

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

ŞƏHƏRLƏRDƏ AVTOMOBİL TIXAQLARININ YARANMA SƏBƏBLƏRİ VƏ ONLARIN ARADAN QALDIRILMASI

İxtisas: 3327.01 – Nəqliyyat sistemləri texnologiyası

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Mirhəmid İltifat oğlu Bağırov**

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

Texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru,
dosent

Texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru,
dosent

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

Zəfər Ələsgər oğlu İsmayılov

Elmi seminarın sədri: Texnika elmləri doktoru, professor

İsrafil 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.

Son illər çoxlu sayda tədqiqatçılar tərəfindən bir sıra şəhərlərdə avtomobil tıxaclarının yaranma səbəbləri öyrənilmişdir. Tıxacların aradan qaldırılması istiqamətində Koreya Respublikasının paytaxtı Seul şəhərində, Çin Xalq Respublikasının paytaxtı Pekin şəhərində, Hindistanın paytaxtı Dehli şəhərində, Türkiyə Respublikasının İstanbul şəhərində və bir sıra digər ölkələrin çox iri və iri şəhərlərində müsbət nəticələr əldə edilmişdir.

Azərbaycan Respublikasında 2023-cü il üzrə nəqliyyat sektorunda avtomobil nəqliyyatının sərnişin daşımalarında payı 88.1%, digər nəqliyyat növlərindən metro 11.4%, dəmir yolu 0.37%, hava 0.15%, dəniz 0.001% olmuşdur. Avtomobil nəqliyyatının sərnişin dövriyyəsində payı 75.8%, digər nəqliyyat növlərinin isə payı hava 15.6%, metro 7.7%, dəmir yolu 0.93%, dəniz 0.03% olmuşdur. Azərbaycan Respublikasında 2023-cü il üzrə nəqliyyat sektorunda avtomobil nəqliyyatının yük daşımalarında payı 58.4%, digər nəqliyyat növlərinin isə payı boru kəməri 29.6%, dəmir yolu 8%, dəniz 4%, hava 0.2% 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 (VISSİM, VISUM, AİMSUN və s.) tətbiq edilmiş, ağıllı şəhər (smart city) və digər layihələr həyata keçirilmişdir.

İntellektual nəqliyyat sistemində əsas bölmələrdən biri nəqliyyatda signalara nəzarət bölməsidir, həmin bölmənin işinin vacib elementi əlaqələndirilmiş nizamlaşdırma qrafikinə (“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 nizamlanmasında 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 orta hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması;

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

- Bakı şəhərinin şimal giriş-çığışı istiqamətində nəqliyyat axınının optimallaşdırılması və sərnişinlərin 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 kontrollerlərdən 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 orta 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

kəşimələri və izləmə kameralarından götürülmüş orta hərəkət sürətləri barədə məlumatlar təhlil edilmişdir;

- Baxılan küçə və prospektlərdə mövcud olan yol hərəkətinin təşkilinin texniki nizamlama vasitələrinin işi, həmçinin hərəkətin təşkilinə təsir edə biləcək bütün vasitələri, hərəkət intensivlikləri, hərəkət sürətləri öyrənilərək giriş parametrləri kimi istifadə edilən orta hərəkət sürəti 95% dəqiqliklə proqnozlaşdırılmışdır.

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, həmçinin inkişafın sürəti artıq iqtisadi, eləcə də ictimai məsələləri əhatə edir. Bundan başqa praktiki mərhələdə avtomobil nəqliyyatının inkişafı özündə “tixac”, 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, həmçinin mövzu ilə bağlı iştirak edilmiş müxtəlif konfranslar təşkil edir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin xətti ilə Mingəçevir Dövlət Universiteti, "Qloballaşma və regional inteqrasiya" mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Mingəçevir, 2016), Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika Elmi Konfransında (Bakı 2016), Azərbaycan Texniki Universiteti, Azərbaycan xalqının ümummillə 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 işi ilə bağlı, həmçinin Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti Elmi Əsərlər jurnalında iki ədəd, Ukrayna Respublikasında “Automobile transport. Collection of scientific works” jurnalında, Türkiyədə “Journal of traffic and transportation research” jurnalında elmi məqalələr çap edilmişdir.

