

## Nəqliyyat daşımalarında qərarqəbuletmənin riyazi əsasları

Aysel Oktay qızı Bədəlova

Azərbaycan Universiteti

E-mail: aysel.badalova@student.au.edu.az

**Rəyçilər:** f.-r.ü.f.d. Q.Ə. Əliyev,  
f.-r.ü.f.d., dos.B.B. Əzizov

**Açar sözlər:** loqistika, qərarqəbuletmə alqortimləri, riyazi modelləşdirmə, mənsubiyyət funksiyası

**Ключевые слова:** логистика, алгоритмы принятия решений, математическое моделирование, функция аффилированности

**Key words:** logistics, decision-making algorithms, mathematical modeling, affiliation function

Nəqliyyat daşımalarında tez-tez nəqliyyat infrastrukturu və vasitələri, təyyarə parkları, dəmir yol, avtomobil nəqliyyatı və gəmiçilik və boru kəməri vasitələri, uçuş heyətləri, sərnəşinlər üçün təhlükələr yarada bilən təhdidlər – müxtəlif qeyri qanuni müdaxilə halları meydana çıxır. Bədnəqliyyatlı bu üsullarla öz məqsədlərinə nail olmaq istəyirlər. Statistika göstərir ki, bəzən onlar öz istəklərinə qismən də olsa çatırlar. Bu cür halların qarşısını almaq üçün klassik mühafizə üsulları ilə yanaşı, ən müasir texnologiyaların tətbiqinə, elmin son nailiyyətlərinə əsaslanan yeni kompleks nəzarət sistemlərinin və qərar qəbuletmə alqortimlərinin işlənməsi günümüzün ən aktual problemlərindən birinə çevrilmişdir. Bu istiqamətdə tətqiqat işləri aparılmış və müəyyən nəticələr alınmışdır.

Riyazi modelin qurulması

Tutaq ki, bədnəqliyyatlı nəqliyyat daşımalarında təhlükəli yüklər kateqoriyasına ayrılan 9 sinif ( $n=9$ )

1) partlayıcı maddələr; 2) qazlar; 3) tezalısan bərk maddələr, öz özünə alısan maddələr, su ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda tezalısan qazların ayrılması və müşahidə olunan maddələr; 5) oksidləşdirici maddələr, üzvi peroksid; 6) zəhərləyici və yoluxucu maddələr; 7) radiaktiv maddələr; 8) korroziyaedici maddələr; 9) digər təhlükəli yüklər (3). Təhlükəli yüklər mənbəyinin köməyi ilə  $n$  – sayda təhdidlər (kənar müdaxilələr yığını yaradır).

Hər bir  $i$  – ci təhdidinin törədilə bilmə ehtimalı  $P_i^{teh}$  və vura biləcəyi ziyanı  $\Delta q_i^{teh}$  ilə işarə edək. Nəzərdə tutulan loqistik sistemin rəşional variantını seçmək üçün qurulacaq riyazi model kənar müdaxilələrin tamamilə və ya qismən qarşısının alınmasına xidmət edəcəkdir. Bu sistemin əsas xarakteristikası baş verə biləcək  $i$  – ci kənar müdaxilənin qarşısının alınması ehtimalıdır.

Bu ehtimalı  $P_i^{leğ}$  kimi işarə edək. Model əsasında seçiləcək loqistik modelin təhlükəsizlik sisteminin qarşısını alacağı baş verə biləcək təhdidlərin vura biləcəyi ziyanın –  $W$  azaldılması təmin olunur. Ümumi qarşısı alınmış ziyanları  $\bar{W}$  və  $i$  – ci kənar müdaxilənin ləğv edilməsi nəticəsində qarşısı alınmış ziyanı  $\bar{\omega}$  ilə işarə edək.

