UDC 004.5
SCOPUS CODE 1801
https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-80-93

გადაწყვეტილების მიღების ეფექტიანობის ამაღლების მეთოდები

გელა ღვინეფაძე მართვის ავტომატიზებული სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

თორნიკე შავიშვილი მართვის ავტომატიზებული სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: shavishvilitornike@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. ჩაჩანიძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: guramchachanidze@yahoo.com

ე. კურცხალია, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

ანოტაცია. ზოგიერთი გადაწყვეტილების მიღების საკითხი გამოიყენება ისეთი სახის ამოცანების ამოსახსნელად, რომლებიც ადვილად ემორჩილება მათემატიკურ ფორმულირებას, მაგრამ ხასიათდება ე. წ. *განზომილებათა წყევლით*, ასევე იმ შემთხვევაში, როდესაც რეალური სიტუაციის წარმოდგენა მათემატიკური მოდელის სახით ფაქტობრივად შეუძლებელია, მაგრამ აუცილებელია პრობლემის გადაწყვეტის გზების შესახებ სხვადასხვა შეხედულების შეჯერება და მათგან ლოგიკურად რაც შეიძლება დასაბუთებული ვარიანტის ამორჩევა ან არსებულთა ბაზაზე ახლის მიღება. როგორც ერთი, ისე მეორე სახის ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება თანამედროვე მიდგომები, კერძოდ პირველი ჯგუფის ამოცანებისათვის – საზღვრების და შტოების მეთოდი, რომელთა ეფექტიანობის ასამაღლებლად ავტორებმა გამოიყენეს მოდიფიცირებული, ევრისტიკულ მიდგომაზე დაფუძნებული მიდგომა, ხოლო თუ პრობლემური სიტუაციების გადასაწყვეტად მათემატიზაცია ვერ ხერხდება, შემოთავაზებულია დელფოსის და 6 ქუდის მეთოდების კომბინირებული და 7 ქუდად მოდიფიცირებული ვარიანტი და მათ ბაზაზე ინტერაქტიური კომპიუტერული პროგრამის კონცეფცია.

საკვანძო სიტყვები: დელფოსის მეთოდი; 6 ქუდის მეთოდი; კომპიუტერიზაცია; საზღვრების და შტოების მეთოდი, მათი კომბინირება; 7 ქუდის მეთოდი.

შესავალი

საკამათო არ არის, რომ გადაწყვეტილების მიღება ორგანული ნაწილია ადამიანის საქმიანობის ნებისმიერი სფეროსათვის და, ბუნებრივია, მისი ეფექტიანობის ასამაღლებლად გაწეული ქმედებები ასევე ამ პროცესების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მდგენელია.

ადამიანი უხსოვარი დროიდან ცდილობდა ფიზიკური შრომა შეემსუბუქებინა. თავდაპირველად ჩვენი წინაპარი ქმნიდა უმარტივეს ქვის საფხეკებს, შემდეგ უფრო რთულ ინსტრუმენტებს: ნაჯახს, შუბს, მშვილ-ისარს... გავიდა ხანი და იგი უკვე ფიქრობს, გონებრივი შრომაც შეიმსუბუქოს – მნიშვნელოვანი ინფორმაციის დასამახსოვრებლად ქმნის დამწერლობას, ეუფლება ზუსტ მეცნიერებებს, შეიმუშავებს მეთოდებს, რომლებზე დაყრდნობითაც შეისწავლის გარემომცველ სამყაროს. ამასთან, საუკუნეების განმავლობაში ისე სრულყოფს ამ მეთოდებს, რომ ისინი უკვე მძლავრ ინსტრუმენტად გვევლინება ჩვეულებრივი შესაძლებლობის ადამიანის ხელში. მაგალითად, შეიძლება მოვიყვანოთ ასეთი ფაქტი: თუ ადრე მონაცემების რომაული ციფრებით წარმოდგენის შემთხვევაში მათზე არითმეტიკული გათვლების ჩატარება განსაკუთრებულ ნიჭიერებას მოითხოვდა და, აქედან გამომდინარე, ამ საქმის მცოდნენი საზოგადოებაში დიდი ავტორიტეტით სარგებლობდნენ, არაბულ ციფრებზე გადასვლამ საუკუნეების წინ ეს ფრიად ინტელექტუალური საქმიანობა რუტინულ ხელობად გადააქცია.

ბოლო ორ საუკუნეში მრეწველობისა და ეკონომიკის განვითარებამ მეცნიერების დარგების არნახული წინსვლა მოახდინა, ხოლო მე-20 საუკუნეში, როდესაც ადამიანის ინტელექტს მხარში ამოუდგა მის მიერვე შექმნილი საოცრება – კომპიუტერი, ზრდის ამ ტემპმა კიდევ უფრო მოიმატა. ადამიანის გენიის მიერ შექმნილი ამ პროდუქტის შესაძლებლობები დღეს წარმოუდგენლად სწრაფად იზრდება და ხვალ როგორ სიმაღლეს მიაღწევს, პროგნოზირება ძნელია. შევნიშნავთ, უკვე შექმნილია კვანტური კომპიუტერი. მას სატესტო ამოცანის გადაწყვეტაზე, რაც მეცნიერთა გათვლით აქამდე 10 ათასი წლის განმავლობაში თუ მოხერხდებოდა, დასჭირდა მხოლოდ 200 წამი! [1].

მაგრამ, თუნდაც მხოლოდ დღევანდელი კომპიუტერის შესაძლებლობებთან გაცნობა და მათი გამოყენება ადამიანის მოღვაწეობის ნებისმიერ სფეროში (რაც არათუ შესაძლებელია, განხორციელებულიც გახლავთ) მოითხოვს ახალი რეალობის შესატყვის რევოლუციურ გარდაქმნებს როგორც კვლევების, ისე სწავლების პროცესში. გარკვეული ხელშესახები შედეგებიც მიღწეულია – სწორედ კომპიუტერის და მისთვის შექმნილი ტექნოლოგიების დახმარებით ხერხდება, მაგალითად, ისეთი კომბინატორული ტიპის ამოცანების გადაწყვეტა, რაც ადრე პრინციპულად შეუძლებელი იყო ე. წ. *განზომილების წყევლად* სახელდებული ხელშემშლელი ფაქტორის გამო. ნათქვამის დასადასტურებლად შეიძლება მოვიყვანოთ შემდეგი შთამბეჭდავი მაგალითი – სწორედ ამ გზით მოხერხდა საყოველთაოდ ცნობილი 4 ფერის ამოცანის სრული სახით გადაწყვეტა (და, ცხადია, არა მარტო ამ პრობლემის).

