

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

ŞƏHƏRLƏRDƏ AVTOMOBİL TIXACLARININ YARANMA SƏBƏBLƏRİ VƏ ONLARIN ARADAN QALDIRILMASI

İxtisas: 3327.01 – Nəqliyyat sistemləri texnologiyası

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Mirhəmid İltifat oğlu Bağirov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Texnika elmləri doktoru, professor
Heybətulla Mabud oğlu Əhmədov

Rəsmi opponentlər:

Texnika elmləri doktoru, professor
Ziyafət Xeyrulla oğlu Kərimov

Texnika elmləri doktoru, professor
Məzahir Həmzə oğlu Fərzəliyev

Texnika elmləri namizədi, dosent
Yaqub Maksim oğlu Piriyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: Texnika elmləri doktoru, professor



Bayram Qənimət oğlu İbrahimov

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:

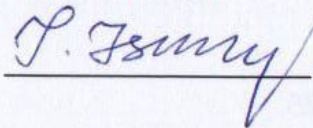


Texnika elmləri namizədi, dosent

Əlləz Hacıəhməd oğlu Əliyev

Elmi seminarın sədri:

Texnika elmləri doktoru, professor



İsrəfil İbrahim oğlu İsmayılov

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Avtomobilləşmənin sürətli artımı sahəsində insanların “tıxac” və sıxlıqlarda qalmaları, vaxt itkiləri, ekoloji balansın pozulması, əsəbin, stresin yaranması, yol-nəqliyyat hadisələrinin sayının artması və s. hallar müşahidə edilməkdədir.

Azərbaycan Respublikasında 2023-cü il üzrə nəqliyyat sektorunda avtomobil nəqliyyatının sənişin daşımalarda payı 88.1%, digər nəqliyyat növlərindən metro 11.4%, dəmir yolu 0.37%, hava 0.15%, dəniz 0.001% olmuşdur. Avtomobil nəqliyyatının sənişin dövriyyəsində payı 75.8%, digər nəqliyyat növlərinin isə payı hava 15.6%, metro 7.7%, dəmir yolu 0.93%, dəniz 0.03% olmuşdur. Statistik göstəricilər göstərir ki, Azərbaycan Respublikasında daşımalarda avtomobil nəqliyyatı böyük üstünlüyə malikdir.

Həmçinin dünyanın bir sıra aparıcı ölkələrində İntellektual Nəqliyyat Sistemləri tikilib istifadəyə verilmiş, nəqliyyat axınlarının əvvəlcədən proqnozlaşdırılması məqsədilə simulyasiya proqramları (VİSSİM, VİSUM, AİMSUN və s.) tətbiq edilmiş, ağıllı şəhər (smart city) və digər layihələr həyata keçirilmişdir.

İntellektual nəqliyyat sistemində əsas bölmələrdən biri nəqliyyatda siqnallara nəzarət bölməsidir, həmin bölmənin işinin vacib elementi əlaqələndirilmiş nizamlaşdırma qrafikinin (“yaşıl dalğa” rejiminin) adaptiv şəkildə quraşdırılmasıdır.

Qeyd edilənləri nəzərə alaraq şəhərlərdə avtomobil tıxaclarının yaranma səbəbləri və onların aradan qaldırılmasına həsr edilmiş dissertasiya işinin günün tələbləri baxımından aktual olduğunu təsdiq etmək olar.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Dissertasiya işinin tədqiqat obyektı şəhərlərdə yaranan tıxaclar, nəqliyyat sıxlığı, predmeti isə onların qarşısının alınması və nəqliyyat şəraitinin yaxşılaşdırılmasıdır. Araşdırmaların nəticələri əsasında, avtonəqliyyat vasitələrinin orta sürətinin müəyyənləşdirilməsinin yol sıxlığının qiymətləndirilməsində, eləcə də “yaşıl dalğa” rejiminin adaptiv nizamlaşdırılmasında əhəmiyyətli bir göstərici olduğu vurğulanır.

Bu məqsədlə şəhərlərdə avtomobil tıxaclarının yaranma

səbəbləri və onların aradan qaldırılması araşdırlarkən bir sıra müəlliflərin elmi işlərindən, eləcə də məqalələrindən hal-hazırkı mövzunun tədqiqi zamanı istifadə olunmuş və onlara istinadlar edilmişdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Nəqliyyatın idarə olunması sahəsində yeni yanaşmalardan istifadə etməklə şəhərlərdə “yaşıl dalğa” rejiminin qurulması və avtomobil tıxaclarının azaldılmasıdır.

Seçilmiş məqsədə uyğun olaraq aşağıdakı məsələlərin həlli nəzərdə tutulur:

- Bakı şəhərində avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərinin araşdırılması;

- Smart mobillik konsepsiyası əsasında şəhər küçə və yollarında hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması;

- Nəqliyyat axınının parametrlərinin etibarlı proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkəsi modelinin və süni intellektin tətbiqinin araşdırılması;

- Bakı şəhərinin şimal giriş-çıxışı istiqamətində nəqliyyat axınının tənzimlənməsi və sərtişinlərin ictimai nəqliyyatdan istifadəsinin təşviqi;

- Əldə edilmiş yanaşmaların və nəticələrin Bakının bir sıra küçə və yollarında tətbiqi;

- Təklif olunan yanaşma ilə Bakı şəhərində tıxacların azaldılmasından və ətraf mühitin çirklənməsinin azaldılmasından əldə edilən iqtisadi səmərənin hesablanması.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün Nəqliyyatı İntellektual İdarəetmə Mərkəzinin (NİİM) Video aşkarlayıcı kameralarından (VAK) və yol nəzarətədicilərindən istifadə etməklə əldə edilmiş məlumatlardan və həmin məlumatların statistik emalından, neyron şəbəkələrin tətbiqindən və simulyasiya metodlarından istifadə edilmişdir.

Aparılan araşdırmalar əsasında tədqiqatlar aşağıda qeyd edilən istiqamətlərdə davam etdirilmişdir:

- innovativ yanaşmaların tətbiqi;
- neyron şəbəkənin qurulması;
- ictimai nəqliyyatın genişləndirilməsi;
- yol infrastrukturunun təkmilləşdirilməsi.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- nəqliyyat axınının kompleks göstəricisi qismində avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin araşdırılaraq proqnozlaşdırılması;
- avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması üçün öyrətmə, qiymətləndirmə və test korpuslarının qurulması;
- yol hərəkətinin təşkilinin səmərəliliyinin və təhlükəsizliyinin yüksəldilməsi istiqamətində smart layihələrin işlənilib hazırlanması;
- süni intellektin imkanlarından istifadə etməklə yol hərəkət göstəricilərinin proqnozlaşdırılması;
- Bakı şəhərinin Mətbuat prospektində və akademik Zərifə Əliyeva küçəsində neyron şəbəkəsinin tətbiqi ilə “yaşıl dalğa” rejimi layihəsinin işlənilib hazırlanması;
- neyron şəbəkənin öyrədilməsi nəticələrinin qiymətləndirilməsinin işlənilib hazırlanması.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- Şəhərlərin giriş-çığışlarında avtomobil tıxaclarının azaldılması üçün piyadaların və nəqliyyat vasitələrinin sıx olduğu xidmət obyektlərinin ətrafında hərəkətinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üsulu işlənilib hazırlanmışdır;
- “Yaşıl dalğa” rejiminin adaptiv təşkili məqsədilə neyron şəbəkələri qurulmuşdur;
- Neyron şəbəkənin vasitəsi ilə hazırlanmış modelin test korpuslarının qurulması üçün avtonəqliyyat vasitələrinin real şəhər küçə kəsişmələri və izləmə kameralarından götürülmüş hərəkət sürətləri barədə məlumatlar təhlil edilmişdir;
- Baxılan küçə və prospektlərdə mövcud olan yol hərəkətinin təşkilinin texniki nizamlaşdırma vasitələrinin işi, həmçinin hərəkətin təşkilinə təsir edə biləcək bütün vasitələri, hərəkət intensivlikləri, hərəkət sürətləri öyrənilərək giriş parametrləri kimi istifadə edilən hərəkət sürəti 95% dəqiqliklə proqnozlaşdırmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Əldə edilmiş əsas nəticələr mühüm nəzəri və tətbiqi əhəmiyyətə malikdir. Avtomobil nəqliyyatının müasir dövrdəki inkişafı iqtisadiyyatın, mədəniyyətin və sosial həyatın bir sıra aspektlərinə təsir göstərir. Bu inkişafın müsbət və mənfi tərəfləri mövcuddur, inkişafın sürəti artıq iqtisadi, eləcə də ictimai məsələləri əhatə edir. Bundan başqa praktiki mərhələdə

avtomobil nəqliyyatının inkişafı özündə “tıxac”, vaxt itkiləri, ekoloji problemlər, əsəb və stres yaradılması, nəqliyyat hadisələrinin sayının artması kimi məsələləri də əhatə edir. Dissertasiya işinin nəzəri əsasını aparılan çoxsaylı tədqiqatlar, elmi araşdırmalara istinad olunmuş istər yerli, istərsə də xarici müəlliflərin əsərləri, mövzu ilə bağlı iştirak edilmiş müxtəlif konfranslar təşkil edir.

Aprobasiya və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin xətti ilə Mingəçevir Dövlət Universiteti, "Qloballaşma və regional integrasiya" mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Mingəçevir, 2016), Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika Elmi Konfransında (Bakı 2016), Azərbaycan Texniki Universiteti, Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika Elmi-texniki konfransında (Bakı, 2017), Bakı Mühəndislik Universiteti “Azərbaycan Beynəlxalq nəqliyyat sistemində: Məqsədlər və perspektivləri” adlı Beynəlxalq elmi-praktik konfransında (Bakı, 2018), “Azərbaycanın nəqliyyatı: Nailiyyətlər, problemlər və perspektivlər” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2019), “Progressive research in the modern world” II Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransında (Boston 2022) təqdim olunmuş və müzakirə edilmişdir.