Dissertasiya işinin müddələrinin daha geniş araşdırılması üçün müasir metod və üsulların mənimsənilməsi məqsədilə müəllif 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 seminarında, 2022-ci il Asiya Sakit Okean ərazisində Təhlükəsiz yol İnfrastrukturunu vebinarında, 2022-ci il il CAREC ölkələrində (Türkmənistan) “Yol təhlükəsizliyi Mühəndisliyinin İnkişafı” mövzusunda seminarında, 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 siqnal koordinasiya performansının qiymətləndirilməsi” təlimində iştirakla bağlı sertifikatlar alınmışdır. Həmçinin “Avtovağzal ərazisində piyaların və nəqliyyat vastilərinin 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. Həmçinin Azərbaycan Respublikası üzrə digər şəhər və rayonlarda svetofor obyektlərinin idarə edilməsində cavabdeh qurum olan Daxili İşlər Nazirliyi Baş Dövlət Yol Polisi İdarəsinin “Sıqnal” İxtisaslaşdırılmış Layihə İstehsalat İdarəsi tərəfindən “yaşıl dalğa” rejimi üzrə müddəaların 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 184 səhifə kompüter yazısından, o cümlədən 13 səhifə istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından, 17 səhifəlik əlavələrdən və 1 səhifə ixtisarlardan ibarətdir. Dissertasiyanın giriş hissəsinin həcmi 19288, I fəslin həcmi 68904, II fəslin həcmi 68044, III fəslin həcmi 31233, IV fəslin həcmi 29158 işarədən, ümumi həcmi isə 215772 işarədən ibarətdir. Dissertasiya özündə 9 şəkil, 32 cədvəl, 13 sxem, 6 diaqram, 2 qrafik 120 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, eləcə də şəhər həyatının keyfiyyətinə təhlükə təşkil etməsi fikri aydın müşahidə olunur. Avtomobil tıxacları əhəmiyyətli olub-olmamasından asılı olmayaraq aşağıda qeyd edilmiş bir çox səbəblərdən yarana bilər:

- qeyri-adekvat ictimai nəqliyyat və ya digər səbəblərdən nəqliyyat axınında avtomobillərin çox olmasından;
- yolda tıxac və birləşməyə səbəb olan maneələrdən;
- yol kənarlarında ikitərəfli parklanmadan;
- yolda aparılan tikinti işlərindən;
- kommunikasiya işləri ilə əlaqədar hərəkət zolağının bağlanmasından;
- yolun daraldılmasından;
- yol-nəqliyyat hadisələrindən;
- svetofor obyektləri ilə onların işinə nəzarət edən qurğular arasında sinxronlaşma olunmadıqda;
- svetofor obyektlərinin siqnallarının davamiyyət müddətinin real vaxta uyğun hesablanmamasından;
- ictimai nəqliyyat şəbəkəsinin sıx və küçə-yol şəbəkəsinin qeyri-kafi olması səbəbindən ərazilərdə həddindən artıq cəlbətmə nöqtəsi yarandığından və s.

Məlumdur ki, svetofor obyektləri ideal şəkildə əlaqələndirildikdə və real vaxt rejimində tələbata cavab verdiyi halda yol hərəkətinin buraxma qabiliyyəti artırıla bilər. Avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərini aradan qaldırmaq üçün yol şəraiti barədə məlumatları avtomatik toplama vasitələrindən, nəqliyyat axınlarının

kifayət qədər çevik riyazi modellərindən və onların əsasında hazırlanmış proqram təminatlarından istifadə edilməlidir. Yol sıxlığını qiymətləndirmək üçün avtonəqliyyat vasitələrinin orta sürətinin müəyyənləşdirilməsi çox vacibdir. Bakı şəhərində avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti barədə düzgün və ətraflı məlumatlar video aşkarlayıcı kameralar 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 qrafik qurulan 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 fəsilə 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 orta hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkənin qurulması kimi mövzular öz əksini tapmışdır.

Tədqiqatın əsas ideyasının həlli istiqamətində, Bakı şəhərinin 8 küçə və prospekti araşdırılmış (bax, şəkil 1), həmin küçə və prospektlərin 22 nöqtəsində 15 iş günü ərzində 24 saat müddətində avtonəqliyyat vasitələrinin intensivliyi və orta hərəkət sürəti göstəriciləri barədə məlumatlar toplanmışdır.

