

## AVTOBUS MARŞRUT ŞƏBƏKƏSİNİN EFFEKTİVLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ METODİKASI

**F.S.Daşdəmirov**

*Azərbaycan Texniki Universiteti*

*E-mail: fuad.dashdamirov@aztu.edu.az*

*Açar sözlər: marşrut şəbəkəsi, avtobuslar, səmərəlilik, qiymətləndirmə metodikası*

**Xülasə.** Məqalədə avtobus marşrut şəbəkəsinin inkişafı və sıxlığının artması ilə ortaya çıxan problemlər şərh olunmuş, marşrut şəbəkəsinin modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması istiqamətində mövcud olan araşdırmalar təhlil edilmiş, nəqliyyat vasitələrinin marşrut şəbəkəsinin müxtəlif bəndləri üzrə hərəkət xüsusiyyətlərinin nəzərdən keçirilməsinin vacibliyi əsaslandırılmışdır. Şəhər marşrut şəbəkəsinə hər bir bəndi müəyyən çəkiyə malik olan mürəkkəb şəbəkə kimi baxılmasın nəzərdə tutulmuşdur. Marşrut şəbəkəsinin hər bir bəndinə uyğun effektivlik göstəricisinin (çəkisinin) təyin olunması üsulu təklif olunmuşdur. Marşrutların bəndləri üzrə nəqliyyat vasitələrinin hərəkət vaxtına baxılan göstəricilərin təsirinin nəzərə alınması üçün mövcud hesablama üsulları müqayisəli analiz edilmiş, marşrut şəbəkəsinin işinin effektivliyinin qiymətləndirilməsində real hərəkət vaxtını daha dəqiq təsvir edən model əsaslandırılmışdır.

### Giriş

Şəhər nəqliyyat sisteminin vacib komponenti kimi şəhər ictimai nəqliyyatı şəhərin iqtisadi inkişafı ilə sıx əlaqədardır və onun inkişafında əhəmiyyətli yer tutur. Şəhər ictimai nəqliyyatına üstünlük verilməsi nəqliyyat resurslarından istifadə istiqamətində həlledici addım ola bilər. Belə ki, ictimai nəqliyyatdan istifadə şəhər küçə və yollarında nəqliyyat sıxlığının aşağı düşməsinə səbəb ola bilər. Ona görə şəhər ictimai nəqliyyat növlərinin, xüsusilə də avtobusların marşrut şəbəkəsinin müntəzəm olaraq qiymətləndirilməsinə və ona əsasən də təkmilləşdirilməsinə ehtiyac var. Şəhər avtobus marşrut şəbəkəsinin işinə həsr olunmuş çoxlu sayda araşdırma mövcud olsa da ictimai nəqliyyatda məhsuldarlığın aşağı olması və hərəkət dəqiqliyinin təmin edilə bilməməsi ilə əlaqədar çətinliklər hələ də qalmaqdadır. Ona görə də şəhər ictimai nəqliyyat şəbəkəsinin daha dəqiq hesabatlarının aparılması metodunun müəyyən edilməsi hələ də aktualdır.

Şəhər ərazisində sərnişinlərin yerdəyişmə ilə əlaqədar tələbatı müxtəlif nəqliyyat növləri və vasitələri ilə ödənilir. Şəhərdə bütün cazibə mərkəzləri arasında birbaşa marşruta malik olan şəhər ictimai nəqliyyat növünün yaradılması faktiki olaraq qeyri-mümkün görünür. Sərnişinlərin cazibə mərkəzləri arasında birbaşa yerinə yetirilməsi yalnız fərdi minik avtomobilləri və taksi ilə həyata keçirilə bilər. İctimai nəqliyyatdan istifadə edən sərnişinlərin təyinat yerinə qədər hərəkəti əksər hallarda mürəkkəb yerdəyişmə nəticəsində mümkün olur. Bir çox hallarda sərnişinlər iki və daha çox nəqliyyat növü və ya vasitəsindən istifadə etməklə iş, istirahət və ya təhsil yerinə çatırlar. Şəhər ərazisində bir neçə marşrutdan istifadə etməklə təyinat yerinə çatma halları ümumi sayda kifayət qədər paya malikdir və şəhərlərin nəqliyyat təminatından və şəbəkənin sıxlıq göstəricisindən asılı olaraq dəyişə bilər. Ona görə də marşrut şəbəkəsinin hər bir bəndində marşrut nəqliyyatı vasitələrinin hərəkətinin öyrənilməsi və qiymətləndirilməsi əhəmiyyət kəsb edir.