Bu cür işarələmədən sonra riyazi modeli ümumi şəkildə aşağıdakı kimi formalaşdırıla bilər:

Loqistik modelin elə variantını işləyib həyata keçirmə lazımdır ki, yolverilən xərclər

daxilində, baş verə biləcək təhlükələrin ləğvi nəticəsində vurula biləcək ziyanların qarşısının alınması maksimum təmin olunsun (4). Məsələnin formal qoyuluşu aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$T^0 = \omega q \max_{T^+} \bar{W}(T) \quad (1)$$

$$C(T^0) \leq C_{yolver} \quad (2)$$

Burada  $T^+ T^0 T$  – vektorun yol verilən və optimal qiymətləri,  $C_{yolver}$  - sistemin yaradılmasında yol verilən xərclərdir.

Qoyulan məsələni həll etmək üçün əvvəlcə layihələndirilən loqistik sistemin fəaliyyətinin  $\bar{W}(T)$  keyfiyyət göstəricilərini formalaşdırmaq lazımdır.

Aydındır ki, qarşısı alınmış ziyanları ümumi şəkildə aşağıdakı münasibətlə ifadə etmək olar.

$$\bar{W} = F(P_i^{teh}; \Delta q_i^{teh}; P_{i_{teh}}^{leg}; i = 1, n) \quad (3)$$

$i$  - ci təhdidin aradan qaldırılması ilə qarşısı alınmış ziyan aşağıdakı münasibətlə ifadə olunur

$$\bar{\omega}_i = P_i^{teh} \cdot \Delta q_i^{teh} \cdot P_{i_{teh}}^{leg} \quad (4)$$

Təhdidlərin asılı olmaması və onların nəticələrinin additivliyi şərti ilə yaza bilirik:

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^n P_i^{teh} \cdot \Delta q_i^{teh} \cdot P_{i_{teh}}^{leg} \quad (5)$$

(5) düsturuna daxil olan vuruqlar üzərində bir qədər ətraflı dayanaq.

$i$ -ci təhdidin baş vermə ehtimalı  $P_i^{teh}$  statistik təyin olunur və təhdidin baş verməsinin nisbi tezliyinə uyğundur, yəni:

$$P_i^{teh} = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = \bar{\lambda}_i \quad (6)$$

Burada  $i$ -ci kənar müdaxilənin baş vermə tezliyidir.

$i$ -ci təhdidin yaratdığı  $\Delta q_i^{teh}$  ziyanlar mütləq vahidlərlə təyin olunur: xəsarət almış və ya qəzaya uğramış avia personal, dəmiryol qatarları, avtomobil nəqliyyatı və ya gəmi nəqliyyatı vasitələri, sərnişinlər, iqtisadi itkilər, qismən zədələnmiş və ya tamamilə sıradan çıxmış infrastruktur, yerüstü nəzarət loqistika qurğuları və digər texniki vasitələr və s. Lakin praktiki olaraq dəyə biləcək ziyanları mütləq vahidlərə qiymətləndirmək çox çətindir. Bu xüsusilə loqistik modelin qurulması üçün ilkin layihələndirmə mərhələlərindən daha çətindir. Odur ki, mütləq zərərlərin əvəzinə nisbi zərərlərin istifadəsi məqsədəuyğundur. Nisbi zərərlər  $i$ -ci kənar müdaxilənin mühafizə olunan obyektlər üçün təhlükəlilik dərəcəsi ilə xarakterizə olunur. Təhlükəlilik dərəcəsi ekspertlərin köməyi ilə təyin edilə bilər və hesab olunur ki, bütün kənar müdaxilələr mühafizə olunan obyektlər üçün baş verə biləcək təhlükəli hadisənin tam bir qrupunu təşkil edir (8,10).