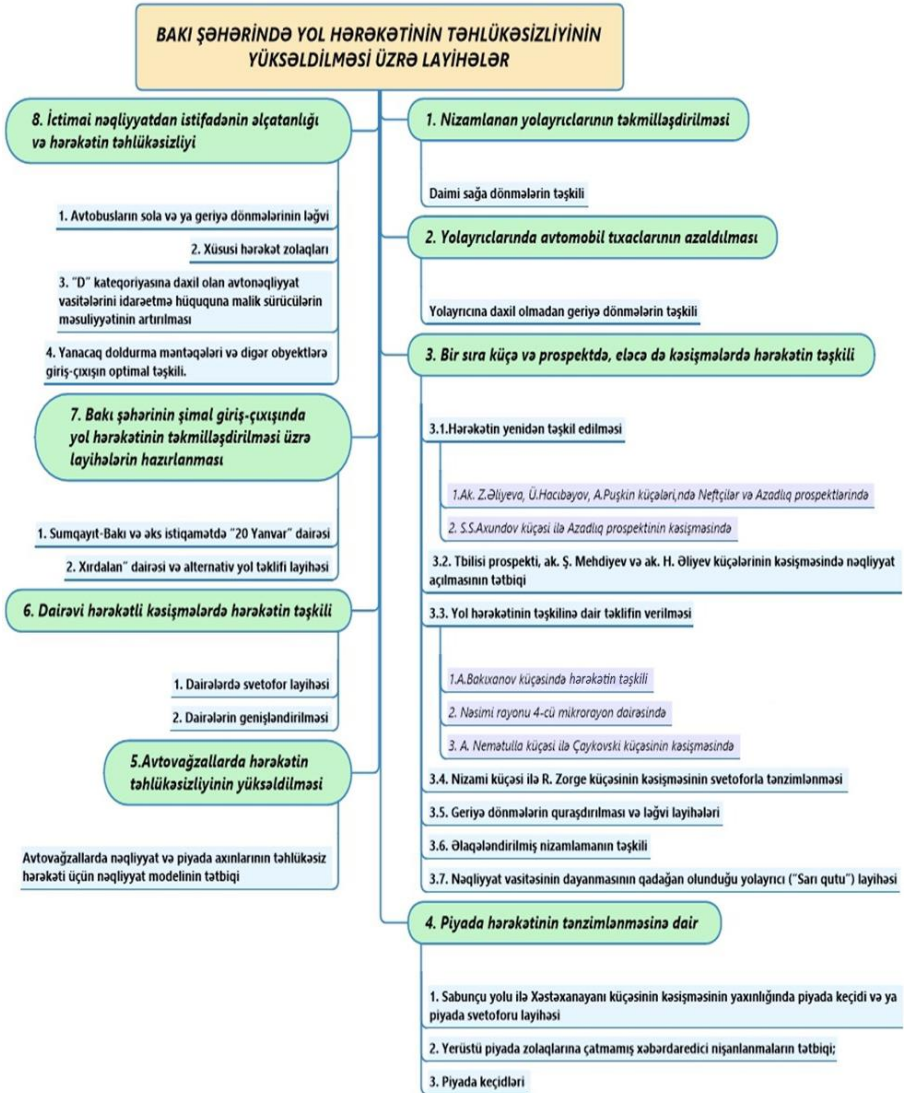
Həmçinin baxılan küçə və prospektlərdə küçə və prospektlərin başlanğıcından VAK-a qədər və VAK-dan yolun sonuna qədər aşağıda qeyd edilmiş məlumatlar öyrənilmiş və təhlil edilmişdir:

- yolun ümumi uzunluğu;
- hərəkət istiqamətləri (yolun bəzi istiqamətlərində hərəkət istiqaməti dəyişə bilər);
- hərəkət zolaqlarının sayı;
- nizamlanan və nizamlanmayan yolayırclarının sayı;
- piyada zolaqlarının və müxtəlif səviyyəli piyada keçidlərinin sayı;
- marşrutların, “cib” tipli avtobus dayanacaqlarının sayı;
- avtobus və taksi dayanacaqlarının sayı;
- avtomobil duracaqlarının (parklanma ərazilərinin) sayı;
- parklanma ilə tutulmuş hərəkət zolaqlarının sayı;
- maraq nöqtələrinin, elektron tabloların, geriye dönmələrin, yol nişanlarının sayı;
- nizamlanan yolayırclarında nizamlama tsiklinin optimal uzunluğunun həftəlik, gündəlik və saatlar üzrə dəyişməsi göstəriciləri.



Şəkil 1. Tədqiqat aparılan küçə və prospektlər

Tədqiqatın əsas ideyasına əlavə olaraq, Bakı şəhərində yol hərəkətinin təhlükəsizliyinin yüksəldilməsi istiqamətində hazırlanmış bir sıra layihələrin strukturu şəkil 2-də qeyd edilmişdir.