### İstiqamət üzrə tədqiqatlar

Avtobus marşrutlarının qiymətləndirmə standartları xidmətlərin keyfiyyət və kəmiyyətini ölçən kriteriyalardan ibarətdir. Tədqiqatlar əsasında müəyyən edilmişdir ki, hətta ən yaxşı təşkil olunmuş və idarə olunan avtobus marşrutlarında sistemin digər hissəsinə ciddi şəkildə uyğun gəlməyən xidmətlər mövcuddur [1]. Şimali Amerikada şəhər ictimai nəqliyyat agentliklərində aparılan sorğular nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, şəhər ictimai nəqliyyatında 44 müxtəlif qiymətləndirmə kriteriyası istifadə olunur. Bu kriteriyalar avtobus marşrutlarının layihələndirilməsi və təşkilindən tutmuş avtobus dayanacaqlarının yerləşdirilməsinə qədər sistemin müxtəlif bəndlərini əhatə edir.

Müxtəlif idarəetmə və nizamlama texnologiyalarının inkişafı ilə şəhər ictimai nəqliyyatının müxtəlif növlərinin iş xüsusiyyətlərində müəyyən yeniliklər meydana çıxmışdır. Bu prosesin gedişinə və nəqliyyat növlərinin müqayisəsinə həsr olunmuş çoxlu sayda tədqiqatlar aparılmışdır.

Adətən avtobus daşımaları şəhər planlaşdırılmasının tərkib hissəsi kimi nəzərdən keçirilir. Avtobus nəqliyyat şəbəkəsində bəndlərin əlavə olunması müəyyən hesabatlarla əsaslanmalıdır. Bəzən sənişin axını mövcud olur, lakin avtobus marşrutlarının olmaması səbəbindən sənişinlər yerdəyişmə üçün başqa üsullar seçmək məcburiyyətində qalır. Nəqliyyat hərəkətiliyinə olan tələbatın müxtəlif nəqliyyat vasitələri ilə ödəndiyini nəzərə alaraq Chua və başqaları Sinqapur şəhərində apardıqları tədqiqatda [2] şəhərin müxtəlif nöqtələri arasında intensiv taksi istifadəsi nəticəsində yaranan gedişlərin qruplaşdırılması nəticəsində avtobus marşrut şəbəkəsinin qrafları üzrə təkmilləşdirilmə istiqamətlərini müəyyən etmişlər.

Son dövrlərdə şəhər ictimai nəqliyyatının marşrut şəbəkəsinin planlaşdırılması və təkmilləşdirilməsi ilə əlaqədar evristik alqoritmlərdən tez-tez istifadə olunur. Wei və başqalarının işində avtobus marşrut şəbəkəsinin yeni bəndlərinin yaradılması üçün qarışqa koloniyası alqoritminin tətbiqi təklif olunur və ilkin göstərici kimi sənişin axını istifadə edilir [3]. Nikoliç və Teodoroviç [4] tranzit avtobus şəbəkəsinin modelləşdirilməsi üçün arı populyasiyasının optimallaşdırılmasına əsaslanan metaevristik üsuldən istifadə etmişlər. Burada məqsəd xidmətlərdən razı qalan sənişinlərin sayını artırmaq, bir nəqliyyatdan digərinə keçməsi və yolda itirilən vaxtı minimallaşdırmaqdan ibarətdir. Arı koloniyası alqoritmi təsadüfi axtarışın stoxastik üsulu hesab olunur. Burada optimal həllin axtarılması arıların qida axtarmasına oxşar həyata keçirilir.

Səmərəli şəhər avtobus marşrut şəbəkəsinin yaradılması nəqliyyat xidmətlərinin keyfiyyətinin təmin olunmasının əsas şərtlərindən hesab olunur. Marşrut şəbəkəsində nəqliyyat xidmətlərinin keyfiyyətinin artırılması üçün marşrut şəbəkəsinin təkmilləşdirilməsi məsələsi müntəzəm olaraq həyata keçirilməlidir. Həm də məsələnin həlli hər bir şəhərin özünəməxsus planlaşdırma strukturundan, əhəlinin mental xüsusiyyətlərindən asılı olaraq nəzərə keçirilməlidir. Huanq və başqaları [5] bu tələblərə uyğun olaraq hər bir dayanacaq cütü arasında ən qısa məsafələrə əsasən avtobus marşrutlarının yaradılması alqoritmini təklif edirlər. Dayanacaqların minimal sayı, marşrutun məhdudlaşdırılan uzunluğu və gedişlərin balansı tələbinə uyğun gələn marşrutların yaradılması məqsədəuyğun hesab olunur.

