაწყვეტილების ამორჩევის მეთოდებს კონფლიქტურ ვითარებაში.

ნებისმიერი თამაში, მათ შორის საქმიანიც, წარმოადგენს გარკვეული წესების ერთობლიობას, რომლის მიხედვით დგინდება თამაშში მონაწილეთა ქცევის ნორმები, კერძოდ, მონაწილე მხარეთა მიზნები, მათი აუცილებელი და დასაშვები ქმედებები ყოველი შესაძლო ვითარებისთვის. განისაზღვრება შემთხვევითი ქმედების განხორციელების წესი. ფიქსირდება თამაშის დაწყების და დამთავრების მომენტი, გადასახადების ოდენობა, რომელსაც იხდის ან ღებულობს თამაშის მონაწილე თითოეული მხარე. წესით განისაზღვრება თამაშში მონაწილეთა რიცხვი, სვლათა რაოდენობა და სხვ. სიტყვა „თამაში" შემდგომში გამოიყენება ამ წესების და შეთანხმებების ერთობლიობათა აღსანიშნავად. გამოიყენება აგრეთვე სიტყვა „ხელი" („პარტია"), რომლითაც გამოიხატება თამაშის ერთჯერადი რეალიზება. თამაში, მხარეთა შეთანხმებით, შეიძლება რამდენიმე ხელისაგან შედგებოდეს. სიტყვა „სვლა" აღნიშნავს თამაშის მსვლელობის ვითარებას, რომელშიც მოთამაშე განახორციელებს მის შესაძლო მოქმედებების ერთ-ერთ ალტერნატივას.

განვიხილოთ თამაშების ზოგიერთი კლასიფიკაცია. თამაშებს განასხვავებენ დაპირისპირებულ მონაწილეთა რაოდენობის მიხედვით: ორთა თამაში, თამაში სამი მონაწილით და ა.შ. აქ იგულისხმება მხოლოდ დაპირისპირებულ მხარეთა რაოდენობა (ფეხბურთი არის ორთა თამაში და არა თამაში 22 მონაწილით).

თამაშების კლასიფიცირება ხდება აგრეთვე სვლათა რაოდენობის მიხედვით. თამაშს უწოდებენ სასრულს, თუ ყოველ მოთამაშეს აქვს სვლათა სასრული რაოდენობა და ყოველი სვლის

გასაკეთებლად სასრული არჩევანი, თუ ერთ-ერთი ამ პირობათაგანი დარღვეულია თამაშს უსასრულოს უწოდებენ, მაგალითად ჩოგბურთი უსასრულო თამაშია, ვინაიდან ჩოგბურთელს აქვს წერტილთა უსასრულო არჩევანი მოედანზე.

სასრულ თამაშებს, რომლებშიც სვლათა რაოდენობა ერთზე მეტია, მრავალსვლიან ან პოზიციურ თამაშებს უწოდებენ.

საქმიანი თამაში, როგორც საერთოდ ყველა თამაში, უნდა დამთავრდეს რაღაც შედეგით. თვით შედეგი შეფასებული უნდა იქნეს მოთამაშეთა სარგებლიანობის თვალსაზრისით. იგი შეიძლება გამოიხატოს ქულებით, ფულის ოდენობით ან რაიმე სხვა სახით. ამის შესახებ შეთანხმება ხდება თამაშის დაწყებამდე. მაგალითად, თუ იგებს A მოთამაშე, მაშინ მას უფლება აქვს ამოირჩიოს ნებისმიერი წიგნი B მოთამაშის ბიბლიოთეკიდან. თუ იგებს B მოთამაშე, მაშინ იგი ირჩევს ნებისმიერ ვიდეო კასეტას A მოთამაშის კასეტებიდან. ამრიგად, მოთამაშისათვის სარგებლობა შეიძლება გამოიხატოს სხვადასხვა ფასეულობებითაც და დადგინდეს როგორც გადასახადი, ანუ თამაშის შედეგი. ჩვენ შემდგომში თამაშის ყოველ შედეგს შევუსაბამებთ გარკვეულ რიცხვს, რომლესაც მოგებას ვუწოდებთ.

თამაშების ერთ-ერთ მახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ყველა მონაწილის გადასახადების (მოგებებისა და წაგებების) ჯამი. თუ ეს ჯამი ნულის ტოლია — თამაშს ნულოვანჯამიანს უწოდებენ. ასეთ თამაშებში მოთამაშეები მხოლოდ ერთმანეთს უხდიან დადგენილ გადასახადებს და ამიტომ თამაშის შედეგად არავითარი საზოგადოებრივი პროდუქტი არ წარმოიქმნება. ასეთია გასართობი თამაშები, თუ წინასწარ არ არის მიღებული რაიმე შეთანხმება, მაგალითად, მოგების 10%-ის გადაცემა რომელიმე ფონდს.

სასრულ თამაშს ნულოვანი ჯამით ანტაგონისტურ თამაშს უწოდებენ. ასეთ თამაშში ერთი მოთამაშის მიერ მოგებული a „თანხა“ ტოლია მეორე მოთამაშის მიერ წაგებული $-a$ „თანხის“:

$$a+(-a)=0$$

ჩვენ შემდგომში განვიხილავთ მხოლოდ ნულოვანჯამიან თამაშებს. მტკიცდება [29], რომ არანულოვანჯამიანი თამაში n მონაწილით შეიძლება დაყვანილი იქნეს ნულოვანჯამიან თამაშზე n+1 მონაწილით.

თამაშის აღწერისათვის საჭიროა შემოვიღოთ სტრატეგიის ცნება. თამაშის (მაგალითად, ჭადრაკის) ერთ-ერთმა მონაწილემ შეიძლება წინასწარ „გაითვალოს" რამოდენიმე სვლა, რომელთა გაკეთება მას მიზანშეწონილად მიაჩნია. გათვლილ სვლათა რაოდენობა მის კვალიფიკაციაზეა დამოკიდებული. თეორიულად მოჭადრაკეს შეუძლია გაითვალოს თამაშის ყველა შესაძლო განვითარება.

მას შეუძლია განვითარებათა სრული სიმრავლიდან ამოკრიბოს და შეადგინოს მისთვის სასურველ განვითარებათა ქვესიმრავლე. ეს ქვესიმრავლე არის თამაშის ჩატარების სხვადასხვა გეგმების ერთობლიობა. თამაშის ჩატარების ყოველ ცალკეულ გეგმას მოთამაშის სტრატეგიას უწოდებენ.

ერთსვლიან თამაშებში სტრატეგიათა ყოველი წყვილი (თითო სტრატეგია თითო მოთამაშისათვის) განსაზღვრავს, თუ რომელმა მოთამაშემ მოიგო და რამდენი მოიგო. ასეთი ტიპის თამაშებს სტრატეგიულ თამაშებს უწოდებენ.

§3.2. მატრიცული თამაშები

განვიხილოთ სასრული, ნულოვანჯამიანი, ერთსვლიანი თამაში A და B მოთამაშეებს შორის. დაუშვათ, A მოთამაშეს აქვს m რაოდენობის სხვადასხვა სტრატეგია – A_1, A_2,..., A_m, რომელთა ერთობლიობა (S_A)

$$S_A = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\}$$

წარმოადგენს A მოთამაშის სტრატეგიათა სრულ სიმრავლეს. დაუშვათ, რომ B მოთამაშის სტრატეგიათა სიმრავლე (S_B) შეიცავს n სტრატეგიას – B_1,B_2,....B_n

$$S_B = \{B_1, B_2, \ldots, B_n\}$$

თამაშის მოდელი წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით: დავყოთ მართკუთხედი m სტრიქონად და n სვეტად. ყოველი სტრიქონის წინ დავწეროთ A მოთამაშის სტრატეგიების დასახელებები A_1,A_2,..., A_m, ხოლო ყოველი სვეტის თავზე B მოთამაშის, სტრატეგიათა

დასახელებები – $B_1, B_2, \ldots B_n$ (იხ. მატრიცა 3.1.) i სტრიქონისა და j სვეტის გადაკვეთაზე ჩავწეროთ A მოთამაშის

	B_1	B_2	B_j	B_n
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{1j}	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{2j}	a_{2n}
A_i	a_{i1}	a_{i2}	a_{ij}	a_{in}
A_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{mj}	a_{mn}

მატრიცა 3.1.

	A_1	A_2	A_j	A_m
B_1	b_{11}	b_{12}	b_{1j}	b_{1n}
B_2	b_{21}	b_{22}	b_{2j}	b_{2n}
B_i	b_{ij}	b_{i2}	b_{ij}	b_{in}
B_m	b_{m1}	b_{m2}	b_{mj}	b_{mn}

მატრიცა 3.2.

მოგების ოდენობა a_{ij} რომელსაც, A მიიღებს B მოთამაშისაგან, თუ A გამოიყენებს A_i სტრატეგიის, ხოლო B გამოიყენებს B_j სტრატეგიას. ასეთნაირად შევსებულ მატრიცას A მოთამაშის საგადასახდო მატრიცა ეწოდება. ანალოგიურად შედგება B მოთამაშის საგადასახადო მატრიცა (იხ. მატრიცა 3.2.).

როგორც ვხედავთ, მთელი მიშვნელოვანი ინფორმაცია თამაშის შესახებ წარმოდგენილია მატრიცათა სახით. ასეთია რეალური კონფლიქტის ერთ-ერთი მათემატიკური მოდელი.

ამგვარად წარმოდგენილ თამაშებს ბიმატრიცულს უწოდებენ. თუ თამაში ნულოვანჯამიანია, მაშინ B მოთამაშისათვის საგადასახდო მატრიცის შედგენას აზრი არა აქვს, ვინაიდან B მოთამაშის მოგება A მოთამაშის წაგების ტოლია, ამიტომ ანტაგონისტური თამაშის შემთხვევაში საკმარისია შევადგინოთ მხოლოდ ერთი საგადასახადო მატრიცა A მოთამაშისათვის. აქვე აღვნიშნავთ, რომ, თუ A მოთამაშისათვის საგადასახადო მატრიცაში ჩაწერილი რიცხვი $a_{ij} > 0$, მაშინ იგი გამოხატავსA მოთამაშის მოგების ოდენობას, ხოლო თუ $a_{ij} < 0$ – წაგების ოდენობას.

სტრატეგიათა წყვილი (A_i, B_j) წარმოქმნის გარკვეულ ვითარებას, რომელსაც შეესაბამება a_{ij} გადასახადი. ამრიგად, საგადასახადო მატრიცა გამოხატავს ფუნქციონალურ დამოკიდებულებას სტრატეგიათა წყვილსა A_i, B_j და გადასახადს შორის:

$$a_{ij}=f(A_i,B_i)$$

ერთსვლიანი ანტაგონისტური თამაშის მიმდინარეობა ასეთია (მოწინააღმდეგე მხარეები იცნობენ რა საგადასახადო მატრიცას): A მოთამაშე თავის შესაძლო სტრატეგიათაგან ირჩევს ერთ სტრატეგიას. ამ არჩევის შესახებ B არაფერი იცის. ასევე იქცევა B — ირჩევს ერთ-ერთ სტრატეგიას თავის სტრატეგიათა სიმრავლიდან. შემდგომ ორივე მოთამაშე ერთდროულად აცხადებს თავის არჩევანს. ამორჩეულ სრატეგიათა წყვილით განისაზღვრება მოგების ოდენობა A მოთამაშისათვის. ამით თამაში მთავრდება. ეს თამაში შეიძლება მრავალგზის განმეორდეს, თუ ამის თაობაზე მხარეები წინასწარ შეთანხმდებიან.

განვიხილოთ მატრიცული თამაშების ერთი კლასიკური მაგალითი, რომელიც ამჟამად გვაინტერესებს მხოლოდ საგადასახადო მატრიცის შედგენის თვალსაზრისით: პოლკოვნიკი ბლოტო და კაპიტანი კიჟე ებრძვიან ერთმანეთს ორი ობიექტისათვის. მათ უნდა გაგზავნონ ამ ობიექტებზე თავიანთი პოლკები. ბლოტოს დაქვემდებარებაშია 4 პოლკი, კიჟეს დაქვემდებარებაში 3 პოლკი. ბლოტომ თავისი პოლკები ორ ობიექტზე შეიძლება 5 სხვადასხვა ვარიანტად გაანაწილოს. განაწილებათა ვარიანტებია: [4;0], [3;1], [2;2[, [1;3] და [0;4], აქ ჩანაწერი [3;1] ნიშნავს პირველ ობიექტზე გაიგზავნა 3 პოლკი, ხოლო მეორეზე — ერთი. განაწილების თითოეული ვარიანტი ბლოტოს შესაძლო მოქმედების ერთ-ერთი სტრატეგიაა.

კაპიტან კიჟეს სტრატეგიათა სიმრავლე შედგება ოთხი ვარიანტისაგან, რომლებიც შესაბამისად ჩაიწერება: [3;0], [2;1], [1;2] და [0;3].

მოგების სიდიდე განისაზღვრება შემდეგი წესით: ცალკეულ ობიექტებზე იგებს ის, ვისაც აღმოაჩნდება პოლკების მეტი რაოდენობა. თვით მოგების სიდიდე განისაზღვრება ობიექტზე მყოფი მოწინააღმდეგის პოლკების რაოდენობით (განადგურებული პოლკები), რასაც ემატება ერთი ქულა. ეს ერთი ქულა ემატება ობიექტის აღებისათვის. საერთო მოგება (საგადასახადო მატრიცის ელემენტი) გამოითვლება ორივე ობიექტზე მიღებული მოგებათა ალგებრული ჯამით. შევადგინოთ საგადასახადო მატრიცა ბლო-

ტოსათვის, რისთვისაც ბლოტოს სტრატეგიები უნდა მივუთითოთ სტრიქონების გასწვრივ, ხოლო კიესი — სვეტებზე. (იხილეთ მატრიცა 3.3).

	[3;0]	[2;1]	[1;2]	[0;3]
[4;0]	4	2	1	0
[3;1]	1	3	0	-1
[2;2]	-2	2	2	-2
[1;3]	-1	0	3	1
[0;4]	0	1	2	4

მატრიცა 3.3

კიდევ ერთი საგადასახადო მატრიცა. A და B მოთამაშეები ერთდროულად ერთმანეთს უჩვენებენ ერთ, ორ ან სამ თითს. თუ A და B მოთამაშეთა ნაჩვენები თითების საერთო რაოდენობა კენტი რიცხვია, მაშინ იგებს A მოთამაშე, თუ ლუწია — იგებს B. მოგების რაოდენობა (საგადასახდო მატრიცის ელემენტი) განისაზღვრება ორივე მოთამაშის მიერ ერთდროულად ნაჩვენები თითების საერთო რაოდენობით. ამ თამაშის საგადასახადო მატრიცაში (მატრიცა 3.4) დაშვებულია ორი შეცდომა. იპოვეთ შეცდომები. სტრატეგიათა აღნიშვნები ასეთია: A2 ნიშნავს, რომ A მოთამაშემ აჩვენა 2 თითი; B3 ნიშნავს — B მოთამაშემ აჩვენა 3 თითი და ა.შ..

	B1	B2	B3
A1	-2	-3	-4
A2	3	-4	5
A3	-4	5	-4

მატრიცა 3.4

§3.3. თამაშის ქვედა და ზედა ფასი

თამაშში მონაწილეობის მიღების მიზანშეწონილობა წინასწარ უნდა იქნეს შეფასებული. ამისათვის საჭიროა თამაშის პირობების

ანალიზი. მაგალითისათვის განვიხილოთ თამაში A და B მონაწილეს შორის, რომელიც წარმოდგენილია საგადასახადო მატრიცით 3.5. ამ მატრიცის ყოველი სტრიქონიდან ამოვირჩიოთ A მოთამაშის მოგების უმცირესი მნიშვნელობა α_i

$$\alpha_i = \min_j a_{ij} \qquad (i=1,2,\ldots,m)$$

და ეს სიდიდეები მივუწეროთ მატრიცას მარჯვენა მხრიდან სვეტის სახით. აქ ჩანაწერი $\min\limits_j$ ნიშნავს მინიმალური მნიშვნელობა j ინდექსის მიხედვით, ანუ მინიმალური მნიშვნელობა სტრიქონში.

ამოწერილი α_i სიდიდეები წარმოადგენენ მინიმალურ გარანტირებულ მოგებას, რომელსაც მიიღებს A მოთამაშე, თუ იგი ამოირჩევს A_i სტრატეგიას, განურჩევლად იმისა, რომელ სტრატეგიას ამოირჩევს B მოთამაშე.

$$
\begin{array}{c|ccccc|c|c|}
 & B_1 & B_2 & & B_j & & B_n & \\
\cline{2-7}\cline{9-9}
A_1 & a_{11} & a_{12} & & a_{1j} & & a_{1n} & \alpha_1 \\
A_2 & a_{21} & a_{22} & & a_{2j} & & a_{2n} & \alpha_2 \\
 & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & \\
A_i & a_{i1} & a_{i2} & & a_{ij} & & a_{in} & \alpha_i \\
 & & & & \vdots & & \vdots & \\
A_m & a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mj} & \ldots & a_{mn} & \alpha_m \\
\cline{2-7}\cline{9-9}
\multicolumn{8}{c}{} \\
\cline{2-7}
 & \beta_1 & \beta_2 & & \beta_j & & \beta_n & \\
\cline{2-7}
\end{array}
$$

მატრიცა 3.5

A მოთამაშის მინიმალურ გარანტირებულ მოგებათაგან ამორჩეულ ყველაზე დიდ მოგებას, თამაშის ქვედა ფასი ეწოდება. იგი აღინიშნება α-ით:

$$\alpha = \max_i(\min_j a_{ij}) \qquad (3.3.1)$$

აქ ჩანაწერი $\max\limits_{i}$ ნიშნავს მაქსიმალური მნიშვნელობა i ინდექსის მიხედვით, ანუ მაქსიმალური მნიშვნელობა სვეტში.

3.5 მატრიცის a_{ij} ელემენტები წარმოადგენენ A მოთამაშის მოგებებს. ვინაიდან თამაში ანტაგონისტურია, იგივე ელემენტები გამოხატავენ B მოთამაშის წაგებებს. გავითვალისწინოთ ეს გარემოება და 3.6 მატრიცის ყოველი სვეტიდან ამოვირჩიოთ B მოთამაშის უდიდესი წაგება. ამოკრეფილი უდიდესი წაგებები აღვნიშნოთ β_j-ით,

$$\beta_j = \max_i a_{ij} \qquad (j=1, 2, ..., n)$$

ეს სიდიდეები მივუწეროთ მატრიცას ქვედა მხრიდან სტრიქონის სახით.

B მოთამაშის მაქსიმალურ შესაძლო წაგებათაგან ამორჩეულ ყველაზე მცირე წაგებას ეწოდება თამაშის ზედა ფასი. იგი აღინიშნება β და გამოითვლება ფორმულით

$$\beta = \min_j(\max_i a_{ij}) \qquad (3.3.2)$$

განვიხილოთ რიცხვითი მაგალითი, წარმოდგენილი 3.6 საგადასახადო მატრიცით.

	B_1	B_2	B_3	B_4	α_i
A_1	18	15	10	8	8
A_2	13	40	6	25	6
A_3	15	4	12	9	4
β_j	18	40	12	25	

მატრიცა 3.6

როგორც 3.6 მატრიცის მონაცემებიდან ჩანს, A მოთამაშის ყველაზე დიდი, თეორიულად შესაძლო მოგება შეადგენს 40 ერთეულს, ყველაზე მცირე მოგება – 4 ერთეულს. მხედველობაში მივიღოთ ეს სიდიდეები და გავარჩიოთ, თუ როგორ აანალიზებენ მოთამაშეები თავიანთ სტრატეგიათა უპირატესობებს.

A მოთამაშე თავის ყოველ სტრატეგიას თანმიმდევრულად უპირისპირებს მოწინააღმდეგის ცალკეულ სტრატეგიას და აანალიზებს ამ დაპირისპირებათა შედეგებს; მაგალითად, თუ იგი ამოირჩევს A_1 სტრატეგიას, მაშინ მისი მაქსიმალური მოგება შეიძლება იყოს 18 ერთეული (თუ B მოთამაშემ აირჩია B_1), ხოლო მინიმალური მოგება — არაუმცირეს 8 ერთეულისა. ანლოგიურად A_2 სტრატეგიისათვის მაქსიმალური შესაძლო მოგებაა 40 ერთეული, ხოლო მინიმალური — არა უმცირეს 6 ერთეულისა, ასევე A_3 — სტრატეგიისათვის მაქსიმალური მოგებაა 15, ხოლო მინიმალური — არა უმცირეს 4 ერთეულისა.

თუ A მოთამაშეს. სურს ფრთხილად მოიქცეს, მან უნდა დაადგინოს თავისი ყოველი სტრატეგიისათვის მინიმალური გარანტირებული მოგება, ამისათვის იგი ყოველი სტრიქონიდან ამოიწერს მინიმალური მოგების მნიშვნელობას (8;6;4) და ამოირჩევს იმ სტრატეგიას, რომელსაც შეესაბამება მინიმალურ მოგებათაგან მაქსიმალური. ეს იქნება A_1 სტრატეგია მინიმალური გარანტირებული მოგებით — 8 ერთეული. მოგების ამ სიდიდეს (8 ერთეულს) თამაშის ქვედა ფასი ეწოდება $\alpha=8$.

თუ A უარს იტყოდა სიფრთხილეზე. მაშინ მას ანალიზი შეიძლება სხვანაირად ჩაეტარებინა: თავისი სტრატეგიებიდან ამოეკრიფა მაქსიმალური შესაძლო მოგებები (15;40;15) და შემდგომ ამოერჩია მაქსიმალურ მოგებათაგან უდიდესი მოგების (40). შესაბამისი სტრატეგია (A_2). ეს თამაშისადმი ფატალისტური მიდგომა იქნებოდა და მოწინააღმდეგის გონიერების სრული უგულებელყოფა, რისთვისაც A აუცილებელად დაისჯებოდა.