Dissertasiya işinin müddələrinin daha geniş araşdırılması müasir metod və üsulların mənimsənilməsi məqsədilə bir çox yerli və beynəlxalq təlimlərdə iştirak edilmişdir. 2019-cu il Bakı şəhərində keçirilmiş “Beynəlxalq yol təhlükəsizliyi mühəndisliyi” seminarında, 2019-cu il Çinin Pekin şəhərində keçirilmiş “İnfrastrukturun planlaşdırılması və inkişafı” seminarında, 2020-ci il Hindistanda keçirilmiş “Avtobus nəqliyyat sistemlərinin planlaşdırılması” təlim proqramında, 2021-ci il Avropa Yenidənqurma və İnkişaf Bankı (AYİB) tərəfindən “AYİB-in Yol Hərəkəti Təhlükəsizliyi Mühəndisliyi” vebinarında, 2021-ci il CAREC ölkələrində (Qazaxıstan) “Yol təhlükəsizliyi Mühəndisliyinin İnkişafı” mövzusunda seminarda, 2022-ci il Asiya Sakit Okean ərazisində Təhlükəsiz yol İnfrastrukturunu vebinarında, 2022-ci il il CAREC

ölkələrində (Türkmənistan) “Yol təhlükəsizliyi Mühəndisliyinin İnkişafı” mövzusunda seminarda, 2022-ci il Filippində Beynəlxalq Regional Yol təhlükəsizliyi tədqiqatlar dialoqu və Asiya Sakit Okean Yol təhlükəsizliyi tədqiqatlar illik iclasında, 2023-cü il Floridada “Avtomatlaşdırılmış avtomobil trayektoriyalarından istifadə edərək arterial signal koordinasiya performansının qiymətləndirilməsi” təlimində iştirakla bağlı sertifikatlar alınmışdır. Həmçinin “Avtovağzal ərazisində piyaların və nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üsulu” üzrə Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi tərəfindən İ2020 0041 patent hüququ təqdim edilmişdir.

Dissertasiya işinin əsas müddəaları Bakı şəhərində svetoforların idarəedilməsində səlahiyyətli qurum olan NİİM-də tətbiq olunmuş və bununla bağlı bu mərkəz tərəfindən avtomobil tıxaclarının aradan qaldırılması üçün təklif edilən üsul ilə “yaşıl dalğa” rejimini günün istənilən saatında adaptiv şəkildə dəyişməsinə imkan yaratması və onun tətbiqinin nəqliyyat axınlarının ləngimələrinin azaldılmasına kömək edəcəyinə dair akt tərtib edilmişdir.

Azərbaycan Respublikası üzrə digər şəhər və rayonlarda svetofor obyektlərinin idarə edilməsində cavabdeh qurum olan Daxili İşlər Nazirliyi Baş Dövlət Yol Polisi İdarəsinin “Signal” İxtisaslaşdırılmış Layihə İstehsalat İdarəsi tərəfindən “yaşıl dalğa” rejimi üzrə müddələrin praktiki əhəmiyyəti nəzərə alınaraq, idarə tərəfindən tənzimlənən svetofor obyektlərində istifadə edilməsi üçün qəbul edilmişdir. Dissertasiya işinin müddəaları əsas götürülərək tövsiyə edilmiş sürət həddini müəyyənləşdirmək məqsədilə svetofor obyektlərinin quraşdırılmasına və idarə edilməsinə məsul olan mütəxəssislər üçün tövsiyələr hazırlanması ilə bağlı akt tərtib edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Texniki Universitetinin “Nəqliyyat logistikası və hərəkətin təhlükəsizliyi” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi giriş, 4 bölmə, nəticələrdən ibarət 196 səhifə kompüter yazısından, o

cümlədən 13 səhifə istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından, 17 səhifəlik əlavələrdən və 1 səhifə ixtisarlardan ibarətdir. Dissertasiya işində giriş hissəsinin həcmi 18942, I fəslin həcmi 68911, II fəslin həcmi 78710, III fəslin həcmi 31363, IV fəslin həcmi 29517 işarədən, ümumi həcmi isə 227449 işarədən ibarətdir. Dissertasiya işi özündə 11 şəkil, 33 cədvəl, 13 sxem, 8 diaqram, 2 qrafik 126 adda ədəbiyyat siyahısı və 10 əlavəni birləşdirir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusu əsaslandırılmaqla onun aktuallığı, tədqiqatın məqsədi və həll olunan məsələlər, problemin həlli yolları və metodları müəyyən edilmiş, tədqiqatın elmi yeniliyi, avtomobil nəqliyyatının mövcud inkişafının iqtisadiyyatın, mədəniyyətin və sosial həyatın bir sıra aspektlərinə təsiri araşdırılmışdır. Tədqiqatın nəticələrinin Azərbaycan nəqliyyat sistemində tətbiqinin praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir.

Birinci fəsildə avtomobil tıxacları və onların yaranma səbəbləri, tıxacların aradan qaldırılması metodları, avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin nəqliyyat axınının kompleks göstəricisi qismində araşdırılması, Bakı şəhərində tıxaclar haqqında statistik məlumatların təhlili, tədqiqatın məqsədi və həlli istiqamətləri kimi mövzular öz əksini tapmışdır.

Şəhərlərdə avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərinin araşdırılmasına həsr olunmuş bir sıra tədqiqatlarda avtomobil tıxaclarının inkişaf etmiş və etməkdə olan müxtəlif ölkələrin bir çoxunda problem olaraq qalması, şəhər həyatının keyfiyyətinə təhlükə təşkil etməsi fikri aydın müşahidə olunur.

Avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərini aradan qaldırmaq üçün yol şəraiti barədə məlumatları avtomatik toplama vasitələrindən, nəqliyyat axınlarının kifayət qədər çevik riyazi modellərindən, onların əsasında hazırlanmış proqram təminatlarından istifadə edilməlidir. Yol sıxlığını qiymətləndirmək üçün avtonəqliyyat vasitələrinin orta sürətinin müəyyənləşdirilməsi çox vacibdir. Bakı şəhərində avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürəti barədə düzgün və ətraflı məlumatlar VAK vasitəsilə toplanılır.

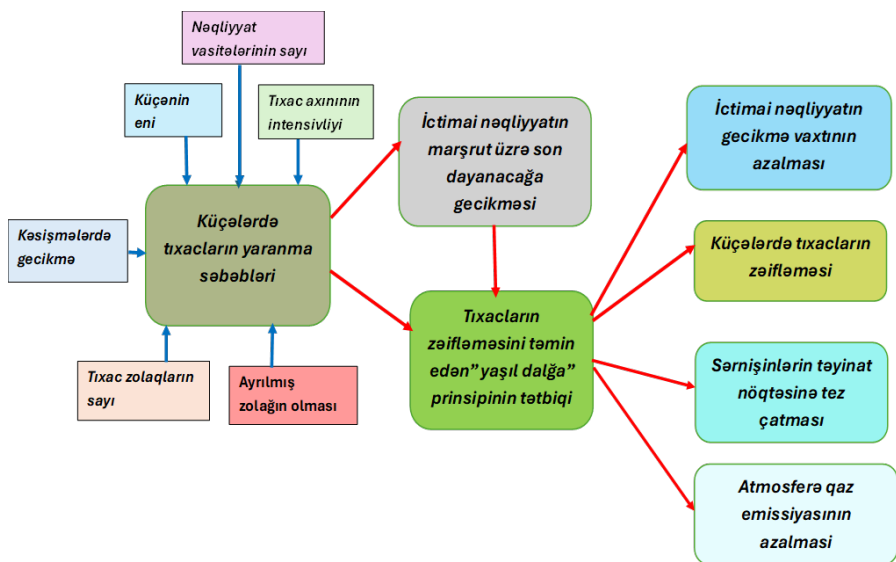
Tıxacların yaranma səbəbləri araşdırılan zaman müəyyən olunmuşdur ki, “yaşıl dalğa” rejiminin pozulması nəticəsində nəqliyyat vasitələri günün hətta qeyri-pik saatlarında belə tıxacla üzləşirlər. “Yaşıl dalğa” rejiminin pozulmasının əsas səbəbləri küçə və prospektlərdə tövsiyə edilmiş hərəkət sürətinin düzgün müəyyənləşdirilməməsi, nizamlanmayan piyada keçidlərinin olması, baxılan küçə və prospektlərdə olan nizamlanan yolayrıcılarında fazaların müxtəlif olmasıdır.

Yuxarıda qeyd edilənlərdən göründüyü kimi, tıxac problemi dünyanın əksər şəhərlərində mövcuddur. Dünyada, o cümlədən Azərbaycanda mövcud olan bu problemin yaranma səbəblərinin niyə hələ də mövcud olması və onun qarşısının alınması üçün nələr edilməsinin gərəkliyinin araşdırılması aktual mövzulardandır. Bütün göstərilən səbəblərdən yerinə yetirilən bu tədqiqat işi də sözügedən mövzuya həsr olunmuşdur.

İkinci fəsildə tıxac-gecikmə prosesinin kütləvi xidmət nəzəriyyəsi ilə təfsiri və riyazi modeli, avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərinin aradan qaldırılması istiqamətində təkliflər və yol hərəkətinin təşkilində istifadə edilən texniki nizamlama vasitələrinin tədqiqi, avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət intensivliklərinin araşdırılması, Bakı şəhərində avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürətlərinin müəyyənləşdirilməsi, yol hərəkəti göstəricilərinin süni intellekt vasitəsilə proqnozlaşdırılması, avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkənin qurulması kimi mövzular öz əksini tapmışdır.

Küçələrdə tıxacların yaranması, nəticədə ictimai nəqliyyatın marşrut üzrə son dayanacağa gecikməsi, “Yaşıl dalğa” prinsipinin tətbiqinə vahid bir proses kimi baxılmış və şəkil 1-də verilmiş struktur model qurulmuşdur.

Tıxacların yaranması, ictimai nəqliyyatın son dayanacağa gecikməsi və “Yaşıl dalğa” rejiminin tətbiqinin struktur modeli ictimai nəqliyyat vasitələrinin marşrutlarının keçmədiyi nizamlanan yolayrıcıları olan küçələr üçün də tətbiq oluna bildiyindən universal hesab edilir.