Şi və digərləri [6] avtobus marşrut şəbəkəsinin sxeminin optimallaşdırılması üçün tələb və təklif səviyyəsini qiymətləndirərək şəbəkənin optimallaşdırılmasının qiymətləndirmə indikatorlarını təklif etmişlər. Analitik ierarxiya prosesi (AHP) üsulundan istifadə etməklə avtobus marşrut şəbəkəsinin qiymətləndirmə metodikasını işləyib hazırlamışlar. Empirik analizin aparılması üçün Pekin şəhəri seçilmişdir.

Şəhər marşrut şəbəkəsinin işinin qiymətləndirilməsi zamanı bir çox hallarda yalnız “pik” saatlarda sənişin axınının statik həcmi, sənişinlərin istifadəsinin eynitipli olması və gediş vaxtının eyni olduğu nəzərdə tutulur. Müəlliflər [7] sənişinlərin iki davranış modelinin və gedişin davam etmə müddətini modellərinin sənişin və nəqliyyat vasitələrinin vaxt itkilərinə təsirini tədqiq etmiş, avtobus marşrut şəbəkəsinin strukturunun minik avtomobillərinin hərəkətinə təsirini öyrənmişlər.

### **Metodologiya**

Nəqliyyat şəbəkəsinin hər bir bəndi üzrə hərəkət parametrlərinin qiymətləri son nəticədə ümumilikdə şəbəkənin işini xarakterizə edir. Avtobus marşrut şəbəkəsinin işinin özünəməxsus xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, avtobusların hərəkət parametrləri nəqliyyat axınının hərəkət parametrlərindən asılı olduğu kimi əksinə onun parametrlərinə də təsir göstərir. Ümumi axında hərəkət edən marşrut nəqliyyat vasitələrinin marşrut şəbəkəsinin bəndləri üzrə hərəkəti nəqliyyat axınının hərəkətindən asılı olaraq müxtəlif cür qiymətləndirilir.

Marşrut şəbəkəsinin bəndləri (sahələri) üzrə hərəkət parametrləri, xüsusilə də hərəkət vaxtı yolda əsasən hərəkət intensivliyi və buraxma qabiliyyətindən asılı olaraq müəyyən edilir. Lakin şəhər küçələrində avtobus marşrut şəbəkəsinin bəndləri üzrə svetofor obyektlərinin yerləşməsi bəndlərdə hərəkət vaxtının təyin edilməsi zamanı onların iş rejimlərinin nəzərə alınmasını zəruri edir və bu baxımdan təklif olunan riyazi modellər müqayisə edilir.

Avtobus marşrut şəbəkəsinin bəndləri üzrə effektivlik göstəricisinin müəyyən vaxt ərzində bəndlər üzrə daşınan sərnişinlərin sayının həmin bəndin keçilmə vaxtına nisbəti kimi təyin edilməsi təklif olunur. Təklif edilən riyazi modellərin tətbiqi nəticəsində əldə edilən effektivlik göstəricilərinin real vaxt itkiləri əsasında müəyyən edilmiş effektivlik göstəricisi ilə müqayisəsi vasitəsilə marşrut şəbəkəsinin bəndinin keçilməsinə sərf edilən vaxtın tapılması üçün daha əlverişli metodika seçilir.

### Avtobus marşrut şəbəkəsinin sərnişinlərə xidmət modeli

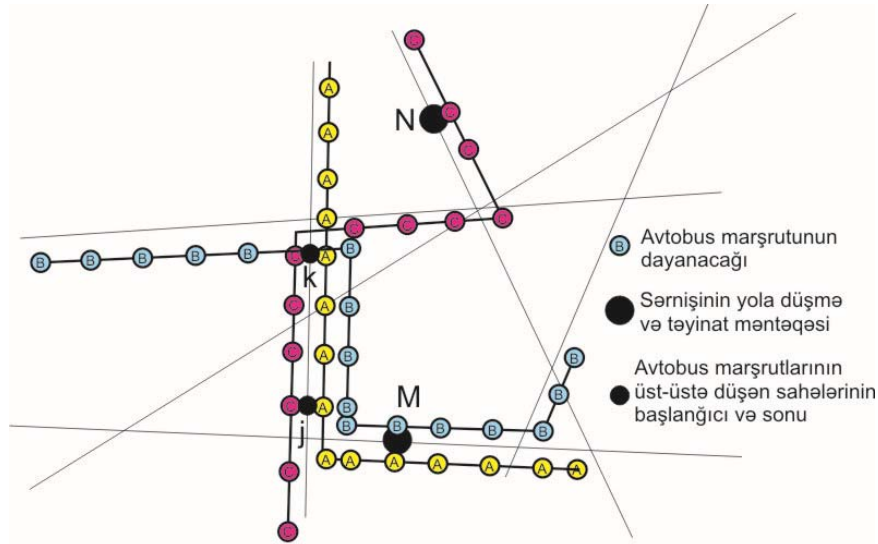
Sərnişinin hərəkətə başladığı A və nəqliyyat vasitəsindən düşəcəyi B dayanacaqları arasında marşrut şəbəkəsində çoxlu sayda nəqliyyat əlaqəsi ola bilər. Onların arasından ən qısa və ya daha tez qət edilən marşrutun seçilməsi məqsəduyğundur.

