

სამრეწველო და წარმოების ინჟინერია

საზღვაო და მულტიმოდალურ გადაზიდვებში საგანგებო
სიტუაციების წარმოშობის რისკების ინტეგრალური შეფასების
მეთოდოლოგია

მურთაზ დევაძე

m.r.devadze@bsma.edu.ge

ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია

ბათუმი, საქართველო

ალექსანდრე კამლაძე

aleksandre.kamladze@atsu.edu.ge

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქუთაისი, საქართველო

თანამედროვე ეტაპზე მსოფლიო საზღვაო ფლოტი განიცდის მნიშვნელოვან ზრდას როგორც გემების, ასევე მათ მიერ გადატანილი ტვირთების რაოდენობით. თუმცა ნაოსნობის პროცესი დაკავშირებულია მთელ რიგ სირთულეებთან, რომლებიც აფერხებენ ტვირთების მიწოდების ეფექტურობას. განსაკუთრებულ მიდგომებს საჭიროებს სახმელეთო-საზღვაო ტვირთზიდვის პროცესებში საგანგებო სიტუაციების წარმოქმნის რისკების გამოკვლევები და მათი შემცირების მეთოდების დამუშავება. ნაშრომში გაანალიზებულია სატრანსპორტო რისკების შეფასების თანამედროვე ეტაპზე არსებული მეთოდოლოგიური მიდგომები და შემოთავაზებულია ავარიული სიტუაციების განვითარების განზოგადოებული მოდელი, რომელიც ეფუძნება უსაფრთხო გადაზიდვის სტატისტიკურ მოდელს და საგანგებო სიტუაციების განვითარების საერთო მოდელს. დამუშავებული მეთოდოლოგია წარმადგენს რისკების ინტეგრალური შეფასების საფუძველს.

საკვანძო სიტყვები: რანჟირება, რისკების მატრიცა, დაზღვევა, თამაშების თეორია, ალბათობა.

რისკი წარმოადგენს საზოგადოების ეკონომიკური, პოლიტიკური და სოციალური ცხოვრების განუყოფელ ნაწილს. იგი თან ახლავს ნებისმიერი სფეროს ორგანიზაციის საქმიანობას და მათ შორის გადაზიდვებს საზღვაო ტრანსპორტზე. ამასთან დაკავშირებით თანამედროვე საზღვაო სატრანსპორტო კომპანიების ეფექტური საქმიანობის მთავარი კრიტერიუმებია უმაღლესმა მმართველმა ორგანოებმა მეცნიერულ

მ. დევაძე, ა. კამლაძე

დონეზე მოახდინონ რისკების კონტროლი, პროგნოზირება და ეფექტური მართვა.

საერთაშორისო საზღვაო გადაზიდვების ტენდენციების და განვითარების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ტვირთების გადაზიდვის მოცულობის ზრდა იწვევს ავარიული სიტუაციების დონის ამაღლებას. ამასთან ერთად ტვირთების მიწოდების სატრანსპორტო - ლოგისტიკური სქემის შედგენისას ხშირად არასათანადო ყურადღება ეთმობა რისკის ფაქტორების შეფასებას, რადგან რისკებით გამოწვეული დანაკარგების რაოდენობრივი სიდიდის განსაზღვრის მეთოდები არასაკმარისადაა დამუშავებული (სურგულაძე 2020: 26).

განვიხილოთ საზღვაო გადაზიდვების განხორციელებისას რისკების შეფასების თანამედროვე ეტაპზე არსებული მეთოდოლოგიური მიდგომები:

1. უსაფრთხოების ფორმალური შეფასება (FSA).

იგი წარმოადგენს სისტემატიზირებულ და სტრუქტურულ მეთოდებს, რომელიც ითვალისწინებს საზღვაო გადაზიდვების უსაფრთხოების ამაღლებას და ადამიანის სიცოცხლის და ჯანმრთელობის დაცვას. ამასთან იგი განსაზღვრავს რისკების შეფასების დანახარჯებს და სარგებლის მიღებას.

2. საზღვაო ხომალდებზე ავარიული რისკების შეფასება არათვლადი სიმრავლეების თეორიის გამოყენებით.

მისაღები რისკების კონცეფციის საფუძველზე უსაფრთხოების შეფასებისას აუცილებელია იმ ავარიების სიხშირის განსაზღვრა, რომელიც დაკავშირებულია ხომალდების ტექნიკურ ექსპლუატაციასთან. ამ მიზნით როგორც წესი გამოიყენება ე.წ. მტყუნებათა არე, რომლის ასაგებად აუცილებელია ვიცოდეთ მექანიკური მოწყობილობების შემადგენელი ელემენტების მტყუნებათა სიხშირის მონაცემები. სტატისტიკური მონაცემების საკმარისი რაოდენობის არსებობისას მტყუნებათა სიხშირე შეიძლება განისაზღვროს დამოკიდებულებით (Кириченко 2014, Faustova 2016: 60)

$$\lambda = \frac{N}{n \cdot T} \quad (1.1)$$

სადაც N - ავარიული მტყუნებების რიცხვია; T - დაკვირვების პერიოდი; n - ერთი და იმავე ტიპის იმ მოწყობილობების რაოდენობაა, რომელთა ექსპლუატაციის პირობები ერთნაირია.

1. რანჟირება როგორც საბაზო ელემენტი რისკების შეფასებაში.

არსებობს რისკების რანჟირების ოთხი ძირითადი მეთოდი.