გასათვალისწინებელია ერთი მეტად მნიშვნელოვანი გარემოება, რა სიმაღლეზეც არ უნდა ავიდეს კომპიუტერის გამოთვლითი შესაძლებლობები, ზემოთ აღნიშნული *განზომილების წყევლად* წოდებული ფაქტორის გამო, ბევრი ამოცანის გა-

დაწყვეტა მისაღები დროის მონაკვეთში მაინც ვერ მოხერხდება. საქმე ისაა, რომ არცთუ ძალიან დიდი, N რაოდენობის ობიექტებისათვის მათი რაიმე სახის კომბინატორული წესით დაჯგუფება იძლევა ექსპონენტური ზრდის წესებს დაქვემდებარულ ვარიანტთა უზარმაზარ რაოდენობას. ნათქვამის შესანიშნავ ილუსტრაციად გამოგვადგება ამოცანა, ჭადრაკის გამომგონებლის დაჯილდოების ლეგენდარული ისტორიიდან.

ამრიგად, გარკვეული ამოცანების გადასაწყვეტად ეფექტიანი ალგორითმების ფორმირების საკითხი მეცნიერთა ზრუნვის საგანი ყოველთვის იქნება.

კომბინატორული სახის ამოცანების ამოხსნის დროის შესამცირებლად განკუთვნილი ერთ-ერთი მიდგომაა **შტოებისა და საზღვრების მეთოდი,** რომელიც მრავალჯერ და დეტალურად არის აღწერილი ლიტერატურაში, მოდიფიცირებული ვარიანტების ჩათვლით [2, 7, 8]. ამის გამო, მოკლედ ავხსნით მის არსს:

1. მეთოდი, უპირველეს ყოვლისა, მოითხოვს ერთგვაროვანი ობიექტების ურთიერთგანლაგების ვარიანტების აღმწერი ხის ფორმირებას. ამ ხეზე „მოგზაურობის“ ფინიშზე ობიექტების ურთიერთგანლაგება ბოლომდე განისაზღვრება, ხოლო შუალედურ პოზიციებზე – ნაწილობრივ;
2. ხის შუალედური პოზიციებისათვის ფასდება ძებნის გაგრძელების პერსპექტიულობა, კერძოდ მიმდინარე პოზიციიდან მარშრუტის ნებისმიერი გზით გაგრძელება-დასრულების შემთხვევაში გამოითვლება მიზნობრივი ფუნქციის მიერ მიღებული შესაძლო შედეგების *ქვედა შეფასება* და თუ ის უარესია მოცემულ მომენტში აღნიშნული ფუნქციის რეკორდულ მნიშვნელობაზე, ამ მიმართულებით შემდგომი ძიებები წყდება – ვარიანტების ხეზე მოიჭრება შტო.

შტოებისა და საზღვრების მეთოდი არ მოითხოვს პრობლემის გადასაწყვეტად გამოყენებულ იქნეს ესა თუ ის მკაცრად დეტერმინირებული მიდგომა, რაიმე სტანდარტული ფორმულა. სპეციალისტმა, საკუთარ გამოცდილებაზე დაყრდნობით, დასახული მიზნის მისაღწევად თვითონ უნდა შეიმუშაოს ევრისტიკული სახის ალგორითმი, თუმცა ამ შემთხვევაშიც მეთოდი გულისხმობს ზუსტი ოპტიმალური ამონახსნის მოძიებას, რაც ძალიან ხშირად მისაღებ დროში მაინც ვერ ხერხდება!

ვთვლით, რომ **შესაძლებელია გამოთვლების პროცესის დროის მნიშვნელოვნად შემცირება შემდეგი ვითარების გათვალისწინებით:**

შტოებისა და საზღვრების მეთოდი, როგორც წესი, გამოიყენება არა მათემატიკისათვის მნიშვნელოვანი თეორიული დებულებების დამტკიცება-უარყოფისათვის, არამედ ისეთი ცხოვრებისეული ამოცანების გადასაწყვეტად, რომლებისთვისაც მიწოდებული მონაცემები რეალურისგან მეტ-ნაკლებად განსხვავდება, მაგალითად, საზომი ხელსაწყოების არასრულყოფილების გამო, თუმცა ითვლება, რომ ცდომილება დასაშვებ ფარგლებშია.

მაშასადამე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ასეთი ამოცანების გადაწყვეტით მიღებული შედეგების და, შესაბამისად, მათი ამოხსნის ალგორითმისადმი აზრს კარგავს ზედმეტად მკაცრი მოთხოვნების წაყენება.

ამრიგად, პრაქტიკული დანიშნულების ზევრი

ISSN 1512-0996
www.shromebi.gtu.ge

ამოცანის გადაწყვეტამდე ზემო აბზაცში მოყვანილი მოსაზრების გამზიარებელი მკვლევრის წინაშე ჯერ წამოიჭრება წინმსწრები საკითხი, როგორი არჩევანი გააკეთოს პრობლემურ შუალედში „სიზუსტე-ეფექტიანობა“.

ცხადია, სწორედ ეს არჩევანი განაპირობებს ამოცანის ამოხსნის ხერხების შერჩევასაც.

კიდევ ერთ მნიშვნელოვან მომენტს უნდა გაესვას ხაზი:

პრაქტიკული ამოცანების ფორმულირებისას დგება სხვა საკითხიც – რამდენად ადეკვატურია ამოცანის დაყენება-გადაწყვეტისათვის შექმნილი მოდელი მის მიერ ასახულ რეალურ გარემოსთან? ცნობილია, რომ ნებისმიერი მოდელი მხოლოდ გარკვეული მიახლოებით ასახავს საპრობლემო არეს (აბსოლუტური შესატყვისობა შეუძლებელიცაა). შესაბამისად, მოდელის შექმნისას მკვლევარი ახდენს სიტუაციის ამსახველი და მასზე მოქმედი ფაქტორების რანჟირებას და ამ მოდელში აღარ ითვალისწინებს მეორე თუ მეშვიდეხარისხოვნად მიჩნეულ ფაქტორებს.