Tutaq ki, sərnişin şəbəkədə M və N dayanacaqları arasında yerdəyişmə etməlidir (şəkil 1) və sərnişin üçün bu məntəqələr arasında seçilmiş ən qısa yolda  $r$  və  $k$  dayanacaqları arasında  $n$  sayda marşrutun sahələri üst-üstə düşür. Marşrut şəbəkəsində ən qısa məsafələr qraflar nəzəriyyəsinin məlum metodlarından istifadə olunmaqla müəyyən edilir.

Sərnişinə birbaşa və ya bir neçə nəqliyyat vasitəsini (növlünü) dəyişməklə yerdəyişmə etmək təklif olunarkən marşrut aşağıdakı şərtə əsasən seçilə bilər:

$$t_{r,k \min} = \min \{t_{j,kA}, t_{j,kB} \dots\} \quad (1)$$

Burada  $t_{r,kA}$ ,  $t_{r,kB}$ , ...- müvafiq olaraq A,B və s. sayılı marşrutlarda nəqliyyat vasitələrinin  $r$  dayanacağından  $k$  dayanacağına getmə vaxtıdır. Bu zaman  $r$  və  $k$  dayanacaqları arasında bütün sahələr üzrə avtobusun keçmə vaxtı müəyyən olunur və cəmlənir. Oudur ki, marşrut şəbəkəsinin bütün bəndləri üzrə avtobusların hərəkət vaxtının dəqiq müəyyən edilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.



Şəkil 1. Marşrut şəbəkəsində M və N dayanacaqlarının mümkün əlaqələndirilmə sxemi.

İri şəhərlərdə nəqliyyat şəbəkəsinin sürətlə genişlənməsi bu cür şəbəkələrdə mürəkkəb şəbəkə modellərinin tətbiqini zəruri edir. İctimai nəqliyyatın mürəkkəb şəbəkəsi üçün qraflar nəzəriyyəsinə istifadə olunarkən qraf (G) şəbəkənin zirvələrindən ibarət X və bəndlərindən ibarət L çoxluğu ilə ifadə olunur [8]. Şəbəkənin  $A(N*N)$  qonşuluq matrisi avtobus dayanacaqları arasındakı əlaqələri göstərmək üçün istifadə olunur. N avtobus dayanacaqlarının sayını göstərir. Əgər  $a_{i,j} = 1$  olarsa

deməli  $i$  və  $j$  dayanacaqları marşrut boyunca ardıcıl yerləşir, yəni qonşu dayanacaqlardır. Əgər  $a_{i,j} = 0$  olarsa deməli  $i$  və  $j$  dayanacaqları marşrut boyunca ardıcıl yerləşmir və eyni marşrutun dayanacaqları deyil. Deməli göstərilən şəbəkədə bənd 0 və ya 1 ilə ifadə olunur. Yəni əlaqənin olduğunu və ya olmadığını göstərir. Bu halda  $n$  dayanacağa malik olan marşrut üçün qonşuluq matrisini aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$A(N*N) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Nəzərə almaq lazımdır ki, nəqliyyat vasitəsinin şəbəkənin bəndləri üzrə hərəkəti zamanı hərəkət vaxtına müxtəlif faktorlar və müxtəlif cür təsir göstərir [9]. Çəkiyə malik şəbəkədə isə hər bir bənd öz xüsusiyyətlərini daşıyır [10]. Yuxarıda matrisi göstərilən adi şəbəkə ilə müqayisədə bu cür mürəkkəb şəbəkə çoxsaylı faktorların nəzərə alınmasını mümkün edir. Avtobus marşrut şəbəkəsi üçün bu faktorlara məsafə, yolun buraxma qabiliyyəti, yolda nəqliyyat vasitələrinin hərəkət intensivliyi, sərnişin axını, sərnişinlərin nəqliyyat vasitəsinə gözləmə vaxtı, sərnişinin nəqliyyat vasitəsinə minmə və düşmə vaxtları, svetofor obyektlərinin sayı və s. aid edilə bilər.

