

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდისა და მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების ცენტრის უკრაინაში მიერ „მიზნობრივი კვლევისა და განვითარების პროგრამის“ ფარგლებში ორგანიზებული 2016 წლის ერთობლივი კონკურსის შედეგების მიხედვით დაფინანსებული პროექტი STCU 2016-04

ექსტრემალურ სიტუაციებში ობიექტების განთავსებისა და ტვირთების ტრანსპორტირების დაგეგმვა

შესრულებული სამუშაოს აბსტრაქტი:

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდისა და მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების ცენტრის უკრაინაში მიერ „მიზნობრივი კვლევისა და განვითარების პროგრამის“ ფარგლებში ორგანიზებული 2016 წლის ერთობლივი კონკურსის შედეგების მიხედვით დაფინანსდა პროექტი *“ექსტრემალურ სიტუაციებში ობიექტების განთავსებისა და ტვირთების ტრანსპორტირების დაგეგმვა”* თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის კომპიუტერული მეცნიერებების დეპარტამენტის პროფესორების - გია სირბილადის (პროექტის ხელმძღვანელი), ბეჟან ღვაბერიძის, ბიძინა მაცაბერიძის, ზურაბ მოდებაძის, პროგრამისტ გურამ მგელაძისა და ტექნიკური უნივერსიტეტის მეცნიერ თანამშრომლის, გიორგი ბოლოთაშვილის მონაწილეობით (პროექტი დასრულდა 2018 წლის დეკემბერში).

თანამედროვე მსოფლიოში უფრო და უფრო პრობლემური ხდება გზებზე სატრანსპორტო საშუალებების (სს) გადაადგილება, რაც ექსტრემალური და გართულებული ფაქტორების არსებობის პირობებში ძალიან ართულებს სადისტრიბუციო ქსელებში მომსახურების ცენტრებიდან მომხარებლებამდე ტვირთების გადაზიდვის მენეჯმენტს. ეს ფაქტორებია: 1. კატასტროფების, მიწისძვრების, მასობრივი განადგურების იარაღის გამოყენების შედეგად და სხვ. დაზიანებულ გეოგრაფიულ ზონებში არსებული სამხედრო, სამედიცინო და სხვა ტიპის ობიექტების ოპტიმალური და უსაფრთხო მომარაგების მენეჯმენტი; 2. ექსტრემალურ და რთულ სიტუაციებში სწრაფი რეაგირებისა და მოსახლეობისათვის უსაფრთხო დახმარების დაგეგმვა; 3. ექსტრემალურ სიტუაციაში სამხედრო მოქმედებისას სატრანსპორტო საშუალებებით ტვირთების გადაზიდვის მარშრუტების სტრატეგიული მენეჯმენტი; 4. მჭიდროდ დასახლებულ გეოგრაფიულ ზონებში (ქალაქები და სხვ.) გზებზე გართულებულ სიტუაციებში (ტრანსპორტით გადატვირთული გზები, სამოქალაქო მიტინგები და გაფიცვები, გზებზე მეტეოროლოგიური და სხვა მიზეზებით გამოწვეული ცუდი ხილვადობა, მოყინული გზები და სხვ.) სატრანსპორტო საშუალებების მარშრუტებზე ოპტიმალური გადაადგილების მენეჯმენტი და სხვა. ამერიკისა და ევროპის წამყვანი ქვეყნების ამ პრობლემატიკით დაინტერესებული სახელმწიფო თუ კერძო ორგანიზაციები ცდილობენ შექმნან მაღალი სანდოობის ინტელექტუალური პროგრამული ტექნოლოგიები, რომლებიც გაითვალისწინებენ ექსტრემალური სიტუაციებში წარმოქმნილ განუზღვრელობებს და მხარდაჭერას გაუკეთებენ სს-ების გადაადგილების ოპტიმალური

მარშრუტების დაგეგმვასა და ობიექტების განთავსება/ტრანსპორტირების პრობლემის დაძლევას.