1.1. მტყუნების კრიტიკული სახე წარმოადგენს რისკების რაოდენობრივ მაჩვენებელს და გამოიყენება მტყუნების ცალკეული სახის კრიტიკული ანალიზისათვის. მტყუნება წარმოადგენს მოვლენას, რომელიც შედეგადად სხვადასხვა ხარისხის სირთულის არასასურველი მოვლენებისაგან.

1.2. რისკის პირობითი სიდიდე წარმოადგენს რისკის მახასიათებელი რიცხვის მახასიათებელ რიცხვით პარამეტრს და იზომება 1–1000 ინტერვალით. იგი წარმოადგენს სამი სხვადასხვა სიდიდის ნამრავლს რომელთა მნიშვნელობები განისაზღვრება 1 – 10 ინტერვალით. ეს სიდიდეებია მტყუნების შედეგების სერიოზულობა - **S**; მტყუნების წარმოქმნის შესაძლებლობა **Q** და მტყუნების ვერშემჩნევის შესაძლებლობა **D**.

1.3. კრიტიკულობის რანგი - არის მაჩვენებელი რომელიც აღწერს სხვადასხვა სახის მტყუნების კრიტიკულობის სისტემატიურობას პარეტოს ცნობილი რანჟირების პრინციპით, ანუ როცა ხდება განსახილველი შერჩევის მოცულობის თანდათანობითი შემცირება. მტყუნების სახე ექსპერტის მიერ სერიოზულობის თვალთახედვით ფასდება და განისაზღვრება მისი შედეგები და გამოვლენის ალბათობა. კრიტიკულობის რანგი კი განისაზღვრება მტყუნების ყველა სახისათვის და დგინდება დაბალი და მაღალი რისკების მტყუნების სახე. მტყუნებას რომელსაც გააჩნია ყველაზე დაბალი კრიტიკულობა მიენიჭება პირველი რანგი, შემდეგ უფრო მაღალი კრიტიკულობის მტყუნებას მიენიჭება რანგი 2 და ა.შ. ე.ი. ამ შემთხვევაში კრიტიკულობის რანგის რიცხვი ემთხვევა მტყუნებათა რიცხვს და პროცედურის არსი მდგომარეობს მტყუნებათა რანგის მიხედვით დალაგებაში.

1.4. რისკის დონე - არის სიდიდე რომელიც იძლევა საშუალებას ერთდროულად მოვახდინოთ მტყუნებათა ყველა სახის რანჟირება. ფაქტიურად იგი წარმოადგენს რისკების სიდიდეების მიხედვით დაყოფას. ეს მეთოდი წინა მეთოდისაგან იმით განსხვავდება, რომ კატეგორიების რიცხვი არ არის ტოლი მტყუნებათა რიცხვის.

2. რისკების მატრიცა.

რისკების კატეგორიის დასადგენად ფართო გამოყენება რისკების მატრიცა (Faustova 2016 :63).

რისკების მატრიცას გამოყენება საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ ისეთი რისკების რანჟირება რომელთა ფულად ერთეულებში გამოსახვა

მ. დევაძე, ა. კამლაძე

გართულებულია. რისკების მატრიცაში სფეროების რაოდენობა დაკავშირებულია შესაძლო მართვადი გადაწყვეტილებების ნაკრებთან. ბუნებრივია ალტერნატიული გადაწყვეტილებების მინიმალური რაოდენობა ტოლია ორის, ამიტომ რისკების მატრიცა როგორც მინიმუმში უნდა შედგებოდეს ორი სფეროსაგან მაინც. ამერიკის ნაოსნობის ბიუროს მიერ რისკების მატრიცაში გათვალისწინებულია მხოლოდ სამი სფერო: პირველი - მაღალი რისკების სფერო; მეორე - საშუალო რისკების სფერო; მესამე - დაბალი რისკების სფერო. ამასთან არასასურველი შედეგების დადგომის ალბათობის რანჟირება შესაძლებელია შემდეგი სახით: 1 - ხშირი (წელიწადში ერთზე მეტი); 2 - შესაძლო (0,1-დან 1-მდე წელიწადში); 3 - იშვიათი (0,01-დან 0,1-მდე შემთხვევა წელიწადში); 4 - დაბალი ალბათობით (0,001-დან 0,01) შემთხვევა წელიწადში); 5 - შეუძლებელი ანუ იშვიათი (0,001-ზე ნაკლები წელიწადში). საზღვაო ქვეყნების სატრანსპორტო კომპანიებში გამოყენებული რისკების მატრიცის სქემა მოცემულია ნახაზზე 1.1.

სიხშირე	ხშირი				მაღალი რისკი
	მნიშვნელოვანი ალბათობით				
	დაბალი ალბათობით	დაბალი რისკი			
	ძალზე დაბალი ალბათობით				
			მინიმალური მნიშვნელოვანი	მძიმე	კატასტროფული
მიღებული შედეგები					

ნახ. 1.1. რისკების მატრიცა.

1. რისკების შეფასება დაზღვევის ტიპის მიხედვით

დამზღვევი კომპანიები საზღვაო გადაზიდვების რისკების შეფასებისას ძირითადად იყენებენ მეთოდურ რუმელიც წარმოდგენილია ნაშრომში. მეთოდურის არსი მდგომარეობს შემდეგში: ავარიის მოხდენის ალბათობა ავლნიშნოთ სიმბოლოთი **p**, სადაზღვევო საწევროს ჯამი ავლნიშნოთ **b** ასოთი, ხოლო სადაზღვევო პრემია ანუ თანხა რომელიც სადაზღვევო კომპანიამ უნდა გადაუხადოს დაზღვეულს ავარიის შემთხვევაში ავლნიშნოთ **c** ასოთი.