### Çəki göstəricisinə görə marşrut şəbəkəsinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi

Bildiyimiz kimi hər bir dayanacaq cütü arasındakı bənd (sahə) öz xarakterinə görə digərlərindən fərqlənir. Belə ki, dayanacaqlar arasında avtobusların hərəkətinə maneə törədən müxtəlif faktorlar var və onların sayı və təsir səviyyəsi eyni deyil. ABŞ ictimai yollar bürosu (BPR) iki məntəqə arasında hərəkət vaxtının hesablanması üçün aşağıdakı düsturu təklif edir [11,12] :

$$t_l = t_l^0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{N_l}{C_l} \right)^\beta \right] \quad (3)$$

Burada  $t_l^0$  - azad nəqliyyat axınında  $l$  yol sahəsində hərəkət vaxtı;  $N_l$  -  $l$  yol sahəsində nəqliyyat axını;  $C_l$  -  $z$  yol sahəsinin faktiki buraxma qabiliyyəti;  $\alpha$  və  $\beta$  - düzəliş əmsallarıdır. ABŞ-ın Avtomobil Yolları Şurası bu əmsallar üçün  $\alpha = 0,15$ ,  $\beta = 4$  qiymətlərini məsləhət görür. Qeyd etmək lazımdır ki, bu düstur yüklənməmiş avtomagistrallarda vaxtın hesablanması nəzərdə tutur və yolda nizamlaşma siqnallarını nəzərə almır. Kiçik intensivliklərdə proqnozlaşdırılan vaxt itkisi azad nəqliyyat axınındakı vaxt itkisinə bərabərdir.

Şpiss ləngimələrin korreksiya edilmiş qiyməti üçün konik funksiya təklif etmişdir [13]:

$$t_l = t_l^0 \left[ 2 + \sqrt{\alpha^2 \left( 1 - \frac{N_l}{C_l} \right)^2 + \beta^2} - \alpha \left( 1 - \frac{N_l}{C_l} \right) - \beta \right] \quad (4)$$

Burada  $\alpha$  -nın qiyməti ayrılmış bəndlərdə 4, ayrılmamış bəndlərdə isə 5 qəbul edilir.  $\beta = \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2}$

Şəhər avtobus marşrutlarının bəndləri üzrə bu düstur da bəndlərdəki svetoфор siqnallarının təsiri nəzərə alınır. Sinqapur modelinə əsasən şəbəkənin  $l$  bəndi üzrə vaxt itkisi aşağıdakı kimi təyin olunur [14]:

$$t_l = \frac{l}{V_l^0} + 0,9 \left[ \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2N_l(1-x)} \right] \quad (5)$$

Burada  $C$  - svetoфор tsiklinin uzunluğu,  $V_l^0$  - baxılan bənddə axının maksimal sürəti,  $\lambda$  - yaşıl işıqın effektivlik payı ( $\lambda = g/C$ ),  $x$  - intensivliyin buraxma qabiliyyətinə nisbəti ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $N_l$  - baxılan bənddə hərəkət intensivliyidir.

Avtobus marşrut şəbəkəsinin işinin səmərəliliyi müəyyən (vahid) zaman ərzində daşdığı sərnişinlərin sayı ilə müəyyən edilə bilər. Bu zaman marşrut şəbəkəsinin bəndləri üzrə səmərəlilik göstəricisi aşağıdakı kimi hesablanacaq:

$$Ef_l = \frac{Q_l}{t_l} \quad (6)$$

Burada  $Q_l$  -  $l$  sahəsində daşınan sərnişinlərin sayı (sərnişin axını);  $t_l$  - isə  $p$  sahəsinin qət olunma vaxtıdır. Latora və Marçori [15] ümumi nəqliyyat şəbəkəsinin işinin qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı ifadəni təklif edirlər:

$$Ef(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in G} \frac{1}{d_{ij}} \quad (7)$$

Burada  $N$  - şəbəkədəki bəndlərin sayı,  $d_{ij}$  -  $i$  və  $j$  zirvələri arasındakı ən qısa məsafədir.