მოდელის მეშვეობით რეალობის მხოლოდ გარკვეული სიზუსტით ასახვა უმეტეს შემთხვევაში გართულებებს არ იწვევს, მაგრამ არა ყოველთვის!

მაშასადამე, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ზემოთ დასმული საკითხის გადაწყვეტას, არჩევანის გაკეთებას, რომელი ფაქტორი რა რანგში მოვაქციოთ.

ქვემოთ განვიხილავთ შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ მოდიფიცირებულ ვარიანტს ისეთი პრაქტიკული სახის ამოცანების გადასაწყვეტად, რომლებისთვისაც ზუსტი ოპტიმალური ამონახსნის მიღება აუცილებელი არ არის.

გადაწყვეტილების მიღება ადამიანს თავისი მოღვაწეობის ნებისმიერ სფეროში უხდება, ამასთან, მრავალ შემთხვევაში, ამოცანის ფორმულირება და მისაღები შედეგის უზრუნველმყოფი ხერხების შემუშავება ხშირად კიდევ უფრო რთული საქმეა, ვიდრე იგივე პროცედურების ჩატარება „სუფთა მათემატიკური“ ამოცანებისათვის. საკითხი განსაკუთრებით მწვავედ მაშინ დგება, როდესაც საკვლევი საპრობლემო არე მოიცავს „ცოცხალ კომპონენტსაც“, მაგალითად კოდექსებით შეიარაღებულ იურისტებს, რომელთაც ძალუძთ ფრიად თავისებური ინტერპრეტაციით განმარტონ ერთი შეხედვით მკაცრად ფორმულირებული ესა თუ ის იურიდიული ნორმა.

საერთოდ, პოლისემიურობა ნებისმიერი ენისათვის ისედაც დამახასიათებელი მოვლენაა და აქტორთა მიერ ამ ფაქტორის ნებსით თუ უნებლიეთ გამოყენებას უარყოფითი შედეგების მოტანა შეუძლია ერთ-ერთი ან ორივე მხარისთვისაც კი.

დავუბრუნდეთ მათემატიკური ამოცანების წამოჭრა-გადაწყვეტის პრობლემატიკას, რომელიც მრავალ სასწავლო-მეთოდური სახის ნაშრომშია წარმოდგენილი.

ვთვლით, რომ ამ საქმეში განსაკუთრებით დიდი ღვაწლი მიუძღვის ამერიკელ მეცნიერსა და პედაგოგ ჯორჯ პოიას. მან გამოაქვეყნა ისეთი ნაშრომები, რომლებიც ბესტსელერებად იქცა და მრავალ ენაზე ითარგმნა [3-5].

გარდა მათემატიკურისა, მეცნიერი ამ შრომებში ყურადღებას ამახვილებდა პრობლემის ფსიქოლოგიურ-პედაგოგიკურ ასპექტებზეც, კერძოდ მას მიზნად ჰქონდა დასახული ეჩვენებინა, როგორი უნდა იყოს ამოცანების ამოხსნის ზოგადი მეთოდიკა.

პოიას ერთ-ერთი ასეთი, მაგრამ განსაკუთრებით გამორჩეული წიგნი გახლავთ „როგორ ამოვხსნათ ამოცანა“.

მეცნიერს მიაჩნია, რომ მოსწავლეები ლოგიკურთან ერთად უნდა დაეუფლონ ევრისტიკული აზროვნების ჩვევებსაც და ის გვთავაზობს ამ იდეის რეალიზაციის უზრუნველმყოფ კონკრეტულ ინსტრუმენტსაც. ეს არის მკვლევრის მიერ დეტალურად გაწერილი, ცხრილის სახით წარმოდგენილი რეკომენდაცია რჩევების სახით, რომელსაც თან ერთვის “აზრზე მომყვანი” შეკითხვებიც.

უნდა აღინიშნოს, რომ პოიას მიერ განხილული მაგალითები მეტწილად სასკოლო მათემატიკის კურსიდან არის მოტანილი, თუმცა, იმდროინდელი ამერიკის (ესაა გასული საუკუნის 1940–1950-იანი წლები) სკოლებში მიღებული სწავლების სტილისაგან განსხვავებით, პოია უპირატესობას ანიჭებს დედუქციურ მეთოდს, ამასთან მეცნიერი მათემატიკას, როგორც დისციპლინას აღიქვამს ხედვის სხვა კუთხიდანაც – მას წარმოგვიდგენს არა როგორც მკაცრ, უზუსტეს ლოგიკურ-ევკლიდურ დისციპლინად, რასაც აქამდე ვიყავით მიჩვეულნი, არამედ ექსპერიმენტულ-ევრისტიკული სახის ისეთ დარგად, რომლის მეთოდების შექმნაში თითქოს წიგნის წაკითხვის პროცესშივე ვერთვებით!

ცხადია, მათემატიკის სწავლებისას ტრადიციული, დედუქციური მეთოდიკის გარდა პედაგოგები განიხილავდნენ და მოსწავლეებს აცნობდნენ ინდუქციურ ასპექტსაც. მაგრამ სწავლებაში მაგისტრალური მიმართულება გულისხმობდა, სახელმძღვანელოთა ავტორებს და პედაგოგებს ეს საგანი მოსწავლესთვის წარედგინათ მზამზარეული, უკვე კარგად დამუშავებული მეთოდებისა და ინსტრუმენტების არსენალის როლში.

სწორედ პოია იყო ის პირველი მეცნიერი, რომელმაც მკითხველი შეიპატიჟა ამ დისციპლინის *სახელმძღვანელოთა სამზარეულოში* იმის საჩვენებლად, თუ როგორ მზადდება, მოვიშველიოთ მეცნიერის მიერ ნათქვამი სიტყვები – *მათემატიკური ნამცხვარი.*

პოია მათემატიკით დაინტერესებულ ახალგაზრდებს ასე მიმართავს:

“რა თქმა უნდა, ჩვენ შევისწავლით (თეორემების) დამტკიცებებს, მაგრამ ასევე შევისწავლით მიხვედრის ხელოვნებასაც”.