სადაზღვევო კომპანიის მოსალოდნელი მოგება შედგება ორი ნაწილისაგან. პირველი - თუ მოხდება ავარია და სადაზღვევო კომპანია გადაიხდის სადაზღვევო პრემიას, მაშინ მის მიერ მიღებული მოგება იქნება $p(b-c)$; მეორე - თუ ავარია არ მოხდება, მაშინ კომპანიის სრული მოგება იქნება $(1-p)b$ საწევრო შენატანის ტოლი. რა თქმა უნდა სადაზღვევო კომპანია გემის მფლობელთან ხელშეკრულებას აფორმებს იმ შემთხვევაში, თუ მისი მოგების საერთო თანხა იქნება დადებითი, ე.ი.

$$B = p(b - c) + (1 - p)b > 0 \rightarrow b > p \cdot c$$

ხელშეკრულების გაფორმების დროს ასევე გასათვალისწინებელია გემის მფლობელის ინტერესებიც. კერძოდ, ის თუ რა შემთხვევაში უღირს მას სადაზღვევო საწევროს გადახდა და რა შემთხვევაში არა და გემის მფლობელის მოსალოდნელი მოგებაც შედგება ორი ნაწილისაგან: პირველი - ავარიის შემთხვევაში თუ დაზღვეული სადაზღვევო პრემიას მიიღებს სადაზღვევო საწევროს გამოკლებით მისი მოგება $p(b - c)$ იქნება დადებითი; მეორე - თუ ავარია არ მოხდება მაშინ დაზღვეული კარგავს სადაზღვევო საწევროს და მოგება იქნება უარყოფითი $(1 - p)(-b)$. ამ შემთხვევაში გემის მფლობელის საერთო მოგება იქნება $B = p(c - b) + (1 - p)(-b) = pc - b$ და ყველა შემთხვევაში გემის მფლობელის მოსალოდნელი მოგება იქნება უარყოფითი.

2. რისკების შეფასება თამაშების თეორიის მეთოდით

სტატისტიკური გაანგარიშების თეორია გამოიყენება რაციონალური მოქმედების წესის რეკომენდაციების დასამუშავებლად გაურკვევლობის პირობებში რომელთანაც დაკავშირებულია რისკი. ამასთან რისკები გამოწვეულია ჩვენგან დამოუკიდებელი მიზეზებით. თამაშების თეორისაგან განსხვავებით ამ შემთხვევაში ჩვენ საქმე გვაქვს არა შეგნებულად მოაზროვნე მოწინააღმდეგესთან, არამედ ობიექტურ გარემოებასთან მეტსახელად „ბუნება“. ე.ი. „ბუნება“ ჩვენს წინააღმდეგ შეგნებულად არ მოქმედებს. თამაშში „ბუნება“ დაუშვებელია იმის წინასწარ გამოცნობა თუ მოწინააღმდეგე როგორ იმოქმედებს და ააწყობს თავის ტაქტიკას, რადგან ეს აძლიერებს რისკს და ართულებს გადაწყვეტილების მიღებას.

სტატისტიკური გაანგარიშების თეორიაში შემოტანილია სპეციალური მაჩვენებელი სახელწოდებით „რისკი“. „რისკი“ გვიჩვენებს რამდენად ხელსაყრელია მოცემულ ვითარებაში ჩვენს მიერ დასახული სტრატეგია მისი განუსაზღვრელობის გათვალისწინებით. მონაცემთა

მ. დევაძე, ა. კამლაძე

განუსაზღვრელობის პირობებში საუკეთესო ამონახსნის შერჩევა შეიძლება განხორციელდეს სამი შესაძლო ვარიანტით.

2.1. საუკეთესო ამონახსნის შერჩევა როცა მდგომარეობის შესაძლო პირობების ალბათობა ცნობილია. ამ შემთხვევაში საჭიროა შევირჩიოთ მოქმედების მეთოდი რომლის გამოყენებითაც მოსალოდნელი შედეგის საშუალო მნიშვნელობა მაქსიმალურია.

2.2. საუკეთესო ამონახსნის შერჩევა, როცა მდგომარეობის შესაძლო პირობების ალბათობა უცნობია, თიმცა გვაქვს მოსაზრება მათ ფარდობით მნიშვნელობაზე. თუ ჩავთვლით, რომ მდგომარეობის ნებისმიერი პირობა არა ნაკლებ ალბათურია ვიდრე სხვა, მაშინ განსხვავებული პირობების ალბათობები შეიძლება ჩავთვალოთ ერთმანეთის ტოლად და შერჩევა მოვახდინოთ ზემოთ მოყვანილი მეთოდით.

2.3. საუკეთესო გადაწყვეტილების შერჩევა როცა მდგომარეობის პირობების შესაძლო ალბათობა უცნობია.

2.3.1. ვალდას კრიტერიუმი. აუცილებელია იმის გარანტია, რომ ნებისმიერი პირობების შედეგი აღმოჩნდება არანაკლები შესაძლო ცუდ პირობებზე. კრიტერიუმის ტაქტიკაა - გაითვალისწინე უარესი. მოქმედების ოპტიმალური ხერხია ის, რომლის დროსაც შედეგი მაქსიმალურია სხვადასხვა ტიპის ამინდის მინიმალური მნიშვნელობებიდან.

