

ŞƏHƏR VƏ ŞƏHƏRƏTRAFI MARŞRUTLARDA HƏRƏKƏT TƏRKİBLƏRİNİN SEÇİLMƏSİNDƏ ÇOXKRİTERİYALI QƏRAR QƏBULETMƏ ÜSULLARININ TƏTBİQİ



Fuad Daşdəmirov,
*Azərbaycan Texniki Universitetinin
Nəqliyyat logistikası və hərəkətin təhlükəsizliyi
kafedrasının dosenti, texnika üzrə fəlsəfə doktoru
e-mail: dashdamirov.fuad@aztu.edu.az*



Tərxan Kərimli,
*Azərbaycan Texniki Universitetinin
Nəqliyyat və logistika fakültəsinin magistri
e-mail: terxan.kerimli.1999@mail.ru*

UOT: 656.132, 656.072

Xülasə. Məqalədə Abşeron rayonunun Hökməli, Qobu və Atyalı yaşayış məntəqələrində fəaliyyət göstərən avtobus marşrutlarında tələbatə uyğun hərəkət tərkiblərinin seçilməsi üsulu təklif edilmişdir. Həmçinin sənişin axınına və marşrut parametrlərinə uyğun olaraq avtobusların tutumunun müəyyən edilməsi qaydası verilmiş, hərəkət tərkiblərinin seçilməsində istifadə olunan çoxkriteriyalı seçim metodları analiz edilmişdir. Baxılan istiqamətdə fəaliyyət göstərən marşrutlar üçün avtobusun seçilməsində AHP və TOPSİS çoxkriteriyalı qərarvermə metodunun tətbiqi təklif olunmuşdur. Həmin metodun şəhər və şəhərətrafi avtobus marşrutlarında hərəkət tərkiblərinin seçilməsi zamanı tətbiq olunması tövsiyə olunmuşdur.

Açar sözlər: avtobus, marşrut, sənişin, çoxkriteriyalı qərar qəbuletmə üsulları, AHP, TOPSİS.

Key words: bus, route, passenger, multi-criteria decision-making methods, AHP, TOPSİS.

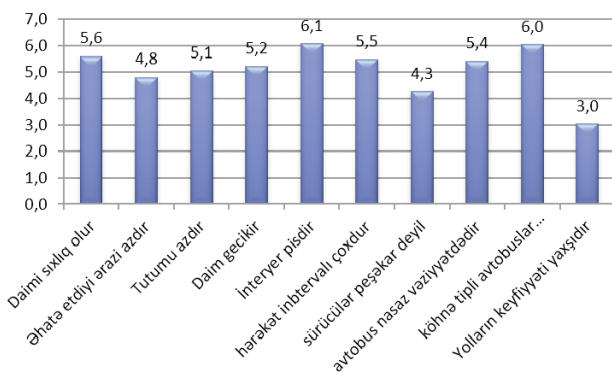
Ключевые слова: автобус, маршрут, пассажир, многокритериальные методы принятия решений, AHP, TOPSİS.

Şəhər və şəhərətrafi avtobus daşımalarının təşkili zamanı qarşıya qoyulan əsas məsələlərdən biri marşrutda hərəkət tərkiblərinə olan tələbatın müəyyən edilməsidir. Bu tələbat, əsasən, marşrutda *hərəkət tərkibinin tutumunun seçilməsi* və *onların marşrut üzrə paylanılması* kimi **iki** alt məsələdən ibarətdir. Bu məsələlərin həlli avtonəqliyyat müəssisəsinin işinin iqtisadi nəticələrinə, avtobusun dolmasına, sənişinlərə gediş üçün imtinalara birbaşa təsir göstərir. Marşrutlarda avtobuslara tələbatın öyrənilməsi zamanı əldə olan ilkin informasiya, xüsusilə də marşrut istiqamətləri üzrə daşınan sənişinlərin

sayı əsas götürülür.