Şəkil 1. Tıxacların yaranması, ictimai nəqliyyatın son dayanacağa gecikməsi və “Yaşıl dalğa” tətbiqinin struktur modeli

Şəkil 1-dən göründüyü kimi “Yaşıl dalğa” rejiminin tətbiqindən sonra aşağıdakı müsbət nəticələrin olması gözləniləndir:

1. İctimai nəqliyyatın gecikmə vaxtının azalması;
2. Küçələrdə tıxacın zəifləməsi;
3. Sərnişinlərin xidmətdən məmnunluğu, təyinat nöqtəsinə tez çatması;
4. Tıxacda olma vaxtında atmosfərə atılan karbon qazı emissiyasının azalması aid edilir.

Bu struktur model əsasında küçələrdə tıxacları təsir edən amillərlə ictimai nəqliyyat vasitəsinin son dayanacağa çatma vaxtı arasında funksional əlaqə modeli tərtib edilmişdir. Funksional əlaqə modeli şəkil 2-də verilir:

Şəkil 2-dən göründüyü kimi funksional əlaqə modelinin giriş parametrləri aşağıdakılardır¹:

¹ Yona, E., Novoselsky, A., Kagan, E. A Queueing Model for Traffic Flow Control in the Road Intersection// – Switzerland: MDPI, – 2022. №10 (21), - p. 1-15

X_1 - Küçənin eni – W, m ;

X_2 - Nəqliyyat vasitələrinin sayı – $N_v, \text{ədəd}$;

X_3 - Tıxac axınının intensivliyi – $Q, \text{avtomobil/saat}$;

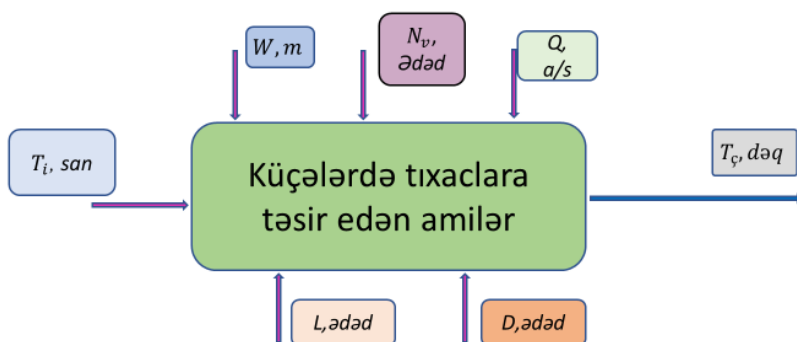
X_4 – Hərəkət zolaqlarının sayı – $L, \text{ədəd}$;

X_5 - Ayrılmış zolağın olması – $D, \text{ədəd}$;

X_6 - Kəsişmələrdə gecikmə vaxtı – T_i, san .

Modelin çıxış parametri:

Y - İctimai nəqliyyat vasitəsinin marşrut üzrə son dayanacağa çatma vaxtıdır – $T_c, \text{dəq}$.



Şəkil 2. Tıxaclara təsir edən amillərlə və son dayanacağa çatma vaxtı arasında funksional əlaqə modeli

Ümumi halda funksional model aşağıdakı 1-ci funksiya kimi ifadə edilir:

$$Y(T_c) = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6) \quad (1)$$

Funksional model əsasında giriş və çıxış parametrləri arasında natural ümumi funksional asılılıq 2-ci funksiya kimi yazıla bilər.

$$F(T_c) = f(W, N_v, Q, L, D, T_i) \quad (2)$$

Bu parametrlər arasındakı əlaqəni ifadə etmək üçün çoxdəyişənli reqressiya tənliyini (3) təklif edirik:

$$T = \beta_0 + \beta_1 W + \beta_2 N_v + \beta_3 Q + \beta_4 L + \beta_5 D + \beta_6 T_i + \epsilon, \quad (3)$$

burada

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$, T - marşrut üzrə ümumi hərəkət vaxtıdır.

β_0 - sabit kəmiyyətdir.

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$ - reqressiya əmsallarıdır.

ϵ – tənliyin xətasıdır.

Reqressiya tənliyinin elementlərinin ayrılıqda təfsiri²:

1. Küçənin eni (W) məntiqə görə mənfi təsir edir– daha geniş küçələr tıxacları azaldır, hərəkət vaxtını azaldır, odur ki, ($\beta_1 < 0$).

2. Nəqliyyat vasitələrinin sayı (N_v) müsbət effekti vardır – daha çox avtomobil tıxacları artırır, hərəkət vaxtını artırır ($\beta_2 > 0$).

3. Tıxac axının intensivliyi (Q) müsbət effekti var – yüksək tıxac sıxlığı daha uzun hərəkət vaxtlarına səbəb olur ($\beta_3 > 0$).

4. Zolaqların sayı (L) mənfi effekt yaradır– daha çox zolaqlar axını yaxşılaşdırır, hərəkət vaxtını azaldır ($\beta_4 < 0$).

5. Xüsusi zolağın mövcudluğu (D) mənfi təsir edir– əgər varsa, avtobuslar və velosipedlər daha sürətli hərəkət edir ($\beta_5 < 0$).

6. Yol kəsişmələrində gecikmələr(T_i): müsbət effekt – kəsişmələrdə daha çox gecikmə hərəkət vaxtını artırır ($\beta_6 > 0$).

Nəzəri mülahizələrə istinad edərək aparılmış müşahidələrin nəticəsində alınan məlumatlar əsasında (3) ifadəsində verilmiş reqressiya tənlik əsasında təyin edilmiş əmsallarla (4) ifadəsində verilmiş reqressiya modeli qurulmuş və hərəkət vaxtı 50 dəqiqə təşkil etmişdir.

$$T = 50 - 1.5W + 0.005N_v + 0.02Q - 3L - 8D + 0.1T_i, \quad (4)$$

(4) ifadəsindən görünür ki, tənliyin əmsallarının nəqliyyatın hərəkət vaxtına təsiri fərqlidir. Əsas hərəkət vaxtına baxılan elementlərin təsiri aşağıdakı kimi izah edilir:

- Küçənin eninin 1 metr artması vaxtı 1,5 dəqiqə azaldır;

² Queuing Theory: [Electronic resource] / Corporate Finance Institute. – Canada, 2025. – URL:<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/queuing-theory/>

- Tıxacda olan hər əlavə avtomobil vaxta 0,005 dəq əlavə edir;
- Hərəkətin intensivliyi (nəqliyyat vasitələri/saat) vaxtı 0,02 dəqiqə artırır;
- Hər əlavə zolaq vaxtı 3 dəqiqə azaldır;
- Xüsusi zolağın olması vaxtı 8 dəqiqə azaldır;
- Kəsişmə gecikməsinin hər saniyəsi hərəkət vaxtını 0,1 dəqiqə artırır.

Verilən giriş parametrlərinin mövcud qiymətləri əsasında Bakı şəhərinin Afiyəddin Cəlilov küçəsində hesablama apararaq:

1. Küçənin eni = 11 m
2. Nəqliyyat vasitələrinin sayı = 2400 ədəd
3. Tıxacın intensivliyi = 1893 avtomobil/saat
4. Zolaqların sayı = 4 zolaq
5. Avtobus üçün xüsusi zolaq - 1
6. Kəsişmə gecikməsi = 60 saniyə

Bu kəmiyyətləri (4) düsturunda yerinə yazıb tənliyi həll edirik:

$$T = 50 - 1.5(11) + 0.005(2400) + 0.02(1893) - 3(4) - 8(1) + 0.1(60)$$

$$T = 69 \text{ dəqiqə}$$

Qəbul edilmiş asılı olmayaraq dəyişən şərtlərdə ictimai nəqliyyatın bu kəsişmədə hərəkət müddəti 69 dəqiqə olacaq.

Riyazi modelləşdirmə ilə əldə olunmuş ilkin nəticələr qarşıya qoyulmuş məqsədi tam təmin edir. Müqayisə üçün təklif etdiyimiz “Yaşıl dalğa” prinsipinin tətbiqinin çıxış parametrlərinə necə təsir edəcəyinə baxılmışdır.

“Yaşıl dalğa” prinsipinin hərəkət vaxtına təsirinə baxdıqda bu prinsipin səlis tıxac axını yaratmaq üçün svetofor obyektlərini sinxronlaşdırdığı müəyyən edilmişdir. Bunun hərəkət vaxtına və sıxlığa göstərdiyi bir neçə əsas təsiri (3) reqressiya tənliyində əks edilmişdir.

Əvvəl funksional modeldə nəzərə alınan amillərin ümumi təsiri ifadə edilmişdisə, aparılan araşdırmalardan, riyazi təhlildən sonra funksional model hər bir amilin təsir dərəcəsindən və xarakterindən

asılı olaraq (4) ifadəsində olduğu kimi verilə bilər:

$$F(T_c) = f(W^{-1}, N_v, Q, L^{-1}, D^{-1}, T_i), \text{ dəqiqə} \quad (5)$$

Əvvəldə (3) reqressiya modelindən istifadə etmişdik. “Yaşıl dalğa”-nın təsirini birləşdirmək üçün kəsişmə gecikməsinin (D_i) və nəqliyyatın intensivliyini (Q) azaldan G düzəliş əmsalı təqdim edirik.

Onda qeyd edilən G düzəliş əmsalı nəzərə alınmaqla (3) reqressiya modelinin ifadəsi (6) tənliyindəki kimi olacaqdır.

$$T = \beta_0 + \beta_1 W + \beta_2 N_v + \beta_3 (Q \cdot G) + \beta_4 L + \beta_5 D + \beta_6 (D_i \cdot G) \quad (6)$$

burada

G – “Yaşıl dalğa” prinsipinin tətbiqinin səmərəlilik əmsalıdır və təcrübə göstərir ki, $G=0,5-1,0$ intervalında dəyişir.

Xüsusi hallarda:

$G=1,0$ – “Yaşıl dalğa” olmadıqda - normal sıxlıqda.

$G=0,5$ – Mükəmməl “Yaşıl dalğa” - minimum dayanma, maksimum səmərəlilik əldə edildikdə.