2.3.2. სევიჯის კრიტერიუმი. მოქმედების ოპტიმალური მეთოდია ის, რომლისთვისაც მაქსიმალურია რისკი აღმოჩნდება მინიმალური, ამინდის სხვადასხვა ტიპისათვის.

2.3.3. გურვიცის კრიტერიუმი წარმოადგენს კომპრომისს „აირჩიე ცუდი“ ტაქტიკასა და „აირჩიე კარგი“ ტაქტიკას შორის.

რისკების საერთო კლასიფიკაცია (Faustova 2016, Bichou 2014, Devadze 2018) ითვალისწინებს საგარეო ეკონომიკურ, ბუნებრივ-კლიმატურ, საინფორმაციო, ტექნიკურ, ტექნოლოგიურ და სამრეწველო პროცესებს. ამასთან მულტიმოდალურ გადაზიდვებში რისკების შესაფასებლად და სამართავად აუცილებელია მოვახდინოთ მაღალი მახასიათებლების რისკების დიფერენცია. ამისათვის განვიხილოთ ის ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ გადაზიდვების პროცესზე ანუ გადაზიდვის ლოგისტიკური ჯაჭვის ცალკეულ ეტაპზე. კერძოდ:

- საზღვაო პორტებში მოსალოდნელი რისკებია: მეტეოროლოგიური ფაქტორები - გემის გადაყირავება, ავარია ნავიგაციის დროს; ტექნიკურ-ტექნოლოგიური ფაქტორები - ტექნიკური საშუალებების მტყუნება, ავარია გემზე; კრიმინოგენური ფაქტორები - პირატების თავდასხმა, ძარცვა;

პოლიტიკური ფაქტორია გემის დაკავება; ეკონომიკური ფაქტორები - ჯარიმების სანქცია; ადამიანური ფაქტორი - ავარია.

- საზღვაო გადაზიდვებში ძალზე ხშირად გვხვდება შემდეგი რისკები: ძირითადი ძრავის მწყობრიდან გამოსვლა, სანავიგაციო მოწყობილობების და საჭის მართვის მექანიზმის მტყუნება და სხვა; გემის გადაყირავება; ხანძარი, ტვირთის დაკარგვა, გემის გატაცება და გემის დაჯდომა თავთხელზე. წელიწადის პერიოდის და ცურვის რაიონის მიხედვით რისკების წარმოქმნის მიზეზია ტროპიკული ციკლონი, ქარიშხალი, ცუნამი, ტორნადო.

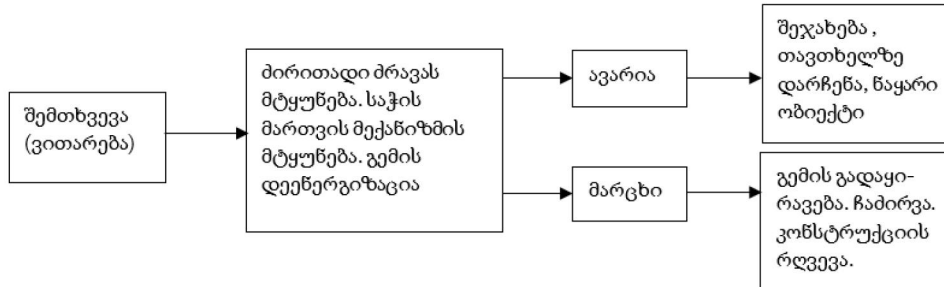
- საავტომობილო გადაზიდვებისას ძირითადად გვხვდება რისკების შემდეგი სახე: აგრეგატების და კვანძების მტყუნება; მძიმე მეტეოროლოგიური პირობები; ტვირთის დაკარგვა; ავარია და ავტომობილის დაზიანება, ყაჩაღური თავდასხმა და სხვა.

- სარკინიგზო ტრანსპორტზე მოსალოდნელია რისკების შემდეგი სახეები: ტექნიკური საშუალებების მტყუნება, თავდასხმა და სარკინიგზო შემადგენლობის გატაცება; ვაგონების ნაწილის რელსებიდან გადასვლა, ხანძარი ან აფეთქება ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის დროს, მარცვა და ტვირთის დაკარგვა, ვაგონების და კონტეინერების დაზიანება.

მულტიმოდალური გადაზიდვების შესრულებისას ყველაზე უფრო გავრცელებული რისკების მრავალსახეობიდან შეიძლება გამოვყოთ სამი ძირითადი ჯგუფი: 1) რისკები რომლებიც გამოწვეულია სატრანსპორტო საშუალებების დაზიანებით და ტვირთის დაკარგვით; 2) ავარიული შემთხვევით გამოწვეული რისკი რომლის დროსაც არ ხდება ტვირთის ან სატრანსპორტო საშუალების დაკარგვა; 3) სატრანსპორტო საშუალების მწყობრიდან გამოსვლა და მტყუნება რომელმაც უნდა უზრუნველყოს ტვირთის გადატანა და შენახვა. ჩატარებული კვლევების ანალიზის საფუძველზე (ჩატარებულია 1500 მეტი კვლევა) საზღვაო გემებზე და სახმელეთო ტრანსპორტზე ავარიების უმეტესი ნაწილის ხორციელდება ნახ. 1.2 - ზე წარმოდგენილი სქემების მიხედვით.

რისკების გაანგარიშების მეთოდიკა ეფუძნება სხვადასხვა სახის ტრანსპორტით უსაფრთხო გადაზიდვის სტატისტიკურ მოდელს და საგანგებო სიტუაციების განვითარების საერთო მოდელს (ნახ. 1.2).