B მოთამაშისათვისაც ცნობილია საგადასახადო მატრიცა და A მოთამაშის შესაძლო სტრატეგიები, ამიტომ მასაც აქვს შესაძლებლობა ფრთხილად მოიქცეს. იგი ყოველი თავისი სტრატეგიისათვის დაადგენს მაქსიმალურ შესაძლო წაგებას. B_1,B_2,B_3, და B_4 სტრატეგიებისაოვის ეს სიდიდეებია 18, 40, 12 და 25 შესაბამისად. ეს ნიშნავს, რომ B_1 სტრატეგიის ამორჩევით B მოთამაშეს მისი მოწინააღმდეგე ვერ წააგებინებს 18 ერთეულზე მეტს. B_2-ს ამორჩევით — 40-ზე მეტს და ა.შ. ასეთი ანალიზის შემდეგ B ირჩევს იმ სტრატეგიას, რომელსაც შეესაბამება მაქსიმალური შესაძლო წაგებათა მნიშვნელობებიდან უმცირესი მნიშვნელობა. ესაა 12

ერთეულის შესაბამისი სტრატეგია B_3. თვით 12 ერთეული კი თამაშის ზედა ფასია,

$$\beta = \min_j(\min_i a_{ij}) = 12$$

ინტუიციურად გასაგებია, რომ ანტაგონისტურ თამაშში A მოთამაშის უმცირესი შესაძლო მოგება არ უნდა აღემატებოდეს B მოთამაშის უდიდეს შესაძლო წაგებას. ეს გარემოება მტკიცდება [29] და გამოიხატება ფორმულით

$$\alpha \le \beta \Leftrightarrow \max_i(\min_j a_{ij}) \le \min_j(\max_i a_{ij}) \qquad (3.3.3)$$

ამრიგად, ანტაგონისტური თამაშის საგადასახადო მატრიცა საშუალებას იძლევა წინასწარ შეფასდეს, თუ რა რეალურ ფარგლებში შეიძლება იცვლებოდეს მოსალოდნელი მოგება. ამისათვის საკმარისია დავადგინოთ თამაშის ქვედა და ზედა ფასი. განხილული მაგალითისთვის ეს ფარგლებია 8-დან 12-მდე.

თუ მოგება მოთავსებულია თამაშის ქვედა და ზედა ფასებს შორის, მაშინ ამბობენ, რომ ადგილი აქვს წონასწორობის ვითარებას.

§3.4 უნაგირა წერტილები

განვიხილოთ შემთხვევა, რომელშიც (3.3.3) უტოლობა იქცევა ტოლობად

$$\alpha = \beta \Leftrightarrow \max_i(\min_j a_{ij}) = \min_j(\max_i a_{ij}) \quad (3.4.1)$$

(3.4.1.) ტოლობის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ რიცხვითი მაგალითი. მოცემულია თამაში საგადასახადო მატრიცით 3.7

	B_1	B_2	B_3	B_4	α_i
A_1	2	7	4	5	2
A_2	7	8	6	9	$\boxed{6}$
A_3	5	4	3	-1	-1
β_j	7	8	$\boxed{6}$	9	

მატრიცა 3.7

როგორც ვხედავთ, თამაშის ქვედა ფასი ზედა ფასის ტოლა და უდრის 6 ერთეულს,

$$\alpha=\beta=6$$

თამაშის ქვედა და ზედა ფასების შესაბამისი სტრატეგიებია A_2 და B_3. ამ სტრატეგიათა წვილს (A_2; B_3) შეესაბამება გადასახადი $a_{23}=6$. გადასახადის ეს მნიშვნელობა მინიმალურია i=2 სტრიქონში და მაქსიმალურია j=3 სვეტში. განხილული რიცხვითი მაგალითის განზოგადოებისათვის A_2 და B_3 სტრატეგიების ნომრები აღვნიშნოთ i^* და j^*, მაშინ ის გარემოება, რომ ამ ნომერთა შესაბამისი გადასახადი $a_{i^*j^*}$ მინიმალურია i^* სტრიქონში და მაქსიმალურია j^* სვეტში, გამოიხატება ფორმულით

$$a_{ij^*} < a_{i^*j^*} < a_{i^*j}$$
$$\begin{pmatrix} i=1,2,\dots,m \\ j=1,2,\dots,n \end{pmatrix} \qquad (3.4.2)$$

თვით $a_{i^*j^*}$ გადასახადის მნიშვნელობას თამაშის ფასს უწოდებენ და აღნიშნავენ ν-ით,

$$a_{i^*j^*}=\nu$$

A მოთამაშის i^* ნომრიან და B მოთამაშის j^* ნომრიან სტრატეგიებს შესაბამისად A და B მოთამაშეთა ოპტიმალურ სტრატეგიებს უწოდებენ.

ოპტიმალურ სტრატეგიებს ახასიათებს შემდეგი თვისებები:

1. თუ A მოთამაშე ამოირჩევს i^* სტრატეგიას, მაშინ, რომელი სტრატეგიაც არ უნდა ამოირჩიოს B მოთამაშემ, A-ს ეჭნება გარანტირებული მოგება არა უმცირეს თამაშის ფასისა.

2. თუ B მოთამაშე ამოირჩევს j^* სტრატეგიას, მაშინ, რომელი სტრატეგიაც არ უნდა ამოირჩიოს A მოთამაშემ, B არ წააგებს თამაშის ფასზე მეტს.

3. თუ A მოთამაშე წინასწარ განაცხადებს, რომ იგი ირჩევს i^* სტრატეგიას, მაშინ B მოთამაშე ვერ შეძლებს გამოიყენოს ეს ინფორმაცია და შეამციროს A მოთამაშის მოგების ოდენობა. ანალოგიური ვითარებაა B მოთამაშისათვის.

ოპტიმალურ სტრატეგიათა $(i^* j^*)$ წყვილის შესაბამის წერტილს საგადასახადო მატრიცაზე უნაგირა წერტილს უწოდებენ. ეს ტერმინი დაკავშირებულია ზედაპირის უნაგირულ ფორმასთან, კერძოდ, თუ A და B მოთამაშეებს სტრატეგიათა ნომრებს (i და j) სიბრტყის დეკარტულ კოორდინატებად წარმოვიდგენთ და მათ გადაკვეთებზე გადავზომავთ ამ სიბრტყის მართობულად შესაბამის a_{ij} მნიშვნელობებს, მაშინ საგადასახადო მატრიცის რომელიმე ელემენტი რომ უნაგირა წერტილი იყოს საჭიროა: გადასახადების მინიმალური მნიშვნელობა i კოორდინატის გასწვრივ მიღწეული იყო i^*-ზე და ამავე დროს ეს მნიშვნელობა მაქსიმალური იყოს j^* კორდინატის გასწვრივ. თუ ეს პირობები დაცულია, მაშინ წერტილის $(i^* j^*)$ კოორდინატებით უნაგირა წერტილი ეწოდება.

ოპტიმალურ სტრატეგიათა წყვილს $(i^* j^*)$, აგრეთვე თამაშის ამონახსნს უწოდებენ. ეს წყვილი განსაზღვრავს ოპტიმალურ სტრატეგიებსაც და თამაშის ფასსაც.

უნაგირა წერტილის დადგენის პროცედურა საკმაოდ მარტივია. ამისათვის საჭიროა დადგინდეს თამაშის ქვედა (α) და ზედა (β) ფასები. თუ ეს სიდიდეები ტოლია $\alpha=\beta$, მაშინ მათი შესაბამისი სტრატეგიების გადაკვეთის წერტილი არის უნაგირა წერტილი. თუ მატრიცის უნაგირა წერტილი აღმოჩნდა, მაშინ მისი შემდგომი განხილვა აზრს კარგავს, ვინაიდან უნაგირა წერტილით განისაზღვრება თამაშის ამონახსნი (ოპტიმალური სტრატეგიები და თამაშის ფასი).

საგადასახადო მატრიცას შეიძლება რამდენიმე უნაგირა წერტილი ჰქონდეს. მტკიცდება [29], რომ ასეთი მატრიცის ყოველ

უნაგირა წერტილს შეესაბამება ერთი და იგივე გადასახადი, რომელიც თამაშის ფასის ტოლია.

საგადასახადო მატრიცის ანალიზის შედეგად შეიძლება დადგინდეს, რომ თამაშის ფასი ნულის ტოლია (V=0). ეს ნიშნავს, რომ თამაში სამართლიანია. თუ დადგინდა, რომ V>0, მაშინ თამაში B მოთამაშის მიმართ უსამართლო იქნება. ასეთი თამაშის სამართლიანობისათვის საჭიროა, A მოთამაშემ ყოველი ახალი ხელის წინ გადაუხადოს B-ს თამაშის ფასის ტოლი თანხა. თუ V<0, მაშინ თამაშის სამართლიანობისათვის იმავე თანხას უხდის B მოთამაშე A-ს. თუ მოთამაშეთა შორის ასეთი შეთანხმება არ მოხდება, მაშინ თამაშს აზრი ეკარგება, ვინაიდან V≠0 შემთხვევაში მოგებული მხარე წინასწარ დადგენილია.

§3.5. ქონების განაწილება და არაანტაგონისტური ბიმატრიცული თამაშები

ნებისმიერი დარგის მენეჯერს ხშირად ისეთი რთული პრობლემის გადაჭრა უხდება, როგორიცაა ქონების განაწილება. პრობლემის სირთულე დაკავშირებულია გასანაწილებელი ობიექტის სპეციფიკასთან. რაც ძირითადად ორი სახით წარმოგვიდგება: 1. გასანაწილებელია ერთი, განუყოფელი ერთეული; 2. გასანაწილებელია რამოდენიმე, სხვადასხვა სახის, არაეკვივალენტური ერთეული. ამ სირთულეთა დასაძლევად მენეჯერები ცდილობენ გამოიყენონ ისეთი პროცედურა, რომელიც უზრუნველყოფს შედეგის სამართლიანობას ყველა დაინტერესებული მხარისათვის. ასეთი პროცედურის გამოძებნა იმდენად ჭირს, რომ ხშირად მიმართავენ შემთხვევითი მექანიზმის გამოყენებას (ლითონის ფულის აგდება და სხვ). ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება თამაშების თეორიის მეთოდების გამოყენება. საილუსტრაციოდ განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი: „დოლიმ და ჯეკიმ მემკვიდრეობით მიიღეს ავტომანქანა, რომელიც შეიძლება 800 დოლარად გაიყიდოს. ორივე დარწმუნებული ინდივიდუალისტია და არ სცნობენ საზოგადო საკუთრებას. ვინაიდან მანქანა განუყოფელია, ამიტომ კუთვნილების საკითხის

გადასაწყვეტად შეთანხმდნენ მოიქცნენ ასე — თითოეული მათგანი ქაღალდზე წერს 100 დოლარს ჯერად თანხას და დებს თავის კონვერტში. შემდეგ ორივე კონვერტი იხსნება და ვისი ჩანაწერი თანხაც მეტი აღმოჩნდება, ის მიიღებს მანქანას, ოღონდ მის მიერ ჩაწერილ თანხას გადაუხდის მეორე მხარეს. თუ ჩაწერილი თანხები ერთნაირი აღმოჩნდება, მაშინ მანქანის კუთვნილების საკითხი გადაწყდება ლითონის ფულის აგდებით და ვისაც ერგება მანქანა, ის უხდის 400 დოლარს მეორე მხარეს. დოლის აქვს 500$, ჯეკის - 800$.

ეს ამოცანა მოყვანილია ჯ. უილიამსის [30] წიგნში, რომელიც აქ განხილული იქნება ([30]-ისაგან განსხვავებით) როგორ არაანტაგონისტური ბიმატრიცული თამაში.

დოლიმ და ჯეკიმ უნდა აირჩიოთ, თუ რა თანხას ჩაწერენ ქაღალდზე თავიანთ კოვერტში ჩასადებად.

დოლის ჩანაწერთა შესაძლო ვარიანტებია 0, 100, 200, 300, 400 და 500, ჯეკის ვარიანტებია — 0, 100, 200, ..., 800. ამრიგად, დოლის აქვს მოქმედების ექვსი სტრატეგია, ჯეკის — ცხრა. თითოეული სტრატეგიათა წყვილისათვის შეიძლება გამოვთვალოთ შესაბამისი მოგების ოდენობა დოლისათვის და შევადგინოთ დოლის მოგებათა საგადასახადო მატრიცა (იხილეთ მატრიცა 3.8), რომელშიც რიცხვები გამოხატავენ ასეულ დოლარებს).

			ჯ	ე	კ	ი					
			B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9
			0	100	200	300	400	500	600	700	800
დ	A_1	0	4	1	2	3	4	5	6	7	8
ო	A_2	100	7	4	2	3	4	5	6	7	8
ლ	A_3	200	6	6	4	3	4	5	6	7	8
ი	A_4	300	5	5	5	4	4	5	6	7	8
	A_5	400	4	4	4	4	4	5	6	7	8
	A_6	500	3	3	3	3	3	4	6	7	8

მატრიცა 3.8

A_4 და B_2 სტრატეგიების (დოლიმ ჩაწერა 300$ და ჯეკიმ 100$) გადაკვეთაზე მატრიცაში შეტანილი რიცხვი 5 ნიშნავს დოლის

მოგებას 500$-ის ოდენობით, რაც შემდეგი წესით იქნა გამოთვლილი: დოლიმ A_4 სტრატეგიის არჩევით გააკეთა ჩანაწერი 300$, ხოლო ჯეკიმ 100$, ამიტომ მეტი ჩანაწერის ავტორი დოლი ღებულობს 800$-ის ღირებულების მანქანას და უხდის მიერ მიერ გაკეთებული ჩანაწერის ტოლ თანხას 300$-ს ჯეკის. ამრიგად, დოლის შემოსავალი („მოგება“) ხდება 800–300=500 დოლარი. ანალოგიური მსჯელობების საფუძველზე შევსებულია 2.8 მატრიცა.

როგორც ვხედავთ, დოლის მოგებები შედგება მხოლოდ დადებითი რიცხვებისაგან, ამიტომ რომელი სტრატეგიაც არ უნდა აირჩიოს ჯეკიმ, დოლი მაინც ყოველთვის მოგებული იქნება. ხომ არ არის მოგებათა გამოთვლის წესი უსამართლოდ შედგენილი ჯეკის მიმართ? ამ გარემოების ვასარკვევად გავიხსენოთ, თუ როგორ მიიღო დოლიმ $A_4;B_2$ სტრატეგიათა წყვილის შემთხვევაში მოგება 500$.

ამ თანხას დოლი ღებულობს მემკვიდრეობით გადმოცემული ქონების ღირებულებიდან და არა ჯეკის ჯიბიდან, ასე რომ, დოლის მოგება არ უდრის ჯეკის მიერ წაგებულ თანხას. თამაში არ არის ნულოვანჯამიანი.

ჯეკის მოგებების მატრიცა ცალკე უნდა შედგეს. თუ ზემოთ აღწერილ პირობებს დავიცავთ, მაშინ საგადასახადო მატრიცა ჯეკის მოგებებისათვის წარმოგვიგება 3.9 მატრიცის სახით.

			დოლი					
			A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
			0	100	200	300	400	500
	B_1	0	4	1	2	3	4	5
	B_2	100	7	4	2	3	4	5
ჯ	B_3	200	6	6	4	3	4	5
ე	B_4	300	5	5	5	4	4	5
კ	B_5	400	4	4	4	4	4	5
ი	B_6	500	3	3	3	3	3	4
	B_7	600	2	2	2	2	2	2
	B_8	700	1	1	1	1	1	1
	B_9	800	0	0	0	0	0	0

მატრიცა 3.9

ამრიგად, ქონების განაწილების ამოცანა თამაშები თეორიის პოზიციებიდან შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს არაანტაგონისტური ბიმატრიცული თამაშის სახით.

თუ დოლი ფრთხილად მიუდგება საჭირო სტრატეგიის ამორჩევას, მაშინ იგი თავისი მატრიცის (მატრიცა 3.8) ყოველი სტრიქონიდან ამოიწერს მინიმალური შესაძლო მოგების ოდენობას და შემდგომ ამოირჩევს იმ სტრატეგიას, რომელსაც შეესაბამება ამ მინიმალურ მნიშვნელობათაგან უდიდესი მნიშვნელობა. ასეთი აღმოჩნდება სტრატეგიები A_4 და A_5, ე.ი. დოლიმ უნდა გააკეთოს ჩანაწერი 300$ ან 400$ და ორივე შემთხვევაში მას გარანტირებული ექნება შემოსავალი არაუმცირეს 400$-სა.

ანალოგიურად მოიქცევა ჯეკიც. 3.9 მატრიცის შესაბამისად იგი აკეთებს ჩანაწერს 300 და 400 დოლარი და მასაც გარანტირებული აქვს შემოსავალი 400$.

§3.6. შერეული სტრატეგიები

საგადასახადო მატრიცებს უნაგირი წერტილი იშვიათად აქვთ. ასეთი მატრიცებისათვის ოპტიმალური სტრატეგიის დადგენა სპეციალურ გამოკვლევებს მოითხოვს.

როგორც ვიცით, თამაშის ქვედა ფასი (α) გამოხატავს იმ მინიმალურ გარანტირებულ მოგებას, რომლის უზრუნველყოფა თავისთვის შეუძლია A მოთამაშეს შესაბამისი სტრატეგიის ამორჩევით. თამაშის ზედა ფასი (β) მეტია ქვედა ფასზე და გამოხატავს B მოთამაშის იმ მაქსიმალურ წაგებას რომელზე მეტს არ დაუშვებს B მოთამაშე შესაბამისი სტრატეგიის ამორჩევით. თუ თამაში მრავალჯერ მეორდება, მაშინ A მოთამაშეს შეუძლია თავის სხვადასხვა სტრატეგიათა გამოყენებით უზრუნველყოს საშუალო მოგება, რომელიც მეტი იქნება α-ზე და ნაკლები β-ზე. ამ გარემოების საილუსტრაციოდ განვიხილოთ რიცხვითი მაგალითი.

მოცემულია მატრიცული თამაში A (მწვანეები) და B (წითლები) მოთამაშეებს შორის, რომელიც წარმოდგენილია საგადასახადო მატრიცით 3.10. დავუშვათ, რომ ეს თამაში

მრავალგზის უნდა განმეორდეს. თამაშის ქვედა და ზედა ფასებია, შესაბამისად $\alpha=2$ და $\beta=6$.

მწვანეთა ფრთხილი თამაშის შემთხვევაში მათი შესაძლო მოგებათა დიაპაზონია 2 ერთეულიდან 6 ერთეულამდე. თუ მწვანეები ყოველ თამაშში გამოიყენებენ A_2 სტრატეგიას, მაშინ მათ გარანტირებული ექნებათ მოგება არაუმცირეს 2 ერთეულისა.

	B_1	B_2	α_i
A_1	1	6	1
A_2	9	2	2
β_j	9	6	

მატრიცა 3.10

მწვანეებმა იციან, რომ მათი მოგების დიაპაზონია 2-დან 6-მდე, ამიტომ თამაშის მრვალგზის განმეორებადობის გამო სურთ მოიგონ 6 ერთეულიც, რათა გაზარდონ საშუალო მოგება. ამისათვის მწვანეებმა A_2 სტრატეგიასთან ერთად დროგამოშვებით უნდა გამოიყენონ A_1 სტრატეგიაც. მწვანეებმა იციან, რომ A_1 სტრატეგიის ამორჩევით მათ შესაძლოა შეუმცირდეთ მოგება, თუ მათი არჩევანი დაემთხვევა წითლების მიერ B_1 სტრატეგიის არჩევას. ეს შემცირება 2-დან 1-ზე უფრო ნაკლები იქნება ვიდრე მოგების შესაძლო გაზრდა 2-დან 6-მდე. ყოველ შემთხვევაში მწვანეებს საშუალო მოგების გაზრდის სხვა გზა არ გააჩნიათ, ამიტომ შეუძლიათ ზოგ პარტიაში გამოიყენონ A_2 და ზოგში A_1. თამაშში ცალკეულ სტრატეგიათა მონაცვლეობით გამოყენება თავისთავად თამაშის ჩატარების გეგმაა და ამდენად სტრატეგიას წარმოადნეს. თამაშების თეორიაში ასეთ გეგმას შერეულ სტრატეგიას უწოდებენ, ხოლო მის ელემენტებს (ცალკეულ ტსრატეგიებს) სუფთა სტრატეგიებს.

როდესაც ამბობენ: „მოცემულია თამაშის შერეული სტრატეგია", ეს ნიშნავს, რომ მოცემულია წესი, თუ როგორი შეფარდებით გამოიყენოს მოთამაშემ თავისი სუფთა სტრატეგიები შერეულ სტრატეგიაში. ეს შეფარდება გამოიხატება ყოველი ცალკეული სტრატეგიის გამოყენების ალბათობის მითითებით,

მაგალითად, თუ მოთამაშეს აქვს m სუფთა სტრატეგია – $A_1, A_2, ..., A_m$, მაშინ მისი შერეული სტრატეგია (S_A) გამოიხატება შემდეგნაირად:

$$S_A = \begin{Bmatrix} A_1 A_2, ..., A_m \\ \mu_1, \mu_2, ..., \mu_m \end{Bmatrix}, \qquad \mu_i \geq 0, \qquad \sum_{i=1}^{m} \mu_1 = 1$$

აქ μ_i (i=1,2,...,m) არის შესაბამისად A_i სტრატეგიის გამოყენების ალბათობა შერეულ სტრატეგიაში.

სუფთა სტრატეგიებს, რომელთა გამოყენების ალბათობები შერეულ სტრატეგიაში ნულისაგან განსხვავებულია, აქტიურ სტრატეგიებს უწოდებენ.