პოია ცდილობს მკითხველი გაარკვიოს არა მხოლოდ იმაში, თუ როგორი ხერხებით, რა გზებით უნდა ამოიხსნას მის წინ მდგარი რომელიმე კონკრეტული ამოცანა, არამედ დაანახოს მას ძიების პროცესის არსი და ასწავლოს, როგორ წარიმართოს იგი.

სწავლების პროცესისადმი პოიას მიდგომა ახლოსაა იმ კონცეფციასთან, რომელზე დაყრდნობით საბჭოთა კავშირში ჯერ კიდევ 1930-იანი წლებიდან გამოიცემოდა სახალისოდ წოდებული სხვადასხვა დარგის სახელმძღვანელო და ჟურნალი, როგორებიცაა, მაგალითად, „სახალისო მათემატიკა“, „სახალისო ფიზიკა“, „სახალისო ქიმია“, „სახალისო ლინგვისტიკა“ და სხვა. ისინი, ძირითადად, ახალგაზრდობის მისაზიდად იყო განკუთვნილი, თუმცა ასაკობრივად უფრო ფართო ფენის ინტერესითაც სარგებლობდა.

დღეს გაცილებით ფართო შესაძლებლობებია ასეთი სახელმძღვანელოების გავრცელება-პოპულარიზაციისათვის მათთვის ელექტრონულ-ინტერაქტიური ფორმის მიცემით, საიტებზე განთავსებით და, რაც მთავარია, ახალგაზრდობისათვის დამხმარე სახელმ-

ძღვანელოებად მიწოდებით. ამასთან, გაცილებით ადვილდება კონკურსების ჩატარება, ნიჭიერი ბავშვების გამოვლენა მთელი ქვეყნის მასშტაბით და მათი დაჯილდოება- წახალისება.

აქ კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი მოქმედებს. პოია წერს, რომ უამრავ ადამიანს ებადება სურვილი, სიხარულის გრძნობა განიცადოს მის მიერ მიღწეული თუნდაც მცირე აღმოჩენით. სწორედ ადამიანის ამ „სისუსტეს“ იყენებენ მასმედიის საშუალებები, როდესაც პროფილური სტატიების გვერდით აქვეყნებენ კროსვორდებს და ათასგვარი სახის თავსატეხებს.

ჩვენი გათვლა ასეთია: თუკი უამრავი ადამიანი სწორედ ამ საქმიანობაზე „ფუჭად“ ხარჯავს დროს, მით უფრო აზრი ექნებოდა მათთვის სახალისო ფორმით მიგვეწოდებინა ინფორმაცია იმ მეთოდებისა და ინსტრუმენტების შესახებ, რომელიც მათ დაეხმარებოდა როგორც სკოლებსა და უნივერსიტეტებში სწავლის პროცესში, ისე შემდგომ, მეცნიერული კვლევებისას და/ან უბრალოდ ცხოვრებაში მათ წინაშე წამოჭრილი ამოცანების გადასაწყვეტად.

ამასთან, პოია განმარტავს, რომ მოსწავლისათვის მზამზარეული მასალის ლექციის სახით, მაგალითად, პითაგორას თეორემის მიწოდებაზე, არანაკლებ და, შესაძლოა, კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი იყოს ამოცანის ფორმირებამდე ასეთი საკითხის დასმა:

„შეიძლება კი მართკუთხა სამკუთხედში გამოთვლილ იქნეს ჰიპოტენუზის სიგრძე კათეტების სიგრძეების მიხედვით“?

რადგან პითაგორას თეორემას შევეხეთ, უპრიანია ვახსენოთ, რომ კლასიკურის გარდა, რომელსაც მოსწავლეები სკოლაში ეცნობიან, ჯერ კიდევ თვით პითაგორას დროიდან მოყოლებული ამ თეორემის დამტკიცების მრავალი სხვა გზაც გამოიძებნა (დღეისათვის 400-მდე). საინტერესოა, რომ თვით ლეონარდო და ვინჩიმაც კი შემოგვთავაზა ერთ-ერთი მათგანი. გადმოცემით, სწორედ ამ თეორემის დამტკიცების ახალი გზის პოვნა ითვლებოდა სავალდებულოდ პითაგორიანელთა სკოლაში მისაღებად.

შევნიშნავთ, რომ ურიგო არ იქნებოდა ჩვენშიც შექმნილიყო ასეთი ონლაინ-სკოლა (და მასში ჩარიცხვაზე იმ შემთხვევაშიც არ გვეთქვა უარი მოსწავლისათვის, თუ მისი „აღმოჩენა“ რომელიმე არსებულს დაემთხვეოდა).

პოიას თავის წიგნში მოჰყავს „საკითხის შემოტრიალების“ მაგალითი. მთავარი ისაა, რომ მათთან გაცნობისას გვეუფლება აზრი, რომ ამოცანის სწორად დასმა მისი სანახევროდ გადაწყვეტაა, რასაც არ ასწავლიან სკოლაში. ამასთან, პოია გვასწავლის, რომ ჰიპოთეზამდე, რომელიც დამტკიცებას საჭიროებს, მივყავართ არა მათემატიკას, არამედ საბუნებისმეტყველო დარგებისათვის კარგად ნაცნობ არსენალს: დაკვირვებებს, ანალოგიებს, “ჯანსაღ აზრს”, ინტუიციას, “ღვთიურ ნაპერწკალს”.

მართალია, ამ ინსტრუმენტების განთავსება მათემატიკური კარადის თაროებზე ვერ ხერხდება, მაგრამ, პოიას მტკიცებით, გარკვეული გავარჯიშების შემდეგ ნებისმიერ დარგში მომუშავე სპეციალისტი მათი მომარჯვებით შეძლებს მნიშვნელოვან წარმატებებს მიაღწიოს.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ პოიას აქცენტი გადააქვს მსჯელობათა იმგვარად ორგანიზების შესწავლაზე, რომელიც საბოლოო ჯამში უზრუნველყოფს მთავარი მიზნის მიღწევას – შევიძინოთ თეორემების ჩამოყალიბებისა და მათი მკაცრად დამტკიცების უნარი.