Avtobus marşrutları üçün hərəkət tərkiblərinin seçilməsi, əsasən avtobus marşrutlarının açılması zamanı həyata keçirilir. Lakin sənişin axınının, hərəkət tərkiblərinə tələbatın dəyişməsi ilə bu məsələ yenidən aktuallaşa bilər. Məsələn, Abşeron rayonu ərazisində əhali qrupları arasında aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, sənişinlərin əksər hissəsi avtobus marşrutlarında istifadə olunan hərəkət tərkiblərinin xidmətindən narazıdır [1]. Bu narazılıqlar həm avtobusların marşrut boyunca paylanması, həm də avtobusların tutumu ilə əlaqədardır.

Abşeron rayonunun sorğu keçirilən yaşayış məntəqələrində (Hökməli, Qobu, Atyalı qəsəbələrində) əhalinin 25,2%-i avtobuslardakı sıxlıq, 21,2%-i avtobuslardakı natəmizlik, 18,2%-i avtobusların köhnəliyi, 10,5%-i intervalın düzgün olmamasından narazılığını bildirmişdir. Rəyi soruşulanların 21,2%-i avtobus marşrutlarında hərəkət intervalının azaldılmasını, 16,2%-i avtobusların yenilənməsini təklif edir [1]. Abşeron rayonunda avtobus nəqliyyatının işi və yol örtüyünün vəziyyəti ilə əlaqədar sorğu iştirakçılarının ən çox seçdikləri problemlərin 7 ballıq şkalə üzrə qiymətləndirilməsinin nəticələri **şəkil 1**-də göstərilmişdir:



Şəkil 1. Aparılan sorğunun 7 ballıq şkalə üzrə qiymətləndirilməsi

Avtobusların tutumu, sayının seçilməsi və marşrutlar üzrə paylanması aşağıdakı amillərdən asılıdır:

– *iqtisadi (avtobusların alınması və onların təmiri, saxlanması, cari istismar xərcləri, həmçinin sərnişinlərin qiymət baxımından vaxt itkiləri, maddi-texniki bazasının yaradılması üçün əsaslı xərclər);*

– *sosial (bir sərnişin-saatın qiyməti, şəhər əhalisinin hərəkətliliyi, kifayət qədər sürücünün olması);*

– *texniki (avtobusların dinamik göstəriciləri, yolların və yol qurğularının texniki vəziyyəti, küçələrin və dayanacaq məntəqələrinin buraxma qabiliyyəti);*

– *istismar (sərnişin axınının formalaşması qanunauyğunluqları, icazə verilən maksimum hərəkət intervalı, maddi resursların mövcudluğu, iqlim şəraiti) [2].*

Şəhərdə sərnişin daşımalarının təşkilinin təkmilləşdirilməsi, müxtəlif nəqliyyat növlərindən səmərəli istifadə edilməsi, habelə konkret yaşayış

məntəqələrinin şərtlərinə uyğun hərəkət tərkibinin seçilməsi üçün bir sıra üsullar hazırlanmış və müvafiq olaraq onlardan istifadə edilir. Məsələn, D.S.Samoilovun [2] təklif etdiyi metodla marşrutlar üzrə sərnişin axını haqqında məlumatlar əldə edilir və hərəkət tərkibinin orta tutumu hesablanır. Marşrutlar üzrə sərnişin axınının paylanması qrafiki hərəkət tərkibinin tutumu ilə elə uyğunlaşdırılır ki, orta hesabla sərnişin tutumu marşrutda orta sərnişin axını ilə üst-üstə düşsün. Əsas olaraq tələb olunan minimal və maksimal hərəkət intervalı götürülür. Sonra marşrutda sərnişin axınının ölçüsü, orta tutum və intervala görə həmin sərnişin tutumuna malik hərəkət tərkibinin qəbul etdiyi sərnişin dövriyyəsinin sərhədləri müəyyən edilir. Bu metodla hərəkət tərkibinin əsas tipi müəyyən edilir.

Baxılan yaşayış məntəqələrinin əhalisinə xidmət göstərən 140, 156, 551, 567 nömrəli marşrut xətlərində mövcud tələbata uyğun olaraq avtobuslar arasında hərəkət intervallarını korreksiya edildikdən sonra [1] aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$q = \frac{Q_{\max} \cdot I}{60} \quad (1)$$

Burada, $Q_{\max}$ – pik saatlarda sərnişin axını, sərnişin; I – pik saatda avtobuslar arasında hərəkət intervalıdır.