§3.7. თამაშების თეორიის ძირითადი თეორემა

განვიხილოთ ორთა თამაში, რომლის საგადასახადო მატრიცაა $[a_{ij}]$. დავუშვათ, რომ ორივე მოთამაშე (მწვანეები და წითლები), იყენებენ შერეულ სტრატეგიებს. მწვანეებს აქვთ ℓ რაოდენობის სხვადასხვა შერეული სტრატეგია – $P_1, P_2, ..., P_\ell$, ხოლო წითლებს – k რაოდენობის შერეული სტრატეგია – $Q_1, Q_2, ..., Q_k$. შევადგინოთ ახალი საგადასახადო მატრიცა შერეული სტრატეგიებით წარმოდგენილი თამაშისათვის, რომლის სტრიქონები დაეთმობა მწვანეთა შერეულ სტრატეგიებს, ხოლო სვეტები – წითლების შერეულ სტრატეგიებს (მატრიცა 3.11).

$$\begin{array}{c} \\ P_1 \\ P_2 \\ \\ P_\ell \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} Q_1 & Q_2 & \quad Q_k \end{array} \\ \boxed{\begin{array}{ccc} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{1k} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{2k} \\ & & \\ \gamma_{\ell 1} & \gamma_{\ell 2} & \gamma_{\ell k} \end{array}} \end{array}$$

მატრიცა 3.11

3.11 მატრიცისათვის შეგვიძლია გამოვთვალოთ თამაშის ქვედა და ზედა ფასი. ეს სიდიდეები იქნება

$$\max_P(\min_Q \gamma_{ij}) \text{ და } \min_Q(\max_P \gamma_{ij})$$

(აქ max და min ნიშნების ქვეშ მოყვანილი ინდექსები P და Q იმავე შინაარსისაა, რაც §3.3-ში).

თამაშების თეორიის ძირითადი თეორემით მტკიცდება, რომ მოიძებნება შერეულ სტრატეგიათა ისეთი წყვილი ($P_i^*;Q_j^*$), რომლისთვისაც ზემოთაღნიშნული ორი სიდიდე ერთნაირ მნიშვნელობას ღებულობს და ეს სიდიდე არის თამაშის ფასი [29]:

$$\max_P(\min_Q \gamma_{ij}) = \min_Q(\max_P \gamma_{ij}) = V \qquad (3.7.1)$$

შერეულ სტრატეგიათა წყვილს $[P^*,Q^*]$, ოპტიმალური შერეული სტრატეგიები ეწოდება. ამ წყვილს აგრეთვე თამაშის ამონახსნს უწოდებენ.

(3.7.1) ფორმულა განსაზღვრავს აგრეთვე უნაგირა წერტილის არსებობას, კერძოდ, ყოველ სასრულ თამაშს აქვს არა უმცირეს ერთი უნაგირა წერტილისა სუფთა ან შერეულ სტრატეგიაში.

მატრიცულ თამაშს შეიძლება ჰქონდეს რამოდენიმე ამონახსნი. ყველა ამონახსნის მოძიების თეორიულ საკითხებს ჩვენ არ შევეხებით და შემოვიფარგლებით თუნდაც ერთი ამონახსნის დადგენით, მითუმეტეს, რომ ყველა ოპტიმალურ შერეულ სტრატეგიათა წყვილს შეესაბამება ერთი და იგივე სიდიდის თამაშის ფასი.

§3.8. ოპტიმალურ შერეულ სტრატეგიათა თვისებები

1. თუ მწვანეები გამოიყენებენ S_A^* ოპტიმალურ შერეულ სტრატეგიას, მაშინ მათი მოგება იქნება არა უმცირეს თამაშის ფასისა, განურჩევლად იმისა, თუ რომელ სტრატეგიას აირჩევენ წითლები.

2. თუ წითლები გამოიყენებენ S_B^* ოპტიმალურ შერეულ სტრატეგიას, მაშინ მათი წაგება იქნება არა უმეტეს თამაშის ფასისა, განურჩევლად იმისა, თუ რომელ სტრატეგიას აირჩევენ მწვანეები.

3. თამაშის მონაწილეთათვის არსებობს ერთი მაინც სუფთა სტრატეგია, რომელიც გამოიყენება მოწინააღმდეგის ოპტიმალური შერეული სტრატეგიის წინააღმდეგ და იძლევა თამაშის ფასის ტოლ მოგებას.

მესამე თვისება გამომდინარეობს პირველი ორიდან და მისი სამართლიანობა განპირობებულია იმით, რომ პირველ ორ თვისებაში შემავალი შერეული სტრატეგიების თვისებები, გარდა მათი ოპტიმალურობის პირობისა, შეუზღუდავია, ამიტომ ეს სტრატეგიები შეიძლება განვიხილოთ როგორც სუფთა სტრატეგიები, ალბათობათა შესაბამისი განაწილებით.

4. ოპტიმალური შერეული სტრატეგიების წყვილით განისაზღვრება თამაშის ფასი.

ოპტიმალური შერეული სტრატეგიების გამოყენების შემთხვევაში მოწინააღმდეგეებს შეუძლიათ წინასწარ განაცხადოთ, თუ რომელ ოპტიმალურ შერეულ სტრატეგიას იყენებენ. ამ ინფორმაციას ვერცერთი მხარე ვერ გამოიყენებს თავის სასარგებლოდ.

§3.9. ოპერაციები საგადასახადო მატრიცებზე

მატრიცული თამაშის ამოხსნის სირთულეები განპირობებულია მატრიცის ზომებით. ცნობილია[29], რომ საგადასახადო მატრიცის ზოგიერთი გარდაქმნა მისი გამარტივების საშუალებას იძლევა და ამავე დროს არ ცვლის თამაშის ამონახსნს. განვიხილოთ ეს გარდაქმნები:

1. საგადასახადო მატრიცის სტრიქონების და აგრეთვე სვეტების გადაადგილება არ ცვლის თამაშის ფასს.

2. საგადასახადო მატრიცის ტრანსპონირება, ელემენტების ნიშნების შეცვლით, იწვევს მოთამაშეთა შენაცვლებას.

3. თუ საგადასახადო მატრიცის ელემენტებს დავუმატებთ ერთსა და იმავე მუდმივ c რიცხვს, მაშინ თამაშის ფასი (ν) გახდება $\nu+c$, ხოლო თამაშის ამონახსნი (ოპტიმალური სტრატეგიები) არ შეიცვლება.

4. თუ საგადასახადო მატრიცის ელემენტებს გავამრავლებთ ერთსა და იმავე მუდმივ c რიცხვზე მაშინ თამაშის ფასი (ν) გახდება $c\cdot\nu$, ხოლო თამაშის ამონახსნი არ შეიცვლება.

მატრიცული თამაშის ამოხსნამდე საჭიროა გაირკვეს, ხომ არ შეიცავს საგახადასახადო მატრიცა დუბლირებულ ან დომინირებულ სტრატეგიებს. დუბლირებული ეწოდება ორ სტრატეგიას რომელთა სტრიქონების (სვეტების) შესაბამისი ელემენტები ტოლია. დუბლი=რებულ სტრატეგიათა განხორციელება ერთ და იგივე შედეგს იძლევა, ამიტომ საგადასახადო მატრიციდან ამოღებული უნდა იქნეს ყველა დუბლირებულ სტრატეგია, გარდა ერთისა.

თუ საგადასახადო მატრიცის i სტრიქონის ელემენტები ნაკლებია ან ტოლია k სტრიქონის შესაბამის ელემენტებზე $a_{ij} \leq a_{kj}$ $(j = 1,2,\ldots,n)$, მაშინ ამბობენ, რომ A_i სტრატეგია დომინირებულია. A_i სტრატეგის დომინირებულობა ნიშნავს, რომ მისი გამოყენება ნაკლებ მოგებას აძლევს A მოთამაშეს. თუ მატრიცის r სვეტის ელემენტები მეტია ან ტოლია s სვეტის შესაბამის ელემენტებზე, მაშინ ამბობენ, რომ B_r სტრატეგია დომინირებულია. B_r სტრატეგიის დომინირებულობა ნიშნავს, რომ მისი გამოყენება მეტ წაგებას მოუტანს B მოთამაშეს.

5. დომინირებული სტრატეგიების გამოყენება მიზანშეწონილი არ არის და ამიტომ ისინი ამოღებულ უნდა იქნენ საგადასახადო მატრიციდან.

მაგალითი. გავამარტივოთ მოცემული საგადასახადო მატრიცა (მატრიცა 2.13) თუ კი ეს შესაძლებელია.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	4	7	2	3	4
A_2	3	5	6	8	9
A_3	4	4	2	2	8
A_4	3	6	1	2	4
A_5	3	5	6	8	9

მატრიცა 3.12

მატრიცის გამარტივების დაწყებამდე მიზანშეწონილია მისი შემოწმება უნაგირა წერტილის არსებობაზე. ეს პროცედურა უფრო ნაკლებად შრომატევადია, ვიდრე გამარტივება და თუ მატრიცას უნაგირა წერტილი აღმოაჩნდა სუფთა სტრატეგიებში, მაშინ თამაში ამოხსნილია და გამარტივება აზრს კარგავს.

2.13 მატრიცას უნაგირა წერტილი არა აქვს. შევუდგეთ გამარტივებას:

1. A_2 და A_5 სტრატეგიები დუბლირებულია. ამოვიღოთ A_5 სტრატეგია.

2. A_4 სტრატეგია დომინირებულია A_1 სტრატეგიით. ამოივიღოთ A_4. ამ პროცედურის ჩატარების შედევად მივიღებთ 2.14 მატრიცას.

$$\begin{array}{c|ccccc|} & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ \hline A_1 & 4 & 7 & 2 & 3 & 4 \\ A_2 & 3 & 5 & 6 & 8 & 9 \\ A_3 & 4 & 4 & 2 & 2 & 8 \\ \hline \end{array}$$

მატრიცა 3.13

3. B_4 და B_5 სტრატეგიები დომინირებულია B_3 სტრატეგიით, ამიტომ B_4 და B_5 ამოსაღებია. B_2 სტრატეგია დომინირებულია B_1 სტრატეგით. ამიტომ B_2 ამოსაღებია. ამ ოპერაციათა ჩატარების შედეგად მივიღებთ 3.15 მატრიცას.

4. 3.14 მატრიცაში A_1 და A_3 დუბლირებულია. ამოვიღებთ A_3 სტრატეგიას. ამრიგად 3.12 მატრიცა დაყვანილ იქნა 3.15 მატრიცაზე ($5X5 \to 2X2$).

$$\begin{array}{c|cc|} & B_1 & B_3 \\ \hline A_1 & 4 & 2 \\ A_2 & 3 & 6 \\ A_3 & 4 & 2 \\ \hline \end{array}$$

მატრიცა 3.14

$$\begin{array}{c|cc|} & B_1 & B_3 \\ \hline A_1 & 4 & 2 \\ A_2 & 3 & 6 \\ \hline \end{array}$$

მატრიცა 3.15

§3.10. კონფლიქტის მოდელი მატრიცული თამაშის სახით

რეალურ კონფლიქტურ ვითარებაში ოპტიმალური გადაწყვეტილების მისაღებად, ხშირ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს მატრიცული თამაშის მოდელი. ამისათვის კონფლიქტის

პირობები შემდეგი საკითხების მოწესრიგების საშუა-ლებას უნდა იძლეოდეს:

1. დადგინდეს მოწინააღმდეგე მხარეები;

2. ჩამოყალიბდეს მხარეთა მიზნები;

3. დადგინდეს მოწინააღმდეგე მხარეთა შესაძლო მოქმედებები (სტრატეგიები);

4. განისაზღვროს მხარეთა მოქმედების შედეგების საზომი ერთეული და შედეგების რაოდენობრივი შეფასების წესი (გადასახადის ოდენობის განსაზღვრა);

5. შედგეს საგადასახადო მატრიცა.

თუ ჩამოთვლილ საკითხებზე შესაძლებელია დამაკმაყოფილე-ბელი პასუხის გაცემა, მაშინ კონფლიქტი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს მატრიცული თამაშის მოდელით. აღნიშნული გარემოების საილუსტრაციოდ განვიხილოთ რეალური კონფლიქტი, რომელსაც ადგილი ჰქონდა მეორე მსოფლიო ომის დროს და რომელშიც გადაწყვეტილიბა მიღებული იქნა ოპერაციული სამსახურის მიერ.

კონფლიქტის შინაარსი ასეთია [31]: „1943 წლის თებერვალში, ახალი გვინეისათვის ბრძოლის დროს, ამერიკელთა დაზვერვის მონაცემებით იაპონელები გეგმავდნენ დიდი საზღვაო ქარავნის გადაადგილებას ნავსადგურ რაბულიდან ნავსადგურ ლაეშში, კუნძულ ახალი ბრიტანეთის შემოვლით. კუნძულის შემოვლის ორი ვარიანტი არსებობდა ჩრდილოეთიდან ან სამხრეთიდან. ჩრდილოეთის მხარეს სინოპტიკოსების მონაცემებით მოსალოდნელი იყო ნისლი, რაც მხედველობას გაართულებდა, ხოლო სამხრეთის მხარეს კარგ ამინდს მოელოდნენ. შემოვლის ორივე ვარიანტის განხორციელებას ერთი და იგივე დრო სჭირდებოდა — 3 დღე.

თუ ამერიკელები სადაზვერვო ავიაციას განალაგებდნენ ჩრდილოეთის მხრის გზაზე, მაშნი მათ, ჩრდილოეთის მხარეს მომავალი იაპონელთა გეგმების აღმოსაჩენად, ნისლის გამო, ერთი დღე დაეკარგებოდათ და ქარავნის დაბომბვა შესაძლებელი იქნებოდა მხოლოდ ორი დღის განმავლობაში. სამხრეთის მხრიდან მომავალი იაპონური გეგმების აღმოსაჩენად ამერიკელ მზვერავ მფრინავებს, რომლებიც ვანლაგებული იყვნენ ჩრდილოეთის გზის მხარეს, ასევე ერთი დღე დაეკარგებოდათ და დასაბომბად დარჩებოდათ ორი დღე.

თუ ამერიკელი მზვერავები სამხრეთის მხარეს განლაგდებოდ-ნენ, მაშინ იაპონელთა მიერ სამხრეთის გზის ამორჩევა ამერიკელებს

საშუალებას აძლევდა დაბომბვა ეწარმოებინათ სამი დღის განმავლობაში, ხოლო, თუ იაპონელები ჩრდილოეთის გზას ამოირჩევდნენ, მაშინ სამხრეთით განლაგებულ ამერიკელებს შეეძლოთ იაპონელთა დაბომბვა მხოლოდ ერთი დღის განმავლობაში.

რომელი გზა უნდა აერჩიათ იაპონელებს და რომელ მხარეს უნდა განლაგებულიყვნენ ამერკელები.?

შევეცადოთ წარმოვადგინოთ აღწერილი ვითარება მატრიცული თამაშის სახით. ამისათვის განვიხილოთ ზემოთ ჩამოთვლილი პირობები:

1. „დადგინდეს მოწინააღმდეგე მხარეები“. აღწერილ ამოცანაში ეს საკითხი სირთულეებს არ იწვევს — ამერიკელები და იაპონელები. უნდა ითქვას, რომ მხარეების დადგენა ყოველთვის ასე იოლი როდია.

2. „დადგინდეს მხარეთა მიზნები“. ამერიკელთა მიზანია შესაძლებლობა ჰქონდეთ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში აწარმოონ დაბომბვა. იაპონელთა მიზანია მაქსიმალურად შეამცირონ მათი ქარავნის დაბომბვის ხანგრძლივობა. როგორც ვხედავთ, მიზნები საპირისპიროა.

3. „დადგინდეს მხარეთა შესაძლო მოქმედებები (სტრატეგიები). ამერიკელებს აქვთ მზვერავ თვითმფრინავთა განლაგების ორი ვარიანტი (თავიანთი მოქმედების ორი შესაძლო სტრატეგია) — განალაგონ მზვერავი თვითმფრინავები კუნძულის ჩრდილოეთ ან სამხრეთ მხარეს. იაპონელებსაც აქვთ მოქმედების ორი სტრატეგია შემოუარონ კუნძულს ჩრდილოეთიდან ან სამხრეთიდან.

4. „დადგინდეს მხარეთა მოქმედების შედეგები“. ორივე მხარის სტრატეგიის ამორჩევით განისაზღვრება დაბომბვის დროსი ხანგრძლივობა. სტრატეგიათა ამორჩევის შედეგი არის დაბომბვის დღეების რაოდენობა. ეს რაოდენობა ამერიკელთა მოგებაა, ხოლო იაპონელთათვის წაგება. ამ დღეების რაოდენობით განისაზღვრება იაპონელთა ზარალი და ამერიკელთა მოგება (გადასახადი არის „დღე“).

5. „შედგეს საგადასახადო მატრიცა“. მატრიცა შედგება ამერიკელთა მოგებებისათვის. ამერიკელთა სტრატეგიები A_1 და A_2, შესაბამისად-მზვერავები კუნძულის ჩრდილოეთით და მზვერავები

კუნძულის სამხრეთით; იაპონელთა სტრატეგიები I_1 და I_2 შესაბამისად – კუნძულის შემოვლა ჩრდილოეთიდან და შემოვლა სამხრეთიდან.

ამრიგად, შეგვიძლია შევადგინოთ საგადასახადო მატრიცა, ზომებით 2X2, რომლის ელემენტებად ჩავწერთ ამერიკელთა მოგებებს, ანუ მათ მიერ დაბომბვის საწარმოებლად დარჩენილი დღეების რაოდენობებს (მარტიცა 3.16.).

$$\begin{array}{c|cc|c|c|}
 & I_1 & I_2 & & \alpha_i \\
A_1 & 2 & 2 & & 2 \\
A_2 & 1 & 3 & & 1 \\
\\
\beta_j & 2 & 3 & &
\end{array}$$

მატრიცა 3.16

ამ თამაშის ამოხსნა სირთულეს არ წარმოადგენს. ვინაიდან თამაშის ქვედა და ზედა ფასები ტოლია, $\alpha=\beta=2$. ამიტომ თამაშს აქვს უნაგირა წერტილი, რომელიც განისაზღვრება სტრატეგიათა წყვილით $(A_1;I_1)$: ამერიკელებისათვის A_1, ანუ მზვერავთა ჩრდილოეთის მხრიდან განლაგება, რაც ყოველ შემთხვევაში უზრუნველყოფს მათთვის დაბომბვის წარმოებას ორი დღის განმავლობაში; იაპონელთათვის ოპტიმალური სტრატეგია იქნება I_1 ანუ კუნძულის ჩრდილოეთის მხრიდან შემოვლა, რაც უზრუნველ-ყოფს მათთვის ქარავნის დაბომბვას არაუმეტს ორი დღისა.

სწორედ ეს გადაწყვეტილება იყო მიღებული როგორც ამერიკელთა, ასევე იაპონელთა ოპერაციათა კვლევის სამსახურების მიერ.

საგადასახადო მატრიცების სუფთა სტრატეგიებით გამოხატული უნაგირა წერტილი იშვიათად აქვთ. ასეთი თამაშების ამოხსნა, დიდი მატრიცების შემთხვევაში, შრომატევადი გამოთვლების განხორციელებას მოითხოვს. არსებობს თამაშების ამოხსნის კომპიუტერული პროგრამები. ზოგიერთ მათგანში თამაშების თეორიის ამოცანის ამოხსნა ხდება პრობლემის წრფივი პროგრამირების ამოცანაზე დაყვანით გზით (ასეთი შესაძლებლობის მტკიცებულება იხილეთ №9 დანართში). არის პროგრამები,

რომლებიც უშუალოდ ხსნიან მატრიცულ თამაშებს (მაგალითად [35]). კომპიუტერული პროგრამები დიდი ზომის (50x50) მატრიცების ამოხსნის საშუალებას იძლევიან. აღსანიშნავია, რომ რეალურ ვითარებაში ასეთი რაოდენობის სტრატეგიათა დადგენა (50 სტრატეგია) ნაკლებად წარმოსადგენია.

იმისათვის რომ მოგეცეთ საშუალება კომპიუტერის გარეშე თვალი მიადევნოთ ქვემოთ განხილული რიცხვით მაგალითებს, გთავაზობთ მატრიცული თამაშის, მატრიცით 2x2 ამოხსნის ემპირიულ მეთოდს, რომელიც ჯ.უილიამსს ეკუთვნის [30]. და მოყვანილია №10 დანართში.

მცირე ზომის საგადასახადო მატრიცებით 2x2; 2xm; mx2 – წარმოდგენილი თამაშების ამოხსნის ანალიზური და გრაფიკული მეთოდები შეგიძლიათ იხილოთ [36]-ში.

§3.11. ხელშეკრულება, რომელიც ითვალისწინებს მოქმედების თავისუფლებას

დაპირისპირებულმა მხარეებმა შესაძლებელია შესთავაზონ ერთმანეთს ხელშეკრულებმა, რომელიც გარკვეული მოქმედების თავისუფლებას ითვალისწინებს. ასეთი ხელშეკრულების მიზანშეწონილობა შეიძლება გაანალიზებულ იქნეს თამაშების თეორიის მეთოდებით. საილუსტრაციოდ განვიხილოთ მაგალითი.

A და B ფირმებს აქვთ ქსოვილის გასაღების ერთი და იგივე რეგიონი. B ფირმას ჭარბად აქვს შავი ფერის ქსოვილი და ნაკლებად თეთრი ფერის. A ფირმას ორივე ფერის ქსოვილი აქვს თანაბარი რაოდენობით.

B ფირმა დაინტერესებულია, რომ A ფირმამ არ გაიტანოს გასაყიდად შავი ფერის ქსოვილი და სთავაზობს მას შემდეგ პირობას: თუ A გაიტანს თეთრ ქსოვილს, ხოლო B შავ ქსოვილს, მაშინ იგი (B) უხდის A ფირმას 30$ დღეში.

თუ A გაიტანს შავ, ხოლო B თეთრ ქსოვილს, მაშინ B ფირმა უხდის A-ს დღეში 10$-ს.

თუ ორივე ფირმა გაიტანს ერთი და იგივე ფერის ქსოვილს მაშინ A ფირმა უხდის B ფირმას 20$-ს დღეში.

A ფირმამ უნდა გადაწყვიტოს, მისაღებია თუ არა ასეთი ხელშეკრულება.