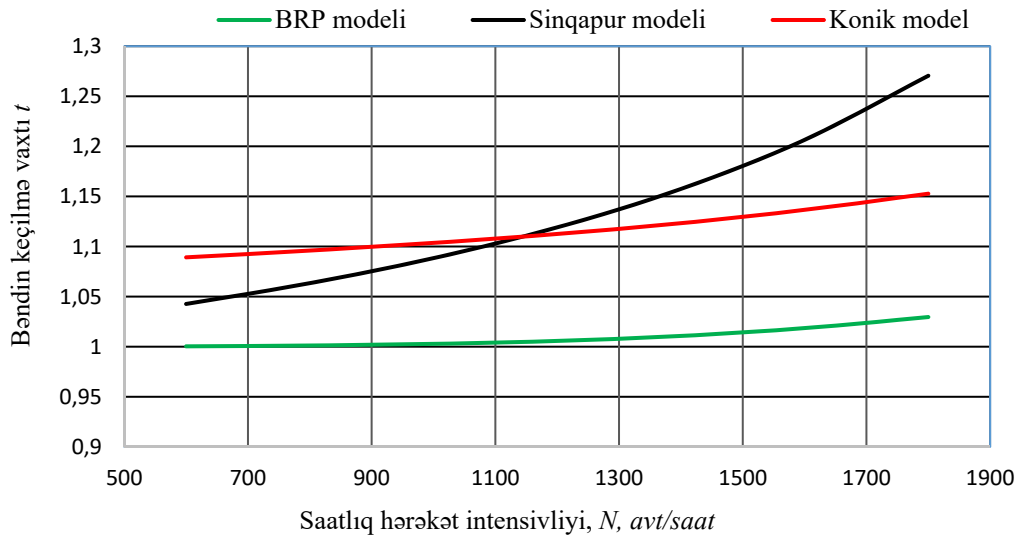
Avtobus marşrut şəbəkəsinin işinin effektivliyinin müəyyən olunması zamanı daşınan sərnişinlərin sayının nəzərə alınması vacibdir. Ona görə avtobus marşrut şəbəkəsinin işinin effektivliyinin müəyyən olunması üçün aşağıdakı düsturu təklif edirik:

$$Ef(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in G} \frac{Q_{ij}}{t_{ij}} \quad (8)$$

Real şəraitdə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, sərnişin axınının müəyyən həddən çox olduğu periodlarda yollarda tıxacların yaranması müşahidə olunur, bu da öz növbəsində hərəkət sürətinin aşağı düşməsi ilə nəticələnir. Bundan əlavə sərnişinlərin avtobusa minmə və düşmə vaxtları da artır və avtobusların iş səmərəliliyinə mənfi təsir göstərir. Ona görə də düsturunda dəyişən hərəkət şəraitinin nəzərə alınması məqsədəuyğundur. Təklif olunan (3), (4), (5) düsturlarından istifadə edərək marşrut şəbəkəsinin svetoфор nizamlanması tətbiq olunmuş bir bəndində (Hüseyn Cavid (Mothercare) - Elmlər Akademiyası metro st.) müxtəlif hərəkət intensivliklərində itirilən vaxtın qiymətləri cədvəldə, dəyişməsi xarakteri isə şəkil 2-də göstərilmişdir.

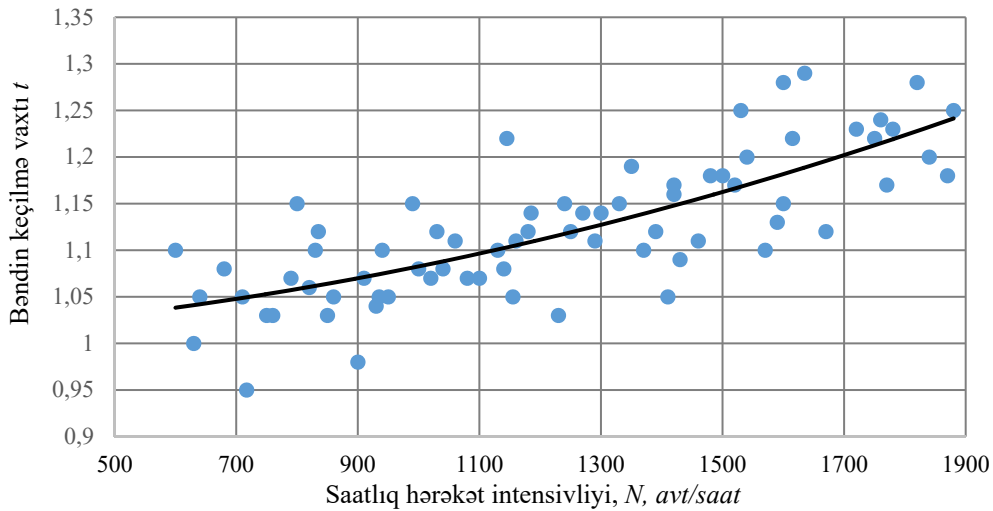
Baxılan sahə üzrə yerdəyişməyə sərf olunan vaxtın nəqliyyat axınının intensivliyindən asılı olaraq dəyişməsi