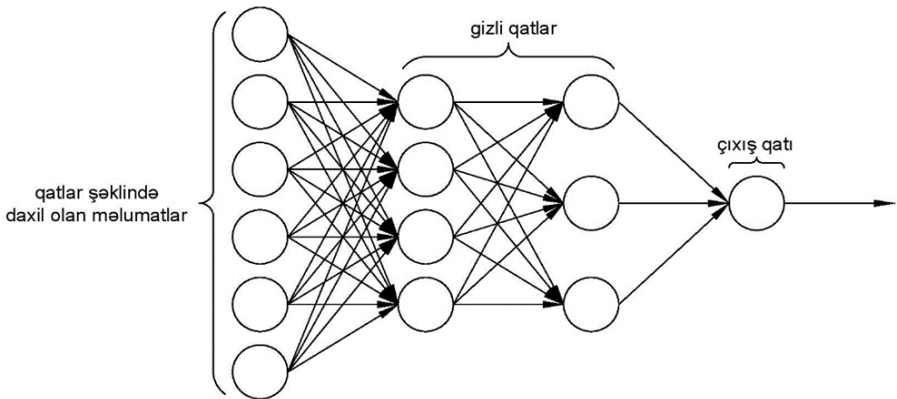


Şəkil 2. Bakı şəhərində yol hərəkətinin təhlükəsizliyinin yüksəldilməsi üzrə layihələrin strukturu

Məlum olduğu kimi 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 orta hərəkət sürətləri proqnozlaşdırılmış və bunun üçün tam əlaqəli qapalı neyron şəbəkəsi modelindən istifadə edilmişdir.



Şəkil 3. Giriş, 2 gizli qat (hər qatda müvafiq olaraq 4 və 3 neyron olan) və çıxış qatında bir çıxış neyronu olan çox qatlı perseptron

Şəkil 3-də verilmiş sxemdən göründüyü kimi çoxqatlı perseptronda baxılan küçə və prospektlərdə müşahidə aparılan məntəqədən əvvəl və sonra məsafələrin, VAK-ların, avtomobil nəqliyyatının infrastruktur obyektlərinin və yol hərəkətinin təşkilinin texniki nizamlama vasitələrinin sayı, optimal nizamlama vaxtlarının uzunluqları, fazaların sayı, yol nişanlarının sayı kimi tıxacə təsir edən bütün parametrlər, eləcə də baxılan küçə və prospektlərdə hərəkət

intensivlikləri və orta hərəkət sürətləri barədə məlumatlar qatlar şəklində daxil edilir, daha sonra bir birinə təsirdən yaranan gizli qatlar, həmçinin sonda çıxış qatı müəyyən edilir.

Əlavə olaraq 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 bilər. Eləcə də bağlantı çəkirlərinə əsaslanaraq neyron şəbəkədəki əsas atributları müəyyənləşdirməyin sürətli bir üsulu da qeyd edilə bilər.

Həmçinin neyron şəbəkəsinin ağırlıqları ilə təyin olunan atributlardan istifadə edərkən, bu tədqiqatlarda simmetrik qeyri-müəyyənlik reytingi ilə təyin olunan atributlara nisbətən daha yüksək göstəriciyə malik olduğuna rast gəlinmişdir.

Beləliklə, dissertasiya işində avtomobil tıxaclarının yaranma səbəbləri və onların aradan qaldırılması məqsədilə yol hərəkətində orta hərəkət sürətinin süni intellekt vasitəsilə proqnozlaşdırılması eləcə də, neyron şəbəkənin qurulması araşdırılmış və qənaətbəxş nəticələr alınmışdır.

Üçüncü fəsildə avtonəqliyyat vasitələrinin orta 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.

Bununla əlaqədar olaraq, 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 orta 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 orta 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 video aşkarlayıcı kameralar üzrə 15 iş günü və hər günün 24 saati üzrə avtonəqliyyat vasitələrinin orta 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 aşağıda göstərilən hasil kimi 7920 ədəd təşkil etmişdir:

$$22 \times 15 \times 24 = 7920 \text{ ədəd}$$

Həmçinin adı çəkilən 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 orta 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.

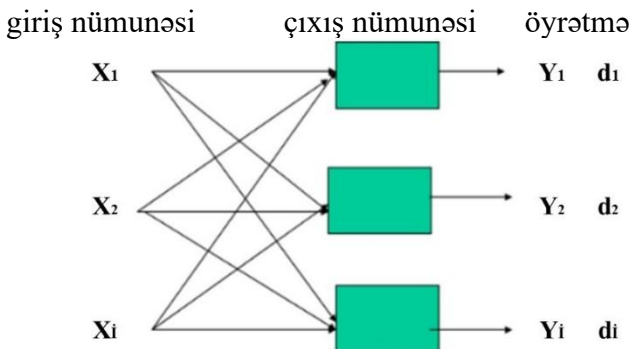
Cədvəl 1.