ასეთი ტიპის პრობლემატიკაზე მუშაობისას დეტერმინისტული თუ სტოქასტური მოდელების ბაზაზე აგებული სიმულაციური მხარდამჭერი ტექნოლოგიები ხშირად ვერ გვაძლევენ სანდო და დამაკმაყოფილებელ შედეგებს საკვლევი ობიექტის სირთულის, წინააღმდეგობრივი, ბუნდოვანი და არასაკმარისი ინფორმაციის ან ობიექტური ინფორმაციის სიმცირის გამო, რაც პირველ რიგში გამოწვეულია მიმდინარე რთული სიტუაციებით. პრობლემატიკის სირთულის ზრდასთან ერთად ჩვენი შესაძლებლობა გავაკეთოთ სანდო დასკვნები საკვლევი ობიექტების მომავალ ქცევაზე, გარკვეულ ზღვრამდე ეშვება, რომლის მიღმაც ინფორმაციის ისეთი მახასიათებლები, როგორცაა სიზუსტე და განსაზღვრელობა, ურთიერთგამომრიცხავი ხდება. მნიშვნელოვან როლს იძენს პრობლემატიკის გადაწყვეტის სისტემური კვლევა და ანალიზი. აუცილებელი ხდება შეფასებებში და ანალიზში ჩავრთოთ ექსპერტთა ჯგუფი (სადისტრიბუციო ქსელის მენეჯერები, დისპეჩერები და სხვ.) და მათი ცოდნა. თუმცა ექსპერტთა სუბიექტური მონაცემები მოდელის კონსტრუქციებში წარმოშობს ახალ, სუბიექტურ განუზღვრელობას. მოდელირების კლასიკურ მიმართულებათა პარალელურად მნიშვნელოვანი ხდება სუბიექტური, „ფაზი“ განუზღვრელობის (fuzzy uncertainty) დაშვება. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია ექსპერტული ცოდნის ინჟინერიის ფაზი-მეთოდებისა და ფაზი-ლოგიკის გამოყენება, რაც შესაბამისი მაღალი ღირებულების ავტომატიზირებული სისტემებისა და ინტელექტუალური ხელშემწყობი ტექნოლოგიების კონსტრუირებას უზრუნველყოფს.

საქმე გვაქვს ესტრემალურ პირობებში ობიექტების განთავსება/ტრანსპორტირების ამოცანებთან (Facility Location/Transportation Problems (FLTP)). ეს ამოცანები სკალარული მიზნის ფუნქციის შემთხვევაშიც ე.წ. NP-რთული ამოცანების კატეგორიას განეკუთვნებიან და მათი ამოხსნის ზუსტი ალგორითმები რეალური განზომილებების შემთხვევაში არ არსებობს. განსახილველი ამოცანების კლასი საინტერესოა გამოთვლითი სამეცნიერო თვალსაზრისითაც. ამ მიმართულებით უკანასკნელი 40 წლის მანძილზე ინტენსიური კვლევები მიმდინარეობს. 1980-იან წლებში დამუშავდა ტვიერთების ტრანსპორტირებისა და ობიექტების განთავსების მიახლოებითი ამონახსნების აგების ძირითადი საკითხები.

ამ მიმართულებით პროექტის ავტორთა მიერ გამოქვეყნებულია მრავალი პუბლიკაცია იმპაქტ-ფაქტორის მქონე შემდეგ სამეცნიერო ჟურნალებში: *“The European Journal of Operational Research”*, *„ Internationa Journal of General Systems”*, *“Information Sciences”*, *“International Journal of Information Technology & Decision Making”*, *“Fuzzy Optimization and Decision Making”*, *“International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems”*, *“Mathematical Notes”*. პროექტის შექმნას გარკვეული მხრივ საფუძველი დაუდო გ. სირბილადის ავტორობით 2013 წელს „შპრინგერის“ მიერ გამოცემულმა მონოგრაფიამ: *“Gia Sirbiladze, Extremal Fuzzy Dynamic Systems: Theory and Applications, Springer, New York Heidelberg, Dordrech, London“*, რომელიც წარმოადგენს ექსპერტულ ცოდნაზე დაფუძნებული ექსტრემალური პროცესების მოდელირების, ანალიზისა და სინთეზის ახალ მიმართულებას.

პროექტის ფარგლებში შემუშავდა საექსპერტო ცოდნაზე დაფუძნებული ტრანსპორტირებისა და ობიექტების განთავსების ახალი, მრავალკრიტერიუმიანი „ფაზი“ FFLTP -მიდგომა. ეს მიდგომა ითვალისწინებს ტრანსპორტირებისა და ობიექტების განთავსების პრობლემატიკის თანამედროვე, ექსპერტული მონაცემებზე დაფუძნებული მოდელირებისა და სიმულაციის მიდგომებსა და მათი გადაწყვეტის გზებს. აიგო აგრეგირების ახალი ინსტრუმენტი. ეს ინსტრუმენტი უზრუნველყოფს დისტრიბუციულ ქსელში კანდიდატი საიტების (კანდიდატი მომსახურეობის ცენტრების, საიდანაც