მ. დევაძე, ა. კამლაძე



სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ შემთხვევითი მოვლენების ნაკადის ტიპი და შევირჩიოთ კონკრეტული მოდელი, რომელიც აღწერს უსაფრთხო მოძრაობის რისკების შეფასების რაოდენობრივ მაჩვენებელს. ამოხსნის სტატისტიკური თეორია ემსახურება რეკომენდაციების დამუშავების გაურკვეველ სიტუაციებში რაციონალური მოქმედებისათვის და მასთან დაკავშირებული რისკების შეფასებას. იმის გათვალისწინებით რომ ავარიის და რისკის წარმოქმნა საგანგებო სიტუაციებში შემთხვევითი ხასიათის მოვლენებია, მათი შეფასება ხდება ალბათობის თეორიის და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა ტექნიკურ პროცესებში ავარიული სიტუაციების და რისკების მოვლენების კვლევა ერთმანეთისაგან განსხვავებულია. ამიტომ მეთოდოლოგია სრულდება მათგან ყველაზე უფრო გავრცელებულისთვის შემდეგი პირობებით:

- საგანგებო სიტუაციებში ავარიები წარმოდგენილია შემთხვევითი მოვლენების ნაკადის სახით რაც საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ სისტემის მფგომარეობის პროგნოზირება;
- საგანგებო სიტუაციების ალბათობის ინტერპრეტირება ხდება როგორც სისტემის პარამეტრული მტყუნებები;
- სატრანსპორტო საშუალებების ავარია და მასთან დაკავშირებული ტვირთების გაფუჭება ან კარგვა მიეკუთვნება იშვიათ მოვლენათა რიცხვს, რომელთა განაწილება ხდება პუანსონის კანონით. თუ გავითვალისწინებთ იმას რომ ერთი გემის ავარია არ გამორიცხავს მეორე გემის ავარიის ალბათობას. მაშინ შეიძლება დავუშვათ, რომ ავარიული მოვლენები ზოგადად ემყარება პუანსონის განაწილებას.
- განვიხილოთ სტაციონალურ მოვლენათა პუანსონური ნაკადი, რომლისთვისაც იმის ალბათობა რომ დროს τ მონაკვეთში მოხდება

- განვიხილოთ სტაციონალურ მოვლენათა პუანსონური ნაკადი, რომლისთვისაც იმის ალბათობა რომ დროს τ მონაკვეთში მოხდება ზუსტად K მოვლენა გამოითვლება ფორმულით (Топалов 2007, Faustova 2016 :84).

$$- P_m(K) = \frac{\alpha^K e^{-\alpha}}{KI} \quad (1.2)$$

- მაშინ ტვირთის უსაფრთხო გადაზიდვის სტატისტიკურ მოდელს აქვს სახე

$$- P\{X(t, \tau) = K\} = \frac{\alpha^K e^{-\alpha}}{KI} \quad (1.3)$$

საზღვაო გემებზე რისკების შეფასების მეთოდის დამუშავებისას შესაძლებელია შემდეგი დაშვებები:

1. საგანგებო შემთხვევების წარმოქმნა და განვითარება მიმდინარეობს ნახ. 1.1 - ზე წარმოდგენილი სცენარის მიხედვით;
2. ავარიული შემთხვევები ვლინდება მიმდევრობითი მოვლენების ორი ჯგუფის A_j^e და B_i სახით;
3. პირველადი მოვლენების ჯგუფი A_j^e წარმოადგენს საშიშ მტყუნებებს საზღვაო ტრანსპორტის ტექნიკურ ობიექტებზე რაც არის გემების შეჯახების და თავთხელზე დარჩენის მიზეზი. ე.ი. A_j^i მოვლენები არათავსებადი მოვლენების ჯგუფია;
4. მოვლენათა მეორე ჯგუფი B_i წარმოადგენს თავსებად მოვლენებს რომელთაგან ერთი მაინც გამოვლინდება A_j^i მოვლენის მოხდენის შემდეგ. იგი გამოვლინდება როგორც შეჯახების, ასევე თავთხელზე დარჩენის მოვლენებში.

მაშინ A_j^e მოვლენის მოხდენის ალბათობა არათავსებადი მოვლენების სრული ჯგუფიდან გამოითვლება ფორმულით

$$P(A_j^e) = \sum_{i=1}^3 N_{B_i/A_j^e} / \sum_{e=1}^L \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^3 N_{B_i/A_j^e} \quad (1.4)$$

სადაც N_{B_i/A_j^e} ავარიული შემთხვევების საერთო რაოდენობაა დროის ერთეულში.

j სახის მტყუნების წონითი შეფასება i ზარალით ცურვის i რაიონში გამოითვლება ფორმულით.

$$\omega(A_{ji}^e) \sum N_{jie} / \sum_i \sum_j \sum_e N_{jie} \quad (1.5)$$

უნდა აღვნიშნოთ, რომ გემების მოძრაობის უსაფრთხოების დონე ცურვის სხვადასხვა მონაკვეთზე სხვადასხვაა. ცხადია რომ გემის მოძრაობის განსაზღვრულ მარშრუტზე ავარიული რისკის შეფასება დამოკიდებულია უსაფრთხოების მდგომარეობაზე მხოლოდ ამ მარშრუტზე.