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. Əlavə olaraq 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 4-də verilən proses tərtib olunacaqdır:



Şəkil 4. Neyron şəbəkəsinin öyrənmə prosesi

Şəkil 4-də göstərilən $\{X_1, X_2, X_i\}$ və $\{d_1, d_2, d_i\}$ vektorları öyrətmə cütünü təmsil edir və tıxaca 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 orta hərəkət sürətləri barədə məlumatlar qatlar şəklində daxil edilir. Daha sonra isə bir birinə təsirdən yaranan gizli qatlar, daha sonra çıxış qatlarında öyrətmənin nəticəsi olaraq orta hərəkət sürətləri müəyyən edilir¹.

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 öyrənir². 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 aşağıdakı kimi götürülür:

$$\alpha = 0,05$$

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

¹ Thorsell, E. Vehicle speed-profile prediction without spatial information: / master thesis / – Gothenburg, 2018. – 81 p.

² 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.

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:

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

Model bizə sutkanın hər saati üçün bir proqnoz orta hərəkət sürətini verir³. 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 1-ci tənlikdə göstərildiyi kimi 15 iş günü üzrə orta qiymətlərindən istifadə etmək lazımdır.

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

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 2-ci tənlikdə 24 saat üçün proqnoz qiymətlərinin real qiymətlərdən nisbi fərqlənməsinin saatlar üzrə orta qiyməti götürülmüşdür⁴:

$$\bar{y}_l = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \frac{|\hat{y}_l - y_l|}{y_l} \times 100\% \quad (2)$$

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

³ Ciptaningtyas, H.T., Faticah, C., Sabila, A. Network traffic anomaly prediction using Artificial Neural Network // AIP Conference, USA, – 2017. – p.16.

⁴ 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.

Buna müvafiq olaraq cədvəl 2-də test korpusu üçün bəzi saatlarda VAK-larda müşahidə olunan avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürətləri əsasında cədvəldə 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.

Cədvəl 2.
Avtonəqliyyat vasitələrinin model əsasında orta hərəkət sürətlərinin proqnozu

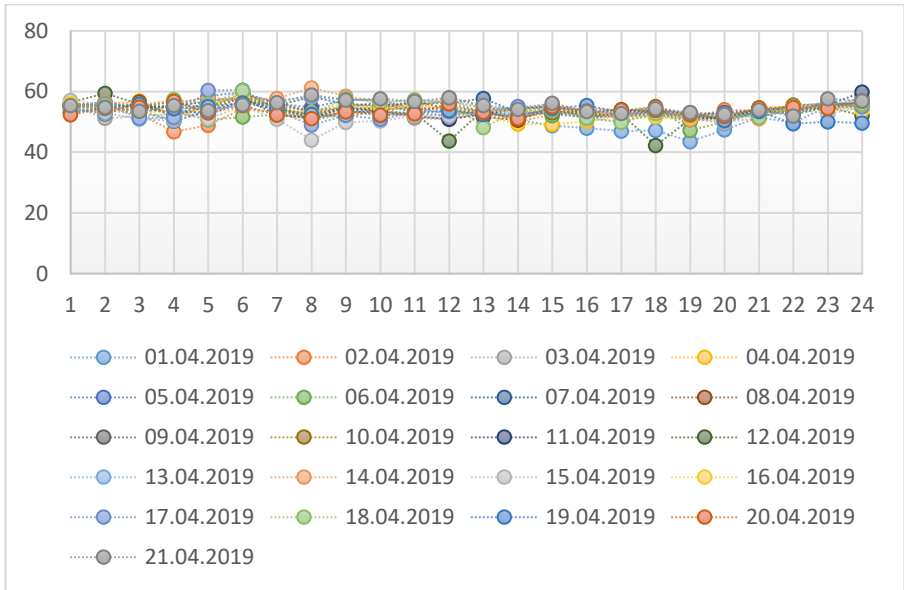
Vaxt	1-ci detektor kamera		2-ci detektor kamera	
	Müşahidələr əsasında orta hərəkət sürəti	Model əsasında orta hərəkət sürətinin proqnozu	Müşahidələr əsasında orta hərəkət sürəti	Model əsasında orta hərəkət sürətinin proqnozu
04:00	58.2	52.94	53.07	54.23
08:00	45.00	45.28	51.67	54.02
12:00	43.67	43.54	52.47	53.11
16:00	45.60	43.64	52.33	51.30
20:00	47.87	48.20	51.47	50.85
24:00	54.40	52.88	55.40	53.42

Dissertasiya işində müəyyən dövr ərzində avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti məlumatlarından istifadə edilərək, nəqliyyat axınının proqnozlaşdırılması məqsədilə öyrətmənin nəticələrini qiymətləndirmək üçün detektor kamera müşahidələrindən də istifadə olunması analiz olunmuşdur. Avtomobil tıxaclarının aradan qaldırılması, eləcə də nəqliyyat axınlarının eksperimental tədqiqi, neyron şəbəkənin öyrətməsinin nəticələrinə baxılmışdır.