Hesablama modeli	Hərəkət intensivliyi avt/saat						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
	Saatlıq effektivlik göstəricisi						
BRP modeli əsasında	1.0004	1.0011	1.0028	1.0058	1.0108	1.0184	1.0296
Konik funksiya əsasında	1.0427	1.0634	1.0885	1.1191	1.1575	1.2065	1.2705
Sinqapur modeli əsasında	1.0892	1.0959	1.1036	1.1126	1.1234	1.1364	1.1528



Şəkil 2. Müxtəlif modellərin tətbiqi nəticəsində marşrut şəbəkəsinin bəndinin keçilmə vaxtının nəqliyyat axınının intensivliyindən asılı olaraq dəyişməsi

Marşrut şəbəkəsinin baxılan bəndində canlı müşahidələrlə əldə edilən nəticələrə əsasən bənddə avtobusların itirdiyi vaxtın saatlıq hərəkət intensivliyindən asılı olaraq paylanma xarakteri şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. Müxtəlif modellərin tətbiqi nəticəsində marşrut şəbəkəsinin bəndinin keçilmə vaxtının nəqliyyat axınının intensivliyindən asılı olaraq dəyişməsi

Şəkil 3-dəki trend əyrisinin xarakteri və üzərindəki qiymətlər kifayət qədər dəqiqliklər vaxt itkisinin müəyyən edilməsi üçün Sinqapur modelinin tətbiqin zamanı alınan əyrinin xarakterinə və qiymətlərinə uyğun gəlir.

Onda şəhər marşrut şəbəkəsinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün düsturu aşağıdakı şəkildə yaza bilərik:

$$Ef(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in G} \frac{Q_{ij}}{\frac{l_{ij}}{V_{ij}^0} + 0,9 \left[ \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x_{ij})} + \frac{x_{ij}^2}{2N_{ij}(1-x_{ij})} \right]} \quad (9)$$

(9) düsturu marşrut şəbəkəsinin effektivliyini şəbəkənin bəndləri üzrə daşınan sərnişinlərin sayı, bəndlərdə marşrut nəqliyyat vasitələrinin ləngimələrinin əsas səbəbi olan svetoforların iş rejimi, nəqliyyat axınlarının intensivliyi və baxılan bəndlərdə yolun buraxma qabiliyyəti nəzərə alınmaqla müəyyən etməyə imkan verir.

### Nəticə

Marşrut şəbəkəsinin işinin effektivliyinin qiymətləndirilməsində əvvəllər təklif olunan üsul yalnız nəqliyyat şəbəkəsinin bəndləri üzrə hərəkət vaxtının təyin olunmasına əsaslanır və sərnişin axınının yerdəyişməyə olan tələbatının nə dərəcədə ödəndiyini qiymətləndirməyə imkan vermir. Vahid zaman çərçivəsində marşrut şəbəkəsinin bəndləri üzrə daşınan sərnişinlərin sayının müəyyən edilməsi ümumilikdə şəbəkənin iş effektivliyini qiymətləndirmək üçün daha səmərəli göstəricidir.

Nəqliyyat şəbəkəsinin bəndləri üzrə iş effektivliyinin qiymətləndirilməsi zamanı bəndlər üzrə yerdəyişməyə sərf olunan vaxtın daha dəqiq qiymətləndirilməsinə ehtiyac var. Təklif olunan hesabat üsulları azad axında hərəkət vaxtının müxtəlif amillərin təsiri nəticəsində artmasının nəzərə alınmasına əsaslanır. Bu üsullardan şəhər küçə-yol şəbəkəsində ləngimələrin nəzərə alınması üçün daha əlverişli olanı Sinqapur modelidir. Bakı şəhərinin küçə yol şəbəkəsində canlı müşahidələrlə əldə edilən ölçmə nəticələri bu modelin köməyi ilə bəndlərdə itirilən vaxtın daha dəqiq təsvir edilməsinin mümkün olduğunu göstərir. Nəqliyyat şəbəkəsinin işinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi zamanı bəndin keçilməsinə sərf olunan vaxtın bu üsulla hesablanması məqsədəuyğundur.