Avtobus marşrutlarında sərnişin axınına müvafiq hərəkət tərkiblərinin tutumu müəyyən edildikdən sonra müvafiq tutuma malik avtobuslar içərisindən seçim etmək üçün çoxkriteriyalı seçim metodlarından istifadə etmək səmərəlidir. Çoxkriteriyalı qərarvermə üsulları avtomobil, anbar üçün yer, otel və s. seçimi kimi bir çox sahələrdə qərarvermə prosesində də istifadə olunur. Həmçinin AHP, AAS, TOPSİS, PROMETHEE, Vİ-KOR və ELECTRE kimi bir çox çoxkriteriyalı qərarvermə üsulları mövcuddur [3].

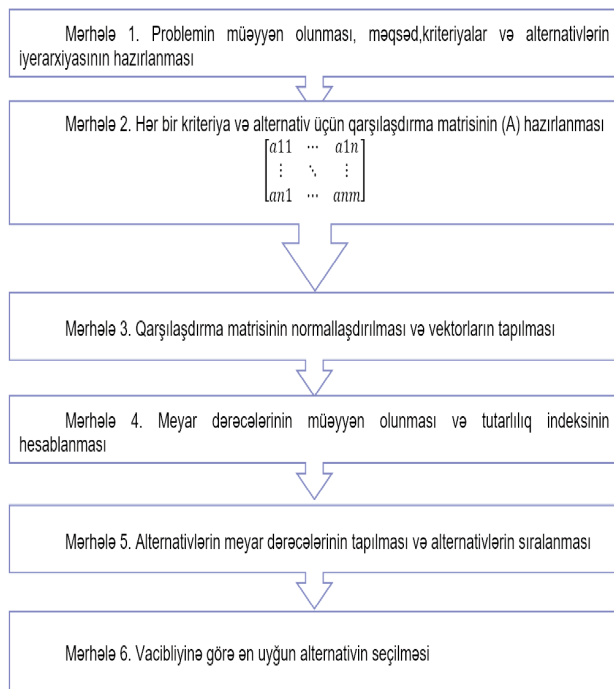
Avtomobil seçimi problemi logistika və nəqliyyat sektorundakı ən əhəmiyyətli problemlərdən biridir. Fəaliyyətin xüsusiyyətinə görə nəqliyyat vasitəsi xərc elementlərinə təsir göstərir. Ona görə də avtomobil seçimi problemi ədəbiyyatda əhəmiyyətli problem kimi nəzərdən keçirilir [4, 5, 6, 7].

Marşrutlar üçün ictimai nəqliyyat vasitələrinin seçilməsində müxtəlif çoxkriteriyalı qərarvermə metodları tətbiq edilmişdir. Məsələn,

Tzeng və b. [8] alternativ yanacaq avtobus seçimi üçün AHP, TOPSİS və VİKOR metodlarından istifadə etmişdir. Başqa bir araşdırmada [9] alternativ yanacaq avtobus seçimi üçün TOPSİS və Fuzzy Choquet Integral (IFCI) metodları təklif olunmuşdur. Hamurcu və Eren elektrik mühərrikli avtobus seçimi üçün AHP və TOPSİS metodlarından istifadə etmişlər [10].

Abşeron rayonunun baxılan yaşayış məntəqələrinin əhalisinə, əsasən Bakı şəhəri istiqamətində sənişindəşına xidmətini həyata keçirən 140, 156, 551, 567 sayılı marşrut xətlərində avtobus seçilməsi üçün AHP və TOPSİS çoxkriteriyalı metodlarından istifadə edirik. Bu metodların tətbiqi sənişinlərin tələblərinə cavab verən parametrləri sırasına görə təsnifləşdirmək və bu kriteriyalar əsasında nəqliyyat vasitəsini seçmək imkanı verir.