შევეცადოთ წარმოვადგინოთ ხელშეკრულების შინაარსი მატრიცული თამაშის სახით. ამისათვის გავიხსენოთ §3.10-ში ჩამოთვლილი ხუთი საკითხი, რომელთა მოწესრიგება იქნება საჭირო.

1. დაპირისპირებული მხარეებია ფირმები — A და B

2. B ფირმის მიზანია შეუზღუდოს A ფირმას შავი ქსოვილით ვაჭრობის შესაძლებლობა. A ფირმას სურს ივაჭროს შეუზღუდავად. მან ამ სურვილის გათვალისწინებით უნდა განიხილოს ხელშეკრულების პირობა — ხელშეკრულება არ უნდა იყოს წამგებიანი.

3. მხარეთა შესაძლო მოქმედებები განსაზღვრულია ხელშეკრულების პირობით. ორივე ფირმას აქვს ორ-ორი სტრატეგია: გამოაქვთ შავი ქსოვილი ან გამოაქვთ თეთრი ქსოვილი. ხელშეკრულებით გათვალისწინებული მოქმედების თავისუფლება მდგომარეობს გამოსატანი საქონლის თავისუფალ არჩევანში. სწორედ ეს გარემოება ქმნის მოპირისპირე ფირმებისათვის გაურკვევლობის ვითარებას, რაც აძლევს ხელშეკრულებას თამაშის შინაარსს.

4. გადასახადების ოდენობა და გადახდის პირობები განსაზღვრულია ხელშეკრულების ტექსტით.

5. ხლშეკრულების შესაბამისი საგადასახადო მატრიცა წარმოდგენილია 3.17 მატრიცით, აქ A_1 და A_2 ფირმა A-ს სტრატეგიებია, B_1 და B_2 კი B ფირმის სტრატეგიები. ინდექსი 1 ნიშნავს თეთრი ფერის ქსოვილის გამოტანას, ხოლო 2 შავი ფერის ქსოვილის გამოტანას.

$$\begin{array}{c|cc|} & B_1 & B_2 \\ \hline A_1 & -20 & 30 \\ A_2 & 10 & -20 \\ \hline \end{array}$$

მატრიცა 3.17

თამაშის ქვედა და ზედა ფასებია შესაბამისად −20 და 10. ორივე ეს რიცხვი დადებითი რომ ყოფილიყო, მაშინ A ფირმისათვის ხელშეკრულება აშკარად მომგებიანი იქნებოდა. არსებულ ვითარებაში კი მომგებიანობა საეჭვოა. ამიტომ უნდა დადგინდეს თამაშის ფასი V გამოვიყენოთ უილიამსის მეთოდი (№10 დანართი), მივიღებთ:.

$$\mu_1^* = 0{,}37; \ \mu_2^* = 0{,}63; \qquad V = -20 \cdot 0{,}37 + 10 \cdot 0{,}63 = -1{,}25$$

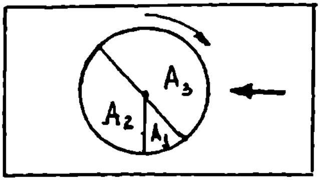
თამაშის ფასი უარყოფითი სიდიდე აღმოჩნდა, V= −1,25, ამიტომ A ფირმის ყოველდღიური საშუალო წაგება შეადგენს 1,25$. ხელშეკრულებაზე უარი უნდა ითქვას.

§3.12. შემთხვევითი არჩევანის მექანიზმი

მატრიცული თამაშის ყოველ ცალკეულ პარტიაში მოთამაშე თავის შესაძლო სტრატეგიათაგან ირჩევს ერთ-ერთს. არჩევანი ხდება მოწინააღმდეგისაგან დამალულად, რათა მან არ გამოიყენოს ეს ინფორმაცია თავის სასარგებლოდ. შერეული სტრატეგიის გამოყენებისას უნდა მოხდეს სუფთა სტრატეგიათა მონაცვლეობა მათი გამოყენების წინასწარ დადგენილი თანფარდობის დაცვით, მაგალითად, შერეულ სტრატეგიაში

$$S_A = \begin{Bmatrix} A_1; A_2; A_3 \\ 1/8; 3/8; 4/8 \end{Bmatrix} \qquad (3.12.1)$$

A_1, A_2 და A_3 სუფთა სტრატეგიები გამოიყენებული უნდა იქნენ შემდეგი თანაფარდობით: 1:3:4. ამრიგად, დაცული უნდა იქნეს სუფთა სტრატეგიის ამორჩევის საიდუმლოება და უზრუნველყოფილი იქნეს შერეული სტრატეგიით განსაზღვრული სტრატეგიების გამოყენების თანაფარდობა. ამ მიზნის მიღწევის საუკეთესო საშუალებაა შემთხვევითი მექანიზმის გამოყენება. მაგალითად, შერეული S_A (3.12.1) სტრატეგიის შემთხვევისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ კარგად ბალანსირებული წრიული დისკი, რომელსაც დავყოფთ სამ სექტორად, სექტორების ცენტრალური კუთხეების შეფარდებით 1:3:4. თითოეულ სექტორს შესაბამისად დავაწეროთ A_1, A_2 და A_3 (ნახ. 3.1)



(ნახ. 3.1)

დისკს დიდი სისწრაფით ვიბრუნებთ და უცებ ვაჩერებთ. თამაშის კონკრეტულ პარტიაში გამოვიყენებთ იმ სტრატეგიას, რომელიც აღმოჩნდება ისრის პირდაპირ. ასეთი წესით დაცული იქნება სტრატეგიათა გამოყენების თანაფარდობა შერეული სტრატეგიის მოთხოვნის შესაბამისად და ამავე დროს უზრუნველ-ყოფილი იქნება კონკრეტულ პარტიაში სუფთა სტრატეგიის გამოყენების საიდუმლოება. არჩევანი ხდება უშუალოდ სტრატეგიის ამორჩევის წინ და თვით ამომრჩეველმაც არ იცის, რომელიც სტრატეგიის გამოყენება იქნება საჭირო, ვიდრე დისკს არ გააჩერებს.

ცხადია, რომ დღეს ასეთი დისკების მასობრივ გამოყენებას არავინ მიმართავს. არსებობს შემთხვევითი რიცხვების მიღების სხვა ცივილიზებული მეთოდები, კერძოდ: შემთხვევითი რიცხვების ცხრილი, შემთხვევითი რიცხვების გენერირება და ფსევდო შემთხვევითი რიცხვები.

შემთხვევითი რიცხვების ყველაზე დიდი ცხრილი ერთ მილიონ ციფრს შეიცავს. იგი შედგენილია მბრუნავი დისკის გამოყენებთ, რომელიც დაყოფილი იყო 10 ტოლი სექტორად ყოველ სექტორს ეწერა ერთ ციფრი 0-დან 9-მდე. ცხრილის ფრაგმენტი ასე გამოიყურება:

8 6 5 1 5	9 0 7 9 5	6 6 1 5 5
6 9 1 8 6	0 3 0 3 5	4 2 5 0 2
4 1 6 8 6	4 2 0 1 3	8 5 3 1 2
8 6 5 2 2	4 7 1 7 4	4 3 5 4 2
7 2 8 5 7	9 3 0 0 0	0 9 8 9 1

შემთხვევითი რიცხვების ცხრილის ფრაგმენტი

შემთხვევითი რიცხვების ცხრილის შეყვანა გამომთვლელი მანქანაში არაეკონომიურია მეხსიერების დაკავებისა და გამოძახებაზე დახარჯული დროის თვალსაზრისით. უფრო მიზანშეწონილია შემთხვევითი რიცხვების გამომუშავება მანქანური წესით. ამ მიზნით იყენებენ ელექტრონული ლამპების ხმაურის ჩაწერას. თუ დროის გარკვეულ ინტერვალში ხმაურის დონემ კენტჯერ გადააჭარბა რაიმე ზღვარს, მაშინ მანქანა ჩაწერს „0", ხოლო თუ ლუწჯერ – ჩაწერს „1". ასე მოხდება შემთხვევითი რიცხვის ჩაწერა ორობით სისტემაში.

შემთხვევითი რიცხვების გამოსამუშავებლად ხშირად მიმართავენ რაიმე ფორმულის გამოყენებას, რომელსაც ახლავს შემთხვევითი პროცედურა, მაგალითად, ერთზე ნაკლები ოთხი ფიცრით გამოხატული რაიმე რიცხვი აჰყავთ კვადრატში, მიიღებენ 8-ციფრიან რიცხვს, მისგან გამოყოფენ შუაში განლაგებულ ოთხ ციფრს და ისევ აჰყავთ კვადრატში. მიღებული რიცხვის შუა ციფრს მიიჩნევენ შემთხვევით რიცხვად.

შემთხვევითი რიცხვების ჩამოყალიბება მკაცრ მოთხოვნებს ექვემდებარება და მათი შემთხვევითობა სპეციალური ტესტებით მოწმდება [32].

§3.13. დაფინანსების მიზანშეწონილობა ვითარებათა გაურკვევლობის პირობებში

ამ პარაგრაფში განვიხილავთ ორ განსხვავებულ ვითარებას, რომლებიც აღწერილია ჯ. უილიამსის მიერ [30] და გავარჩევთ მათ ([30]-საგან განსხვაებით) დაფინანსების პრობლემის თვალსაზრისით.

ვითარება პირველი. მწვანეებს აქვთ ორი დასაცავი ობიექტი, რომლებზეც წითლები პერიოდულად აწარმოებენ თავდასხმებს. მწვანეებს შეუძლიათ დაიცვან ერთ-ერთი და არა ორივე ერთდროულად. წითლებს შეუძლიათ თავს დაესხან ერთ-ერთს და არა ორივეს ერთდროულად. დაცულ ობიექტზე თავდასხმა უშედეგოა.

მეორე ობტექტი სამჯერ უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე პირველი.

როგორი სტრატეგიები აირჩიონ მხარეებმა? რამდენად მიზან-შეწონილია ობიექტის დაცვის დაფინანსება?

ამოხსნა: კითხვებზე პასუხის გასაცემად ვცადოთ მატრიცული თამაშების მოდელის გამოყენება. ამისათვის გავარჩიოთ §3.10-ში ჩამოთვლილი საკითხები:

1. მოწინააღმდეგე მხარეები — პირობის თანახმად ესენია მწვანეები და წითლები.

2. მიზნები — მწვანეების მიზანია შეამცირონ ობიექტებზე თავდასხმით გამოწვეული საერთო ზარალი, წითლების მიზანია გაზარდონ იგივე ზარალი.

3. სტრატეგიები — მწვანეების სტრატეგიები: A_1 — დაიცვან პირველი ობიექტი, A_2 — დაიცვან მეორე ობიექტი; წითლების სტრატეგიებია B_1 და B_2 — შესაბამისად თავდასხმა პირველ და მეორე ობიექტზე.

4. მხარეთა მოქმედების შედეგები (მოგებები) — მწვანეთა მოქმედების შედეგია გადარჩენილ ობიექტთა საერთო მნიშვნელოვნობის ოდენობა. ვინაიდან მეორე ობიექტი სამჯერ უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე პირველი, ამიტომ პირველი ობიექტის გადარჩენა შეგვიძლია ჩავთვალოთ ერთ ერთეულ მოგებად, ხოლო მეორის გადარჩენა — სამ ერთეულ მოგებად. იგივე სიდიდე წარმოადგენს წითლების წაგებათა რაოდენობას (ნულოვანჯამიანობის პირობა).

5. საგადასახადო მატრიცა მწვანეების მოგებებისათვის ღებულობს სახეს (3.18) მატრიცა

$$\begin{array}{c|cc|} & B_1 & B_2 \\ \hline A_1 & 4 & 1 \\ A_2 & 3 & 4 \\ \hline \end{array}$$

მატრიცა 3.18

A_1 და B_1 სტრატეგიის გადაკვეთაზე ჩაწერილი 4 ერთეული ნიშნავს: წითლები თავს ესხმიან პირველ ობიექტს, რომელიც მწვანეთა მიერ დაცულია. ამ შემთხვევაში მწვანეთა მიერ გადარჩენილ ობიექტთა საერთო მნიშვნელოვნობა შეადგენს ერთ ერთეულს პირველი ობიექტის დაცულობის გამო და კიდევ სამ ეროეულმს მეორე ობიექტზე თავდაუსხმელობის გამო.

როგორც ვხედავთ, ამოცანის შინაარსი სავსებით აკმაყოფილებს მატრიცული თამაშების მოდელის გამოყენების ყველა პირობას, ამიტომ 2.20 მატრიცა შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც საგადასახადო მატრიცა და ამოვხსნათ თამაში უილიამსის მეთოდით (დანართი №10), მივიღებთ:

$$S_A^{*}=\begin{Bmatrix} A_1; & A_2 \\ 0{,}25; & 0{,}75 \end{Bmatrix}; \qquad S_B^{*}=\begin{Bmatrix} B_1; & B_2 \\ 0{,}75; & 0{,}25 \end{Bmatrix} \qquad V=3{,}25$$

მწვანეების ოპტიმალური შერეული სტრატეგიის თანახმად, წითლების თავდასხმების მრავალგზის განმეორების შემთხვევაში, მათ სამჯერ უფრო ხშირად უნდა დაიცვან მეორე ობიექტი, ვიდრე პირველი. ამ შემთხვევაში წითლების მიერ ყოველ თავდასხმაზე მწვანეებს გადაურჩათ 3.25 ერთეულის ტოლი მნიშვნელობა (რაც შეიძლება ფულადი სახითაც იქნეს გამოსახული). გასათვალისწინებელია, რომ წითლების ყოველ ცალკეულ მოქმედებაზე მწვანეებს ექნებათ ზარალი, რაც შეადგენს ობიექტთა საერთო მნიშვნელოვნობისა და გადარჩენგილ ობიექტთა მნიშვნელოვნობის სხვაობას:

$$4-3{,}25=0{,}75$$

ამიტომ მწვანეებმა უნდა განიხილონ ობიექტთა დაცვის მიზანშეწონილობა. შესაძლებელია გამოთვლების ასეთი სქემა: დადგინდეს თავდასხმათა საერთო რაოდენობა, დაუშვათ, თვეში N; მაშინ მწვანეთა თვიური ზარალი შეადგენს $0{,}75 \cdot N$ ერთეულს. თუ ორივე ობიექტის ერთდროული დაცვის ღირებულება თვეში აღმოჩნდება $0{,}75\ \ N$ -ზე მეტი, მაშინ დაცვას აზრი ეკარგება და მწვანეებს ისღა დარჩენიათ შეურიგდნენ ამ ზარალს.

ვითარება მეორე. „მერილმა მიიღო უფლება ივაჭროს იანკის სტადიონზე მუქი სათვალეებით და ქოლგებით. მისი საქმის წარმატება დამოკიდებულია ამინდზე. მან გამოცდილებით იცის, რომ შეუძლია გაყიდოს დაახლოებით 500 ქოლგა წვიმიან ამინდში და დაახლოებით 100 ქოლგა — კარგ ამინდში. კარგ ამინდში მას შეუძლია გაყიდოს კიდევ 1000 მუქი სათვალე.

ქოლგებს მერილი ყიდულობს 50 ცენტად და ყიდის 1 დოლარად. სათვალე მას უჯდება 20 ცენტი და ყიდის 50 ცენტად. მერილს სურს ამ საქმეში დააბანდოს 250 დოლარი. ყველაფერი, რაც ვერ გაიყიდება, მისთვის ზარალია (სახლში საქონლით თამაშობენ ბავშვები).

ამოხსნა: 1. მხარეები: – მერილი და ბუნება (ამინდი), აქ მეორე მხარე განუპიროვნებულია.

2. მიზნები – მერილის მიზანია დაადგინოს მაქსიმალური გარანტირებული შესაძლო მოგება და მის საფუძველზე – საქმის დაფინანსების მიზანშეწონილობა. ბუნებას (მეორ მხარეს) მერილის მიმართ მიზნები არ გააჩნია. მერილის მგება არ არის ბუნების წაგება.

3. სტრატეგიები – მერილს აქვს ორი სტრატეგია; A_1 – წვიმიანი ამინდისათვის და A_2 – მზიანი ამინდისათვის. ორივე სტრატეგიისათვის იგი აპირებს 250 დოლარის ღირებულების საქონლის შეძენას, იმდენის, რამდენიც გაიყიდება შესაბამის ამინდში, კერძოდ, A_1 სტრატეგიით შეიძენს 500 ქოლგას, ხოლო A_2 სტრატეგიით 100 ქოლგას და 1000 სათვალეს. ამინდის (ბუნება) სტრატეგიებია – B_1 წვიმს, B_2 – მზიანი დარია.

4. გადასახადები – გამოვთვალოთ მერილის მოგებები მისი სტრატეგიებისა და ბუნების სტრატეგიების შესაბამისად.

$(A_1;B_1)$ – მერილმა შეიძინა საქონელი წვიმიანი ამინდის შესაბამისად და მოვიდა წვიმა. ამ შემთხვევაში მერილი გაყიდის 500 ქოლგას, რაშიც მიიღებს 500 დოლარს. მისი მოგება იქნება $500 - 250 = 250$ დოლარი;

$(A_1;B_2)$ – ამ შემთხვევაში გაყიდის 100 ქოლგას (სათვალეები არ შეუძენია) და მიიღებს 100 დოლარს. მოგება იქნება $100 - 250 = -150$ დოლარი (ზარალი);

$(A_2;B_1)$ – გაყიდის 100 ქოლგას და მიიღებს 100 დოლარს. მოგება იქნება

$100 - 250 = -150$ დოლარი (ზარალი);

$(A_2;B_2)$ – გაყიდის 100 ქოლგას და 1000 სათვალეს, რაშიც მიიღებს $100 + 500 = 600$ დოლარს. მოგება შეადგენს $600 - 250 = 350$ დოლარს.

5. შევადგინოთ საგადასახადო მატრიცა მერილის მოგებებისათვის (მატრიცა 3.19)

$$\begin{array}{c|cc|} & B_1 & B_2 \\ \hline A_1 & 250 & -150 \\ A_2 & -150 & 350 \\ \hline \end{array}$$

მატრიცა 3.19.

ამოხსნა: მატრიცას უნაგირაწერტილი არა აქვს. ამოხსნა უნდა ვეძიოთ შერეულ სტრატეგიებში. ბუნება მერილს შერეული სტრატეგიებით არ ეთამაშება. არც მერილი ითამაშებს შერეული სტრატეგიებით და მითუმეტეს არ მიმართავს შემთხვევითი არჩევანის მექანიზმის გამოყენებას. ასეთ ქმედებას აზრი არ ექნებოდა, ვინაიდან ბუნება არ უპირისპირდება მერილს. მიუხედავად ამისა მერილს მაინც სურს დაადგინოს, თუ როგორია მისი ოპტიმალური შერეული სტრატეგია. ამით მერილი შეძლებს გაანაწილოს თავისი კაპიტალი შესაბამის სტრატეგიებზე და დაადგინოს მოსალოდნელი საშულაო მოგება.

შერეული სტრატეგიები და თამაშის ფასი გამოვთვალოთ უილიამსის მეთოდით, მივიღებთ:

$$S_A^* = \begin{Bmatrix} A_1; & A_2 \\ 0,55; & 0,45 \end{Bmatrix}, \quad V = 0,55 \cdot 250 + 0,45 \cdot (-150) = 72,22\$$$

ამრგიდა, მერილმა თავისი კაპიტალის 0,55 უნდა დააბანდოს იმ კომპლექტის შესაძენად, რომელიც გათვალისწინებულია წვიმიანი ამინდისათვის და 0,45 დააბანდოს დარის შემთხვევისათვის კომპლექტის შესაძენად. კაპიტალის ასეთი განაწილება უზრუნველყოფს ყოველ სავაჭრო დღეს საშუალოდ 72,22 დოლარის მოგებას. ეს საკმაოდ დიდი მოგება 250 დოლარის ოდენობის საწყისი კაპიტალისათვის.

ამ მაგილითში წარმოდგენილი ვითარება შეიძლება განვიხილოთ როგორც არანულოვანჯამიანი თამაში ერთი მონაწილისათვის. ასეთი თამაშები ჩვენ ზემოთ არ განგვიხილავს. ანალოგიური ვითარებების შესწავლის ერთ მეთოდს გავეცნობით IV თავში.

§3.14. პოზიციური თამაშები

პოზიციური თამაში მრავალსვლიანია. იგი გარკვეული პოზიციიდან იწყება. ყოველი ახალი სვლის შემდეგ პოზიცია იცვლება. მოთამაშეებმა იციან ყველა შესაძლო სვლა და სვლათა

ყველა თანმიმდევრობის შედეგი. ცალკეულ მოთამაშეს ყოველ სვლაზე აქვს რამოდენიმე არჩევნის საშუალება. თამაშის შედეგი განისაზღვრება იმით, თუ სვლათა რომელ თანმიმდევრობას აირჩევენ მოთამაშეები.

პოზიციური თამაშის ძირითადი თვისებები შეიძლება შევისწავლოთ მარტივ თამაშზე, რომელშიც სულ სამი სვლა კეთდება.

დავუშვათ, რომ სვლა მდგომარეობს ციფრის არჩევაში, 0 ან 1. პირველ სვლას აკეთებს A მოთამაშე და ირჩევს 0-ს ან 1-ს. მეორე სვლავს აკეთებს B მოთამაშე (ირჩევს 0-ს ან 1-ს). მესამე სვლას აკეთებს ისევე A მოთამაშე და ისეც ირჩევს 0-ს ან 1-ს.