### ƏDƏBİYAT

1. Bus Route Evaluation Standards. Synthesis of Transit Practice 10. NATIONAL ACADEMY PRESS Washington, D.C. 1995. ISSN 1073-4880. ISBN 0-309-058554.
2. Seong Ping Chuah, Huayu Wu, Yu Lu, Liang Yu, Stephane Bressan. Bus Routes Design and Optimization via Taxi Data Analytics. CIKM '16: Proceedings of the 25th ACM International on Conference on Information and Knowledge Management, October 2016 Pages 2417–2420. <https://doi.org/10.1145/2983323.2983378>
3. Wei Y, Jiang N, Li Z, Zheng D, Chen, M, Zhang M. An Improved Ant Colony Algorithm for Urban Bus Network Optimization Based on Existing Bus Routes. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2022, 11, 317. <https://doi.org/10.3390/ijgi11050317>
4. Miloš Nikolic, Dušan Teodorovic. Transit network design by Bee Colony Optimization Expert Systems with Applications. 40, 2013. 5945–5955. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.05.002>
5. Z.D. Huang, X.J. Liu, C.C. Huang & J.W. Shen (2010) A GIS-based framework for bus network optimization using genetic algorithm, Annals of GIS, 16:3, 185-194, DOI: 10.1080/19475683.2010.513152
6. Qingshuai Shi, Ke Zhang, Jiancheng Weng, Yuqiang Dong, Siyong Ma, Mengyuan Zhang. Evaluation model of bus routes optimization scheme based on multi-source bus data. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. Volume 10, June 2021, 100342. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100342>
7. Igor Dakic, Ludovic Leclercq, Monica Menendez. On the optimization of the bus network design: An analytical approach based on the three-dimensional macroscopic fundamental diagram Transportation Research Part B: Methodological. Volume 149, July 2021, Pages 393-417. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2021.04.01>
8. Mieghem P.V. Graph Spectra for Complex Networks; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2011.
9. Dashdamirov F. Study of bus driving parameters on urban route. Transport problems 6(4), 2011, 80-85. ISSN 1896-0596.
10. Soh H., Lim S., Zhang T., Fu X., Lee G.K.K., Hung T.G.G., Di P., Prakasam S., Wong L. Weighted complex network analysis of travel routes on the Singapore public transportation system. Phys. A Stat. Mech. Its Appl. 2010, 389, 5852–5863.
11. Kurant M., Thiran P. Extraction and analysis of traffic and topologies of transportation networks. Phys. Rev. E Stat. Nonlinear Soft Matter Phys. 2006, 74, 036114.
12. Junjie Zhang, Miaomiao Liu and Bin Zhou. Analytical Model for Travel Time-Based BPR Function with Demand Fluctuation and Capacity Degradation. Mathematical Problems in Engineering. Volume 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/5916479>
13. Mohammed Bally Mahdi\*, Areaj Khairy Alrawi and Lee Vien Leong. Compatibility between delay functions and highway capacity manual on Iraqi highways. Open Engineering 2022; 12: 359–372. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0022>.
14. C. Xie, R. Cheu, and D. Lee, “Calibration-Free Arterial Link Speed Estimation Model Using Loop Data”. ASCE J. of Transportation Engineering, Nov/Dec 2001, pp. 507-514.
15. Marchiori M., Latora V. Efficient Behavior of Small-World Networks. Phys. Rev. Lett. 2001, 87, 1-4.

**METHODOLOGY FOR ASSESSING THE BUS ROUTES NETWORK EFFICIENCY****F.S.Dashdamirov***Azerbaijan Technical University*

**Abstract:** The article explains the problems that arise during the development of the bus route network and increase its density, as well as analyzes existing research in the direction of modelling and optimizing the route network. The importance of considering the characteristics of the movement of vehicles in different sections of the route network is substantiated. The network of urban routes is considered as a complex network with sections that have a certain weight. A method for determining the efficiency indicator (weight) corresponding to each link of the route network is proposed. In order to take into account the influence of indicators on the time of movement of vehicles on route sections, a comparative analysis of existing calculation methods was carried out, a model was substantiated that more accurately describes the real time of movement when assessing the route network efficiency.

**Keywords:** *route network, buses, effectiveness, assessment method.*

**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТИ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТОВ****Ф.С.Дашдамиров***Азербайджанский технический университет*

**Резюме.** В статье разьяснены проблемы, возникающие при развитии автобусной маршрутной сети и увеличении ее плотности, а также анализированы существующие исследования в направлении моделирования и оптимизации маршрутной сети. Обоснована важность рассмотрения характеристик движения транспортных средств на разных участках маршрутной сети. Предусмотрено рассмотрение сети городских маршрутов, как сложная сеть с участками, которые имеют определенный вес. Предложен метод определения показателя эффективности (веса), соответствующего каждому звену маршрутной сети. С целью учета влияния показателей на время движения транспортных средств на участках маршрутов был проведен сравнительный анализ существующих методов расчета, обоснована модель, более точно описывающей реальное время движения при оценке эффективности работы маршрутной сети.

**Ключевые слова:** *маршрутная сеть, автобусы, эффективность, метод оценки.*

Daxil olub: 07.02.2023