AHP metodu 1977-ci ildə Thomas L.Saaty tərəfindən yaradılmışdır [3]. Analitik İerarxiya Prosesi (AHP) metodu bütün qərarvermə prosesində təsirli olan amillərin iyerarxişəkildə təqdim edilməsini təmin edir və xətti riyazi modelə əsaslanır. AHP metodunun amillərin cüt-cüt müqayisəsinə əsaslanan addımları **şəkil 2**-də verilmişdir:



Şəkil 2. AHP metodunun mərhələləri

Hvang və Yoon tərəfindən TOPSİS (Technique for Order Preference by Smilarity to İdeal Solution) metodunun məntiqi pozitiv-ideal se-

çimə ən yaxın və neqativ-ideal seçimə ən uzaq məsafə tələbini ödəyən alternativin müəyyən olunmasıdır [11].

Nəzərdən keçirilən marşrutlarda avtobusların müəyyən olunmuş tutum (45-60) tələbinə cavab verən 4 avtobus (İSUZU HC-40 (tutumu 45 nəfər), DAEWOO 090 NEW (tutumu 60 nəfər), Karsan Atak (tutumu 59 nəfər), Otokar Doruk LE (tutumu 49 nəfər)) arasından bu iki metoddan istifadə etməklə qeyd olunan marşrut xətləri üçün ən uyğun avtobusu seçirik.

Avtobusların seçilməsi zamanı sənişinlərin gediş rahatlığı və daşımını həyata keçirəcək şirkətlərin iqtisadi maraqları nəzərə alınmaqla 4 kriteriya əsas olaraq götürülmüşdür:

- *avtobusun qiyməti*;
- *yanacaq sərfi*;
- *modelin yeniliyi (buraxılış ili)*;
- *döşəmənin yer səthindən hündürlüyü*.

Təklif edilən kriteriyalar əsasında tərtib edilən qarşılaşdırma matrisi **cədvəl 1**-də verilmişdir:

Cədvəl 1.

Təklif olunan kriteriyalar əsasında qarşılaşdırma matrisi

	Avtobusun qiyməti	Yanacaq sarfi	Modelin yenilliyi	Döşəmənin yerdən hündürlüyü
Avtobusun qiyməti	1	1	3	5
Yanacaq sarfi	1	1	3	3
Modelin yenilliyi	0.33	0.33	1	1
Döşəmənin yerdən hündürlüyü	0.2	0.33	1	1
Cəmi:	2.53	2.66	8	10

Hesablamalar nəticəsində qarşılaşdırma matrisinin normallaşdırılması ilə meyarın ağırlıq dərəcələrinin alınmış qiymətləri **cədvəl 2**-də verilmişdir:

Cədvəl 2.

Meyarların ağırlıq dərəcələri

	Avtobusun qiyməti	Yanacaq sarfi	Modelin yenilliyi	Döşəmənin yerdən hündürlüyü	Meyer dərəcələri
Avtobusun qiyməti	0.3953	0.3759	0.3750	0.5000	0.4115
Yanacaq sarfi	0.3953	0.3759	0.3750	0.3000	0.3615
Modelin yenilliyi	0.1304	0.1241	0.1250	0.1000	0.1199
Döşəmənin yerdən hündürlüyü	0.0791	0.1241	0.1250	0.1000	0.1070

Hesablamalar nəticəsində tutarlılıq indeksinin (consistency index) [12] alınmış qiyməti $CI=0,009<10$ tələbini ödədiyi üçün meyarların ağırlıq dərəcələrinin

əldə etdiyimiz qiymətlərini TOPSİS metodunda istifadə edə bilirik.

AHP metodunda hər bir kriteriya üçün əldə etdiyimiz meyar dərəcələrini TOPSİS metodunda mərhələlər üzrə istifadə edirik. Aşağıdakı cədvəllərdə mövcud xəttə istifadə olunan və təklif etdiyimiz 4 ədəd alternativ avtobus markası və kriteriyalar üzrə meyarların ağırlıq dərəcələri verilmişdir:

Cədvəl 3.