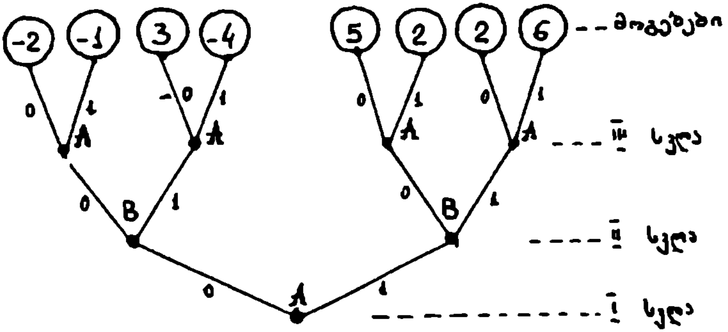
მოთამაშეთა მიერ თავიანთ სვლებზე გასაკეთებელ არჩევათა ყველა შესაძლო თანმიმდევრობა წინასწარ განხილულია და მათვის განსაზღვრულია გარკვეული მოგებები. ეს ინფორმაცია მოცემულია 3.1 ცხრილში.

000	001	010	011	100	101	110	111
-2	-1	3	-4	5	2	2	6

ცხრილი 3.1

ცხრილის პირველ სტრიქონში ჩაწერილი ციფრების თანამიმდევრობა მიუთითებს მოთამაშეთა მიერ გაკეთებული არჩევების თანმიმდევრობას. მაგალითად, მესამე სვეტში ჩანაწერი 010 ნიშნავს: A მოთამაშემ თამაშის პირველ სვლაზე აირჩია 0, B მოთმაშემ თამაშის მეორე სლვაზე აირჩია 1, ხოლო A მოთამაშემ თამაშის მესამე სვლაზე აირჩია ისევ 0. არჩევათა ასეთი თანმიმდევრობის შესაბმისი მოგება (3 ერთეული) მითითეუბლია იმავე სვეტის მეორე სტრიქონში.

თამაში ანტაგონისტურია და ცხრილში მოცემული მოგებების ოდენობები განსაზღვრულია პირველი სვლის გამკეთებელი A მოთამაშისათვის. ამრიგად, 3.1 ცხრილი წარმოადგენს თამაშის მოდელს. ამავე თამაშის მოდელი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ტოპოლოგიური ხის მეშვეობით (ნახ. 3.2).



ნახ. 3.2

ნახაზზე კვანძები წარმოადგენენ მოთამაშეთა მიერ გაკეთებულ სვლებს, ხოლო შტოები — შესაბამის სვლაზე გაკეთებულ არჩევანს. კვანძიდან გამომავალ შტოზე აღნიშნულია არჩევის დასახელება (0 ან 1). განხილულ მაგალითში (ნახ. 2.2) მოთამაშეებს ყოველ სვლაზე აქვთ ორი არჩევა (0 ან 1), ამიტომ ტოპოლოგიური ხის ყოველი კვანძიდან გამოდის ორ-ორი შტო. ნებისმიერი ორი კვანძი შეერთებულია შტოთა მხოლოდ ერთი ტეხილი ხაზით. ტეხილს, რომელიც აერთებს, ხის ქვედა კვანძს ზედა კვანძებთან, თამაშის ხელი (პარტია) ეწოდება. ასეთი ტეხილების (ანუ პარტიების) რაოდენობა ზედა კვანძების რაოდენობის ტოლია. წარმოდგენილ თამაშს აქვს 8 შესაძლო პარტია. ხის ყოველ ზედა კვანძზე მითითებულია თამაშის ხელის (პარტიის) შესაბამისი მოგება A მოთამაშისათვის.

როგორ მოიქცნენ მოთამაშეები თამაშის ოპტიმალური გეგმის ამოსარჩევად? თუ მოთამაშის სვლის ამორჩევა არ არის დამოკიდებული შემთხვევით მექანიზმზე (მაგილითად, ნარდში) და მოთამაშისათვის ყველა ადრე გაკეთებული სვლა ცნობილია, მაშინ ოპტიმალური გეგმის ამორჩევა სირთულეს არ წარმოადგენს. განვიხილოთ 3.2 ხახ.-ზე წარმოდგენილი თამაშის მაგალითი. თუ A მოთამაშე პირველ სვლაზე აირჩევს „1“-ს, მაშინ მას უზრუნველყოფილი აქვს 5 ერთეულის მოგება, ვინაიდან B მოთამაშე იძულებული ხდება აირჩიოს „0“, თორემ „1“-ის არჩევით იგი აძლევს A მოთამაშეს შესაძლებლობას მოიგოს 6 ერთეული.

ეს ვითარება გვაგონებს მატრიცული თამაშების უნაგირა წერტილის არსებობას. ოპტიმალური გადაწყვეტილების ამორჩევა რთულდება, როდესაც ცალკეულ სვლაზე შესაძლო არჩევათა რაოდენობა მნიშვნელოვანია, მაგალითად, ჭადრაკში მხოლოდ პირველი სვლის გაკეთების 20 არჩევანია. ესეთ ვითარებაში ტოპოლოგიურ ხეს აღარ იყენებენ და მიმართავენ ანალიზურ მეთოდებს.

§3.15. პოზიციური თამაშები ნორმალიზებული ფორმით

მატრიცული თამაშები სალონური თამაშების მარტივი ფორმაა და შედარებით კარგადაა დამუშავებული. ამიტომ მათ სალონური თამაშების ნორმალურ ფორმად მიიჩნევენ და ცდილობენ სხვა, უფრო რთული თამაშები დაიყვნონ მატრიცულზე. ნებისმიერი თამაშის მატრიცულ თამაშზე დაყვანის პროცედურას, თამაშის ნორმალიზებას უწოდებენ, ხოლო თვით დასაყვან თამაშს — „თამაშს გაშლილი ფორმით".

ჩვენ განვიხილავთ პოზიციური თამაშის ნორმალიზების საკითხს, რისთვისაც დაგვჭირდება სტრატეგიის ცნების დაზუსტება პოზიციური თამაშისათვის. კერძოდ, პოზიციურ თამაშში ცალკეული ხელის ჩატარების სრულ გეგმას ერთი მოთამაშისათვის ამ მოთამაშის სტრატეგია ეწოდება. სტრატეგია მიუთითებს თუ როგორი არჩევა უნდა გააკეთოს მოთამაშემ ყოველ კონკრეტულ სვლაზე. საჭიროა განვასხვავოთ სტრატეგია თამაშის ხელისაგან, თამაშის ხელი წარმოადგენს ყველა მოთამაშის მიერ გაკეთებული არჩევის ჩამონათვალს. სტრატეგია კი — ერთი მოთამაშის მიერ გაკთებულ არჩევათა თანმიმდევრობას. მაგალითად, 3.2 ნახ.-ზე წარმოდგენილ თამაშში A მოთამაშის სტრატეგია უნდა შეიცავდეს პირველ და მესამე სვლაზე გასაკეთებელ არჩევათა დასახელებებს, B მოთამაშისათვის კი — მეორე სვლაზე გასაკეთებელი არჩევას.

პოზიციური თამაშის ნომრალიზებისათვის საჭიროა განხილული იქნეს ორივე მოთამაშის ყველა შესაძლო სტრატეგია. ამ ინფორმაციის კომპაქტურად ჩასაწერად, როგორც წესი, მიმართავენ კოდირებას. მაგალითად, 3.2 ნახ.-ზე წარმოდგენილ თამაშისათვის A მოთამაშის სტრატეგიები შეიძლება ასეთი კოდით ჩავწეროთ: [0;0],

[0;1], [1;0] და [1;1]. კოდი იკითხება ასე, მაგალითად [0;1] ნიშნავს, რომ A მოთამაშე პირველ სვლაზე ირჩევს „0"-ს, მესამეზე კი „1"-ს. კოდი [1;1] – პირველზე „1"-ს და მესამეზეც „1"-ს.

B მოთამაშეს ექნება სულ ორი სტრატეგია – ნულის და ერთის არჩევა, ამ აღნიშვნების (კოდის) გამოყენებით 3.2 ნახ.-ის საფუძველზე შეგვიძლია შევადგინოთ ნორმალიზებული თამაშის საგადასახადო მატრიცა (მატრიცა (3.20).

	[0]	[1]
[0;0]	-2	3
[0;1]	-1	-4
[1;0]	5	2
[1;1]	2	6

მატრიცა 3.20

	[0]	[1]
[1;0]	5	2
[1;1]	2	6

მატრიცა 3.21

3.21 მატრიცის დომინირებული სტრატეგიების ამოღების შემდეგ მივიღებთ (2X2) თამაშს 3.21 საგადასახადო მატრიცით, რომლის ოპტიმალური შერეული სტრატეგიებია

$$S_A^* = \begin{Bmatrix} [1;0]; & [1;1] \\ 0{,}57; & 0{,}43 \end{Bmatrix}, \quad S_B^* = \begin{Bmatrix} [0]; & [1] \\ 0{,}57; & 0{,}43 \end{Bmatrix}$$

მიღებული ოპტიმალური შერეული სტრატეგიები გამოიყენება მოთამაშეთა მიერ მხოლოდ პრიორიტეტული სტრატეგიების დასადგენად. პრიორიტეტულია ის სტრატეგია, რომლის გამოყენების წილი ოპტიმალურ შერეულ სტრატეგიაში ყველაზე მეტია. ჩვენს მაგალითში A მოთამაშის პრიორიტეტული სტრატეგიაა [1;0], ხოლო B-ის [0]. მოთამაშეები გამოიყენებენ მხოლოდ ამ სტრატეგიებს. სტრატეგიათა მონაცვლეობას პოზიციურ თამაშში აზრი არა აქვს, ვინაიდან მოთამაშემ იცის მოწინააღმდეგის მიერ გაკეთებული არჩევანი.

ჩვენ აქ შემოვიფარგლეთ პოზიციური თამაშების მხოლოდ ზოგადი აღწერით. ეს საკითხი დეტალურადაა გაანალიზებული [33]-ში სწორედ ამ წიგნიდანაა ამოღებული ზემოთ ვანხილული მაგალითი. პოზიციური თამაშების შესახებ დამატებითი ინფორმაცია შეგიძლიათ მოიძიოთ, აგრეთვე [34]-დან.

თავი IV

გადაწყვეტილებათა მიღება არაკონფლიქტურ ვითარებაში (თამაშები „ბუნებასთან")

განვიხილოთ ორი მხარის ურთიერთობა, რომელშიც მხოლოდ ერთ-ერთს აქვს გარკვეული მიზნები მეორე მხარის მიმართ. ასეთ პირობებში მხარეთა ურთიერთობა არაკონფლიქტურია. განვიხილოთ მაგალითი. კონვეიერი ფარული დაზიანებების გამო არასტაბილურად მუშაობს. საჭიროა დაზიანებათა დადგენა. კონვეიერის მფლობელს აქვს გადაწყვეტილებათა შემდეგი ვარიანტები: 1. შეამოწმოს ყველა კვანძი; 2. შეამოწმოს კვანძების ნაწილი და 3. განაგრძოს მუშობა კვანძების შემოწმების გარეშე. მიღებული გადაწყვეტილების ოპტიმალურობა კონვეიერის მფლობელისათვის დამოკიდებულია კონვეიერის ტექნიკურ მდგომარეობაზე. აღწერილ ვითარებაში კონვეიერის მფლობელი არის ურთიერთობის ერთი მხარე, რომელსაც აქვს გარკვეული მიზანი (გამოიკვლიოს კონვეიერის ტექნიკური მდგომარეობა). მეორე მხარეს წარმოადგენს კონვეიერის ტექნიკური მდგომარეობა, რომელსაც არავითარი მიზნები არ გააჩნია კონვეიერის მფლობელის მიმართ. იგი წარმოგვიდგება კონვეიერის ბუნების სახით. ამრიგად, კონვეიერის მფლობელი დაპირისპირე-ბულია ტექნიკური მდგომარეობის ბუნებასთან.

ბუნებასთან დაპირისპირების ამოცანებს „ბუნებასთან თამაშებს" უწოდებენ. ამ ამოცანებისათვის დამახასიათებელი შემდეგი თავისებურებანი:

1. „ბუნება" არ აწარმოებს მეორე მხარის საწინააღმდეგოდ გამიზნულ მოქმედებებს და ამიტომ ურთიერთობა არაკონფლიქტურია.

2. „ბუნება" განუპიროვნებულია და მასთან ურთიერთობა არაანტაგონისტური თამაშის ტიპისაა (არანულოვან ჯამიანია).

ამ თავისებურებებიდან გამომდინარეობს, რომ „ბუნებასთან" დაპირისპირების ამოცანების გადასაწყვეტად მატრიცული თამაშების თეორიის მეთოდების გამოყენება დაუშვებელია, მიუხედავად იმისა, რომ ბუნებასთან დაპირისპირების ამოცანებს „ბუნებასთან თამაშებს" უწოდებენ.

ბუნებასთან დაპირისპირების ამოცანათა გადაწყვეტის მეთოდიკა დამოკიდებულია ბუნების შესაძლო მდგომარეობათა გაურკვევლობის ხასიათზე. თუ ცნობილია ბუნების ყველა შესაძლო მდგომარეობა $F_1, F_2, \ldots, F_n$ და ამ მდგომარეობათა განხორციელების ალბათობები $q_1, q_2, \ldots, q_n$, მაშინ გამოიყენება ე.წ. სტატისტიკურ გადაწყვეტილებათა მეთოდი (იხ. § 4.2). თუ ცნობილია ბუნების მხოლოდ შესაძლო მდგომარეობების ნუსხა — $F_1, F_2, \ldots, F_n$, ხოლო მათი განხორციელების ალბათობები უცნობია, მაშინ მიმართავენ გადაწყვეტილებათა მიღების ემპირიულ კრიტერიუმებს (იხ. §4.3).

ვიდრე ამ საკითხებს შევეხებოდეთ, საჭიროა გავეცნოთ ერთ მნიშვნელოვან ცნებას, რომელსაც რისკს უწოდებენ.

§4.1. რისკის ცნება გადაწყვეტილებათა მიღების თეორიაში

რისკი იტალიური სიტყვაა და „საშიშროებას", „მუქარას" ნიშნავს. ამ სიტყვის ინტენსიური ხმარება საქმიან წრეებში თავდაპირველად კომერსანტებმა დაიწყეს, კერძოდ, „რისკით" გამოხატავდნენ შემთხვევითობასთან დაკავშირებული საქმის შესაძლო ზარალს. შემდგომ ამ სიტყვამ ადამიანთა საქმიანობის სხვადასხვა სფეროებში გადაინაცვლა. დღეს შეუძლებელია „რისკს" მიეცეს განმარტება, რომელიც მისი გავრცელების ყველა სფეროსათვის იქნება გამოსადეგი. „რისკის" ყველა მეცნიერული განმარტება შეიცავს მის რაოდენობრივ შეფასებას. ამ მხრივ იგი გამიჯნულია მისი ყოველდღიური შინაარსისაგან, რომლითაც რისკი იხმარება ავანტიურიზმის გამოსახატავად.

ეკონომიკის და ტექნიკის საკითხებში გამოიყენება ასეთი განმარტება: რისკი არის არსასურველი A ხდომილობის რაოდენობრივი A_0 მნიშვნელობის ნამრავლი ამ ხდომილობის განხორციელების P(A) ალბათობაზე:

$$R = A_0 \cdot P(A) \qquad (4.1.1)$$

მაგალითად, მოსალოდნელია 10 ტონა შაქრის დანაკარგი, რაც შეძლება მოხდეს 0,3 ალბათობით. აქ 10 ტონა შაქრის დანაკარგი არის A ხდომილობა. თავად 10 ტონა ხდომილობის სიდიდის გამოხატულებაა. (4.1.1)-ის თანახმად მივიღებთ

$$R=10\cdot 0{,}3=3\text{ტ}$$

თამაშების თეორიასა და გადაწყვეტილებათა თეორიაში რისკის სხვა განმარტება გამოიყენება, რომელსაც ქვემოთ ჩამოვაყალიბებთ რიცხვითი მაგალითის განხილვის საფუძველზე.

დავუშვათ, რომ თამაში მწვანეებსა და წითლებს შორის წარმოდგენილია მატრიცით (იხ. მატრიცა 4.1)

წ ი თ ლ ე ბ ი

მ წ ვ ა ნ ე ე ბ ი

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cccc} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 \end{array} \\ \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} & \begin{pmatrix} 2 & 5 & 6 & 9 \\ 3 & 7 & 4 & 3 \\ 5 & 8 & 6 & 2 \end{pmatrix} = [a_{ij}], \\ \max\limits_i \beta_j & \begin{array}{cccc} 5 & 8 & 6 & 9 \end{array} \end{array}$$

მატრიცა 4.1

რომლის ყოველი სვეტიდან ამოვირჩიოთ უდიდესი (რიცხვი) მოგება — $\max\limits_i \beta_j$ და ამ სიდიდეთაგან შედგენილი სტრიქონი მივუწეროთ მატრიცას ქვედა მხრიდან. მიწერილი სტრიქონისა და მატრიცის ელემენტებისაგან შევადგინოთ ახალი მატრიცა $[r_{ij}]$, რომლის ელემენტები გამოვთვალოთ ფორმულით

$$r_{ij} = \max_i \beta_j - a_{ij}; \qquad i=1,2,\ldots,m; \quad j=1,2,\ldots,n \qquad (4.1.2)$$

ამ ახალ მატრიცას რისკის მატრიცას უწოდებენ. 4.1 მატრიცისათვის რისკის მატრიცა მიიღებს სახეს (მატრიცა 4.2).

	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	3	3	0	0
A_2	2	1	2	6
A_3	0	0	0	7

მატრიცა 4.2

რისკის მატრიცის ელემენტების არსი წარმოვადგინოთ 4.2 მატრიცის მაგალითზე. დავუშვათ, რომ მწვანეებმა აირჩიეს A_2 სტრატეგია, ხოლო წითლებმა B_1 სტრატეგია. მაშინ მწვანეების მოგება 4.1 მატრიცის თანახმად შეადგენს 3 ერთეულს. მწვანეებს რომ წინასწარი ინფორმაცია ჰქონოდათ წითლების მიერ B_1 სტრატეგიის არჩევის თაობაზე, მაშინ ისინი აირჩევდნენ A_3 სტრატეგიას და მოიგებდნენ 5 ერთეულს. ამრიგად, ინფორმაციის უქონლობის გამო მწვანეებმა „დაკარგეს" 2 ერთეული მოგება. ეს დანაკარგი გამოიხატება (4.1.2) ფორმულით და მას მწვანეების მიერ A_2 სტრატეგიის ამორჩევასთან დაკავშირებულ რისკს უწოდებენ, როდესაც წითლები იყენებენ B_1 სტრატეგიას. როგორც ვხედავთ, რისკი განიმარტება, როგორც ინფორმაციის უქონლობით გამოწვეული შესაძლო დანაკარგი. ანალოგიური პროცედურით გამოითვლება A_2 სტრატეგიის არჩევასთან დაკავშირებული რისკი B_2, B_3 და B_4. სტრატეგიის მიმართ.

მატრიცული თამაშის საგადასახადო მატრიცის $[a_{ij}]$ საფუძველზე შედგენილ $[r_{ij}]$ მატრიცას, რომლის ელემენტები გამოთვლილია (4.1.2) ფორმულით, ეწოდება A მოთამაშის რისკის მატრიცა [2].

მატრიცულ თამაშებში გამოიყენება რისკის უფრო განზოგადოებული განმარტებაც, რომელშიც გაითვალისწინება თვით არასასურველი მოვლენის წარმოქმნის ალბათობა [15].

§4.2 სტატისტიკური გადაწყვეტილებები

განვიხილოთ ოპტიმალური გადაწყვეტილების ამორჩევის პროცედურა ბუნებასთან დაპირისპირების ვითარებაში, როდესაც ბუნების მდგომარეობათა განხორციელების ალბათობები წინასწარ ცნობილია.

დავუშვათ, ბუნებასთან დაპისპირებული A სუბიექტს თავისი მიზნის განსახორციელებლად გააჩნია შესაძლო გადაწყვეტილებები — $A_1, A_2, \dots, A_m$. ბუნება შეიძლება იმყოფებოდეს ერთ-ერთ $F_1, F_2, \dots, F_m$ მდგომარეობათაგანში, კონკრეტულად რომელში, A სუბიექტისათვის

უცნობია, ამავე დროს გვაქვს ბუნების მდგომარეობათა განხორციელების ალბათობების სტატისტიკური ან თეორიული მონაცემები შესაბამისად $q_1, q_2, \ldots, q_m$. A სუბიექტისათვის ცნობილია აგრეთვე, რომ A_i გადაწყვეტილების განხორციელების შედეგად იგი მიიღებს a_{ij} მოგებას, თუ ბუნება იმყოფება F_j მდგომარეობაში (იხ მატრიცა 4.3).

აღწერილი ვითარების განმეორებადობის შესაძლებლობა გამორიცხულია. ამიტომ სუბიექტმა A-მ ერთხელ უნდა მიიღოს გადაწყვეტილება — ამოირჩიოს რომელიმე A_i სტრატეგია.

$$
\begin{array}{c|ccc|}
 & F_1;q_1 & F_2;q_2 & F_n;q_n \\
\hline
A_1 & a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\
A_2 & a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\
\vdots & & & \\
A_3 & a_{m1} & a_{m2} & a_{mn} \\
\hline
\end{array}
$$

მატრიცა 4.3

აღწერილ პირობებში ოპტიმალურ გადაწყვეტილებად ითვლება ის, რომლისთვისაც შესაძლო მოგების მათემატიკური ლოდინი (Z_{BL}) ღებულობს მაქსიმალურ მნიშვნელობას:

$$Z_{BL} = \max_i \sum_{j=1}^{n} a_{ij} q_j; \quad q_j \geq 0; \quad \sum_{j=1}^{n} q_j = 1 \qquad (4.2.1)$$

უკეთესი გადაწყვეტილების ამორჩევის ამ მეთოდს სტატისტიკურს უწოდებენ. იგი ცნობილია აგრეთვე ბაიეს-ლაპლასის კრიტერიუმის სახელწოდებით. განვიხილოთ რიცხვითი მაგალითი.