შესაძლებელია მომხმარებლებისთვის ოპტიმალური მარშრუტებით მინიმალურ დროში ტვირთების ტრანსპორტირება) შერჩევის ინდექსის მაქსიმიზაციას. შექმნილი ოპტიმიზაციის ამოცანა მრავალკრიტერიუმიანი და შერეული ტიპისაა. ამან *FFLTP* -მიდგომებსა და კვლევებში საერთოდ ახალ მიმართულება შექმნა. შეიქმნა მიღებული ამოცანის გადაწყვეტის როგორც ზუსტი (მცირე განზომილებების შემთხვევაში), ასევე მიახლოებითი მიდგომები. ამ მიდგომის საფუძველზე შეიქმნა პროგრამული პროდუქტი, რომელიც უზრუნველყოფს ექსტრემალური და რთული მოვლენების შედეგად გზებზე გართულებული გადაადგილების გამო სს-თვის შერჩეული სერვის ცენტრებიდან მომხმარებლებამდე მისვლის ოპტიმალური და სანდო მარშრუტების დაგეგმვას, ამა გეგმით კი მომხმარებლებისთვის მინიმალურ დროში მოთხოვნილი ტვირთების ტრანსპორტირებას. პროგრამული უზრუნველყოფის ფუნქციასა სატრანსპორტო საშუალებათა მართვის სახელმწიფო სამსახურებსა, ტვირთების გადაზიდვების კომპანიებსა, სადისტრიბუციო ქსელებსა თუ სხვა კომპანიებს შეუქმნას მხარდაჭერა საჭიროების შემთხვევაში სწრაფი რეაგირებისა და მნიშვნელოვან გეოგრაფიულ პუნქტებში ტვირთების გადაზიდვის ოპტიმალური მარშრუტების დაგეგმვაში. სისტემაზე მუშაობის პროცესში სისტემის მომხმარებლებს შესაძლებლობა ექნებათ ინფორმაციის მიღების მიზნით ჩართონ დარგის ცნობილი ექსპერტები, რათა მათი ცოდნა გამოყენებული იყოს კონკრეტულ სიტუაციებში პუნქტებს შორის გადაადგილების შესაძლებლოს ხარისხების შეფასებისა და სს-ებისთვის სანდო მარშრუტების აგების მიზნით. პროექტში წარმოდგენილი პრობლემისთვის აიგება ახალი ტიპის შესაძლებლობითი კრიტერიუმი - კანდიდატი საიტების შერჩევის ინდექსის მაქსიმიზაცია. მარშრუტებზე გადაადგილების საერთო დროის მინიმიზაციის კრიტერიუმთან ერთად შეიქმნა ორკრიტერიული ამოცანის რეალიზების ორ ფაზიანი სქემა. ეს მიდგომა წარმოშობს ახალ მიმართულებას და პერსპექტივებს *FFLTP* -პრობლემატიკაში. ყოველ მიდგომაში, რომელიც სწავლობს *FFLTP* -ამოცანებს, შეიძლება ჩაიდოს ჩვენი ახალი მეთოდოლოგია და იქ აიგოს ახალი კრიტერიუმები და შეზღუდვები. რაც ექსტრემალურ და განუზღვრელ გარემოში მათ გამოყენებას შემატებს მეტ სანდოობას.

წარმატებული კომერციალიზაციის პროცესში შევეცდებით გავაფართოვოთ ქსელი და შევექმნათ სადისტრიბუციო ქსელების ოპტიმიზირებისა და დაგეგმარების ბიურო, რომელიც საქართველოსთვის ტრანსპორტის ასე მოზღვავეების პირობებში ძალიან მნიშვნელოვანი იქნებოდა. იმედია ამას სამთავრობო დაინტერესებაც ექნება.

ჩამოყალიბდა შემოქმედებითი ინტერ-ჯგუფი: ერთის მხრივ - პროექტის შემსრულებლები, და მეორეს მხრივ, სან-სებასტიანის ”ზასკეთის ქვეყნის“ უნივერსიტეტის ინტელექტუალური სისტემების დეპარტამენტი (ესპანეთი), პროფ. რობერტო სანტანას ხელმძღვანელობით. ჯგუფის მიზანია - *FFLTP* - მრავალკრიტერიუმიანი ამოცანების გადაწყვეტა მსოფლიოში აღიარებული მათი მეთოდოლოგიის - „დისტრიბუციული ალგორითმების შეფასების“ ინსტრუმენტებით. ამ მიმართულებით ესპანელებს დიდი გამოცდილება და მაღალი ხარისხის შედეგები გააჩნიათ. იგეგმება ამ ჯგუფის ჩართვა სადისტრიბუციო ქსელების ოპტიმიზირებისა და დაგეგმარების ბიუროს საქმიანობაში კომერციული ინტერ-პროექტების შექმნის მიზნით.

პროექტის ფარგლებში ასევე წარმატებული იყო პროექტის მეორე კოლაბორატორის, პოლონელი აკადემიკოსის, პროფ. ი. კაქპრჟიკის მონაწილეობა. მასთან ერთად შემუშავდა პროექტის მთავარი მათემატიკური მოდელი და შემუშავდა მისი გადაწყვეტის გზები. შეიქმნა კოლაბორაციული ნაშრომი, რომელიც დასაბუქდად გადაეცა იმპაქტ-ფაქტორის მქონე ჟურნალს - „*The European Journal of Operational Research*“.