ძირითადი ნაწილი

სტატიის ამ ნაწილში, ჩვენ მიერ შემუშავებულ ზოგიერთ რეკომენდაციაზე დაყრდნობით, წარმოვადგენთ ზოგიერთი პრაქტიკული სახის ამოცანის დაყენება-გადაწყვეტის მაგალითებს.

ევრისტიკული ალგორითმი შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის

განვიხილოთ ამოცანები, რომლებშიც მოითხოვება N რაოდენობის ობიექტის ურთიერთგანლაგების ყველა შესაძლო შემთხვევიდან ამოირჩეს ისეთი, რომელიც მოცემული მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმალურ მნიშვნელობას იძლევა.

დისკრეტული მათემატიკის სფეროს კუთვნილი ასეთი ამოცანებისათვის ოპტიმალური ამოხსნის პოვნა ძალიან ხშირად დიდ დროს საჭიროებს ობიექტების არცთუ დიდი N რიცხვისათვის, ზემოთ განხილული შტოებისა და საზღვრების ეფექტიანი მეთოდით და თანამედროვე კომპიუტერების შესაძლებლობით სარგებლობის შემთხვევაშიც კი.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გარკვეული ფაქტორებიდან გამომდინარე, მრავალი პრაქტიკული სახის ამოცანისათვის ნაკლებად რელევანტურია მკაცრად ოპტიმალური ამონახსნის ძიება. სავსებით შესაძლებელია გამოთვლების დროის რამდენიმე რიგით შემცირება, თუ მოვახდენთ იმავე შტოებისა და საზღვრების მეთოდის მოდიფიცირებას, ევრისტიკული სახის ალგორითმად გადაქცევის გზით.

ამრიგად, კლასიკური მეთოდისაგან განსხვავებით, რომელიც ორიენტირებულია ზუსტი ოპტიმალური მნიშვნელობის გამოთვლაზე, ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მიდგომა იყენებს ევრისტიკის ელემენტებს.

საერთოდ, პრაქტიკული სახის ამოცანების ამოსახსნელად სპეციალისტები დიდი ხანია წარმატებით მიმართავენ ევრისტიკულ, ასე ვთქვათ, „ჭკუასთან ახლომყოფ“ არჩევანზე დაფუძნებულ ალგორითმებს. მართალია, ასეთი მიდგომა, როგორც წესი, არ იძლევა მკაცრად ოპტიმალურ ამონახსნებს, მაგრამ პრაქტიკაში ისინი გაცილებით უკეთესია, ვიდრე შემთხვევითობის წესით გენერირებული რომელიმე კომბინაციის არჩევისას მიღებული.

სიახლე კი ჩვენს შემოთავაზებაში ის არის, რომ ევრისტიკულ მიდგომას ვიყენებთ შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის, ამასთან ამ უკანასკნელისათვის დამახასიათებელი თავისებურების გათვალისწინებით. კერძოდ, რადგან გამოთვლების დროის რადიკალურად შემცირების მიზნით უარს ვამბობთ მიზნობრივი ფუნქციისათვის გარანტირებულად ოპტიმალური მნიშვნელობის პოვნაზე, ვცვლით, განშტოების ხის შუალედურ პოზიციებზე ყოფნისას, გადაწყვეტილების მიღების სტრატეგიას:

მოცემული პოზიციისათვის გამოთვლილი ქვედა შეფასების გაანალიზებისას ქვეხის მოჭრა და უფრო პერსპექტიული ვარიანტების განხილვაზე გადასვლა ხდება არა მხოლოდ მაშინ, როდესაც აშკარაა, რომ მიმდინარე გზის გაგრძელება სასურველ შედეგს ვერ მოიტანს, არამედ მაშინაც, როდესაც მოცემულ ეტაპზე ქვედა შეფასების მნიშვნელობა წინასწარ დათქმულ სიდიდეზე უფრო მეტად არ განსხვავდება მიზნობრივი ფუნქციის მიმდინარე რეკორდული მაჩვენებლისაგან.

ასეთი გადაწყვეტილების მიღება გამოთვლის დროის მნიშვნელოვან ეკონომიას განაპირობებს,

თუმცა გამორიცხული არ არის ზუსტი ოპტიმალური შედეგი ვერც მივიღოთ. მიდგომის არსი მოკლედ ასეც შეიძლება განიმარტოს:

გამოთვლების ყოველ ეტაპზე ისმება კითხვა – ღირს კი უკეთესი შედეგების მისაღებად ძიების გაგრძელება და გათვლებზე მეტი დროის დახარჯვა, თუ უმჯობესია ეს დრო გამოყენებულ იქნეს ვარიანტების ხის მორიგი შტოს პერსპექტიულობის შესამოწმებლად?

მოდიფიცირებული მეთოდის არსი განვიხილოთ ერთ მწკრივად განლაგებული ერთგანზომილებიანი ობიექტის ოპტიმალური განლაგების მოძიების ამოცანის მაგალითზე [6], რომლისთვისაც გათვლის დროის შესამცირებლად შემოთავაზებულია ამონახსნის პოვნის ევრისტიკული ხერხი.

ამოცანის დასმა. მოცემულია l_i სიგრძის მქონე ობიექტების სიმრავლე, რომლებიც განლაგებულია რაიმე წრფის (საკოორდინატო ღერძის, მაგისტრალის) გასწვრივ (ობიექტების როლში შეიძლება მოგვევლინოს ფაილები, შენობები, ელექტრონული ელემენტები):

$$F = \{f_j\}, j = 1, 2, \ldots, m.$$

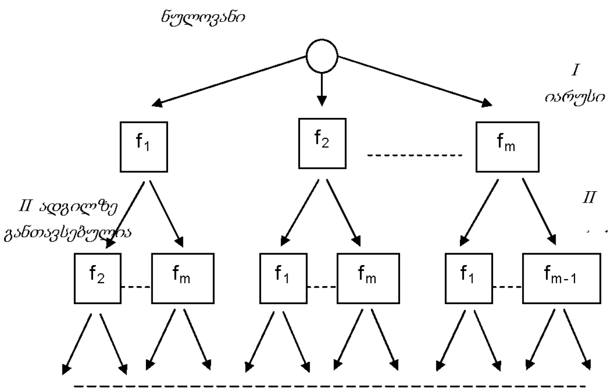
ობიექტებს შორის ურთიერთმიმართვის სიხშირეები წარმოდგენილია კვადრატული მატრიცის სახით, რომლის თითოეული a_{ij} ელემენტი აღნიშნავს f_i ობიექტიდან f_j-ზე გადასვლის რიცხვს.