Yəni, 0

Loqistik sistem, təhlükəsiz nəqliyyat dəhlizi layihələndirərkən (5) düsturunun 3-cü vuruğu

olan  $P_{i_{teh}}^{leg}$   $i$ -ci kənar müdaxilənin aradan qaldırılması ehtimalının təyin edilməsi ən mürəkkəb məsələlərdən biridir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu ehtimal sistem layihələndirilərkən onun üzərinə qoyulan kəmiyyət və keyfiyyət tələblərinin nə dərəcədə tam nəzərə alınması ilə müəyyən

olunur, yəni :

$$P_{i_{\text{teh}}}^{\text{leg}} = f_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{im}) \quad (7)$$

Burada  $x_{ij}$   $i$ -ci kənar müdaxilənin qarşısını almaq üçün loqistik sistem üzərinə qoyulan  $c_{ij}$  tələbin yerinə yetirilmə dərəcəsidir,  $i = \overline{1, n}$ ;  $j = \overline{1, m}$ . Sistem üzərinə qoyulan ilk “k” tələb kəmiyyət, sonrakı “m-k” isə keyfiyyət tələbləri olsun.  $j$ -ci kəmiyyət tələbinin yerinə yetirilmə dərəcəsi onun tələb olunan optimal tələbat qiymətinə yaxınlığı ilə müəyyən olunur. Loqistik sistem üzərinə qoyulan  $j$ -ci kəmiyyət tələbinin qiymətləndirilməsi üçün onun normallaşdırılmış qiymətindən istifadə etmək daha rahatdır.  $\overline{x_{ij}} (j = \overline{1, k}), 0 \leq x_{ij} < 1$

Normallaşdırma üçün aşağıdakı münasibətdən istifadə etmək rahatdır [6,7,9]

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\text{ян нис}}}{x_{ij}^{\text{ян йахишы}} - x_{ij}^{\text{ян нис}}} \quad (8)$$

Burada  $x_{ij}$   $j$ -ci tələbin cari qiyməti,  $x_{ij}^{\text{ян йахишы}}$  və  $x_{ij}^{\text{ян нис}}$  isə  $j$ -ci tələbin ən yaxşı və ən pis qiymətləridir.

$x_{ij}^{\text{ян йахишы}} = x_{ij \max}$ ;  $x_{ij}^{\text{ян нис}} = x_{ij \min}$  işarə etsək (8) düsturunu aşağıdakı şəkildə olar:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij} - x_{ij \min}}{x_{ij \max} - x_{ij \min}} \quad (9)$$

$x_{ij}^{\text{ян йахишы}} = x_{ij \min}$ ;  $x_{ij}^{\text{ян нис}} = x_{ij \max}$  işarə etsək isə (8) düsturunu belə olar.

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij \max} - x_{ij}}{x_{ij \max} - x_{ij \min}} \quad (10)$$

$x_{ij}^{\text{ян йахишы}} = x_{ij \text{opt}}$ ;  $x_{ij \text{ян нис}} = x_{ij \min}$ ;  $x_{ij}^{\text{ян нис}} = x_{ij \max}$ ;  $x_{ij \min} \leq x_{ij \text{opt}} \leq x_{ij \max}$

işarə etsək, onda  $i$ -ci kənar müdaxilənin qarşısını almaq üçün sistem üzərinə qoyulan  $X_{ij}$ -ci kəmiyyət tələbinin qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı ümumi ifadəni yazma bilərik:

$$\overline{x_{ij}} = \begin{cases} 0 \text{ яэяр } x_{ij} > x_{ij \min}; x_{ij} < x_{ij \max} \\ 1 \text{ яэяр } x_{ij} = x_{ij \text{opt}} \\ \frac{x_{ij} - x_{ij \min}}{x_{ij \text{opt}} - x_{ij \min}} \text{ яэяр } x_{ij \min} \leq x_{ij} \leq x_{ij \text{opt}} \\ \frac{x_{ij \max} - x_{ij}}{x_{ij \max} - x_{ij \text{opt}}} \text{ яэяр } x_{ij \text{opt}} \leq x_{ij} \leq x_{ij \max} \end{cases} \quad (11)$$

Loqistik sistem üzərinə qoyulan  $j$ -ci keyfiyyət tələbinin yerinə yetirilmə dərəcəsi mənsubiyyət funksiyası ( $x_{ij}$ ) ilə təyin olunur (5, 10).