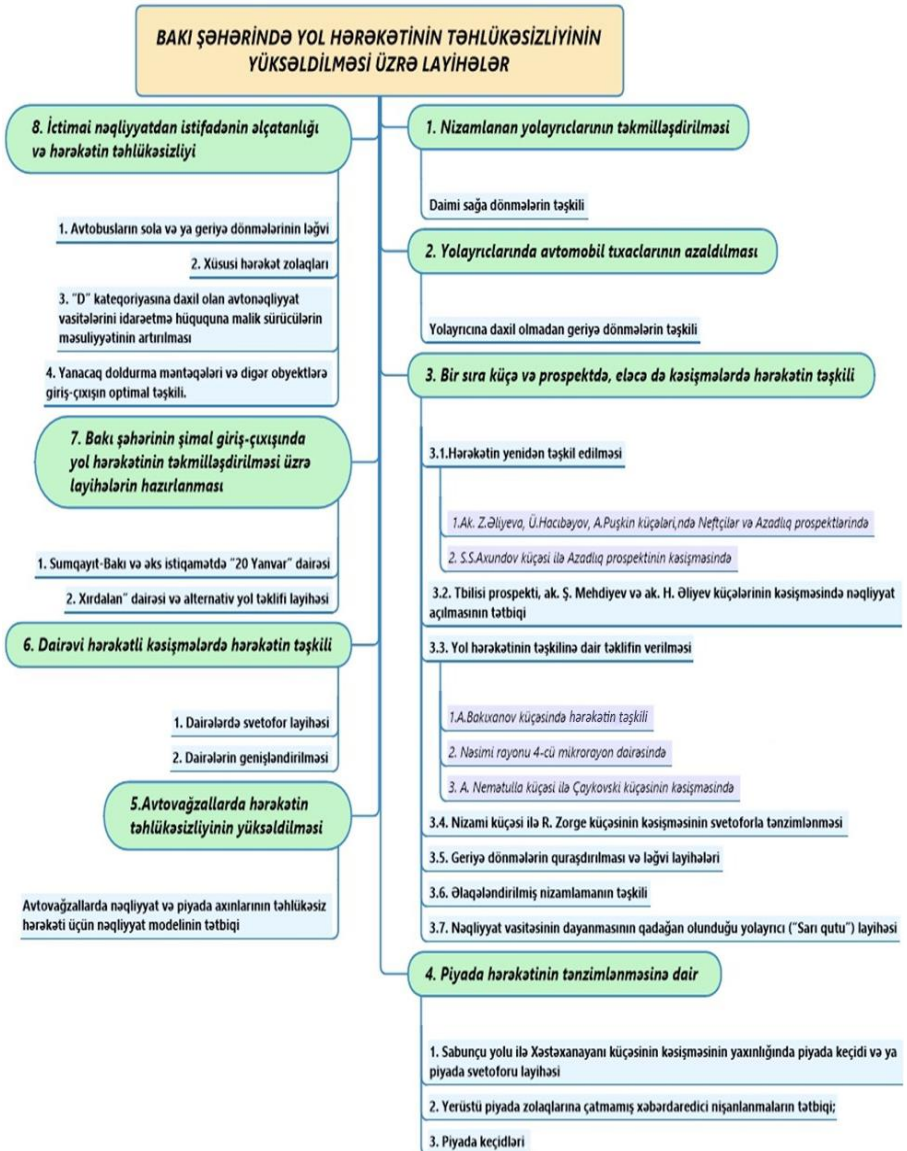
“Yaşıl dalğa” rejimindən əvvəl yüksək kəsişmə gecikmələri, qeyri-bərabər nəqliyyat axını, uzun gözləmə müddətləri olsa da, bu rejimdən sonra daha az gecikmələr, daha səlis hərəkət axını, daha sürətli ictimai nəqliyyat təmin ediləcəkdir.

Bu nəticələr şəhərlərdə tıxacların idarə edilməsi üçün kritik fikirlər təqdim edir. Hansı amillərin ictimai nəqliyyatın gecikməsinə daha çox təsir etdiyini müəyyən etməklə, şəhərin aidiyyəti strukturları nəqliyyat axınıni planlaşdırma, optimallaşdırma, yol infrastrukturunu yaxşılaşdırma və tıxacları azalda biləcəyini dəqiqləşdirir.

Tədqiqatın əsas ideyasının həlli istiqamətində, Bakı şəhərinin 8 küçə və prospekti araşdırılmış (bax, şəkil 3), həmin küçə və prospektlərin 22 nöqtəsində 15 iş günü ərzində 24 saat müddətində avtonəqliyyat vasitələrinin intensivliyi və hərəkət sürəti göstəriciləri barədə məlumatlar toplanmışdır.

Həmçinin baxılan küçə və prospektlərdə küçə və prospektlərin başlanğıcından VAK-a qədər və VAK-dan yolun sonuna qədər aşağıda qeyd edilmiş məlumatlar öyrənilmiş və təhlil edilmişdir:

bir sıra layihələrin strukturu şəkil 4-də qeyd edilmişdir.



Şəkil 4. Bakı şəhərində yol hərəkətinin təhlükəsizliyinin yüksəldilməsi üzrə layihələrin strukturu

Hərəkət sürətinin dəyişməsi tıxacların yaranmasının əsas səbəblərindən olduğundan sürətin düzgün nizamlanmamasının “yaşıl dalğa” rejiminin pozulmasına təsir etdiyini deməyə əsas verir.

Avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkələrindən istifadə olunması ilə bağlı aparılan araşdırmalar zamanı neyron şəbəkələrindən müxtəlif sahələrdə yaranmış problemlərin həlli məqsədilə geniş surətdə istifadə olunduğu müəyyən edilmişdir.

“Yaşıl dalğa” qrafikinin qurulmasında istifadə olunacaq, tövsiyə edilən hərəkət sürətini müəyyən etmək üçün neyron şəbəkənin qurulması vasitəsilə hərəkət sürətləri proqnozlaşdırılmış bunun üçün tam əlaqəli qapalı neyron şəbəkəsi modelindən istifadə edilmişdir.

Real vaxt rejimində “şəbəkə hərəkəti” təsnifatına malik olan yüngül bir neyron şəbəkəsi vasitəsilə nəzarət olunan digər “maşın öyrənmə” üsulları üçün ümumiləşdirilə bilən həm məlumat emalına, həm də optimallaşdırma üçün potensial prosedurlara baxıla bildiyi müəyyən edilmişdir.

Üçüncü fəsilə avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması üçün test korpuslarının qurulması, neyron şəbəkənin öyrədilməsi və neyron şəbəkənin öyrətməsinin nəticələrinin qiymətləndirilməsi kimi mövzular öz əksini tapmışdır.

Neyron şəbəkə müəyyən bir struktur ilə əlaqləndirilmiş ayrı-ayrı neyronlar toplusu olduğundan, şəbəkənin hesablama gücü, yəni onun yerinə yetirə biləcəyi məsələlər məhz bu əlaqələrlə müəyyənləşdirilmişdir.

Hazırkı dövrdə süni intellekt metodlarının müxtəlif texniki sahələrdə, iqtisadiyyatda, maliyyədə və digər sahələrdə proqnozlaşdırılma və klassifikasiya məsələlərində istifadə olunduğunu nəzərə alaraq, dissertasiya işində avtomobil tıxaclarının yaranma səbəbləri və onların aradan qaldırılması məqsədilə yol hərəkətində hərəkət sürətinin süni intellekt vasitəsilə proqnozlaşdırılması araşdırılmış və öyrətmədə görünməmiş müşahidələr üçün 4.52% xəta ilə qənaətbəxş nəticələr alınmışdır.

Dissertasiya işi hazırlanarkən süni intellektin tətbiqi zamanı neyron şəbəkənin tətbiq edilmə proqramı python 3.5 proqramlaşdırma dilində yazılmışdır. Neyron şəbəkələrin öyrədilməsi üçün Microsoft

CNTK modulundan da istifadə olunmuş, həmçinin neyron modelin öyrədilməsi üçün python 3.5 proqramlaşdırma dilində cntk_dnn.py yazılmışdır. Öyrədilmiş modelin test korpusunda qiymətləndirilməsi üçün python 3.5 proqramlaşdırma dilində cntk_dnn_evaluation.py yazılmışdır.

Şəhərlərdə avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılmasına uyğun olaraq öyrədilmiş modelin test korpusunun qiymətləndirilməsi məqsədilə Bakı şəhərinin bir sıra küçə və prospektlərində müşahidələr, müayinələr və təhlillər aparılmışdır.

Öyrədilmiş modelin test korpuslarının qurulması üçün paytaxtın 8 fərqli avtomobil yolunun 22 fərqli məntəqəsində quraşdırılmış VAK üzrə 15 iş günü və hər günün 24 saati üzrə avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətləri barədə məlumatlar təhlil edilərək istifadə edilmişdir.

Bakı şəhərinin aşağıda qeyd edilmiş küçə və prospektlərində yerləşdirilmiş VAK-larda məlumatlar öyrənilmişdir:

1. 28 May küçəsi üzrə 4 məntəqədə;
2. Azadlıq prospekti (akademik Həsən Əliyev küçəsi ilə kəsişmədən Neftçilər prospektinədək) üzrə 2 məntəqədə;
3. Neftçilər prospekti üzrə 3 məntəqədə;
4. Parlament prospekti üzrə 2 məntəqədə;
5. Tbilisi prospekti üzrə 6 məntəqədə;
6. Akademik Zərifə Əliyeva küçəsi üzrə 2 məntəqədə;
7. Afiyəddin Cəlilov küçəsi üzrə 1 məntəqədə;
8. M.K.Atatürk prospekti üzrə 2 məntəqədə.

Qeyd edilmiş 22 məntəqə üzrə 15 iş gününün hər 24 saati üzrə ümumi müşahidə hallarının sayı $22 \times 15 \times 24$ hasilinin nəticəsi kimi 7920 ədəd təşkil etmişdir.

Qeyd edilən avtomobil yollarından 6 küçə və prospekt üzrə 18 məntəqədən müşahidə və təhlil edilmiş məlumatlar öyrətmə üçün, 1 küçə (akademik Zərifə Əliyeva küçəsi) üzrə 2 məntəqədən müşahidə və təhlil edilmiş məlumatlar qiymətləndirmə üçün, 1 küçə (Parlament prospekti) üzrə 2 məntəqədən müşahidə və təhlil edilmiş məlumatlar isə test üçün ayrılmışdır. Aparılan hesabatlar zamanı müşahidə halları cədvəl 1-də göstərildiyi qaydada bölünmüşdür.