მოითხოვება, ობიექტების ყველა შესაძლო m! რაოდენობის განლაგებიდან ამოირჩეს ვარიანტი, რომლისათვისაც ობიექტიდან ობიექტზე გადასვლაზე დახარჯული ჯამური დრო მინიმალურ მნიშვნელობას მიიღებს. იგულისხმება, რომ ერთი ობიექტიდან ნებისმიერ სხვაზე გადასვლის დრო მათ შორის მანძილის პირდაპირპროპორციულია.

ამოცანის შინაარსიდან გამომდინარე, ობიექტების ურთიერთგანლაგების განსახილველი ვარიანტების რიცხვი ორჯერ შეიძლება შევამციროთ, რადგან, ცხადია, რომ სარკული განლაგებაც იმავე შედეგს იძლევა, რასაც პირდაპირი. დასაშვებია აგრეთვე ორ ობიექტს შორის a_{ij} და a_{ji} მიმართვების წარმოდგენა r_i ჯამური სახით.

ამ ამოცანების გადასაწყვეტად ვიყენებთ შტოებისა და საზღვრების მეთოდს, რომელიც ობიექტების სიმრავლის ქვესიმრავლეებად (კომპლექსებად) დეკომპოზიციას ახდენს და მათზე დაყრდნობით – ვარიანტების ქვეკლასის პერსპექტიულობის შეფასებას [7, 8].

ქვემოთ გრაფიკული სახით წარმოდგენილია ობიექტების ყველა შესაძლო განლაგების ფორმირების სტრატეგია:



ვხედავთ, რომ პირველიდან დაწყებული ყოველ მომდევნოზე ხდება წინა ეტაპებზე დაუმაგრებელი ობიექტების თანდათანობითი მიბმა.

ამრიგად, თავდაპირველი m სიმრავლე F = {fj}, j = 1, 2, . . . ყოველ ეტაპზე, გარდა ბოლოსი, იყოფა ორი – დამაგრებელი და დაუმაგრებელი ობიექტების ქვესიმრავლედ.

შემდგომ პროცესი ასე წარიმართება:

1. გამოთვლების თითოეულ ბიჯზე ერთ-ერთი ობიექტი ფიქსირდება – ხდება ე. წ. წამყვანი;
2. გამოითვლება წამყვანი ობიექტის სხვა ობიექტზე გადასვლაზე დახარჯული მანძილის და, შესაბამისად, დროის იმ წილის გამოთვლა, რომელიც შეიტანება მიზნობრივ ფუნქციაში. ამასთან ერთად, დამაგრებული ობიექტებისათვის ცხადია, რომ ეს წილი ზუსტად განისაზღვრება, ხოლო დაუმაგრებლებისათვის გამოითვლება ამ წილის ქვედა შეფასების მნიშვნელობა.

ზემოთ აღწერილი მიდგომის კონკრეტული რეალიზაციები, ცხადია, ერთმანეთისგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული შეიძლება იყოს. კერძოდ, ზემოთ მოყვანილი განშტოების სტრატეგიის ნაცვლად, ქვედა შეფასებათა უფრო ეფექტურად გამოთვლის მიზნით, ერთ-ერთ ნაშრომში შემოთავაზებულია ამგვარი მიდგომა – ობიექტების დამაგრება მოხდეს არა ერთმანეთის მიყოლებით, არამედ კიდურ ადგილებზე რიგრიგობით და თანამიმდევრულად ანუ შემდეგი წესით [8]:

1, m, 2, m-1, 3, m-2, . . .

ასეთი გადაწყვეტილება, თავისთავად ცხადია, გავლენას ახდენს კომპლექსებში დამაგრებული და დაუმაგრებელი ობიექტების ურთიერთგანლაგებასა და, შესაბამისად, გამოთვლების ალგორითმის სტრუქტურაზეც.

ამრიგად, მოცემულია კომპლექსად წოდებული რაიმე ობიექტების სიმრავლე

$$A = \{f_j\},\ j = 1, 2, \dots, m.$$

ამ სიმრავლეში ერთ-ერთი ელემენტი ფიქსირდება ე. წ. წამყვანად და აღინიშნება f_0 სიმბოლოთი. გარდა ამისა, თითოეულისათვის მოიცემა სიგრძე l_i და წამყვანისადმი მიმართვის სიხშირე r_i.

ამოცანის ამოხსნისათვის წაყენებულია პირობა – ობიექტები წრფის გასწვრივ ისე განლაგდეს, რომ თითოეულიდან წამყვანამდე გადასვლის ჯამურმა მანძილმა მიიღოს მინიმალური მნიშვნელობა:

$$\sum r\,(f_j, f_0) = \min.$$

ვარიანტების გადათვლის პროცესში f_0 წამყვანი ობიექტი შესაძლებელია მოხვდეს ხან ადგილზე დამაგრებული, ხან კი ჯერ კიდევ დაუმაგრებელი ფაილების კომპლექსში და, ამის მიხედვით, თვითონაც შესაბამისი თვისება შეიძინოს.

პირველ შემთხვევაში კომპლექსის მიერ მიზნობრივ ფუნქციაში შეტანილი წვლილი ზუსტად გამოითვლება, ამასთან დაუმაგრებელი ობიექტების კომპლექსში მათი ადგილმონაცვლეობით შესაძლებელი ხდება ობიექტების განლაგების ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევაც.