	F_1	F_2	F_3	F_4	$\sum_{j=1}^{4} a_{ij} q_j$
	0,3	0,2	0,1	0,4	
A_1	2	3	1	2	2.1
A_2	4	1	2	1	2.0
A_3	0	5	4	3	2.6

ფორმულა (4.2.1.)-ის შესაბამისად, გამოითვლება Z_{BL}-ის მნიშვნელობა მატრიცის ყოველი სტრიქონისათვის (ეს სიდიდეები გამოთვლილია და მიწერილია სვეტის სახით მატრიცის მარჯვენა

მხარეს) და მათგან ამოირჩევა უდიდესი მნიშვნელობა $Z_{HL}=2{,}6$. რომლის შესაბამისი სტრატეგია A_3; პასუხი – ირჩევს A_3 სტრატეგიას.

მტკიცდება, რომ გადაწყვეტილებას, რომელსაც შეესაბამება მოგების მაქსიმალური მათემატიკური ლოდინი, აქვს მინიმალური საშუალო რისკი [29].

§4.3. გადაწყვეტილებათა მიღება ემპირიული კრიტერიუმებით

თუ ბუნებრივ ვითარებათა განხორციელების ალბათობები უცნობია, მაშინ გადაწყვეტილების ამორჩევის პრობლემისადმი მიდგომას უკავშირებენ გადაწყვეტილების შედეგის მნიშვნელოვნობას, მაგალითად, თუ გადაწყვეტილების მიმღები „მდიდარია", იგი შეიძლება ნაკლები სიფრთხილით მოეკიდოს პრობლემას და ამოირჩიოს გადაწყვეტილების ის ვარიანტი, რომელიც უდიდეს მოგებას იძლევა, თუნდაც ნაკლები საიმედოობით. თუ მოგების (წაგების) ოდენობა მისთვის მნიშვნელოვანია, იგი მიმართავს მინი-მაქსის პრინციპს და ამოირჩევს ნაკლები ოდენობის, მაგრამ გარანტირებული მოგების შესაბამის გადაწყვეტილებას.

დღეისათვის ცნობილია მთელი რიგი კრიტერიუმებისა, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ ამოვირჩიოთ უკეთესი გადაწყვეტილება ბუნებასთან ურთიერთობისას. ამ კრიტერიუმებით ამორჩეული გადაწყვეტილების უკეთესობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად მიესადაგება გამოყენებული კრიტერიუმი ბუნების ვითარებას და გადაწყვეტილების მიმღების განწყობას მოსალოდნელი შედეგისადმი. თითქმის ყველა ცნობილი კრიტერუმის გამოყენებისას იგულისხმება, რომ ცნობილია: 1. შესაძლო გადაწყვეტილებათა სიმრავლე – $A_1, A_2, \ldots, A_n$, 2. ბუნებრივ ვითარებათა მდგომარეობები – $F_1, F_2, \ldots, F_n$ და 3. შესაძლო მოგებები a_{ij}, რომლებსაც ადგილი აქვს A_i გადაწყვეტილების განხორციელებისას F_j ბუნებრივ მდგომარეობაში. ეს ინფორმაცია შეიძლება მოცემულ იქნეს მატრიცის სახით (მატრიცა 4.4). გადაწყვეტილების მიმღებისათვის უცნობია, რომელი ბუნებრივი მდგომარეობა განხორციელდება.

	F_1	F_2		F_n
A_1	a_{11}	a_{12}		a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}		a_{2n}
A_3	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

მატრიცა 4.4

ყველა ქვემოთ მოყვანილი კრიტერიუმის გამოყენება ნავარაუდევია გადაწყვეტილების ერთხელ მისაღებად, მოცემული დაფიქსირებული ვითარებისათვის.

კლასიკური კრიტერიუმები

1. მინი-მაქსის კრიტერიუმი ეფუძნება სიფრთხილის პრინციპს და გამოხატავს საკითხისადმი მიდგომის ზომიერ პესიმიზს, ყოველგვარი მოულოდნელობის გამორიცხვით, კერძოდ – მინიმალურ გარანტირებულ მოგებათაგან ამოირჩევა მაქსიმალური მოგება

$$Z_{MM} = \max_i(\min_j a_{ij}) \qquad (4.3.1)$$

აქ Z_{MM} მინი-მაქსის კრიტერიუმით განსაზღვრული მოგების სიდიდეა, რომლის შესაბამისი გადაწყვეტილება A_i უნდა იქნეს არჩეული.

a_{ij} – 3.4 მატრიცის ელემენტი.

Z_{MM}-ის სიდიდე დგინდება, როგორც თამაშის ქვედა ფასი მატრიცულ თამაშებში.

მინი-მაქსის კრიტერუმი, როგორც წესი, გამოიყენება ტექნიკური პრობლემების გადასაწყვეტად, როდესაც Z_{MM}-ით გათვალისწინებულ შედეგზე ნაკლები შედეგის დაშვება გამორიცხულია. ასეთი მიდგომა გამორიცხავს რაიმე მოულოდნელობას. ეს გარემოება დაკავშირებულია შესაძლო დანაკარგებთან (იხ. მატრიცა 3.5).

	F_1	F_2		
A_1	1	100	1	Z_{MM}=1,1
A_2	1,1	1,1	1,1	

მატრიცა 4.5

Z_{MM}-ით ამორჩეული A_2 სტრატეგია გამორიცხავს არასასურველი შედეგის (1) მიღებას და ამავე დროს გამოიცხავს 100 ერთეულის მიღების შანსს იმის შიშით, რომ არ დაგვეკარგოს მოგების 0,1 ერთეული. ამრიგად, მინი-მაქსის კრიტერიუმით გათვალისწინებული პესიმიზმი შესაძლოა არახელსაყრელი აღმოჩნდეს.

2. <u>სევიჯის კრიტერიუმით</u> გადაწყვეტილების ამორჩევა გამოხატავს ზომიერი პესიმიზის პოზიციას და დაკავშირებულია რისკის შემცირების პრობლემასთან. სევიჯის კრიტერიუმით გადაწყვეტილების ამოსარჩევად საჭიროა: შევადგინოთ მოცემული საგადასახადო მატრიცისათვის რისკის მატრიცა $[r_{ij}]$. ამ მატრიცის ყოველი სტრიქონიდან ამოვირჩიოთ რისკის მაქსიმალური მნიშვნელობა. შემდეგ ამოვირჩიოთ ის სტრატეგია, რომელსაც შეესაბამება მაქსიალურ რისკთაგან მინიმალური მნიშვნელობა.

$$Z_S = \min_i(\max_j r_{ij}) \qquad (4.3.2)$$

სევიჯის კრიტერიუმის გამოყენება რეკომენდებულია იგივე ვითარებისათვის, რომელშიც გამოიყენება მინი-მაქსის კრიტერიუმი. საილუსტრაციოდ განვსაზღვროთ ერთი საგადასახადო მატრიცისათვის ორივე კრიტერიუმის გამოყენების შედეგი.

დავუშვათ, მოცემულია საგადასახადო მატრიცა (მატრიცა 4.6). ამოვირჩიოთ უკეთესი სტრატეგია (გადაწყვეტილება) მინი-მაქსის და სევიჯის კრიტერიუმებით:

	F_1	F_2	F_3	F_4	α_i
A_1	19	30	41	49	19
A_2	51	38	10	20	10
A_3	73	18	81	11	11
$\max_i \beta_j$	73	38	81	49	

მატრიცა 4.6

მინი-მაქსის კრიტერიუმის თანახმად $Z_{MM}=19$ და ვირჩევთ A_1 სტრატეგიას. სევიჯის კრიტერიუმის გამოსაყენებლად ვადგენთ რისკის მატრიცას (მატრიცა 4.7).

	F_1	F_2	F_3	F_4	$\max\limits_j r_{ij}$
A_1	54	8	40	0	54
A_2	22	0	71	29	71
A_3	0	20	0	38	$\boxed{38}$

მატრიცა 4.7

სევიჯის კრიტერიუმის თანახმად Z_S=38 და ვირჩევთ A_3 სტრატეგიას.

შევაფასოთ ამ ორი კრიტერიუმით მიღებული შედეგები. თუ ჩვენთვის დაუშვებელია, რომ მოგება იყოს 19 ერთეულზე ნაკლები, მაგალითად 11-ის ტოლი (რის შანსიც იქნებოდა A_3 სტრატეგიის ამორჩევით), მაშინ უნდა დავთანხმდეთ და ავირჩიოთ A_1 სრატეგია, რომელიც Z_{MM} კრიტერიუმით უზრუნველყოფს 19 ერთეულის მოგებას. თუ ჩვენი პესიმიზმი არც ისე შემაშფოთებელია, მაშინ შეიძლება ავირჩიოთ A_3 სტრატეგია. აქ ხომ 73 ერთეულიც და 81 ერთეულიც შეიძლება მოვიგოთ. როგორც ვხედავთ, ეს უკვე არამათემატიკური მსჯელობებია — რას იზამ, განუსაზღვრელობაში კარგი არაფერია, გვიხდება ვარიანტის ამორჩევა ჩვენი მდგომარეობის გათვალისწინებით.

შერეული კრიტერიუმები

1. ჰურვიცის კრიტერუმი ეფუძნება საშუალედო პოზიციას ოპტიმიზმსა და პესიმიზმს შორის. იგი გამოიხატება ფორმულით

$$Z_{HW} = \max_i \left\{ \chi \max_j a_{ij} + (1-\chi) \min_j a_{ij} \right\} \qquad (4.3.3)$$

აქ χ წონითი კოეფიციენტია და $0 \le \chi \le 1$. იგი ინიშნება გადაწყვეტილების ამომრჩევის მიერ;

χ=1 — უკიდურესი ოპტიმიზმის პოზიციის დაკავება, ხოლო χ=0 ზომიერი პესიმიზის პოზიცია (მინი-მაქსის კრიტერიუმის პოზიცია); χ=0,5 — ნეიტრალური პოზიცია, χ — კოეფიციენტის ზრდა ოპტიმიზმის ზრდის ტოლფასია.

Z_{HW} კრიტერიუმის დასადგენად საგადასახადო მატრიცას ემატება სამი სვეტი: პირველ სვეტში იწერება სტრიქონში აღნიშნული გადასახადების მინიმალური მნიშვნელობები, მეორეში — მაქსიმალური მნიშვნელობები, მესამეში — მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობების ჯამი, რომელიც შესაბამისად გამრავლებულია χ და $(\chi-1)$ სიდიდეებზე.

ქვემოთ Z_{HW} კრიტერიუმის გამოყენების საილუსტრაციო მაგალითია მოყვანილი. (χ=0,6).

	F_1	F_2	F_3	$\min a_{ij}$	$\max a_{ij}$	{...}
A_1	20	30	15	15	30	24
A_2	75	20	35	20	75	53
A_3	25	80	25	25	80	58
A_4	85	5	45	5	85	53

Z_{HW}=58. ვირჩევთ A_3 გადაწყვეტილებას.

2. <u>ხოჯა-ლემანის კრიტერიუმი</u> საშუალედო პოზიციის კრიტერიუმია მინი-მაქსის კრიტერიუმსა და ბაიეს-ლაპლასის კრიტერიუმებს შორის. იგი გამოიხატება ფორმულით

$$Z_{HL} = \max_i \left[\omega \sum_j^n a_{ij} q_j + (1-\omega) \min_j a_{ij} \right] \qquad (4.4.4)$$

სადაც q_j ბუნებრივი მდგომარეობის განხორციელების შესაბამისი ალბათობაა, რომელიც ინიშნება გადაწყვეტილების მიმღების მიერ სუბიექტური მოსაზრებების საფუძველზე;

ω — წონითი კოეფიციენტი, რომლის მეშვეობით გადაწყვეტილების მიმღები აფასებს მის მიერ სუბიექტურად დანიშნულ q_j ალბათობების განაწილების საიმედოობას. ω კოეფიციენტი აკმაყოფილებს შემდეგ პირობას: $0 \le \omega \le 1$.

თუ ω=1, მაშინ $Z_{HL}=Z_{BL}$ და თუ ω=0, მაშინ $Z_{HL}=Z_{MM}$. ხოჯა-ლემანის კრიტერიუმი გამოიყენება მაშინ, როდესაც ბუნებრივ მდგომარეობათა განხორციელების შესახებ მონაცემები არ გაგვაჩნია და ამავე დროს შეგვიძლია სუბიექტურად დავნიშნოთ ამ ალბათობათა განაწილება.

გთავაზობთ შემდეგ ამოცანას: გსურთ მნიშვნელოვანი თანხა (რომელიც ანგარიშგასაწევია თქვენი შემოსავლების პირობებში) დააბანდოთ ფასიან ქაღალდებში, სამხედრო – სამრეწველო კომპლექსში ან ვაჭრობაში. მოსალოდნელი წლიური მოგებები დოლარებში მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი შედგენილია ავტორიტეტულ ექსპერტთა მიერ მომავალ 10 წელიწადზე გათვლით. მისაღები გაქვთ გადაწყვეტილება თუ რაში დააბანდოთ თანხა. რომელი პოლიტიკური ვითარება განხორციელდება თქვენთვის უცნობია გამოიყენეთ ხოჯა-ლემანის კრიტერიუმი. სუბიექტურად, თქვენი შეხედულებით, დანიშნეთ პოლიტიკურ ვითარებათა განხორციელებების ალბათობები: q_1 ომის, q_2 – ცივი ომის და q_3 – მშვიდობის. შემდეგ შეაფასეთ თქვენს მიერ დანიშნული ალბათობების საიმედობა ω კოეფიციენტით, რომელსაც მიანიჭებთ მნიშვნელობას 0-დან 1-მდე დიაპაზონში და გამოიყენეთ ფორმულა (4.4.4)

	ომი	ცივი ომი	მშვიდობა
ფასიანი ქაღალდი	2900	3000	3200
სამხედრო მრეწველობა	18000	6000	-2000
ვაჭრობა	2000	7000	12000

გისურვებთ წარმატებას!

დანართი №1

ჭეშმარიტების დადგენა ხმათა უმრავლესობით

იგლისელმა მკვლევარმა ნორტკოტ პარკინსონმა 1958 წელს გამოქვეყნებულ წიგნში „პარკინსონის კანონი ანუ პროგრესის გზები" დაუნდობლად ამხილა ინგლისის სახელმწიფო ინსტიტუტების უაზრო საქმიანობათა კანონზომიერებანი და წარმოგვიდგინა ისინი კანონების სახით. ერთ-ერთი ამ კანონთაგანის თანახმად — თათბირზე საკითხის განხილვის ხანგრძლივობა უკუპროპორციულია განხილვის საგნის ღირებულებისა. აღნიშნულთან დაკავშირებით აღწერილია თათბირი, რომელზეც ფირმის დირექტორთა 11 კაციანი კომიტეტი განიხილავს ორ საკითხს: ატომური რეაქტორის მშენებლობა — პროექტის ღირებულება 10 მილიონი სტერლინგი და თანამშრომელთათვის ველოსიპედების სადგომის გადახურვის მოწყობა — 350 სტერლინგი. პირველ საკითხზე 11 წევრიდან 8-ს წარმოდგენა არა აქვს თუ რა არის ატომური რეაქტორი და ამიტომ თავს იკავებს მოსაზრების გამოთქმისაგან. დანარჩენი 3-დან ერთმა არ იცის თუ რათ სჭირდებათ რეაქტორი. მეორემ იცის რათ სჭირდებათ, მაგრამ წარმოდგენა არა აქვს ფასებზე ამიტომ ეს ორივე იკავებს თავს. მე-3-მ ყველაფერი იცის. თვლის, რომ აზრი არ აქვს სხვებისთვის განმარტებების მიცემას და აკეთებს მოკლე განცხადებას — მას პროექტზე შენიშვნები არა აქვს. პროექტი მიღებულია. პირველ საკითხს დასჭირდა 3 წუთი.

ველოსიპედების სადგომის გადახურვასთან დაკავშირებით კომიტეტის 11 წევრს აქვს თავისი პირადი შეხედულება, რომლის დასაცავად მზად არის. ამიტომ ზოგს რამოდენიმეჯერ უწევს გამოსვლა. ამ საკითხის განხილვა 2 საათს გაგრძელდა, და გადაიდო შემდეგ თათბირისათვის.

პარკინსონის მიერ აღწერილ ვითარებას აქვს სხვა, ჩვენთვის განსაკუთრებით საყურადღებო მხარეც. იგი მშვენიერი ილუსტრაციაა იმისა, რომ რაც უფრო რთულია საკითხი, მით უფრო ნაკლებია მასში ჩახედულთა რაოდენობა. ამასთან ერთად, მეტად მნიშვნელოვანია ის, რომ კომიტეტის 10 წევრმა თავი შეიკავა აზრის გამოთქმისაგან საკითხში ჩაუხედაობის ან ბოლომდე გაურკვევლობის გამო. დაუშვათ, რომ არაკომპეტენტურმა უმრავლესობამ მოისურვა აზრის გამოთქმა. მაშინ იგი კენჭის ყრის მეშვეობით შესძლებს მიიღოს ნებისმიერი

გადაწყვეტილება და მათ შორის არასწორიც. თუმცა კი მის არასწორობას ვერ გაიაზრებს, იმიტომ, რომ არაკომპეტენტურია. თუ გავითვალისწინებთ, რომ რთულ საკითხებში, როგორც წესი, უმრავლესობა არაკომპეტენტურია, მაშინ ნათელი გახდება რაოდენ სახიფათოა ჭეშმარიტების დადგენა კენჭის ყრის წესით.

დანართი №2

ჯგუფური აზროვნების ჩამოყალიბების მიზეზები ირვინ ჯანისის მიხედვით.

1. კონფორმიზმის ზეწოლა — ჯგუფის წევრებს, რომლებიც გამოთქვამენ ეჭვებს ჯგუფის იდეებისა და გეგმების თაობაზე იცილებენ ჯგუფიდან.
2. ერთსულოვნების ილუზია — ჯგუფის წევრი ფიქრობს, რომ ყველაფერი უკვე განსაზღვრულია, რომ ასე აკეთებს ჯგუფის წევრთა უმრავლესობა ამიტომ ჩემი პირადი უთანხმოება ჯგუფის გადაწყვეტილებას არ შეცვლის გაა-კეთებენ ისე როგორც გადაწყვიტეს.
3. ინფორმაციის ჩახშობა — იცავს ჯგუფს იმ ინფორმაციისაგან, რომელსაც შეუძლია ეჭვის ქვეშ დააყენოს ჯგუფის გადაწყვეტილება.
4. თვითცენზურა — ჯგუფში არსებობს კონცესუსის ილუზია, ამიტომ ჯგუფის წევრი ამჯობინებს დამალოს თავისი ეჭვები. ჩვენ ხშირად ვაკვირდებით, რომ მიუხედავად ხელისუფლებისადმი უნდობლობისა ადამიანები მაინც აძლევენ ხმას ხელისუფლებას.
5. რწმენა, რომ ჯგუფის ქცევა ეთიკურია — ჯგუფის წევრს სწამს, რომ ჯგუფი კეთილგანწყობილია, ეთიკურია და ამიტომ უარყოფს ყოველგვარ ლაპარაკს მორალის შესახებ.
6. რაციონალიზაცია — ხდება მაშინ, როდესაც ჯგუფის ყოველი ინიციატივა გადაიქცევა თავდაცვის და თავის გამართლების აქციად, როგორც ამას ვაკვირდებით ჩვენი ხელისუფლების პრეს-მდივნების გამოსვლისას.

7. მოწინააღმდეგეზე შეხედულების სტერეოტიპი – როდესაც ჯგუფი უარს ამბობს მოწინააღმდეგესთან მოლაპარაკებაზე და ცდილობს მის განადგურებას.

როგორც ვხედავთ ჯგუფური აზროვნების წარმოქმნის ყველა ფაქტორი მიმართულია ჯგუფის წევრთა პირადი და ჯგუფური ინტერესების დაცვაზე და არა მისაღები გადაწყვეტილებია სრულყოფაზე. ასეთ პირობებში მისაღები გადაწყვეტილების ხარისხზე უკვე აღარავინ ზრუნავს.

სამწუხაროდ ჩვენს საპარლამენტო საქმიანობაში ჯგუფური აზროვნება დანერგვისა და სიამაყის საგნად იქცა.

დანართი №3

საკუთარი რიცხვები და საკუთარი ვექტორი

ყოველი n ზომის A კვადრატული მატრიცისათვის მოიძებნება ისეთი n ზომის $X=(x_1, x_2, \quad , x_n)$ ვექტორი, რომ A მატრიცის X ვექტორზე გამრავლების შედეგად მივიღებთ X ვექტორის კოლიენალურ (პროპორციულ) $\lambda X=(\lambda x_1, \lambda x_2, \ldots , \lambda x_n)$ ვექტორს. ანუ A მატრიცისათვის შეიძლება შევარჩიოთ ისეთი X ვექტორი, რომ ადგილი ჰქონდეს ტოლობას

$$AX=\lambda X \qquad (ფ. 3.1)$$

აქ λ – პროპორციულობის კოეფიციენტია.

ფორმულა (ფ. 3.1) გაშლილი ფორმით ღებულობს სახეს

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \qquad (ფ. 3.2)$$

დავამტკიცოთ, რომ შესაძლებელია ისეთი x_1, x_2, x_n უცნობების და λ პარამეტრის სიდიდეების დადგენა, რომლებიც დააკმაყოფილებენ განტოლებათა სისტემა (დ.3.2)-ს.