Ümumi olaraq Bakı şəhərinin timsalında şəhərlərdə avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması

məsələsində 53 yol xarakteristikası nəzərə alınmışdır.

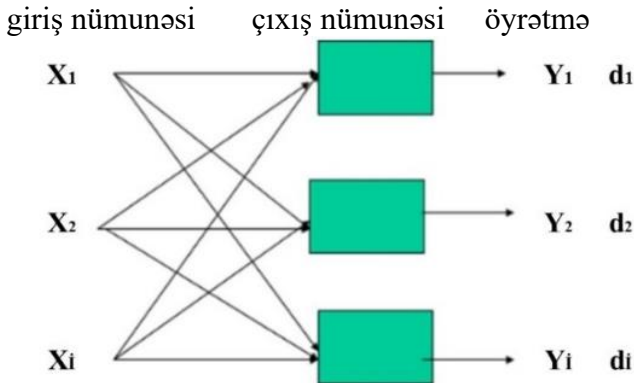
Həmçinin tam saatlarla ifadə olunan vaxt göstəriciləri və VAK-ın qeydə aldığı avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətləri də nəzərə alındıqda 7920 x 55 ölçülü matris əldə edilmişdir.

Cədvəl 1.
Müşahidə hallarının bölünməsi

öyrətmə	qiymətləndirmə	test	ümumi
7200	360	360	7920

Beynəlxalq təcrübələrin öyrənilməsi zamanı yüksək çevikliyə, yaxşı öyrənmə və ümumiləşdirmə imkanlarına görə neyron şəbəkələrinə əsaslanan alqoritmlərin nəqliyyatla bağlı məsələlərdə geniş istifadə olunduğu müəyyən edilmişdir. Təkrarlanan neyron şəbəkəsi növbəti günlərin məlumatlarını effektiv şəkildə emal edə bilən xüsusi daxili strukturuna görə nəqliyyat axınının proqnozlaşdırılmasında tətbiq edilmişdir.

Müxtəlif neyronlu bir qatdan ibarət neyron şəbəkəsini nəzərdən keçirdikdə isə şəkil 5-də verilən proses tərtib olunacaqdır.



Şəkil 5. Neyron şəbəkəsinin öyrənmə prosesi

Şəkil 5-də göstərilən $\{X_1, X_2, X_i\}$ və $\{d_1, d_2, d_i\}$ vektorları öyrətmə cütünü təmsil edir və tıxacə təsir edən bütün parametrlər, baxılan küçə və prospektlərdə müşahidə aparılan məntəqədən əvvəl və

sonra məsafələrin, VAK-ların, avtomobil nəqliyyatının infrastruktur obyektlərinin və yol hərəkətinin texniki nizamlama vasitələrinin sayı, svetoforların optimal nizamlama vaxtlarının uzunluqları, fazaların sayı, yol nişanlarının sayı, eləcə də baxılan küçə və prospektlərdə hərəkət intensivlikləri və hərəkət sürətləri barədə məlumatlar qatlar şəklində daxil edilir. Daha sonra isə bir birinə təsirdən yaranan gizli qatlar, daha sonda çıxış qatlarında öyrətmənin nəticəsi olaraq orta hərəkət sürətləri müəyyən edilir³.

Dissertasiya işində öyrətmə üçün 53 yol xarakteristikası və vaxt (tam saatlarla) götürülməklə (cəmi 54 göstərici) orta qiymət və variasiyaya görə normalaşdırılır və neyron şəbəkəsinin girişinə daxil edilir. Verilmiş $X = (x_1, x_2, \dots, x_{54})$ vektoru üçün neyron şəbəkə müvafiq saatda detektorun qeydə aldığı Y hərəkət sürəti üçün $Y = f(X)$ proqnozunu çıxışa ötürür.

Neyron şəbəkə öyrətmə çoxluğu üzrə bu xətanı minimallaşdıran parametrləri öyrənir⁴. Öyrətmə korpusu 7200 müşahidədən ibarətdir. Neyron şəbəkənin bütün çəki əmsalları $(-0.02, 0.02)$ intervalında müntəzəm paylanma ilə inisializasiya olunur. Davamlı yığılma üçün öyrənmə əmsalı sabit olaraq $\alpha = 0,05$ kimi götürülür.

Araşdırmalar və hesablamalar əsasında dissertasiya işinin əsas hissəsi olan nəqliyyat axınının proqnozlaşdırılması məqsədilə öyrətmənin nəticələrini qiymətləndirmək üçün ayrılmış test korpusundan bir yol üzrə 2 detektor kamera müşahidələrindən istifadə olunmuşdur. Öyrətmə zamanı qatların sayının və ölçüsünün müxtəlif qiymətlərinə baxılmış, ən yaxşı nəticələrin qatlarının sayı $n=5$ və ölçüsü 20 olduqda alındığı müəyyən edilmişdir.

Buna uyğun olaraq öyrənilən parametrlərin sayı aşağıdakı kimi müəyyən olmuşdur:

$$54 \times 20 + 20 \times 20 \times 4 + 20 \times 6 + 1 = 2801$$

³ Thorsell, E. Vehicle speed-profile prediction without spatial information: / master thesis / – Gothenburg, 2018. – 81 p.

⁴ Fajariyanto, E., Fajar.M. Performance of Logistic Regression and Multilayer Perceptron Neural Network in Classification of Objects // – India: International Journal of Scientific Research in Mathematical and Statistical Sciences, – 2021. №1, – p. 52-55.

Model bizə sutkanın hər saati üçün bir proqnoz orta hərəkət sürətini verir⁵. Real göstəricilər ilə müqayisə aparmaq məqsədilə 15 iş günü üçün, bu müddətin hər saati üçün göstəricilər müəyyənləşdirilmişdir. Statistik olaraq hər saat üçün müşahidə olunan orta hərəkət sürətlərinin aşağıdakı qaydada 7-ci tənlikdə göstərildiyi kimi 15 iş günü üzrə orta qiymətlərindən istifadə etmək lazımdır.

$$y_i = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} y_{i,f} \quad i = 1, \dots, 24 \quad (7)$$

burada

$y_{i,f}$ i-ci saatda j-ci gündə detektor kameranın qeydə aldığı avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürətidir.

Proqnozlaşdırmada keyfiyyəti qiymətləndirmək məqsədilə orta fərqlənmə xətasından istifadə olunmuşdur. Bu məqsədlə aşağıda göstərildiyi qaydada 24 saat üçün proqnoz qiymətlərinin real qiymətlərdən nisbi fərqlənməsinin saatlar üzrə orta qiyməti götürülmüşdür⁶.

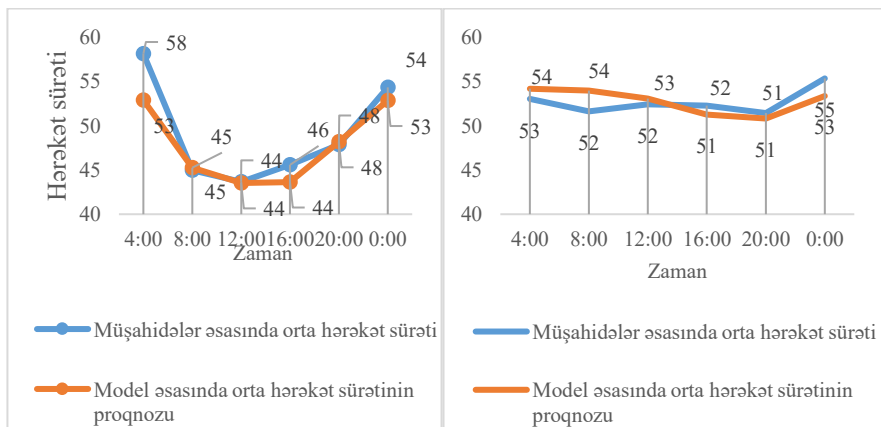
Bu xəta kriteriyası ilə öyrətmə modelləri müqayisə olunmuş, ən yaxşı nəticə verən model üçün orta fərqlənmə xətasının 4.52 % olduğu müəyyən edilmişdir.

Buna müvafiq olaraq test korpusu üçün bəzi saatlarda VAK-larda müşahidə olunan avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətləri əsasında şəkil 6-da göstərilən proqnozlar verilmiş, eləcə də qeyd edilən nəticələrdən də göründüyü kimi müəyyən hallarda real nəticələrə çox yaxın (1 km/s-dən kiçik fərqlə) proqnozlar alınmışdır.

Hər detektor kamerası üzrə müşahidələr və model əsasında hərəkət sürətlərinin mövcud və proqnoz göstəriciləri şəkil 6-da göstərilmişdir.

⁵ Ciptaningtyas, H.T., Fatichah, C., Sabila, A. Network traffic anomaly prediction using Artificial Neural Network // AIP Conference, USA, – 2017. – p.16.

⁶ Belhadi, A. A recurrent neural network for urban long-term traffic flow forecasting / A.Belhadi, Y.Djenour, D.Djenouri [et al.] // Springer, – Berlin: – 2020. №50, – p. 3252-3265.