Dördüncü fəsil 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 göstərildiyi 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. Əvvəlki vəziyyətlərdə sərt proqramlaşdırmadan istifadə edildiyindən hazırkı model vasitəsilə “yaşıl dalğa” qrafikinin qurulmasını adaptiv formada icra etmək mümkün olacaqdır.



Şəkil 5. Avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti göstəricilərinin aprel ayının 21-günü ərzində sutkanın saatları üzrə müqayisəli diaqramı

Müvafiq təhlillərdən sonra avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürətlərinin sutkanın saatları üzrə ayrı-ayrılıqda olmaqla ayın günlərindən asılılıq diaqramı qurulmuşdur (şəkil 5).

Cədvəl 3.

Sərbəstlik və etibarlılıq dərəcələrinin göstəricilərinin qiymətləri

Saat	v_{RG}	Y_{SY}	df	Etibarlılıq dərəcəsi	v_{as}	v_{ys}	Fərq
01:00	55.14	1.18	14	95.00%	54.49	55.79	1.31
02:00	55.14	1.85			54.12	56.16	2.04
03:00	54.38	1.76			53.40	55.35	1.95
04:00	53.15	2.52			51.76	54.54	2.79
05:00	54.79	2.95			53.15	56.42	3.27
06:00	57.98	1.77			57.00	58.96	1.96
07:00	54.11	1.35			53.36	54.86	1.50
08:00	51.67	2.53			50.27	53.07	2.80
09:00	54.13	2.10			52.97	55.29	2.32
10:00	54.00	1.93			52.93	55.07	2.13
11:00	53.85	1.95			52.77	54.92	2.16
12:00	52.53	2.90			50.92	54.13	3.21
13:00	52.69	1.39			51.92	53.47	1.54
14:00	52.44	1.85			51.42	53.47	2.05
15:00	53.59	2.05			52.45	54.73	2.27
16:00	52.33	1.80			51.33	53.33	2.00
17:00	51.80	1.66			50.88	52.72	1.84
18:00	51.81	3.16			50.06	53.56	3.50
19:00	50.97	2.17			49.77	52.17	2.41
20:00	51.45	1.44			50.66	52.24	1.59
21:00	53.19	0.97			52.66	53.73	1.07
22:00	53.59	1.80			52.60	54.59	1.99
23:00	54.79	1.54			53.94	55.65	1.71
24:00	55.39	2.38			54.07	56.70	2.63

Daha sonra ərazidən toplanmış məlumatlar, eləcə də araşdırmalar əsasında aprel ayının ilk 3 həftəsinin yalnız həftə içi, sutkanın saatları üzrə riyazi gözləmə üçün meylsiz statistik qiymət, standart yayınma üçün meylsiz statistik qiymət, Student paylanması üçün kvantil, aşağı sərhəd, yuxarı sərhəd və onlar arasındakı fərqin qiymətləri müəyyən edilmiş, həmçinin df-sərbəstlik dərəcəsinin və etibarlılıq dərəcəsinin göstəricisi hesablanmışdır (cədvəl 3).

2019-cu il aprel ayının ilk üç həftəsinin hər günü üzrə saat 01:00-a görə hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla aparılmışdır⁵:

- riyazi gözləmə üçün meylsiz statistik qiymət 3-cü tənlikdə göstərilədiyi kimi hesablanır:

$$v_{RG} = \frac{\sum_{i=1}^{21}(v_{orI}+v_{orII}+v_{orIII})}{15} = 55.14 \text{ km/saat}, \quad (3)$$

burada

v_{RG} - sürətin meylsiz statik qiyməti;

$v_{orI}, v_{orII}, v_{orIII}$ - uyğun olaraq aprel ayının 1-ci, 2-ci və 3-cü həftələri üzrə avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti göstəricilərinin cəmi;

15– hesablama aparılan günlərin sayıdır.