მეორე შემთხვევაში მიზნობრივ ფუნქციაში შეტანილი კომპლექსის წვლილის გამოსათვლელად მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ქვედა შეფასების ხერხი. ამასთან, ვარიანტების განშტოებისათვის ზემოთ შერჩეული სტრატეგია შესაძლებელს ხდის კომპლექსის წვლილის ქვედა შეფასება გაიზარდოს შემდეგი გზებით:

- დაუმაგრებელი ობიექტების კომპლექსში გათვალისწინებულ იქნეს წამყვანთან კავშირის არმქონე ობიექტებიც;
- კომპლექსში ჩაერთოს წამყვანი ობიექტისადმი მიმართვის შემდეგ რიგში მყოფი ობიექტიც.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შესაძლებელია ზემოთ მოყვანილი ამოცანის გადაწყვეტის დრო კიდევ მეტად შემცირდეს ისეთი გადაწყვეტილების მიღებით, როცა უარი ითქმება მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმალური მნიშვნელობის მიღებაზე და დავკმაყოფილდებით კვაზიოპტიმალური შედეგით წინასწარ განსაზღვრული შესაძლო ცდომილების ფარგლებში. ასეთი გადაწყვეტილების მიღების შემთხვევაში ვარიანტების განხილვა-უკუგდებისას ქვეხე მოიჭრება არა მხოლოდ მაშინ, როდესაც ქვედა შეფასების სიდიდე აჭარბებს მოცემული მომენტისათვის დაფიქსირებულ რეკორდულ მაჩვენებელს მიზნობრივი ფუნქციისათვის, არამედ მაშინაც, როდესაც ქვედა შეფასების სიდიდე რამდენადმე უკეთესია აღნიშნულ რეკორდულ მაჩვენებელზე, მაგრამ ქვეხეზე ვარიანტების პერსპექტიულობის შემოწმება და, შესაბამისად, დროის დახარჯვა ნაკლებად მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ძიების გაგრძელების შემთხვევაში თუნდაც მოიტანოს მკაცრად ოპტიმალური შედეგი.

7 ქუდის მეთოდი

ზემოთ განვიხილეთ ამოცანა, რომლის გადასაწყვეტად მეთოდის შემუშავება „სუფთა“ მათემატიკური აპარატისადმი მიმართვის პარალელურად მოითხოვს ამ აპარატთან სიმბიოზში ე. წ. „ჯანსაღ აზრზე“ დაფუძნებული ევრისტიკული მიდგომის გამოყენებასაც. ამასთან, ჩანს, რომ პრიორიტეტი პირველ მდგენელს ეძლევა.

სტატიის ამ მონაკვეთში კი განიხილება ისეთი პრობლემური სიტუაციები, რომელთა აღმწერი მოდელის შესაქმნელად მათემატიკური აპარატის გამოყენება ან საერთოდ ვერ ხერხდება, ან შესაძლებელია (რაც ყოველთვის მისასალმებელია) ამოცანის ამოხსნის მხოლოდ ცალკეულ ეტაპებზე.

ბუნებრივია, რომ მეცნიერები ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში დაინტერესდნენ ასეთი სიტუაციების შესწავლა-ანალიზით და ამ მიზნით შექმნეს მეცნიერების მთელი დარგი – ლოგიკა.

სტატიაში განიხილება ისევ ლოგიკაზე დაფუძნებული თანამედროვე მიდგომები ასეთი სახის პრობლემური საკითხების გადასაწყვეტად, რომელთა შორის ამჯერად გამოვარჩევთ დელფოსისა და დე ბონოს ექვსი ქუდის მეთოდებს,

აღვნიშნავთ, რომ თითოეული მათგანი პოპულარობით სარგებლობს მკვლევართა საკმაოდ ფართო წრეებში (შევნიშნავთ, რომ, სამწუხაროდ, ჩვენში ნაკლებად), რაც განაპირობა იმ ფაქტმა, რომ ამ მეთოდებმა არაერთხელ დაამტკიცა თავისი ეფექტიანობა.

დელფოსისა და დე ბონოს ექვსი ქუდის მეთოდების არსში ჩაწვდომა არცთუ რთული საქმეა. ამასთან, მათ შესახებ უამრავი სტატიაა გამოქვეყნებული ინტერნეტში. შევნიშნავთ, რომ ერთ-ერთი მათგანი ჩვენც გვეკუთვნის [9]. სტატიის ფორმატიდან გამომდინარე, მათ აღწერაზე აღარ შევჩერდებით და განვმარტავთ ჩვენი ინტერესის საგანს და დასახულ მიზანს:

თავდაპირველად აღვნიშნავთ, რომ, როგორც ხშირად ხდება ხოლმე, თითოეულს ამ მეთოდთაგან

ღირსების პარალელურად ახასიათებს გარკვეული ნაკლიც.

ჩვენი მიზანი გახლავთ, შევქმნათ და ინტერნეტში განვათავსოთ ინტერაქტიური სახის ისეთი კომპიუტერული პროგრამა, რომელშიც შენარჩუნებული იქნება ორივე მეთოდის ღირსება და ამავე დროს გამოირიცხება მათთვის დამახასიათებელი ნაკლოვანი მხარეებიც.

გარდა აღნიშნული მეთოდების სიმბიოზისა, უშუალოდ 6 ქუდის მეთოდისათვის ვითვალისწინებთ ასეთი სიახლის შემოღებასაც (პარაგრაფის სათაურში სრულიად გამიზნულად გვიწერია, რომ საქმე გვექნება არა 6, არამედ 7 ქუდის მეთოდთან), კერძოდ:

დე ბონოს მიერ აუცილებლად მიჩნეული თეთრი, ლურჯი, წითელი, ყვითელი, მწვანე და შავი ქუდების არსენალს ვამდიდრებთ კიდევ ერთი – **უჩინმაჩინის** ქუდით. ამ ქუდის ქვეშ მოქცეული ექსპერტი საერთოდ არ უნდა ჩანდეს არენაზე (უკეთესიც კი იქნება, თუ დისკუსიის მონაწილეებს მისი არსებობის თაობაზე არაფერი ეცოდინებათ!).