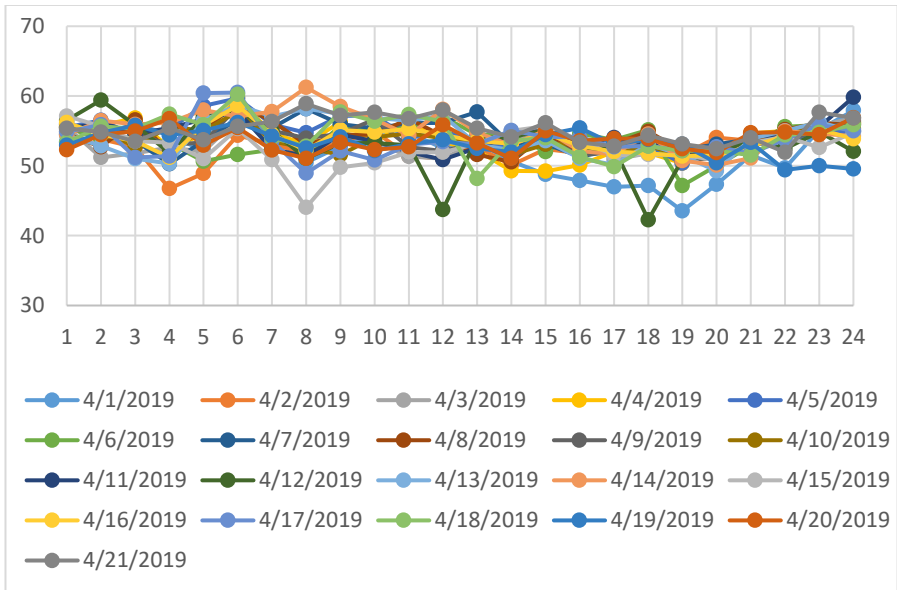
a) 1-ci detektor kamera; b) 2-ci detektor kamera;
Şəkil 6. Avtonəqliyyat vasitələrinin müşahidə və model əsasında orta hərəkət sürətlərinin proqnozunun müqayisəli diaqramı

Dördüncü fəsildə avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürətləri üçün etibarlılıq intervallarının qurulması, yol hərəkəti göstəricilərinin süni intellekt vasitəsilə proqnozlaşdırılmasına əsasən Bakı şəhəri Mətbuat prospektində və akademik Zərifə Əliyeva küçəsində “yaşıl dalğa” qrafikinin qurulması, həmçinin “yaşıl dalğa” rejiminin tətbiqindən gözlənilən iqtisadi səmərənin əsaslandırılması kimi mövzular öz əksini tapmışdır.

Dissertasiya işində qeyd edildiyi kimi hətta pik saatlarda belə avtomobil tıxaclarının yaranmasına səbəb “yaşıl dalğa” rejiminin pozulmasıdır. Bu məqsədlə süni intellektdən istifadə edilərək II və III fəsilə göstəriləndiyi kimi 95% dəqiqliklə sürət həddinin proqramlaşdırılmış etibarlılıq intervalı qurularaq, yüksək dəqiqliklə öyrənilmişdir. Dissertasiya işində araşdırma, metodika və həll göstərilmiş, Bakı şəhərinin 8 küçəsində araşdırmalar aparılaraq, o cümlədən 6 küçənin verilənləri, digər 2 küçədə yoxlanılmış, hətta Bakı şəhərinin Mətbuat prospekti və akademik Zərifə Əliyeva küçələrində “yaşıl dalğa” qrafiki layihələndirilmiş və Mətbuat prospektində tətbiq edilmişdir.

Müvafiq təhlillərdən sonra avtonəqliyyat vasitələrinin orta

hərəkət sürətlərinin sutkanın saatları üzrə ayrı-ayrılıqda olmaqla ayın günlərindən asılılıq diaqramı qurulmuşdur (şəkil 7).



Şəkil 7. Avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti göstəricilərinin aprel ayının 21-günü ərzində sutkanın saatları üzrə müqayisəli diaqramı

Aprel ayının ilk 3 həftəsinin yalnız həftə içi, saatları üzrə riyazi gözləmə və standart yayınma üçün meyhsiz statistik qiymət, student paylanması üçün kvantil, aşağı və yuxarı sərhədlər, onlar arasındakı fərqin qiymətləri müəyyən edilmiş, həmçinin df-sərbəstlik dərəcəsinin və etibarlılıq dərəcəsinin göstəricisi hesablanmışdır (cədvəl 2).

Bu hesablamalar 2019-cu il aprel ayının ilk üç həftəsinin hər günü üzrə saat 01:00-a görə cədvəl 2-də göstərilmiş və dissertasiya işində qeyd edilmiş ardıcılıqla aparılmışdır⁷.

⁷ Kart, O., Chaghri, G.O., Bashchiftchi, F. Speed Compatible Green Wave Corridor with The Internet of Things // – İstanbul : European Journal of Science and Technology, – 2021. № Special 28, – p. 411-416.

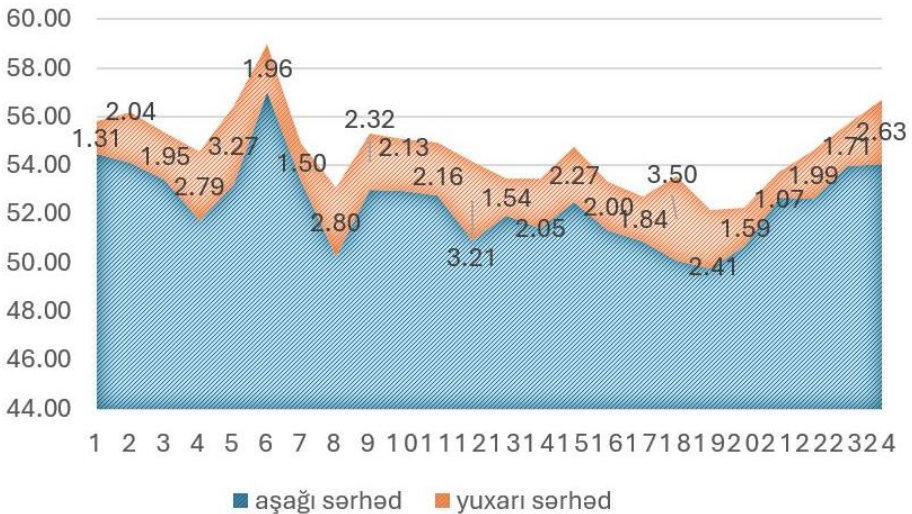
Cədvəl 2.

Sərbəstlik dərəcəsi 14, etibarlılıq dərəcəsi 95% olmaqla digər göstəricilərin qiymətləri

Saat	Riyazi gözləmə üçün meylsiz statistik qiymət	Standart yayınma üçün meylsiz statistik qiymət	Styudent paylanması üçün kvantil	Aşağı sərhəd	Yuxarı sərhəd	Fərq
1	55.1	1.2	2.1	54.5	55.8	1.3
2	55.1	1.9	2.1	54.1	56.2	2.0
3	54.4	1.8	2.1	53.4	55.4	2.0
4	53.2	2.5	2.1	51.8	54.5	2.8
5	54.8	3.0	2.1	53.2	56.4	3.3
6	58.0	1.8	2.1	57.0	59.0	2.0
7	54.1	1.4	2.1	53.4	54.9	1.5
8	51.7	2.5	2.1	50.3	53.1	2.8
9	54.1	2.1	2.1	53.0	55.3	2.3
10	54.0	1.9	2.1	52.9	55.1	2.1
11	53.9	2.0	2.1	52.8	54.9	2.2
12	52.5	2.9	2.1	50.9	54.1	3.2
13	52.7	1.4	2.1	51.9	53.5	1.5
14	52.4	1.9	2.1	51.4	53.5	2.1
15	53.6	2.1	2.1	52.5	54.7	2.3
16	52.3	1.8	2.1	51.3	53.3	2.0
17	51.8	1.7	2.1	50.9	52.7	1.8
18	51.8	3.2	2.1	50.1	53.6	3.5
19	51.0	2.2	2.1	49.8	52.2	2.4
20	51.5	1.4	2.1	50.7	52.2	1.6
21	53.2	1.0	2.1	52.7	53.7	1.1
22	53.6	1.8	2.1	52.6	54.6	2.0
23	54.8	1.5	2.1	53.9	55.7	1.7
24	55.4	2.4	2.1	54.1	56.7	2.6

Aparılmış hesablamalar nəticəsində avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti göstəricilərinin aprel ayının 21 günü ərzində

sutkanın saatları üzrə yuxarı və aşağı sərhədlərinin fərqindən yaranan müqayisəli vəziyyət şəkil 8-də göstərilmişdir⁸.



Şəkil 8. Avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti göstəricilərinin aprel ayının 21-günü ərzində saatlar üzrə yuxarı və aşağı sərhədlərinin fərqindən yaranan müqayisəli diaqramı

Dissertasiya işində qeyd edildiyi kimi süni intellekt metodunun köməkliyi ilə “yaşıl dalğa” qrafikində tövsiyyə edilən hərəkət sürətini müəyyənləşdirmək mümkündür. Bunun vasitəsilə tövsiyyə edilmiş hərəkət sürətini daha real, nəqliyyat axınına uyğun müəyyənləşdirmək olacaq. Eyni zamanda şəhərlərdə avtomobil tıxaclarının yaranma səbəbləri öyrənilərək, onların aradan qaldırılmasında Bakı şəhərinin təmsalında araşdırmalar aparılaraq bir model kimi avtomobil nəqliyyatı sahəsində mövcud statistik göstəricilərin araşdırılması və qeyd edilən istiqamətdə təkliflərin verilməsi məqsədi daşıyır.

Yuxarıda qeyd edilmiş məlumatlardan sonra “Yaşıl dalğa”nın tətbiqi istiqamətində Mətbuat prospektində olan yolaçırlarında

⁸ Kiers, M., Visser, C. The Effect of a green wave on traffic emissions // Proceeding of: International E[55nergie wirts chaftstagung Conference Viene Technological University, – Viene: Sciences Research, – 2017, p. 7.

əlaqələndirilmiş nizamlaşma qrafikinın qurulmasının hesabatinın nəticələri cədvəl 3-də verilmişdir.

Cədvəl 3.