სისტემა (დ.3.2)-ში გადამრავლების შედეგად მივიღებთ

$$
\begin{aligned}
&(a_{11}-\lambda)x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = 0 \\
&a_{21}x_1 + (a_{22}-\lambda)x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = 0 \\
&\vdots \\
&a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + (a_{nn}-\lambda)x_n = 0
\end{aligned}
\qquad (\text{დ}.3.3)
$$

თუ (დ.3.3)-ში λ პარამეტრს ცნობილ სიდიდეთ ჩავთვლით, მაშინ იგი წარმოადგენს ერთგვაროვან წრფივ განტოლებათა სისტემას x_1, x_2, ..., x_n ცვლადების მიმართ. მას რომ ამონახსნი ჰქონდეს ამისათვის საჭიროა, რომ მისი დეტერმინანტი იყოს ნულის ტოლი.

$$
\begin{vmatrix}
a_{11}-\lambda & a_{12} & a_{1n} \\
a_{21} & a_{22}-\lambda & a_{2n} \\
\vdots & & \vdots \\
a_{n1} & a_{n2} & a_{nn}-\lambda
\end{vmatrix} = 0 \qquad (\text{დ}.3.4)
$$

თუ (დ.3.4)-ში დეტერმინანტს გავხსნით მაშინ იგი გარდაიქცევა n რიგის ალგებრულ განტოლებათ λ-ს მიმართ. ამიტომ λ-ს სიდიდე შეგვიძლია დავადინოთ ამ n რიგის ალგებრული განტოლების ამოხსნით. ცნობილია, რომ ასეთ განტოლებებს აქვთ n რაოდენობის λ_1, λ_2, ..., λ_n ამონახსნი. ამ ამონახსნებს A მატრიცის საკუთარი რიცხვები ეწოდებათ [16]. ასევე ცნობილია, რომ n რიგის ალგებრული განტოლების ზუსტი ამოხსნა, გარდა რამოდენიმე გამონაკლისისა (n =2; 3; 4) არ არსებობს. ამიტომ, საკუთარის რიცხვების λ_1, λ_2, ..., λ_n მნიშვნელობათა დადგენა შეიძლება მხოლოდ მიახლოებით.

უცნობების x_1, x_2, ..., x_n მნიშვნელობათა დასადგენად საჭიროა საკუთარი რიცხვის ერთ-ერთი, უკვე დადგენილი მნიშვნელობა

მაგალითად λ_1 შევიტანოთ სისტემა (დ.3.3)-ში და ამოვხსნათ ივი. ამ ამონახსნს A მატრიცის საკუთარი ვექტორი ($x_1\lambda_1$, $x_1\lambda_2$, ..., $x_n\lambda_n$) ეწოდება. ასეთ ვექტორთა რაოდენობა n-ის ტოლია. ანუ გვაქვს იმდენი საკუთარი ვექტორი რამდენი საკუთარი რიცხვიც აქვს მოცემულ A მატრიცას.

მტკიცდება [1.], რომ თუ A მატრიცის ელემენტები აკმაყოფილებენ პირობებს

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}; \quad a_{ii} = 1; \quad a_{ij} = \frac{a_{kj}}{a_{ki}}; \quad (i,j,k = \overline{1,n}) \qquad (\text{დ}.3.5)$$

მაშინ მატრიცა A-ს აქვს ერთი, ნულისაგან განსხვავებული საკუთარი რიცხვი (რომელსაც λ_{max}-ით აღნიშნავენ) რომელიც A მატრიცის ზომის ტოლია

$$\lambda_{max} = n \qquad (\text{დ}.3.6)$$

და შესაბამისად ერთი საკუთარი ვექტორი.

დანართი №4

საკუთარი ვექტორი და ობიექტთა წონები.

კვადრატული A მატრიცის a_{ij} ელემენტები განვიხილოთ როგორც წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის ელემენტები. ეს ნიშნავს, რომ a_{ij} ელემენტები წარმოვადგინოთ როგორც i და j შესადარებელ ობიექტთა P_i და P_j წონების თანაფარდობები

$$a_{ij} = \frac{P_i}{P_j}; \quad (i,j = \overline{1,n}) \qquad (\text{დ}.\ 4.1)$$

მაშინ, წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის ელემენტთა განსაზღვრის თანახმად შესრულებული იქნება (დ. 3.5) და ამიტომ წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცას ექნება ერთი საკუთარი რიცხვი და ერთი საკუთარი ვექტორი [1].

მოვახდინოთ (დ. 4.1) ტოლობათა იგივური გარდაქმნა. გავამრავლოთ (დ.4.1)-ის ორივე მხარე P_j/P_i-ზე. მივიღებთ.

$$a_{ij}\,\frac{P_i}{P_j}=1 \qquad (i,j=\overline{1,n}) \qquad (დ.4.2)$$

შევკრიბოთ (დ.4.2)-ის ორივე მხარე j ინდექსის მიხედვით და მიღებული ჯამები გავამრავლოთ P_j-ზე. მივიღებთ

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}P_j=n\,P_j \qquad (i=\overline{1,n}) \qquad (დ.4.3)$$

(დ.4.3) – წარმოადგენს წრფივ განტოლებათა სისტემას P_j ელემენტების მიმართ, რომლის მატრიცული ჩანაწერი (დ.4.2)-ის გათვალისწინებით შემდეგია

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} \qquad (დ.4.4)$$

განტოლებათა სისტემა (დ.4.3) იდენტურია (დ.3.2) სისტემის. აქ (დ.4.3)-ში უცნობებს წარმოადგენენ შესაფასებელ ობიექტთა P_1, P_2, ..., P_n წონები. წყვილ-წყვილად შედარებების A მატრიცის საკუთარი რიცხვი ფიქსირებულია და იგი n-ის ტოლია. ამრიგად, შესაფასებელ ობიექტთა წონების დადგენა დაყვანილ იქნა წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის საკუთარი ვექტორის კომპონენტთა გამოთვლაზე.

ზემოთ მოყვანილი მტკიცებულებები სამართლიანია ზუსტი გაზომვების საფუძველზე შედგენილი წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცებისათვის. თუ ეს მატრიცები შედგენილია სუბიექტურ შეფასებათა საფუძველზე, მაშინ, როგორც უკვე აღინიშნა, მატრიცის საკუთარი რიცხვი არ დაემთხვევა მატრიცის ზომას n-ს და ამიტომ

საკუთარი რიცხეი გამოთვლილი უნდა იქნეს ამ განსხვავების შესაფასებლად.

დანართი №5

საკუთარი რიცხვების და საკუთარი ვექტორის გამოთვლის მეთოდები

№3 დანართში აღინიშნა, რომ კვადრატული მატრიცის საკუთარი რიცხვის მნიშვნელობების გამოთვლა შესაძლებელია მხოლოდ მიახლოებით, ვინაიდან ეს პროცედურა მოითხოვს n რიგის ალგებრული განტოლების ამოხსნის საჭიროებას. ქვემოთ მოყვანილია კვადრატულ მატრიცათა საკუთარი ვექტორისა და საკუთარი რიცხვები დადგენის მიახლოებითი მეთოდი [1].

მოცემულია წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცა

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{1j} & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{1j} & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{ij} & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{1j} & 1 \end{bmatrix} \qquad (\text{დ. } 5.1)$$

მატრიცა (დ.5.1)-ის საკუთარი ვექტორის კომპონენტების დასადგენათ მატრიცის ცალკეული სტრიქონის ელემენტები გადავამრავლოთ ერთმანეთზე და მიღებული ნამრავლიდან ამოვიღოთ n ხარისხის ფესვი. ეს სიდიდე აღვნიშნოთ C_i (სადაც i – სტრიქონის ნომერია)

$$C_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \ldots a_{in}} \quad (i = 1,2,\ldots n) \quad (\text{დ. } 5.2)$$

C_i არის შესაბამისი A_i ობიექტის „წონის" საშუალო გეომეტრიული მნიშვნელობა.

ყველა C_i ს გამოთვლის შემდეგ მოვახდინოთ $A_1, A_2, ..., A_n$ ობიექტების საშუალო გეომეტრიული წონების მნიშვნელობათა ნორმალიზება.

$$x_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^{n} C_i} \quad (i = \overline{1,n}) \qquad (\text{დ. } 5.3)$$

x_i არის შესაფასებელი ობიექტთა ნორმალიზებული წონების ვექტორის კომპონენტები. ამ წესით გამოთვლილი წონები მოყვანილია 4 და 5 ცხრილების ბოლო სვეტებში.

წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის საკუთარი რიცხვის λ_{max}-ის გამოთვლის მიახლოებითი მეთოდი:

წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის პირველი სვეტის ელემენტები შევკრიბოთ და მიღებული ჯამი გავამრავლოთ წონების ნორმალიზებული ვექტორის პირველ კომპონენტზე. შემდეგ შევკრიბოთ მეორე სვეტის ელემენტები და გავამრავლოთ მეორე კომპონენტზე და ა. შ. ყოველი სვეტისათვის მიღებული ნამრავლების სიდიდეები შევკრიბოთ. ეს ჯამი იქნება წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის საკუთარი რიცხვი λ_{max}. ამ წესით გამოთვლილი λ_{max}-ის მნიშვნელობები მოყვანილია 4 და 5 ცხრილებში.

დანართი №6
სუბიექტურ შეფასებათა შეთანხმების იტერაციული მეთოდი

როდესაც წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის ელემენტთა შორის არსებული შეთანხმებულობა არ აკმაყოფილებს მის დასაშვებ დონეს, გამოიყენება შეთანხმებულობის უზრუნველყოფის იტერაციული მეთოდი, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს:

დანართი №4-ში წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცისათვის მიღებული იყო ტოლობა (დ. 4.4):

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{P_1}{P_2} & \frac{P_1}{P_3} & & \frac{P_1}{P_n} \\ \frac{P_2}{P_1} & 1 & \frac{P_2}{P_3} & & \frac{P_2}{P_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{P_n}{P_1} & \frac{P_n}{P_2} & \frac{P_n}{P_3} & & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} \qquad (\text{დ}.4.4)$$

ამ (დ. 4.4) ტოლობის მარჯვენა მხარეს მოცემულია იძმ-ით გამოთვლილი შესადარებელ ობიექტთა წონების ვექტორი. წარმოვადგინოთ იგი ნორმალიზებული ფორმით და მისი კომპონენტები აღვნიშნოთ ϖ_i გვექნება:

$$\varpi_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i}, \qquad (i = \overline{1,n}) \qquad (\text{დ}.\ 6.1)$$

მაშინ (დ. 4.4) მიიღებს სახეს:

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{P_1}{P_2} & \frac{P_1}{P_3} & & \frac{P_1}{P_n} \\ \frac{P_2}{P_1} & 1 & \frac{P_2}{P_3} & & \frac{P_2}{P_n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \frac{P_n}{P_1} & \frac{P_n}{P_2} & \frac{P_n}{P_3} & & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} = n \sum_{i=1}^{n} P_i \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \\ \omega_n \end{bmatrix} \qquad (\text{დ}.\ 6.2)$$

განვიხილოთ ω_i/ω_j $(i,j=\overline{1,n})$ თანაფარდობები. (დ.6.1) ფორმულის გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\frac{\omega_i}{\omega_j} = \frac{P_i}{P_j} \qquad (i,j=\overline{1,n}) \qquad (დ. 6.3)$$

(დ.6.3) ფორმულა ნიშნავს, რომ წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცაში შეტანილი ობიექტთა წონების თანაფარდობები P_i/P_j $(i,j=\overline{1,n})$ ემთხვევა იამ-ით გამოთვლილ ობიექტთა წონების თანაფარდობებს ω_i/ω_j $(i, j=\overline{1,n})$. ეს დამთხვევა ხდება მაშინ, როდესაც წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცაში შეტანილი წონების თანაფარდობები დადგენილია ზუსტი გაზომვების საფუძველზე. თუ ეს სიდიდეები შედგენილია სუბიექტურ შეფასებათა საფუძველზე, მაშინ წონათა გამოთვლილი თანაფარდობები არ ემთხვევა ექსპერტთა შეფასებებს და ირღვევა პირობა (დ. 6.3).

საჭიროა დადგინდეს, რითაა გამოწვეული (დ.6.3) პირობების დარღვევა? სად დაუშვეს ექსპერტებმა მეტი შეცდომა?!

ამისათვის შევამოწმოთ წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცის ყოველი სტრიქონი, კერძოდ, დავადგინოთ სუბიექტური შეფასებით შედგენილი P_i/P_j თანაფარდობების სიდიდეთა განსხვავებები გამოთვლილი წონების ω_i/ω_j თანაფარდობებისაგან. ამ სიდიდეთა განსხვავებები ყოველი სტრიქონისათვის შეფასდება საშუალო კვადრატული გადახრის σ_i-ის სიდიდით

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{P_i}{P_j}-\frac{\omega_i}{\omega_j}\right)^2} \qquad (i=\overline{1,n}) \qquad (დ. 6.4)$$

ყველაზე ცუდად იქნება შეთანხმებული იმ სტრიქონის ელემენტები, რომლისთვისაც საშუალო კვადრატული გადახრა მაქსიმუმს მიაღწევს.

დავუშვათ, ყველაზე ცუდი შეთანხმებულობით ხასიათდება მატრიცის i-ური სტრიქონი. მოვახდინოთ ამ სტრიქონის ელემენტთა კორექტირება. ამისათვის i სტრიქონის ელემენტები (დ.6.3) ფორმულის თანახმად შევცვალოთ ω_i/ω_j $(i, j=\overline{1,n})$ სიდიდეებით, ხოლო იმავე i ნომრის სვეტის ელემენტები შევცვალოთ i ნომრის სტრიქონის

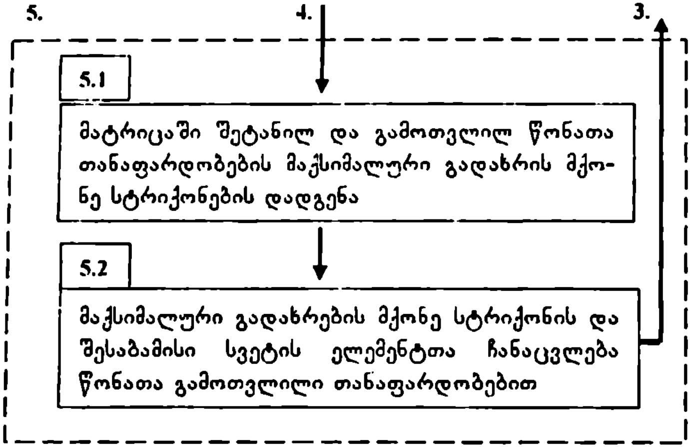
უკვე შეცვლილი ელემენტთა შებრუნებული რიცხვებით (როგორც ეს ნაჩვენებია (დ. 6.5) ფორმულაში

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{P_1}{P_2} & \frac{P_1}{P_3} & \frac{\omega_1}{\omega_i} & \frac{P_1}{P_n} \\ \frac{P_2}{P_1} & 1 & \frac{P_2}{P_3} & \frac{\omega_2}{\omega_i} & \frac{P_2}{P_n} \\ \frac{P_3}{P_1} & \frac{P_3}{P_2} & 1 & \frac{\omega_3}{\omega_i} & \frac{P_3}{P_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \frac{\omega_i}{\omega_1} & \frac{\omega_i}{\omega_2} & \frac{\omega_i}{\omega_3} & 1 & \frac{\omega_i}{\omega_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{P_n}{P_1} & \frac{P_n}{P_2} & \frac{P_n}{P_3} & \frac{\omega_n}{\omega_i} & 1 \end{bmatrix} \qquad (\text{დ. } 6.5)$$

კორექტირებული (დ. 6.5) მატრიცისათვის თავიდან გამოითვლება წონების ნორმალიზებული ვექტორის კომპონენტები და შეთანხმებულობის ინდექსის სიდიდე. თუ შეთანხმებულობის ინდექსი 0,1-ს აღემატება, მაშინ კორექტირების პროცესი უნდა განმეორდეს (კერძოდ კორექტირებული მატრიცისათვის დგინდება მაქსიმალური გადახრის მქონე სტრიქონი და ა.შ.). ყოველი კორექტირების შემდეგ შეთანხმებულობის ინდექსის მნიშვნელობა მცირდება.

მოყვანილი იტერაციული მეთოდის სწრაფქმედება შემოწმდა სხვადასხვა ზომის (n=3,4,5,...,9) წყვილ-წყვილად შედარებების შემთხვევით შედგენილი მატრიცებისათვის. როგორც წესი, ჩასატარებელ იტერაციათა რაოდენობა ნაკლებია n-ზე და პროცესი მყისიერად სრულდება.

წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცათა შეთანხმებულობის ავტომატიზებული კორექტირების ბლოკ-სქემა წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე. იგი წარმოადგენს §1.10-ში წარმოდგენილი ბლოკ-სქემის მე-5 ბლოკს.



ნახ. 4

ბლოკების 5.1 და 5.2-ის აღწერა:

ბლოკი 5.1

გამოითვლება საშუალო კვადრატული გადახრა მატრიცის i-ნომრის სტრიქონის a_{ij} ელემენტთა და იამ-ით გამოთვლილ ნორმალიზებულ წონათა ω_i/ω_j თანაფარდობებს შორის ფორმულით:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{P_i}{P_j}-\frac{\omega_i}{\omega_j}\right)^2} \qquad (i=\overline{1,n})$$

მოიძებნება სტრიქონის ნომერი i, რომელსაც შეესაბამება σ_i-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა.

ბლოკი 5.2

მაქსიმალური σ_i მნიშვნელობის შესაბამისი i ნომრის სტრიქონის a_{ij} ელემენტები წყვილ-წყვილად შედარებების მატრიცაში შეიცვლება იამ-ით გამოთვლილ ნორმალიზებულ $\omega_1, \omega_2, \ldots \omega_n$ წონათა მნიშვნელობების თანაფარდობებით ω_i/ω_j $(i, j = 1, n)$, როგორც ეს

ნაჩვენებია (დ.6.5) ფორმულაში. ამავე მატრიცაში იგივე i ნომრის მქონე სვეტის ელემენტები იცვლება i ნომრის უკვე შეცვლილ ელემენტთა შებრუნებული რიცხვებით (იხილეთ (დ.6.5) ფორმულა).

დანართი №7
ცნობები ენტროპიის შესახებ

§2.2-ში მოყვანილი იყო სისტემის მოუწესრიგებლობის რაოდენობრივი მახასიათებლის ენტროპიის განმარტება. აღინიშნა, რომ ენტროპია გამოითვლება ფორმულით

$$Э(X) = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 P_i ,$$

$$P_i \geq 0 , \sum_{i=1}^{n} P_i = 1$$

აქ P_i არის ალბათობა იმისა, რომ სისტემა X იმყოფება x_i მდგომარეობაში. უარყოფითი ნიშანი ჯამის წინ შემოღებულია იმისათვის, რომ უზრუნველვყოთ ამ სიდიდის დადებითობა (ვინაიდან $0 \leq P_i \leq 1$ ამიტომ $\log_2 P_i < 0$). ლოგარითმის ფუძე 2 განპირობებულია ორობითი თვლის პოპულარულობით და ამიტომ მოსახერხებელია.

ენტროპიის სიდიდის ერთ ერთეულად მიღებულია მარტივი სისტემის ენტროპია, რომელსაც აქვს მხოლოდ ორი x_1 და x_2 შესაძლო მდგომარეობა და თითოეულ მათგანში სისტემის ყოფნის ალბათობა არის 1/2. ასეთი სისტემისათვის

$$Э(X) = -2\left(\frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2}\right) = 1$$

მტკიცდება [27], რომ თუ სისტემის შესაძლო მდგომარეობათა რაოდენობა არის n და თითოეულ ამ მდგომარეობაში სისტემის ყოფნა ტოლ ალბათობიანია $\frac{1}{n}$, მაშინ ასეთი სისტემის ენტროპია

მაქსიმალურ მნიშვნელობას ღებულობს და ტოლია $\log_2 n$ (შესაძლო მდგომარეობათა ლოგარითმისა).

$$Э(X) = Э(X)_{\max} = -n\left(\frac{1}{n}\log_2\frac{1}{n}\right) \Rightarrow \log_2 n$$

$$Э(X)_{\max} = \log_2 n$$

სისტემის მოწესრიგებულობის დონე განიმარტება. როგორც მისი გადახრა მაქსიმალურად მოუწესრიგებელი მდგომარეობიდან და რაოდენობრივად ხასიათდება R სიდიდით.

$$R = \frac{Э_{\max} - Э_{real}}{Э_{\max}} \Leftrightarrow R = \frac{NЭ}{Э_{\max}},$$

აქ $Э_{\max}$ მაქსიმალური ენტროპია, $Э_{real}$ მიმდინარე რეალური ენტროპია, NЭ ნეგენტროპია ($NЭ=Э_{\max}-Э_{real}$) სისტემის მოწესრიგებულობის ზომაა. იმავე ერთეულებში გამოიხატება რაშიც ენტროპია.

თუ სისტემა მაქსიმალურად მოუწესრიგებელია, მაშინ $Э_{real} = Э_{\max}$ და ამიტომ R=0. თუ მაქსიმალურად მოწესრიგებულია, მაშინ $Э_{real} = 0$ და R=1. რეალობაში არც მაქსიმალურად მოუწესრიგებელი და არც მაქსიმალურად მოწესრიგებული სისტემები არ არსებობს.

დაუშვათ გვაქვს ორი X და Y სისტემა. მათი გაერთიანებით, ურთიერთ კავშირების დამყარებით წარმოიქმნა ახალი (X;Y) სისტემა. ეს ნიშნავს, რომ (X;Y) სისტემაში არის ახალი კავშირები და შესაბამისად ახალი სტრუქტურა. დაუშვათ, რომ X და Y სისტემებში, მათ გაერთიანებამდე იყო შესაბამისად Э(X) და Э(Y) ენტროპია. გაერთიანებულ ახალ (X;Y) სისტემაში ენტროპიის რაოდენობა აღვნიშნოთ Э(X;Y). შენონის თეორემის თანახმად

$$Э(X)+Э(Y) \leq Э(X;Y)$$

რაც ნიშნავს, რომ კავშირების დამყარების შემდეგ X და Y სისტემების ელემენტებს შორის ხდება სისტემის ახალი სტრუქტურის მოწესრიგება და მისი ჯამური ენტროპიის შემცირება. ეს მოვლენა განისაზღვრება როგორც სტრუქტურული ინფორმაციის ΔI მომატება.

$$Э(X)+Э(Y)-Э(X:Y)=\Delta I>0$$

ენტროპიის (მოუწესრიგებლობის — გაურკვევლობის) შემცირება განისაზღვრება როგორც ინფორმაციის ნაზრდი.