(7) -düsturunu Makleron (7) sırasına ayırsaq və sıranın ilkin hədləri ilə kifayətlənsək aşağıdakı ifadəni yazı bilərik:

$$P_{i\text{мяу}}^{\text{лябв}} = P_{i\text{мяу}}^{\text{лябв}}(0) + \sum_{j=1}^m \frac{\partial P_{i\text{мяу}}^{\text{лябв}}}{\partial x_{ij}} \cdot x_{ij} \quad (12)$$

burada  $P_{i\text{мяу}}^{\text{лябв}}(0)$  - sistemin üzərinə qoyulan tələblər yerinə yetirilmədikdə  $i$ -ci kənar müda-

xilənin aradan qaldırılması ehtimalı,  $\frac{\partial P_{i\text{мяу}}^{\text{лябв}}}{\partial x_{ij}} = \alpha_{ij}$  kəmiyyəti  $i$ -ci kənar müdaxilənin aradan qaldırılması ehtimalına  $j$ -ci tələbin təsir dərəcəsidir. Başqa adla bunu  $i$ -ci kənar müdaxilənin qarşısını almaq üçün  $j$ -ci tələbin yerinə yetirilməsinin vacibliyi kimi də qəbul etmək olar.

$$0 \leq \alpha_{ij} \leq 1; \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}$$

Aydın ki,

(12) düsturunda sistem üzərinə qoyulan kəmiyyət və keyfiyyət tələblərini nəzərə alsaq aşağıdakı ifadəni alırıq :

$$P_{i\text{мяу}}^{\text{лябв}} = \sum_{j=1}^k \alpha_{ij} \cdot \bar{x}_{ij} + \sum_{j=k+1}^m \alpha_{ij} \cdot \mu(x_{ij}) \quad (13)$$

Sonda (6), (11), (12) və (13) düsturlarını nəzərə alsaq, qarşısı alınmış ümumi ziyanların  $\bar{W}$  (5) düsturundakı ifadəsi aşağıdakı şəkil alar :

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \bar{\lambda}_i \cdot \Delta q_i^{\text{мяу}} \cdot \alpha_{ij} \cdot \bar{x}_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=k+1}^m \bar{\lambda}_i \cdot \Delta q_i^{\text{мяу}} \cdot \alpha_{ij} \cdot \mu(x_{ij}) \quad (14)$$

Beləliklə, nəqliyyat daşımalarında kənar müdaxilələrə qarşı kompleks nəzarət sistemi üçün (1)-(2) şəklində qoyulmuş məsələ, yol verilən xərclər daxilində, sistem üzərinə qoyulmuş kəmiyyət və keyfiyyət tələblərinin optimal əsaslandırılmasına gələrək aşağıdakı yeun formaya düşər:

$$\begin{aligned} \max \bar{W}(x_{ij}; \quad & i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}) \\ C(x_{ij}) \leq C_{\text{юлөөр}}; \quad & i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}) \end{aligned} \quad (15)$$

Nəticə: (15) məsələsinin formalaşdırılmasına müvafiq olaraq bu məsələnin əsas həlli mərhələləri aşağıdakılar olacaqdır:

- kənar müdaxilələr xarakteristikaları:  $i$ -ci müdaxilənin baş vermə tezliyi  $\bar{\lambda}_i$ , və vura biləcəyi ziyan  $\Delta q_i^{\text{мяу}}$  haqqında ekspert informasiyalarının toplanması və işlənməsi;
- $i$ -ci kənar müdaxilənin qarşısını almaq üçün  $j$ -ci tələbin yerinə yetirilməsinin və vacibliyi
- $a_{ij}$  və  $(x_{ij})$  - mənsubiyyət funksiyası haqqında ekspert informasiyalarının toplanması və işlənməsi;

- sistem üzərinə qoyulan tələbdən asılı olaraq konkret variantlarda loqistik sistemin texniki realizasiyası xərclərin qiymətləndirilməsi  $C(x_{ij}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m})$ ;

- (15) məsələsinin qoyuluşuna müvafiq olaraq, qeyri-səlis riyazi proqramlaşdırma məsələsi kimi tələb olunan kompleks nəzarət sisteminin rəşional variantının seçilməsi alqoritminin yaradılması və müasir kompüter proqram paketi vasitəsilə həlli.