Əlaqələndirilmiş nizamlaşma qrafikinın qurulmasının hesabati

Mətbuat pr.-nin kəsişmələri	T_T san.	$T_{\text{ş}}$ san.	T_h san.	a	t_y^* san.	t_q^* san.	T_T^* san.
A.Sultanova küç.	58	50	91	33	33	50	91
M.Rahim küç.	97	89	91	-6	63	20	91
B.Vahabzadə küç.	114	106	91	-23	66	17	91
Ə.Haqqverdiyev küç.	79	71	91	12	58	25	91
A.Abbasov küç.	65	57	91	26	52	31	91

burada

T_T - nizamlaşma tsikllərinin optimal uzunluqları;

$T_{\text{ş}}$ – tsiklin şərti uzunluqları;

T_h – hesabi nizamlaşma tsiklinin uzunluqları;

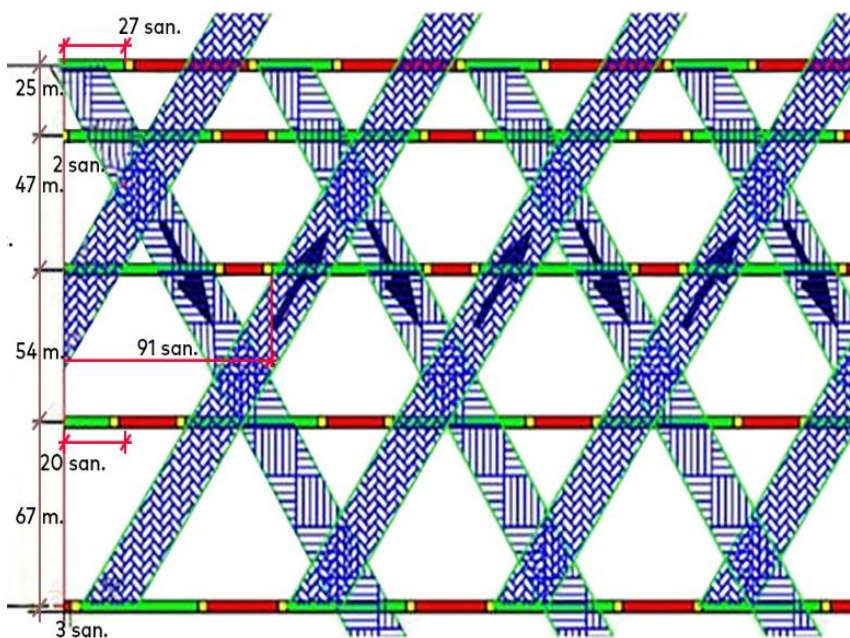
a – tsiklin uzunluqları arasındakı fərq;

t_y^* , t_q^* – iş rejimləri korreksiya olunan yolayrıcılarında yaşıl və qırmızı işıqın yanma müddəti;

T_T^* - tsiklin ümumi uzunluğu.

Həmçinin dissertasiya işi Bakı şəhərində yol hərəkətinin təhlükəsizliyinin və təşkilinin səmərəliliyinin artırılması istiqamətində bir sıra layihələrin hazırlanmasını özündə birləşdirir. Bunun üçün Bakı şəhəri Mətbuat prospektində bir sıra araşdırmalar aparılaraq “yaşıl dalğa” qrafiki şəkil 9-də göstərilirdi ki qurulmuşdur.

“Yaşıl dalğa” rejiminin qurulması istiqamətində aparılmış hesablamalar nəticəsində Mətbuat prospektinin A.Sultanova küçəsi ilə kəsişməsindən A.Abbasov küçəsi ilə kəsişməsinə qədər avtonəqliyyat vasitələrinin tövsiyyə edilmiş hərəkət sürəti 55 km/saat, əks istiqamətdə isə 50 km/saat müəyyən edilmişdir. Eləcə də üfüqi miqyas 1 sm-də 10 saniyə, şaquli miqyas 1 sm-də 100 metr götürülmüşdür. Vaxt lentinin eninin 24 saniyə olduğu müəyyənəşdirilmişdir.



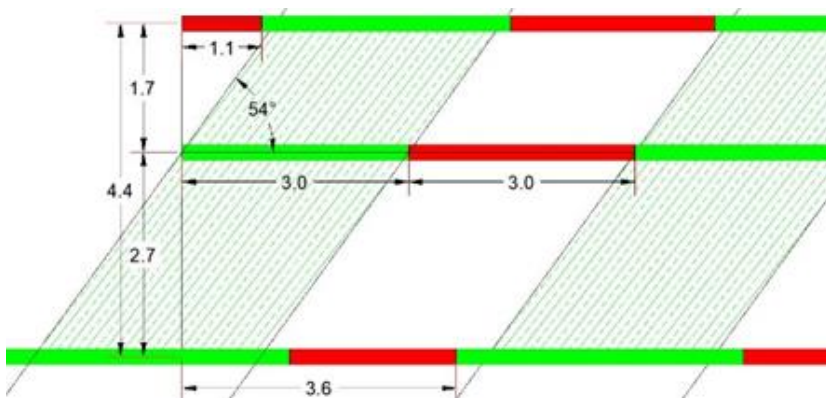
Şəkil 9. Mətbuat prospektində qurulmuş əlaqələndirilmiş nizamlaşma qrafiki

Akademik Zərifə Əliyeva küçəsində olan yolayırıclarında nizamlaşma tsikllərinin optimal uzunluqları cədvəl 4-də göstərilmişdir.

Cədvəl 4.
Akademik Zərifə Əliyeva küçəsi ilə kəsişən küçə və prospektlərdə əsas nizamlaşma taktlarının uzunluqları

Nizamlaşma tsiklinin optimal uzunluqları	R.Bəhbudov küçəsi	Bülbül prospekti	S.Vurğun küçəsi
T_T	60	60	60

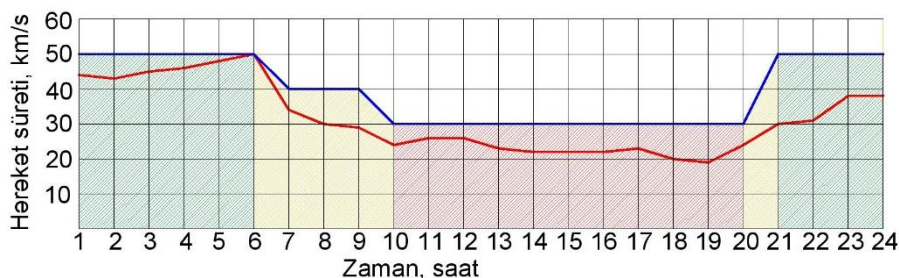
Həmçinin “yaşıl dalğa” qrafikinə qurulması istiqamətində hesablamalar nəticəsində akademik Zərifə Əliyeva küçəsində şəkil 10-da göründüyü kimi avtonəqliyyat vasitələrinin tövsiyyə edilmiş hərəkət sürəti 50 km/saat, üfüqi miqyas 1 sm-də 10 saniyə, şaquli miqyas 1 sm-də 100 metr götürülərək vaxt lentinin eninin 24 saniyə olduğu layihə hazırlanmışdır.



Şəkil 10. Akademik Zərifə Əliyeva küçəsində qurulmuş əlaqələndirilmiş nizamlaşma qrafiki

Yollarda fasiləsiz hərəkətin təşkili zamanı qənaət olunan vaxt itkilərinin azaldılması hesabına əldə ediləcək iqtisadi səmərə təhlil edilmişdir. Təhlildə akademik Zərifə Əliyeva küçəsində saat 00:00-07:00 aralığında avtomobillərin orta hərəkət sürəti göstəriciləri götürülmüşdür. Müşahidə sayı 2019-cu il aprel ayının 01-21 aralığını və günün 8 saatını əhatə etməklə 147-ə bərabərdir.

Akademik Zərifə Əliyeva küçəsində nəqliyyat axını göstəriciləri barədə məlumat əsasında qurulmuş adaptiv “yaşıl dalğa” qrafiki əsasında şəkil 11-də göstəriləyi kimi nəqliyyat axınının sərbəst, sıx və tıxac (uyğun olaraq yaşıl, sarı, qırmızı ştrixlənmiş rənglə göstərilmiş) vəziyyətində hərəkət sürətinin dəyişməsi ilə “yaşıl dalğa” rejiminin hərəkət sürətinə təsiri müəyyən edilmişdir.



Şəkil 11. “Yaşıl dalğa” rejiminin adaptiv tənzimlənməsi ilə nəqliyyat axının vəziyyəti

Şəkil 11-də göstərilmiş göy xətt adaptiv nizamlama nəzərdə tutulmuş “yaşıl dalğa” rejiminin tətbiqindən sonra, qırmızı xətt isə Akademik Zərifə Əliyeva küçəsində mövcud sürət həddini göstərir.

Intervalın yuxarı həddi ədədi orta ilə standart xətanın 95%-də zamanın qiymətinə hasilinin cəmi kimi hesablanır. Bu intervalın hesablanmasında əsas məqsəd məlumatların doğruluğuna inamı ifadə etmək, qərar qəbul etməyə kömək etmək və hipotezləri yoxlamaqla nəticələrin ana kütləyə nə qədər yaxın olacağını anlamaq üçündür. Məlumatlardan alınan nəticələrə əsasən akademik Zərifə Əliyeva küçəsində etibarlılıq səviyyəsi 0.68-ə bərabərdir⁹. Bu intervala əsasən cədvəl 5-də göstəriləyi kimi ana kütlənin ortalaması 95% ehtimalla 43.51 ilə 44.87 arasında yerləşir.

Cədvəl 5.

Akademik Zərifə Əliyeva küçəsi üçün iqtisadi təhlillərin nəticəsi

Ədədi orta	44.19
Standart xəta	0.33
Median	44.04
Standart kənarlaşma	1.50
Seçmə dispersiya	2.25
Kurtizis	0.00
Asimmetriya	-0.14
Aralıq	5.62
Intervalın aşağı həddi	41.20
Intervalın yuxarı həddi	46.82
Baxılan günlərin sayı	21.00
Etibarlılıq səviyyəsi (95.0%)	0.68

Statistik göstəricilərin təhlilindən sonra belə bir nəticəyə gələ bilərik ki, “yaşıl dalğa” rejiminin tətbiqi nəticəsində akademik Zərifə Əliyeva küçəsində avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti 50 km/saat olacaqdır. Bu isə hazırkı orta sürətdən 6 km/saat çoxdur.

⁹ William.L.C. Statistics for business and economics. Tenth edition/ L.C.William, N.Paul, M.T.Betty – United Kingdom: Pearson Education Limited, – 2023. – 796 p.