უჩინმაჩინ ექსპერტს ევალება თითოეული იდეის, ობიექტის თუ სუბიექტის შესახებ მსჯელობისას შეაფასოს დისკუსიის თითოეული მონაწილის მიერ გამოთქმული ყოველი მოსაზრება და განხილვის ბოლოს თითოეული მათგანის შესახებ მზად ჰქონდეს როგორც ჯამური, ისე „ქუდების“ ჭრილში წარმოდგენილი შეფასება. ამ შეფასებას "უჩინმაჩინი" მიაწვდის დისკუსიის ორგანიზატორებს, რომლებიც, როგორც წესი, არიან პრობლემის გადაწყვეტით დაინტერესებული მთავრობის ან კომპანიის წარმომადგენლები. ამასთან, ვთვლით, რომ აჯობებს ეს ოფიციალური პირები უშუალოდ არ ჩაებნენ საკითხის განხილვის პროცესში, ხოლო თავიანთი მოსაზრებები *მთავარ ლურჯქუდოსანს* მიაწოდონ დისკუსიის დასაწყისში, შემდგომ ეტაპებზე კი – პერიოდულად და ინკოგნიტოდ.

დასკვნა

ნაშრომში განხილული და გაანალიზებულია გადაწყვეტილების მიღების საკითხები ორი ტიპის ამოცანისათვის: 1. მათთვის, რომლებიც ადვილად ექვემდებარება მათემატიკურად ფორმულირებას, მაგრამ ხასიათდება ე. წ. *განზომილებათა წყევლით,* ასევე, იმ შემთხვევაში, როდესაც რეალური სიტუაციის წარმოდგენა მათემატიკური მოდელის სახით ფაქტობრივად შეუძლებელია. პირველი სახის ამოცანებისათვის შემოთავაზებულია, რომ შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის ოპტიმალურის ამონახსნის ძიების ნაცვლად გამოყენებულ იქნეს მისაღები ევრისტიკული სახის მიდგომა; 2. მეორე ტიპის ამოცანების გადასაწყვეტად განხილულია ობიექტის, სუბიექტის, იდეის შესწავლა-განსჯისათვის სპეციალურად შემუშავებულ მეთოდები (გონებრივი იერიშის, დელფოსის, დე ბონოს 6 ქუდის და სხვა). მათ ბაზაზე შემუშავებულია კომბინირებული ვარიანტის კონცეფცია. ამასთან, 6 ქუდის მეთოდში დამატებულია მე-7 ქუდიც და დასაბუთებულია ამ გადაწყვეტილების მართებულობა.

დასასრულ, აღნიშნული კონცეფციის პრაქტიკული რეალიზებისათვის გათვალისწინებულია ინტერაქტიური პროგრამის შექმნა.

ლიტერატურა

1. URL: https://www.astronews.ru/cgi-bin/mng.cgi?page=news&news=20191024190057 (in Russian).
2. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Branch_and_bound
3. URL: https://math.hawaii.edu/home/pdf/putnam/PolyaHowToSolveIt.pdf
4. Polya G. Mathematics and plausible reasoning. Princeton University Press. 1987.
5. Polya G. Mathematical discovery: On understanding, learning and teaching problem solving. Combined edition. 1981.
6. URL: http://www.math.nsc.ru/AP/benchmarks/UFLP/uflp_bb.html (in Russian).
7. Gendel E.G., Levin N.A. Optimization of information processing technology for ACS problems. Moscow: "Statistics". 1977. (in Russian).
8. Gvinepadze G. Methods to increase the efficiency of information placement in direct access storage devices for ACS tasks. Kiev. 1982. (In Russian).
9. URL: http://gtu.ge/View/index.html#http://gtu.ge/book/monografiebi/ G_Gvinepadze_shemoqmedebiTi_azrpvneba.pdf (in Georgian).

UDC 004.5
SCOPUS CODE 1801

Methods for improving decision-making efficiency

Gela Gvinepadze Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Tornike Shavishvili Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: shavishvilitornike@gmail.com

Reviewers:

G. Chachanidze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: guramchachanidze@yahoo.com
E. Kurtskhalia, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

Abstract. The article discusses decision-making issues for the tasks that can easily be mathematically formulated (however, which are characterized by the so-called curse of dimensionality) and for the tasks for which the creation of a mathematical model is almost impossible, and the resolution of a problem situation requires the coordination of different views on methods withdrawing it and choosing from them a reasonable option or developing a compromise. To solve both types of problems, the article considers and analyzes a number of modern methods, in particular, the branch and bound method is used for the tasks of the first group and proposed the modified version based on a heuristic approach to increase its effectiveness. And to solve those problematic problems that cannot be mathematized, a combination of Delphi methods and Six Thinking Hats (de Bono's 6 hats) methods is proposed, with added the 7th hat. Herewith an interactive computer program is implemented based on this concept.

Key words: Branch and bound method; computerization; Delphi method; 6 Hats method; 7 Hats method; their combination.

UDC 004.5
SCOPUS CODE 1801

Методы повышения эффективности принятия решений

Гела Гвинепадзе Департамент автоматизированных систем управления, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Торнике Шавишвили Департамент автоматизированных систем управления, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: shavishvilitornike@gmail.com

Рецензенты:

Г. Чачанидзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: guramchachanidze@yahoo.com

Э. Курцхалия, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы принятия решений как для задач, которые легко поддаются математическому формулированию (однако которые характеризуются т. н. проклятием размерности), а также – задач, для которых создание математической модели практически невозможно, разрешение проблемной ситуации требует согласования разных взглядов на способы ее снятия и выбора из них обоснованного варианта или разработки компромиссного. Для решения обоих типов задач в статье рассматриваются и анализируются ряд современных методов, в частности, для задач первой группы - метод ветвей и границ, для повышения эффективности которого авторами статьи предлагается его модифицированный вариант, основанный на эвристическом подходе. А для решения тех проблемных задач, которые не могут быть математизированы, предлагается комбинация методов Delphi и 6 шляп де Боно, дополняя «гардероб» 7-ой и на основе данной концепции реализация интерактивной компьютерной программы.

Ключевые слова: компьютеризация; метод границ и ветвей; метод Дельфи; метод 6 шляп, их комбинация; метод 7 шляп.

განხილვის თარიღი 13.11.2019
შემოსვლის თარიღი 04.12.2019
ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020