თუ X და Y სისტემები დახურულია მაშინ სტრუქტურული მოწესრიგება არ ხდება და

$$Э(X)+Э(Y)-Э(X:Y)=0 \Rightarrow \Delta I=0$$

თუ გახსნილი X და Y სისტემების გაერთიანების შედეგად წარმოქმნილი (X;Y) ახალი სისტემა იზოლირებულ იქნა, მაშინ მისი ენტროპია ისევ გაიზრდება. ეს არ ნიშნავს, რომ აუცილებლად გაიზრდება ორივე სისტემის ენტროპია. შესაძლოა, მაგალითად გაიზარდოს X სისტემის ენტროპია ხოლო Y-ის შემცირდეს. მაგრამ ეს მოხდება ისე, რომ X სისტემის ენტროპიის გაზრდამ გადაფაროს Y სისტემის ენტროპიის შემცირება. ასეთია ე.წ. ენტროპიის კომპენსაციის პრინციპი. ამ პრინციპის თანახმად, თუ დახურულ სისტემის X ნაწილში ხდება ენტროპიის შემცირება (სტრუქტურული მოწესრიგება) მაშინ სისტემის Y ნაწილში (ან გარემოში) ხდება ენტროპიის ზრდა, რომელიც უზრუნველყოფს ენტროპიის შემცირების კომპენსირებას X ნაწილში. ეს გახლავთ საყოველთაო მოწესრიგებულობის შეუძლებლობის პრინციპი. ამიტომ ნუ ვიქონიებთ ილუზიას საყოველთაო წესრიგის შესაძლებლობის შესახებ.

დანართი №8

დამატებითი ცნობები მდგრადობის შესახებ

განვიხილოთ სისტემის შესაძლო რეაგირების სახეობები, მასზე განხორციელებულ შეშფოთებებზე. შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$X_s(t)$ — სისტემის სტანდართული მდგომარეობის განვითარების კანონზომიერება დროში.

$X(t)$ — სიტემის რეალური მდგომარეობების განვითარებების კანონზომიერება დროში, რომელიც გამოწვეულია სისტემის საწყისი მდგომარეობის შეშფოთებით (საწყისი მდგომარეობა ემთხვევა სტანდარტულს).

$x(t)$ — სტანდარტული და რეალური მდგომარეობების დაცილება დროის მიმდინარე მომენტში

$$\left|X_s(t) - X(t)\right| = x(t).$$

ε — დასაშვები გადახრის სიდიდე რეალური მდგომარეობისა სტანდარტული მდგომარეობიდან, რომელიც წინასწარ ინიშნება სისტემის საწყისი შეშფოთების σ — სიდიდესთან შესაბამისობაში.

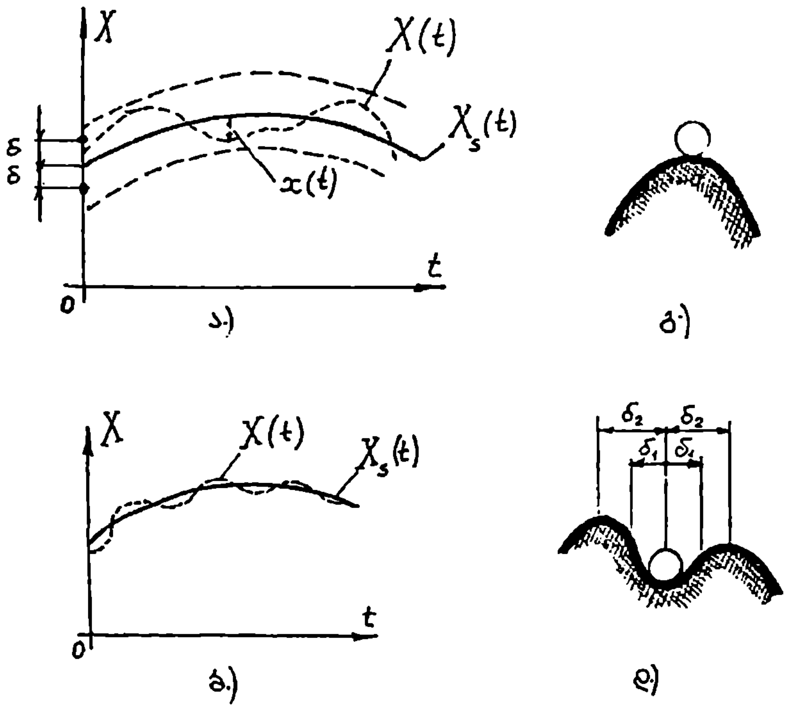
σ — სისტემის საწყისი შეშფოთების სიდიდე შეთანხმებული ε-ის სიდიდესთან.

t_0 - დროის საწყისი მომენტი.

შემოღებული აღნიშვნები დაგვეხმარება ჩამოვაყალიბოთ სისტემის ყველა შესაძლო რეაგირება (პასუხი) მასზე განხორციელებულ შეშფოთებაზე. რეაგირების ყველა შესაძლო ვარიანტთა სრული ჩამონათვალი ასეთია:

1. სისტემის რეალური მდგომარეობა $X(t)$ გამოწვეული შეშფოთებით, რჩება გარკვეული სიახლოვეში მის $X_s(t)$ სტანდარტულ მდგომარეობასთან. ეს გარემოება შემდეგნაირად ყალიბდება — ნებისმიერი წინასწარ აღებული $\varepsilon > 0$ სიდიდისათვის ყოველთვის მოიძებნება ისეთი $\sigma > 0$, დამოკიდებულ ε-ზე და t_0, რომ წინასწარი შეშფოთებით, რომელიც არ აღემატება σ-ს, დაცილება $x(t)$ იქნება ნაკლები ვიდრე ε დროის ნებისმიერ $t > t_0$ მომენტში.

ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ სისტემის $X_s(t)$ სტანდარტული მდგომარეობა მდგრადია ლიაპუნოვის მიხედვით [28]. ამ მდგომარეობას ორბიტალურ მდგრადობას უწოდებენ (იხ. ნახ. 5ა)



ნახ. 5

2. სისტემის რეალური $X(t)$ მდგომარეობა დროის ზრდასთან ერთად მიისწრაფვის სისტემის $X_s(t)$ სტაციონარული მდგომარეობისაკენ. ანუ დაცილება რეალურ და სტანდარტულ მდგომარეობებ შორის დროის ზრდასთან ერთად ქრება

$$\lim_{t\to\infty} x(t) = 0$$

ამ შემთხვევაში ამბობენ, რომ $X_s(t)$ სტაციონარული მდგომარეობა ასიმპტოტურად მდგრადია.

ასიმპტოტური მდგრადობის განხორციელება გულისხმობს, რომ სისტემაში მიმდინარე პროცესები შეუქცევადია (სისტემა დისიპაციურია, მასში ხდება ენერგიის გაბნევა და არა შენახვა, როგორც კონსერვატიულ სისტემებში). დისიპაციურ სისტემებს შეუძლიათ ჩაახშონ სისტემაზე შეშფოთებების გავლენა და აღადგინონ სისტემის სტანდარტული მდგომარეობა. სინერგეტიკაში, რეჟიმს, რომელიც ჩაახშობს შეშფოთებათა ზემოქმედებას და აღადგენს სისტემის სტანდართულ მდგომარეობას ატრაქტორს უწოდებენ (ნახ. 5.ბ).

3. სისტემის რეალური $X(t)$ მდგომარეობა არ რჩება $X_s(t)$ სტანდარტული მდგომარეობის სიახლოვეში. ანუ $X_s(t)$ ყოველი სიახლოვისათვის არსებობს ისეთი საწყისი შეშფოთება, რომლისთვისაც $X(t)$ დაცილება მეტია წინასწარ დადგენილ ε – სიდიდეზე. ასეთ შემთხვევაში ვამბობთ, რომ სტანდარტული მდგომარეობა, რომელიც უნდა განხორციელებულიყო, არამგრადია. (ნახ. 5 გ. წარმოდგენილია ბორცვის ფორმის ზედაპირის წვერზე განლაგებული ბირთვი).

4. სისტემის რეალური $X(t)$ მდგომარეობა რჩება $X_s(t)$ სტანდარტული მდგომარეობის სიახლოვეში, თუ საწყისი შეშფოთება „δ“ არ აღემატება მის ზღვრულ ε მნიშვნელობას და არ რჩება $X_s(t)$ სტანდარტული მდგომარეობის სიახლოვეში თუ საწყისი შეშფოთება δ აღემატება მის ზღვრულ მნიშვნელობას. ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ სტანდარტული $X_s(t)$ მდგომარეობა ლოკალურად მდგრადია და გლობალურად არამდგრადი. (იხ. ნახ 5 ღ. აქ $X_s(t)$ მდგრადია, თუ შეშფოთება δ არ აღემატება δ_1. არამდგრადია, თუ შეშფოთება აღემატება δ_2-ს).

იზოლირებული სიტემჟბის თერმოდინამიკური წონასწორობა გლობალურად მდგრადია. ღია სისტემების ან ასიმპტოტურად მდგრადია ან არამდგრადი.

სისტემათა შეშფოთებებზე შესაძლო რეაგირებების ვარიანტთა აღწერა მოყვანილია მ.ლიაპუნოვის მდგრადობის თეორიის [28] შესაბამისად. მ.ლიაპუნოვის თეორიაში შესწავლილია მოძრაობის მდგრადობის პრობლემა, როგორც საწყისი პირობების შეშფოთებების, აგრეთვე მუდმივი შეშფოთებების შემთხვევაში. მუდმივი შეშფოთებების ზემოქმედების გათვალისწინება ხდება უშუალოდ მოძრაობის განტოლებათა შესაბამისი ფორმირებით. სის-ტემათა ქცევის ზემოთ მოყვანილი ვარიანტები სინერგეტიკის თვალსაზრისით შეეხება სისტემათა შეშფოთებებს გამოწვეულს გარე ზემოქმედებებით და არა ფლუქტუაციებით გამოწვეულ ზემოქმე-დებებს.

დანართი №9

(mxn) მატრიცული თამაში და წრფივი პროგრამირების ამოცანა

მოცემულია (mxn) თამაში საგადასახადო მატრიცით 9.1, რომლის ყველა ელემენტი დადებითი რიცხვია. ასეთი მატრიცის ფორმირება სირთულეებს არ იწვევს.

$$
\begin{array}{ccc}
 & & \text{წ ი თ ლ ე ბ ი} \\
\text{მ წ ვ ა ნ ე ე ბ ი} & & \begin{array}{cccccc} B_1 & B_2 & & B_j & & B_n \end{array} \\
 & \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} & \left[\begin{array}{cccccc} a_{11} & a_{12} & & a_{1j} & & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & & a_{2j} & & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & & a_{ij} & & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{array}\right]
\end{array}
$$

მატრიცა 9.1

დავუშვათ, რომ მწვანეთა ოპტიმალური სტრატეგიაა S_A^*

$$S_A^* = \begin{Bmatrix} A_1; & A_2; \dots, A_m \\ x_1; & x_2; \dots, x_m \end{Bmatrix}, \quad x_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^{m} x_i = 1 \qquad (\text{დ}.9.1)$$

დავადგინოთ პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდნენ (2.17.1)-ში შემავალი $A_1, A_2, \dots, A_m$ სტრატეგიების გამოყენებათა $x_1, x_2, \dots x_m$ ალბათობები.

ოპტიმალური შერეული სტრატეგიების თვისებების თანახმად (§2.9), თუ მწვანეები იყენებენ S_A^* ოპტიმალურ სტრატეგიას მაშინ, წითლების მიერ ნებისმიერი სუფთა B_j (j=1,2,..n) სტრატეგიის გამოყენების შემთხვევში მწვანეთა მოგება იქნება არანაკლები თამაშის ფასისა. ეს ფაქტი შეიძლება ჩაიწეროს ყველა B_j სტრატეგიისათვის შემდეგი უტოლობათა სისტემის სახით:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{i1}x_i + \dots + a_{m1}x_m \geq v \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{i2}x_i + \dots + a_{m2}x_m \geq v \\ \quad \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \vdots \\ a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{in}x_i + \dots + a_{mn}x_m \geq v \end{cases} \qquad (\text{დ}.9..2)$$

წრფივი პროგრამირების ამოცანასთან კავშირის დასადგენად, მოსახერხებელია უტოლობათა სისტემა წარმოვადგინოთ შესაბამისი ფორმით. ამისათვის შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\overline{x_i} = \frac{1}{v} x_i \quad (i = 1, 2, .., m) \qquad (\text{დ}.9.3)$$

და გავყოთ (2.17.2) სისტემის ორივე მხარე v-ზე, მივიღებთ:

$$a_{11}\overline{x_1}+a_{21}\overline{x_2}+\ldots+a_{m1}\overline{x_m}\geq 1;$$
$$a_{12}\overline{x_1}+a_{22}\overline{x_2}+\ldots+a_{m2}\overline{x_m}\geq 1; \qquad (\text{დ}.9.4)$$

$$a_{1n}\overline{x_1}+a_{2n}\overline{x_2}+\ldots+a_{mn}\overline{x_m}\geq 1$$

ოპტიმალურ შერეულ სტრატეგიათა გამოყენების $\overline{x_1},\overline{x_2},....\overline{x_m}$ ალბათობები, უნდა აკმაყოფილებდნენ (დ.9.4) უტოლობათა სისტემას.

(დ.9.1) და (დ.9.3) ფორმულების გათვალისწინებით გამოვთვალოთ $\sum_{i=1}^{m}\overline{x_i}$ მივიღებთ:

$$\overline{x_1}+\overline{x_2}+\ldots+\overline{x_m}=\frac{1}{v}(x_1+x_2+\ldots+x_m)\Rightarrow\overline{x_1}+\overline{x_2}+\ldots+\overline{x_m}=\frac{1}{v}$$

(დ.9.5)

თუ გავითვალისწინებთ, რომ მწვანეებს სურთ თამაშის ფასის გაზრდა, მაშინ, როგორც (დ.9.5)-დან ჩანს, მათ უნდა შეარჩიონ $\overline{x_1},\overline{x_2},....\overline{x_m}$ ცვლადთა ისეთი მნიშვნელობები, რომელთა ჯამი იქნება მინიმალური.

ამრიგად, mxn მატრიცული თამაშის ამოხსნის ამოცანა მდგომარეობს ისეთი $\overline{x_1},\overline{x_2},....\overline{x_m}$ ცვლადების დადგენაში, რომლებიც დააკმაყოფილებენ წრფივ უტოლობათა (დ.9.4) სისტემას და მიანიჭებენ (დ.9.5) წრფივ ფორმას მინიმალურ მნიშვნელობას. ჩამოყალიბებული ამოცანა წარმოადგენს წრფივი პროგრამირების ამოცანას.

(წითლების ოპტიმალური შერეული სტრატეგიის დადგენისას გასათვალისწინებელია, რომ მათთვის სასურველია თამაშის ფასის შემცირება და ამიტომ (დ.9.2)-ის ჩაწერისას მეტობის პირობა შეიცვლება ნაკლებობით $\leq v$).

დანართი №10

მატრიცული თამში 2x2-ს ამოხსნა უილიამსის მეთოდით

მეთოდის გამოყენების თანმიმდევრობა განვიხილოთ რიცხვით მაგალითზე. მოცემულია საგადასახადო მატრიცა

	B_1	B_2
A_1	2	5
A_2	7	1

დავადგინოთ A და B მოთამაშეების ოპტიმალური შერეული სტრატეგიები

$$S_A = \begin{Bmatrix} A_1; A_2 \\ \mu_1; \mu_2 \end{Bmatrix}; \qquad S_B = \begin{Bmatrix} B_1; B_2 \\ q_1; q_2 \end{Bmatrix};$$

და თამაშის ფასი V=?

ამოხსნის თანმიმდევრობა:

	B_1	B_2		
A_1	2	5	2-5=-3	6
A_2	7	1	7-1=6	3

1) პირველი სვეტის ელემენტებს გამოვაკლოთ მეორე სვეტის ელემენტები და მიღებული სხვაობები ჩავწეროთ შესაბამის სტრიქონებში.
2) მიღებული სხვაობების მოდულებს შეუცვალოთ სტრიქონები ისრების მიხედვით.
3) გამოვთვალოთ μ_1 და μ_2 ალბათობები. შემდეგი წესით.

$$\mu_1 = \frac{6}{6+3} = 0,6667; \mu_2 = \frac{3}{6+3} = 0,3333 \Rightarrow S_A = \begin{Bmatrix} A_1; & A_2 \\ 0,6667; & 0,3333 \end{Bmatrix}$$

4) პირველი სტრიქონის ელემენტებს გამოვაკლოთ მეორე სტრიქონის ელემენტები და მიღებული სხვაობები ჩავწეროთ შესაბამის სვეტებში.

	B_1	B_2
A_1	2	5
A_2	7	1

-5	4

4 5

5) მიღებული სხვაობების მოდულებს შეუცვალოთ სვეტები ისრების მიხედვით

6) გამოვთვალოთ q_1 და q_2 ალბათობები შემდეგი წესით.

$$q_1 = \frac{4}{4+5} = 0{,}4444; q_2 = \frac{5}{4+5} = 0{,}5556; S_B = \begin{Bmatrix} B_1; & B_2 \\ 0{,}4444; & 0{,}5556 \end{Bmatrix}$$

7) გამოვთვალოთ თამაშის ფასი შემდეგი წესით: მატრიცის პირველ სვეტში ჩაწერილი მოგებები (2 და 7) გავამრავლოთ, შესაბამისად A_1 და A_2 სტრატეგიათა გამოთვლილ ალბათობებზე 0,6667 და 0,3333-ზე.

მიღებული ნამრავლების ჯამი თამაშის ფასია.

$$V=2 \cdot 0{,}6667+7 \cdot 0{,}3333=3{,}6665$$

პასუხი.

$$S_A = \begin{Bmatrix} A_1; & A_2 \\ 0{,}6667; & 0{,}3333 \end{Bmatrix}, S_B = \begin{Bmatrix} B_1; & B_2 \\ 0{,}4444; & 0{,}5556 \end{Bmatrix}, V = 3{,}6665$$

ლიტერატურა

1. Саати Т., Принятие решений. Метод иерархий. М., Радиосвязь 1993
2. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М., Мир, 1990
3. Гогиберидзе М. И., Методология и проведение комплексной экспертизы при экологически конфликтной ситуации. Тб., «Грузкниги», 1991
4. Азгалов Г., Теория и практика оценки качества продукции. М., «Экономика» 1982
5. Статистические методы анализа экспертных оценок. Ученые записки по статистике. Т. 19, М.,: Наука, 1997
6. Паркинсон Н., Закон Паркинсона или пути прогресса. М., «Иностранная литература», №6., 1959.
7. გულიგა ა. კანტი, „ნაკადული“ თბ., 1986.
8. Мурсалиева Г. Устали головы урнами. «Новая газета» №11, 20-26 Марта, 2000
9. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. М., СИНТЕГ, 2000
10. Miller G. A. The Magical Number Seven Plus or Ninus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information, Psychological Rev. vol. 63, pp. 81-97. March 1956.
11. Fechner G. "Elements of Psychophysices" vol 2, translated by Helmut E. Adler, Holt, Rinehart. and Winston, New York, 1966
12. Stevens S. S.: On the Psychophysical Law, Psychological Reviews, vol. 64, pp. 153-181., 1957
13. Saaty, Thomas L.: An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Planning" Energy Management and Policy Center. University of Pennsylvania, 1972
14. Саати Т., Кернс К., Аналитическое планирование М., Радиосвязь, 1992.
15. Чичинадзе В. К., Введение в теорию систем административного управления Тб., Изд. Т/У, 1988.
16. Курош А. Г., Курс высшей алгебры, М., Физматгиз, 1963.
17. Садовский В. Н. Основания общей теории систем, М., 1974. с. 64-68.
18. Урманцев Ю. А. «Развитие концепции структурных уровней в биологии», М., 1972.

19. Урманцев Ю. А., Общая теория систем: состояние, приложение и перспективы развития. Система, симметрия, гармония, М., «Мысль», 1988.
20. Эшби У. Р., Конструкция мозга М., Иностр. лит., 1962.
21. Николис Г., Пригожин И., Познание сложного М., Мир, 1990.
22. მარკოზაშვილი ნ. მენეჯმენტის საფუძვლები. წიგნი მესამე. თბ. ESM. 1994.
23 Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложением к социальным, биологическим и экономическим задачам. М., «Наука», 1986.
24. მარკოზაშვილი ნ. მენეჯმენტის საფუძვლები, ნაწილი I, თბ. ESM, 1992.
25. ჩოგოვაძე გ. გოგიჩაიშვილი, სურგულაძე გ. მართვის ავტომატიზებული სისტემების დაპროექტება და აგება. თბ., ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2001.
26. Райвет П. Акофф Р. Исследование операций, М., «Мир», 1996.
27. Вентцель Е. С. Теория вероятностей, М., Наука, 1969.
28. Ляпунов М. А. Общая задача об устойчивости движения. М., Физматгиз, 1959.
29. Нейман Дж. Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М., Наука, 1970.
30. Вильямс Дж., Совершенный стратег. М., «Соврадио», 1960.
31. Суздаль В. Г., Теория игр для флота. М., Воениздат, 1985.
32. Соболь И. М., Метод Монте-Карло, М., Физматгиз, 1976
33. გიორგობიანი ჯ., თამაში ორი მონაწილით., თბ. მეცნიერება, 1985
34. Мак-Кинси Дж., Введение в теорию игр., М., Физмат гиз, 1960
35. Porter A., Roper N. T., Mason T. W. Rossion F. A. Forecasting and management of technology.
36. ელიაშვილი ჯ. გადაწყვეტილებათა მიღების მეთოდები ვითარებათა გაურკვევლობის და ინტერესია შეჯახების პირობებში., თბ., 1998.
37. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д., Биология т. III., М., Мир, 1990
38. Горский Ю. М., Основы гомеостатики, Изд-во ИГЭА, М. 1998.
39. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса., М., «Прогресс», 1974.

სარჩევი