**Məqalənin aktualığı.** Nəqliyyat daşımalarında loqistikanın inkişafını şərtləndirən əsas amillər dinamik, təhlükəsiz, çevik, müasir texnoloji sistemlərin tətbiqi ilə nəqliyyat axınlarının izlənməsi sistemlərinin tətbiqini nəzərdə tutur. Bu mürəkkəb prosesin ayrı-ayrı mərhələlərində müxtəlif mürəkkəb məsələlərin həllində qərar qəbuletmə zamanı rəşional variantın kor-koranə deyil qurulmuş riyazi model əsasında seçilməsi məsələsi günümüzün aktual məsələlərindəndir.

**Məqalənin elmi yeniliyi.** Elmi yenilik ondan ibarətdir ki, məqalədə də loqistik məsələlərdə təhlükəsizlik aspektində qərar qəbuletmənin riyazi modelinin qurulması problemi araşdırılmışdır. Nəticədə loqistik sistemin rəşional variantının seçilməsi üçün riyazi model qurulmuş və bu model əsasında həll olunacaq məsələlər müəyyənləşdirilmişdir.

**Məqalənin praktik əhəmiyyəti və tətbiqi.** Məqalədən orta ixtisas məktəblərinin müəllimləri, tələbə və magistrantlar istifadə edə bilərlər.

## Ədəbiyyat

1. Andreichikov A.V., Andreichikova O.N. (2000). Analysis, Synthesis, Planing Decisions in Economy. M.: Nauka, 2000.
2. Pletnev P. Risk Management in Logistics. 2014.
3. Технические инструкции по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху 1997-1998, Дос. 9284 AN/905.
4. Vlkovsky M., Smerek M., Michalek J. Cargo securing during transport depending on the type of a road. In IOP Conference Series; Materials Science and Engineering (Vol.245 , No.4, p.04.2001) IOP Publishing. 2017.
5. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьев Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. М: Радио и связь, 1989.
6. Анохин А.М., Глотов В.А., Павельев В.В., Черкашин А.М. Методы определения коэффициентов важности критериев "Автоматика и телемеханика", №8, 1997.
7. Ленг С. Алгебра. Перевод с английского. Под редакцией Кострикина А.И. М: «Мир», 1968.
8. Поспелов Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. -М. :Наука, 1986.
9. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения, М; Радио и связь, 1981.
10. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001, №3.

**A.O. Бадалова****Математические основы принятия решений на транспорте****Резюме**

Основными факторами, определяющими развитие логистики на транспорте, являются внедрение динамичных, безопасных, гибких, современных технологических систем и систем мониторинга транспортных потоков. Один из актуальных вопросов – выбор рационального варианта на основе математической модели, а не вслепую, при принятии решений при решении различных сложных задач на разных этапах этого сложного процесса. В этой статье также исследуется проблема построения математической модели принятия решений по безопасности в логистике. В результате была построена математическая модель для выбора рационального варианта логистической системы и определены задачи, которые необходимо решить на основе этой модели.

**A.O. Badalova****Mathematical bases of decision-making in transport****Summary**

The main factors determining the development of logistics in transport are the introduction of dynamic, safe, flexible, modern technological systems and traffic flow monitoring systems. One of the urgent issues of today is the choice of a rational option on the basis of a well-established mathematical model in decision-making in solving various complex problems at different stages of this complex process. This article also examines the problem of building a mathematical model of security decision-making in logistics. As a result, a mathematical model for the selection of a rational version of the logistics system was built and the problems to be solved on the basis of this model were identified.

**Redaksiyaya daxil olub: 22.02.2021**