B_i/A_j^e მოვლენის მოხდენის ინტენსივობის შესაფასებლად, გემის რეისის 1 საათის მონაკვეთზე m მარშრუტზე გამოიყენება დამოკიდებულება

$$\lambda^m_{B_i/A_j^e} = \mu_m \cdot \lambda_{B_i/A_j^e} \quad (1.6)$$

სადაც μ_m - რომელიმე m მოძრაობის უსაფრთხოების მაჩვენებელია და

$$\mu_m = M \cdot \bar{g}_m / \sum_{m=1}^M \bar{g}_m \quad (1.7)$$

სადაც \bar{g}_m - მოძრაობის უსაფრთხოების საშუალო ინტეგრალური მაჩვენებელია გამოსაკვლევ პერიოდში; M - საზღვაო ტრანსპორტზე მარშრუტების ვარიანტების რაოდენობაა.

ალბათობა $P(A_j^e)$ წარმოადგენს სუბიექტურ აპრიორულ ალბათობას რადგანაც გემების შეჯახების მიზეზი A_i^e გამოითვლება ექსპერტთა შეფასების გზით სამსახურებრივი კვლევის მსვლელობისას. ამიტომ მოვლენათა ჯგუფი A_j^e შეიძლება განვიხილოთ როგორც ჰიპოთეზების ჯგუფი რომლებიც წარმოშობენ B_i მოვლენებს. ბაიერის თეორიის გამოყენებით ალბათობათა ფორმულების გადამრავლებით მივიღებთ

$$P(A_j^e/B_i) = \frac{P(A_j^e) \cdot P(B_i/A_j^e)}{\sum P(A_j^e) \cdot P(B_i/A_j^e)} \quad (1.8)$$

სადაც $P(A_j^e)$ - A_j ჰიპოთეზის ალბათობაა;

$P(B_i/A_j^e)$ - B_i მოვლენის პირობითი ალბათობაა $P(A_j^e)$ ჰიპოთეზის დროს.

ავარიულობის რისკი, მოვლენების B_i/A_j^e , B_i ; B ხდომილებისას გემის მოძრაობისას კონკრეტულ მარშრუტზე (რომელიც დაყოფილია მონაკვეთებად $m_1, m_2 \dots m_L$) დროში $t \leq t_1 + t_2 + t_L$ განისაზღვრება ფორმულით

$$R_M(B_i/A_j^e) = 1 - e^{\psi p(-\sum_m \lambda^m \cdot T_m)} \quad (1.9)$$

$$R_M(B_i) = \sum \sum R_M(B_i/A_j^e) \quad (1.10)$$

$$R_M(B) = \sum_{i=1}^3 R_M(B_i) \quad (1.11)$$

T პერიოდში ავარიის მოხდენის ინტენსივობა მტყუნებების მიზეზით მძიმე კლიმატურ პირობებში, (ფორს-მაჟორულ გარემოებებში) შეიძლება განვსაზღვროთ სტატისტიკური მონაცემებით ნებისმიერი პოტენციალურად საშიში რაიონისათვის ℓ

$$Y_{(B_i/A_j^e)} = \frac{\sum \sum \sum N_{j i e}}{T_e} \quad (1.12)$$

ხოლო ამ რაიონში გამავალი 1 გემისათვის

$$Y^1 = \frac{\sum \sum \sum N_{j i e}}{T_i \cdot \sum S_{eT}} \quad (1.13)$$

სადაც $\sum S_{eT}$ – ℓ რაიონში გამავალი გემების რაოდენობაა დროის T მონაკვეთში.

მაშინ საგანგებო სიტუაციის და ავარიის მოხდენის ალბათობა გამოითვლება ფორმულით

$$R(B_i/A_j^e) = 1 - \exp(-Y_{B_i/A_j^e} T_i) \quad (1.14)$$

$$R(B_i) = \sum P(A_j^e) \cdot R(B_i/A_j^e) \quad (1.15)$$

$$R(B) = \sum \sum P(A_j^e) \cdot R(B_i/A_j^e) \quad (1.16)$$

წარმოდგენილი მეთოდიკა რისკების მოხდენის ალბათობის გასაანგარიშებლად საგანგებო ვითარებაში წარმოადგენს რისკების ინტეგრალური შეფასების მთავარ ბაზისს.

T პერიოდის განმავლობაში ავარიული სიტუაციის წარმოქმნის ინტენსივობა ცუდი ამინდის მიზეზით, ფორსმაჟორული მდგომარეობით ან ტექნიკური პრობლემებით, შეიძლება ვიანგარიშოთ სტატისტიკური მონაცემების გამოყენებით (ℓ რაიონისათვის) ფორმულით

$$J_{(B_i/A_j)} = \frac{\sum_i \sum_j \sum_\ell N_{j i \ell}}{T_\ell} \quad (1.17)$$

ხოლო ℓ რაიონში გამავალი ერთი გემისათვის

$$J_{(B_i/A_j)} = \frac{\sum_i \sum_j \sum_\ell N_{j i \ell}}{T_\ell \cdot \sum_\ell S_{\ell T}} \quad (1.18)$$

სადაც $\sum_\ell S_{\ell T} - T$ - პერიოდში ℓ რაიონში გამავალი გემების რაოდენობაა.