Alternativ avtobus markası və kriteriyalar üzrə meyarların ağırlıq dərəcələri

	faydasız	faydalı	faydalı	faydalı
Meyar dərəcələri	0.41	0.36	0.11	0.1
	Avtobusun qiyməti (azn)	Yanacaq sərfi (l)	Modelin yeniliyi (il)	Döşəmənin yerdən hündürlüyü (mm)
Karsan Atak	85000	20	2018	290
Otokar Doruk LE	341000	18	2020	288
Daewoo	70000	22	2011	493
İsuzu HC-40	40000	16	2009	490

Cədvəl 4.

Normallaşdırılmış matris

	Avtobusun qiyməti (azn)	Yanacaq sərfi (l)	Modelin yeniliyi	Döşəmənin yerdən hündürlüyü (mm)
Karsan Atak	0.110937479	0.522708373	0.500867391	0.35964734
Otokar Doruk LE	0.94574201	0.470437536	0.50136379	0.357167014
Daewoo	0.194140589	0.574979211	0.499129991	0.611400479
İsuzu HC-40	0.235742143	0.418166699	0.498633592	0.607679989

Cədvəl 5.

Normallaşdırılmış matrisin verilənləri ilə meyar dərəcələrinin hasil

	Avtobusun qiyməti (azn)	Yanacaq sərfi (l)	Modelin yeniliyi	Döşəmənin yerdən hündürlüyü (mm)
Karsan Atak	0.045484366	0.188175014	0.055095413	0.035964734
Otokar Doruk LE	0.387754224	0.169357513	0.055150017	0.035716701
Daewoo	0.079597641	0.206992516	0.054904299	0.061140048
İsuzu HC-40	0.096654279	0.150540012	0.054849695	0.060767999

Ən yaxşı və ən pis seçimləri müəyyən edərək cədvəl 6-də qeyd edirik:

Cədvəl 6.

Ən yaxşı və ən pis seçimlər

V+	0.045484366	0.150540012	0.055150017	0.019564044
V-	0.387754224	0.206992516	0.054849695	0.067930707

Sonra hesabat nəticəsində yaxşıya ən yaxın, pisə ən uzaq olan seçimləri müəyyən edirik:

Cədvəl 7.

Yaxşıya ən yaxın, pisə ən uzaq olan seçimlərin müəyyən edilməsi

	SI+	SI-
Karsan Atak	0.03763586	0.343710068
Otokar Doruk LE	0.342786747	0.04541839
Daewoo	0.070689516	0.308156588
İsuzu HC-40	0.056973833	0.296523527

Son olaraq göstərici dəyərləri əsasında ən səmərəli avtobusu müəyyən edib (cədvəl 8) seçirik:

Cədvəl 8.

Göstərici dəyərlərinə görə ən uyğun avtobusun seçilməsi

Göstərici dəyəri	Ranq
0.901307823	1
0.116995851	5
0.813408359	3
0.854460975	2

Beləliklə, apardığımız araşdırmalar və hesabat nəticəsində Abşeron rayonunun Hökməli, Qobu və Atyalı yaşayış məntəqələrinin əhalisinə sənişindəşımaya xidmətləri göstərən 140, 156, 551, 567 nömrəli marşrut xətlərində istifadə olunması məqsəduyğun hesab edilən hərəkət tərkibinin Karsan Atak avtobusu olduğu müəyyən olundu.

Nəticə. Şəhər və şəhəratrafı avtobus sənişin daşımalarının həyata keçirilməsi zamanı sənişin axınına müvafiq hərəkət tərkibinin seçilməsində müəyyən problemlər müşahidə olunur. Tələbata uyğun tutuma və ya texniki göstəricilərə malik olan hərəkət tərkibinin seçilməsi mürəkkəb məsələdir və analitik yolla müəyyən olunması mümkün deyil. Sutkanın saatları üzrə əlverişli hərəkət intervalına sənişin axınına uyğun olaraq hərəkət tərkibinin tutumu müəyyən edildikdən sonra bu tələbə cavab verən xeyli sayda avtobus modelinin olduğu ortaya çıxır. Belə avtobus modelləri içərisindən sənişinlərin gediş rahatlığı və təhlükəsizliyinə, eyni zamanda nəqliyyat müəssisəsinin iqtisadi maraqlarına uyğun olanı seçmək lazım gəlir. Baxılan şəhəratrafı avtobus marşrutlarında hərəkət tərkiblərinin seçilməsi, AHP və TOPSİS metodlarının tətbiqi səmərəlidir və başqa şəhər və şəhəratrafı marşrutlarda hərəkət tərkibinin seçilməsində istifadə oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. "İctimai xidmətlərin əhatəliliyinin və keyfiyyətinin artırılması üçün qərar qəbul etmə mexanizmlərinin işlənməsi (pilot olaraq Abşeron və Qobustan rayonlarının nəqliyyat sektoru təmsalında)" layihəsi. AzTU (yanvar-aprel), 2021.