- standart yayınma üçün meylsiz statistik qiymətləndirmə 4-cü tənlikdə qeyd edildiyi düstur üzrə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Y_{SY} = \sqrt{\frac{(v_{orI1}-v_{RG})^2+(v_{orI2}-v_{RG})^2+(v_{orI3}-v_{RG})^2+(v_{orI4}-v_{RG})^2+(v_{orI5}-v_{RG})^2+(v_{orII1}-v_{RG})^2+(v_{orII2}-v_{RG})^2+(v_{orII3}-v_{RG})^2+(v_{orII4}-v_{RG})^2+(v_{orII5}-v_{RG})^2+(v_{orIII1}-v_{RG})^2+(v_{orIII2}-v_{RG})^2+(v_{orIII3}-v_{RG})^2+(v_{orIII4}-v_{RG})^2+(v_{orIII5}-v_{RG})^2}{14}}, \quad (4)$$

burada

$v_{orII}, v_{or12}, v_{or13}, v_{or14}, v_{or15}, v_{orII1}, v_{orII2}, v_{orII3}, v_{orII4}, v_{orII5}, v_{orIII1}, v_{orIII2}, v_{orIII3}, v_{orIII4}, v_{orIII5}$ -uyğun olaraq aprel ayının 1-ci, 2-

⁵ 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.

ci və 3-cü həftələrinin 1-5 günləri üzrə avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti;

14-hesablama aparılan günlərin sayı;

- sürətin yuxarı sərhəd qiymətinin hesablanması 5-ci tənlik üzrə aşağıda qeyd edilmiş düstura əsasən hesablanır:

$$v_{ys} = v_{Rg} - \frac{2.14 \times Y_{SY}}{\sqrt{15}}, \quad (5)$$

burada

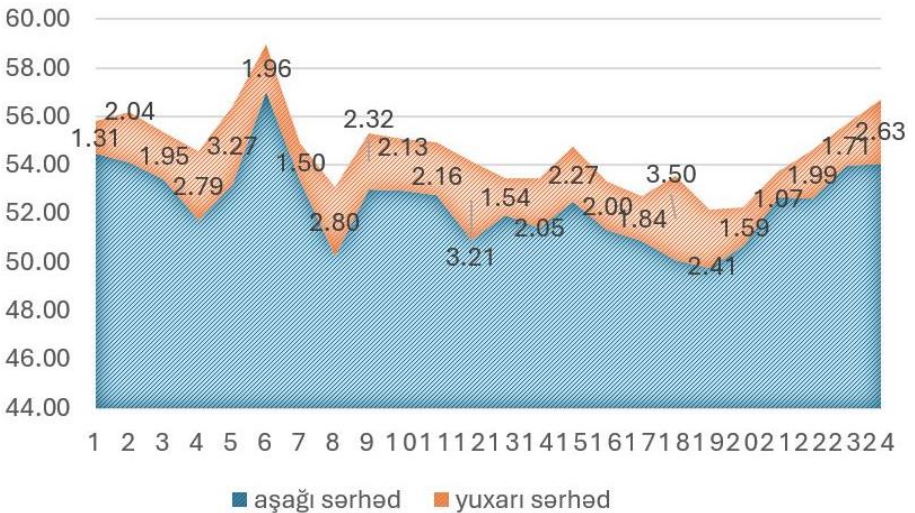
2.14 – student paylanması üçün kvantil;

- aşağı sərhəd qiyməti 6-cı tənlikdə göstərilirdiyi hesablama əsasında müəyyən edilir:

$$v_{as} = v_{RG} - \frac{2.14 \times Y_{SY}}{\sqrt{15}}, \quad (6)$$

burada

v_{as} – sürətin aşağı sərhəd qiyməti.



Şəkil 6. Avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti göstəricilərinin aprel ayının 21-günü ərzində saatlar üzrə yuxarı və aşağı sərhədlərinin fərqi yaranan müqayisəli diaqramı

Aparılmış hesablamalar nəticəsində avtonəqliyyat vasitələrinin orta hərəkət sürəti göstəricilərinin aprel ayının 21 günü ərzində sutkanın saatları üzrə yuxarı və aşağı sərhədlərinin fərqiindən yaranan müqayisəli vəziyyət şəkil 6-də göstərilmişdir⁶.

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 yolayrıcılarında əlaqələndirilmiş nizamlaşma qrafikinə qurulmasının hesabının nəticələri cədvəl 4-də verilmişdir:

Cədvəl 4

Əlaqələndirilmiş nizamlaşma qrafikinə qurulmasının hesabı

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.Vəhəbzadə küç.	114	106	91	-23	66	17	91
Ə.Həqverdiyev 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;

⁶ Kiers, M., Visser, C. The Effect of a green wave on traffic emissions // Proceeding of: International E[5]nergie wirts chaftstagung Conference Viene Technological University, – Viene: Sciences Research, – 2017, p. 7.