მაშინ ავარიული რიცხვების სიდიდე შეიძლება ვიანგარიშოთ ფორმულით

$$R(B_i/A_j^\ell) = 1 - \ell X P(-J_{B_i/A_j^\ell} \cdot T_\ell) \quad (1.19)$$

$$R(B_i) = \sum_1^j P(A_j^\ell) \cdot R(B_i/A_j^\ell) \quad (1.20)$$

$$R(B) = \sum \sum P(A_j^\ell) \cdot R(B_i/A_j^\ell) \quad (1.21)$$

ავარიის რისკის ფასი R_i^ℓ შეიძლება ვიანგარიშოთ როგორც ავარიის ალბათობის $P(B_i/A_j^\ell)$ ნამრავლი მოსალოდნელი ზარალის სიდიდეზე.

$$R_i^\ell = P(B_i/A_j^\ell) \cdot \int W_i^\ell d\ell \quad (1.22)$$

წარმოდგენილი მეთოდიკა, რომლის მიხედვითაც იანგარიშება საგანგებო სიტუაციაში რისკების და ავარიების წარმოქმნის ალბათობა, წარმოადგენს საფუძველს რისკების ინტეგრალური შეფასებისათვის.

ლიტერატურა

- სურგულაძე გ., ი. ქარქაშაძე, ა. მჭედლიშვილი. 2020. ლოგისტიკის მენეჯმენტის მხარდამჭერი საინფორმაციო სისტემების აგება. თბილისი: სტუ.
- Devadze M., Kochadze I., Turmanidze T. 2018. „Logistical Risks of Maritime Transport Processes“. *The international scientific journal Trans Motauto World Issue* . 2/2018: 84-86.
- Faustova O., G. 2016. *Development of the Method of Integral Assessment and Management of the Risk of Emergency Situations to Increase the Safety of Maritime and Multimodal Cargo Transportation*. Dissertation theses. Kaliningrad.
- Khalid Bichou, Michael Bell, Andrew Evans. 2014. *Risk Management in Port Operations, Logistics and Supply Chain Security*. New York.
- Кириченко А. В. 2014. *Организационно-технические основы безопасности судов и портовых средств*. СПб: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова.
- Топалов В.П. 2007. *Риски в судоходстве* / В.П. Топалов, В.Г. Торский. Одесса: Астропринт.

Industrial and Manufacturing Engineering

Methodology of integral assessment of risks of emergency situations in maritime and multimodal transportation

Murtaz Devadze

m.r.devadze@bsma.edu.ge
Batumi State Maritime academy
Batumi, Georgia

Aleksandre Kamladze

aleksandre.kamladze@atsu.edu.ge
Akaki Tsereteli State University
Kutaisi, Georgia

In the modern day, the world sea fleet is experiencing a significant increase in both the number of ships and the cargo they carry. However, the shipping process is associated with a number of difficulties that hinder the efficiency of cargo delivery. Investigations of the risks of occurrence of emergency situations in land and maritime freight transportation processes and development of their reduction methods require special approaches. The paper analyzes the current methodological approaches of transport risk assessment and proposes a generalized model of the development of emergency situations based on the statistical model of safe transportation and the general model of the development of emergency situations. The developed methodology provides the basis for an integral assessment of risks.

Keywords: ranking, risk matrix, insurance, game theory, probability.

Analysis of the trends and the level of development of international maritime transport reveals that the increase in the volume of cargo transportation leads to an increase in emergency situation level. Along with this, while making up the transport and logistics scheme of cargo delivery, often inappropriate attention is paid to the assessment of risk factors, because the methods of determining the quantitative value of losses caused by risks have been insufficiently developed.

Let us consider the methodological approaches existing at the modern stage of risk assessment in maritime transport:

Formal Safety Assessment (FSA)

It is a systematic and structured methodology, which is aimed at enhancing maritime transport safety and the protection of life and health. It determines the costs and benefits of risk assessment.

Assessment of accident risks on marine vessels using the theory of uncountable sets

When assessing safety based on the concept of acceptable risks, it is necessary to determine the frequency of accidents related to technical operation of ships. For this, as a rule, the so-called fault area is used, for the construction of which it is necessary to know the data regarding the fault frequency of the constituent elements of mechanical devices. In the presence of a sufficient number of statistical data, the fault frequency can be determined by the relationship (Faustova 2016 :60)

where N – the number of accidental faults; T – observation period; n - the number of devices of the same type with the same operating conditions.

Ranking as a base element in risk assessment

There are four basic methods of risk ranking.

- 2.1. The critical type of faults is a quantitative indicator of risks, and it is used for the critical analysis of individual types of faults. Fault is an event consisting of undesirable events of varying degrees of complexity.
- 2.2. The conditional value of risk is a numerical parameter characteristic of the characteristic number of risk and is measured within the interval 1–1000. It represents the product of three different quantities whose values are determined by the interval 1-10. These quantities are: the seriousness of the consequences of fault - S ; the possibility of the occurrence of faults Q and the possibility of overlooking faults D .
- 2.3. Criticality ranking - is an indicator that describes the systematicity of the criticality of different types of faults by the well-known Pareto ranking principle, that is, when there is a gradual reduction in the volume of the considered sample. Risk level - is a quantity that allows us to simultaneously rank all types of faults. In fact, it represents the division of risks according to their magnitudes. This method differs from the previous method in that the number of categories is not equal to the number of faults.

Risk matrix

Risk matrix is widely used to define the risk category (Faustova 2016 :63). The use of the risk matrix allows to rank such risks, which are difficult to express in monetary units. The number of areas in the risk matrix is related to the set of

possible manageable decisions. Naturally, the minimum number of alternative solutions is equal to two, so the risk matrix should consist of at least two areas.