Qeyd edilənlərə uyğun hesablama apararaq, 1 km üçün yanacaq və vaxt qənaətlərinin sürət hədlərinə uyğun göstəriciləri hesablanaraq cədvəl 6-də göstərildiyi kimi müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 6.
Yanacaq və vaxt qənaətlərinin sürət hədlərinə uyğun 1 km
üçün göstəriciləri

s/s	Göstərici	Sürət həddi, km/saat		Fərq	
		44	50	Fiziki ölçü vahidi	Dəyər ifadəsində (manatla)
1	Yanacaq qənaəti	0.064 1	0.06 1	0.004 1	0.0044
2	Vaxt qənaəti	1.36 dəqiqə	1.2 dəqiqə	0.16 dəqiqə	0.0187
Yekun				0.0231 manat	

Akademik Zərifə Əliyeva küçəsinin uzunluğunun 0.9 km olduğunu və küçədən keçən nəqliyyat vasitələrinin sayı nəzərə alınmaqla bir il ərzində yanacaq və vaxt qənaəti cədvəl 7-də göstərildiyi kimi olacaqdır.

Cədvəl 7-dən göründüyü kimi, svetoforların tənzimləməsi ilə küçədə nəqliyyat hərəkət axınının nizamlanmasını ehtiva edən “yaşıl dalğa” layihəsinin tətbiqindən gözlənilən illik iqtisadi səmərə 284156 manat təşkil edir.

Cədvəl 7.
Yanacaq və vaxt qənaətlərinin sürət hədlərinə uyğun 1 km
üçün göstəriciləri

s/s	Qənatın yaranma mənbəyi	Qənaətin məbləği (manatla)
1	Yanacaq qənaəti	54125
2	Vaxt qənaəti	230031
Yekun	Cəmi qənaət	284156

Nəticələr

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində aşağıdakı həll və təkliflər irəli sürülmüşdür:

1. Nəqliyyatın idarə olunması sahəsində smart mobillik konsepsiyası altında İntellektual Nəqliyyat Sistemi (İNS) kimi texnologiyalardan istifadə və avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərinin aradan qaldırılması üçün müxtəlif həll yolları təhlil edilmişdir.

2. Küçələrdə avtomobil tıxacını yaradan küçənin enini, nəqliyyat vasitələrinin sayını, tıxac axınının intensivliyini, tıxac zolaqlarının sayını, ayrılmış zolağın olmasını, kəsişmələrdə gecikməni əsas təsiredici amilləri kimi qəbul edilərək, bu amillərlə nəqliyyat vasitəsinin marşrut üzrə hərəkət vaxtı arasında funksional əlaqə modeli tərtib edilmiş, tıxac-gecikmə prosesinə kütləvi xidmət sistemi kimi baxılmış və “Yaşıl dalğa” rejiminin tətbiqindən hərəkət vaxtının azalmasını böyük ehtimalla ifadə edən xətti riyazi model qurulmuşdur.

3. Bakı şəhərinin təmsalında tıxacların yaranma səbəblərinin aradan qaldırılması üçün şəhərin əsas giriş-çıxış hissəsi olan, daha ağır tıxacın intensiv yarandığı şimal istiqamətində nəqliyyat axınının tənzimlənməsi və sərnişinlərin ictimai nəqliyyatdan istifadəsinin təşviqi ilə bağlı təklif olunan metodlar araşdırılmışdır.

4. Nəqliyyat axınının orta hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması neyron şəbəkəsi modelinin tətbiqi ilə Bakı şəhərinin 8 küçə və prospektində 22 məntəqədə yerləşdirilmiş VAK-larda 7920 ədəd müşahidə halları əsasında hazırlanan test korpusundan istifadə edilərək təklif olunan metodla nəqliyyatın effektiv idarə olunmasında və yol hərəkətinin təhlükəsizliyində daha yüksək səviyyədə təhlil və proqnozlaşdırma imkanlarının mövcud olması müəyyən edilmişdir.

5. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində neyron şəbəkələri və süni intellektin, xüsusilə də mücərrəd alqoritmlərin avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərinin aradan qaldırılması məqsədilə yol hərəkətində orta hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılmasında effektiv şəkildə istifadə edilə biləcəyi təsdiqlənmiş, əldə edilən nəticələr avtomobil tıxaclarının yaranma riskini qiymətləndirməyə və təyin etməyə imkan vermişdir.

6. Tədqiqat zamanı Bakı şəhərinin təmsalında şəhərlərdə avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması üçün hazırlanan modelin müvafiq test korpusunda 4.52 % xəta ilə müsbət nəticələr əldə edilmişdir. Bu nəticələr, təklif olunan metodun real mühitdə müstəqil şəkildə işlədiyini göstərmiş və gələcək tədqiqatlarda verilənlər bazasının böyük olmasının vacib əhəmiyyət kəsb etməsi ilə daha da mürəkkəb, eləcə də daha yaxşı nəticələr verən neyron şəbəkələrin tətbiq edilmə imkanını təsdiqləmişdir.

7. Aparılan tədqiqatın nəticəsinin VAK-lar və ya detektorlar olmayan küçə və ya prospektlərdə nəqliyyat axınının orta hərəkət sürəti barədə proqnoz vermə imkanına malik olacağı müəyyən edilmişdir.

8. Dissertasiya işində təklif edilən həll variantlarının köməkliyi ilə gələcəkdə günün “pik” və “qeyri-pik”, həftə sonları, bayram günləri, həmçinin istənilən zaman kəsiyində “yaşıl dalğa” rejiminin adaptiv nizamlaşdırma ilə təşkil edilməsi mümkün olacaqdır.

9. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində Bakı şəhərinin Mətbuat prospektində və akademik Zərifə Əliyeva küçəsində “yaşıl dalğa” rejiminin təşkili üçün layihə hazırlanmış, həmçinin artıq bu layihə Mətbuat prospektində tətbiq edilməklə müsbət nəticə əldə edilmişdir.

10. İqtisadi əsaslandırma nəticəsində akademik Zərifə Əliyeva küçəsində tıxacların, ləngimələrin azaldılması, orta hərəkət sürətinin artırılması hesabına bir il ərzində nəqliyyat vasitələrinin yanacaq sərfəsinin azaldılması və vaxta qənaəti nəticəsində ümumilikdə gözlənilən iqtisadi səmərənin 284156 manat təşkil etdiyi müəyyən edilmişdir.

Dissertasiyanın əsas müddəaları aşağıdakı dərc olunmuş elmi əsərlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Bağırov, M.İ. Şəhərdaxili yollarda avtobusların sol zolaqda hərəkətinin və yolayrıclarında sola və ya geri dönmələrinin ləğv edilməsi // Qloballaşma və regional integrasiya Respublika Elmi Konfransı, – Mingəçevir: Avropa nəşriyyatı, – 23–24 dekabr, – 2016, s. 316-317.

2. Bağırov, M.İ. Nəqliyyat vasitəsinin dayanmasının qadağan olunduğu yolayrıcı (“sarı qutu”) // Doktorantların və gənc

tədqiqatçıların XX Respublika Elmi Konfransı, – Bakı: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, –24–25 may, – 2016, s. 296-298.

3. Bağırov, M.İ. “D” kateqoriyasına daxil olan avtonəqliyyat vasitələrini idarəetmə hüququna malik sürücülərin məsuliyyətinin artırılması // Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika Elmi-texniki Konfransı, – Bakı: AzTU-nun mətbəəsi, – 3–5 may, – 2017, s. 322-323.

4. Əhmədov, H.M., Bağırov, M.İ. Dairəvi hərəkətin təşkil olduğu bəzi yolayrıclarında hərəkətin tənzimlənməsinin təkmilləşdirilməsi // Azərbaycan beynəlxalq nəqliyyat sistemində: məqsədlər və perspektivlər Beynəlxalq elmi və praktiki Konfransı, – Bakı: Azərbaycan nəşriyyatı, – 2–5 oktyabr, – 2018, s. 110-113.

5. Bağırov, M.İ. Şəhərlərarası taksi dayanacağı // Azərbaycanın nəqliyyatı: Nailiyyətlər, problemlər və perspektivlər, – Bakı: AzTU-nun mətbəəsi, – 16–17 aprel, – 2019, – s. 100-103.

6. Bağırov, M.İ. Əliyev, İ.M. Logistik əhəmiyyətli və əhalinin sıx olduğu ərazilərdə avtostansiyaların təşkili // Azərbaycanın nəqliyyatı: Nailiyyətlər, problemlər və perspektivlər, – Bakı: AzTU-nun mətbəəsi, – 16–17 aprel, – 2019, – s. 39-41.

7. Bağırov, M.İ. Bakı şəhərinin mərkəzi hissəsində (“Hökumət Evi”ətrafında) yol hərəkətinin təşkilinin təkmilləşdirilməsi // – Bakı: Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti Elmi Əsərlər, – 2019. №2, – s. 59-65.

8. Bağırov, M.İ. Bakı şəhərinin şimal giriş-çıkışında nəqliyyat axınlarının tənzimlənməsi // – Bakı: Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti Elmi Əsərlər, – 2019. №1, – s. 130-135.

9. Bağırov, M.İ., Avtovağzal ərazisində piyadaların və nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üsulu, İxtira i2020 0041, Azərbaycan Respublikası / – 2020.

10. Baghirov, M.I. Prediction of recommended traffic speed for green wave regime using an artificial intelligence method // Progressive research in the modern world. Proceedings of II international traffic and practical Conference, – Boston: BoScience

Publisher, – 02–04 November, – 2022, – p. 93-98.

11. Baghirov, M.I. Developing a coordinated regulation schedule to prevent damage to the environment by vehicles and improve the structure of the energy system: evidence from the city of Baku // – Kiev: Journal of Automobile transport. Collection of scientific Works, – 2023. №52, – p. 64-70.

12. Baghirov, M.I. Establishment of Confidence Intervals for Average Vehicle Speeds // – Istanbul: Journal of Traffic And Transportation Research, – 2023. №2, – p. 131-142.

Dissertasiyanın müdafiəsi 29 may 2025-ci il tarixində saat 14:00-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1073, Bakı şəhəri, H.Cavid prospekti, 25, Azərbaycan Texniki Universiteti, otaq 317.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 28 aprel 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 20.02.2025

Kağız formatı: A5

Həcm: 39984

Tiraj 100