2. Абдураева Г.Е. О задачах выбора вместимости и количества автобусов на городском маршруте // Молодой ученый, №22 (102), 2015, с. 113-115.

3. Alakaş H.M., Yazici E., Cebeci S., Yilmaz E.E., Erentoplu T. Ulaşım sistemlerinde araç tipi seçimi. Kırıkkale kampüs hattı örneği. Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (KÜSBD), January Vol.11, №1, 2021, seh. 269-287.

4. Kabak M., Uyar Ö.O. Lojistik sektöründe ağır ticari araç seçimi problemine çok ölçütlü bir yaklaşım. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, №28 (1), 2013, seh. 115-125.

5. Arslan H.M. AHP-ARAS Hibrit yöntemi ile lojistik işletmelerinin en uygun araç seçimi. The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems, №5 (2), 2017, seh. 271-282.

6. Doğan E.M., Eren M., Çelik K. Lojistik sektöründe ağır ticari araç seçimi problemine yönelik copras – G yöntemi ile karar verme. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, №19 (1), 2017, seh. 153-178.

7. Demirci A. Nakliye Aracı seçimi: çok kriterli karar verme modeli önerisi. Antalya Bilim Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, №1 (1), 2020, seh. 17-33.

8. Tzeng G.H., Lin C.W., Opricovic S. Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. Energy Policy, №33 (11), 2005, pp. 1373-1383.

9. Büyükoçkan G., Feyzioğlu O., Göçer F. Selection of sustainable urban transportation alternatives using an integrated intuitionistic fuzzy Choquet integral approach. Transportation Research Part D, 58 december 2017, pp. 186-207.

10. Hamurcu M., Eren T. Electric bus selection with multicriteria decision analysis for Green Transportation. Sustainability (Switzerland), №12 (7), 2020.

11. Pavić Z., Novoselac V. Notes on TOPSIS Method. International journal of research in engi-

neering and science (IJRES) Vol.1, Issue 2, june 2013, pp. 05-12.

12. Kardi Teknomo. Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial. 2006, 20 p.

F.Dashdamirov, T.Karimli

Applying multi-criteria decision-making techniques in choosing rolling stocks for urban and suburban routes

Abstract

The article proposes a methodology for choosing a passenger vehicle that meets the requirements on bus routes operating in the settlements of Khokmaly, Gobu and Atiali of the Absheron region. The sequence of determining the capacity of buses in accordance with the passenger traffic and route parameters is given, the multicriteria decision-making methods used in the selection of vehicle are analyzed. It is proposed to use multi-criteria decision-making methods AHP and TOPSIS when choosing buses for routes operating in this direction. The applied that method is recommended for the selection of passenger vehicle on urban and suburban bus routes.

Ф.Дашдамиров, Т.Керимли

Применение многокритериальных методов принятия решений при выборе подвижного состава на пригородных маршрутах

Аннотация

В статье предлагается методика выбора соответствующего требованиям подвижного состава на автобусных маршрутах, действующих в населенных пунктах Хокмалы, Гобу и Атяли Апшеронского района. Приведена последовательность определения вместимости автобусов в соответствии с пассажиропотоком и параметрами маршрута, проанализированы многокритериальные методы принятия решений, используемые при выборе подвижного состава. Предлагается использование многокритериальных методов принятия решений АHP и TOPSIS при выборе автобусов для маршрутов, работающих в данном направлении. Применение этого метод рекомендуется применять при подборе подвижного состава на городских и пригородных автобусных маршрутах.