1. Risk assessment by type of insurance

Insurance companies mainly use the methodology presented in the paper when assessing the risks of maritime transport. The essence of the methodology is as follows: the likelihood of an accident we denote by the symbol p , the amount of insurance fees we denote by the letter b , and the insurance premium, or the amount that the insurance company must pay to the subject insured in case of an accident, we denote by the letter c .

The expected profit of the insurance company consists of two parts. First - if an accident occurs and the insurance company pays the insurance premium, then the profit it receives will be $p(b-c)$; Second - if an accident does not occur, then the total profit of the company will be equal to the membership fee $(1-p)b$. Of course, the insurance company signs a contract with the ship owner if the total amount of its profit is positive.

2. Risk assessment using the method of game theory

In the theory of statistical calculation, a special indicator called “risk” has been introduced. “Risk” shows how favorable our strategy is in the given situation, taking into account its uncertainty. The choice of the best solution under conditions of data uncertainty can be done with three possible options.

a. Choosing the best solution when the probability of the possible conditions of the situation is known. In this case, it is necessary to choose a method of action, with the use of which the average value of the expected result is maximum.

b. Choosing the best solution when the probabilities of the possible conditions of the situation are unknown, but we have an opinion about their relative value. If we assume that any condition of the situation is not less probable than the other, then the probabilities of different conditions can be considered equal to each other and chosen according to the above method.

c. Choosing the best solution when the possible probability of the situation is unknown.

General classification of risks (Faustova 2016, Bichou 2014, Devadze 2018) takes into account external economic, natural-climatic, informational, technical, technological and industrial processes. In addition, in order to assess and manage risks in multimodal shipments, it is necessary to differentiate high-characteristic risks. For this, let us consider the main factors that affect the shipping process,

that is, at a separate stage of the shipping logistics chain. In particular:

- Expected risks in seaports are: meteorological factors - the ship capsizing, accident during navigation; technical and technological factors - failure of technical means, accident on the ship; criminogenic factors - pirate attack, robbery; the detention of the ship is a political factor; economic factors - penalties; human factor – an accident.
- The following risks are very common in maritime transport: failure of the main engine, failure of navigation devices and steering mechanism, etc.; the ship capsizing; fire, cargo loss, ship stranding. Depending on the time of year and the area of navigation, the causes of risks are tropical cyclones, hurricanes, tsunamis, and tornadoes.

The analysis of statistical data allows to determine the type of flow of random events and to select a specific model that describes the quantitative indicator of safe navigation risk assessment. The statistical theory of the solution serves to work out recommendations for rational action in uncertain situations and to assess the risks associated with it. The methodology is used under the following conditions:

- The accidents in emergency situations are presented as a flow of random events, which allows us to forecast the reliability of the system;
- The likelihood of emergency situations is interpreted as parametric faults of the system;
- The breakdown of vehicles and the damage or loss of cargo are among the rare events whose distribution follows the Poisson law. Consider the Poisson flow of stationary events, for which the likelihood that exactly K event will occur in the time interval τ is calculated by the formula (Faustova 2016 :84).
- Then the statistical model of safe transportation of cargo is as follows

$$P\{X(t, \tau) = K\} = \frac{\alpha^K e^{-\alpha}}{K!} \quad (1.3)$$

It should be noted that the level of safety for the movement of ships is different in different sections of the route. It is clear that the assessment of the accident risk on a certain route of the ship's movement depends on the safety situation particularly on this route.

During the period T , the intensity of accidents due to the faults in severe climatic conditions (in force majeure circumstances) can be determined by statistical data for any potentially dangerous area ℓ .

$$Y_{(B_i/A_j^e)} = \frac{\Sigma\Sigma\Sigma N_{jie}}{T_e} \quad (1.12)$$

while for the ship 1 passing through this area

$$Y^1 = \frac{\Sigma\Sigma\Sigma N_{jie}}{T_i \Sigma S_{eT}}, \quad (1.13)$$

where $\Sigma S_{eT} - \ell$ is the number of ships passing through the area in the time period T .

The intensity of occurrence of an emergency situation during the T period due to bad weather conditions, force majeure or technical problems can be calculated using statistical data (for the area ℓ) by the formula

$$J_{(B_i/A_j)} = \frac{\Sigma_i \Sigma_j \Sigma_\ell N_{jil}}{T_\ell} \quad (1.17)$$

While for one ship passing through the area ℓ

$$J_{(B_i/A_j)} = \frac{\Sigma_i \Sigma_j \Sigma_\ell N_{jil}}{T_\ell \Sigma_\ell S_{\ell T}}, \quad (1.18)$$

where $\Sigma_\ell S_{\ell T}$ – the number of ships passing through the area ℓ during the time period T .

Then the magnitude of emergency numbers can be calculated using the following formulas

$$R_{(B_i/A_j^\ell)} = 1 - \ell XP(-J_{B_i/A_j^\ell} \cdot T_\ell) \quad (1.19)$$

$$R_{(B_i)} = \Sigma_1^j P(A_j^\ell) \cdot R_{(B_i/A_j^\ell)} \quad (1.20)$$

$$R_{(B)} = \Sigma\Sigma P(A_j^\ell) \cdot R_{(B_i/A_j^\ell)} \quad (1.21)$$

The accident risk price R_i^ℓ can be calculated as the product of the accident probability $P(B_i/A_j^\ell)$ by the amount of the expected loss.

$$R_i^\ell = P(B_i/A_j^\ell) \cdot \int W_i^\ell d\ell \quad (1.22)$$

The presented methodology, according to which the likelihood of occurrence of risks and accidents in an emergency situation is calculated, is the basis for an integral assessment of risks.