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

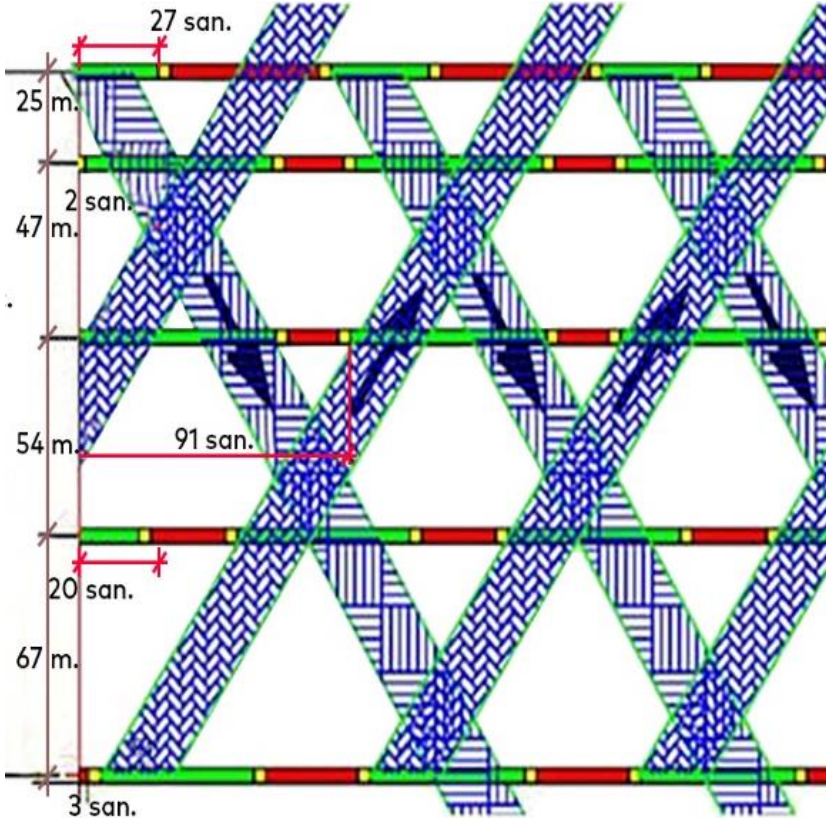
T_{h} – hesabi nizamlama tsiklinin uzunluqları;

a – tsiklin uzunluqları arasındakı fərq;

t^*_y, t^*_q – iş rejimləri korreksiya olunan yolayrıcılarında yaşıl və qırmızı işığın 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 7-da göstərildiyi kimi qurulmuşdur.



Şəkil 7. Mətbuat prospektində qurulmuş əlaqələndirilmiş nizamlama qrafiki

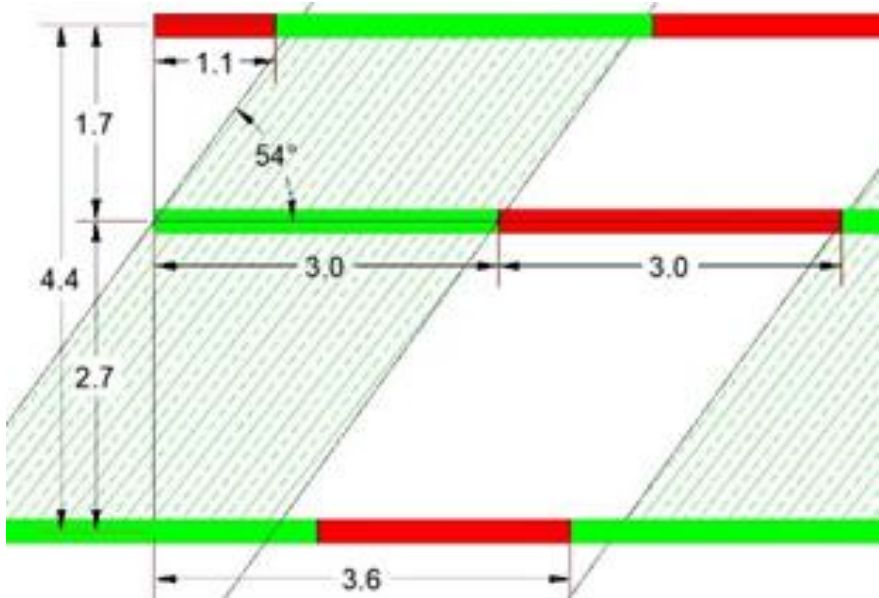
“Yaşıl dalğa” rejiminin qurulması istiqamətində aparılmış hesablamalar nəticəsində Mətbuat prospektinin A.Sultanova küçəsi ilə kəsişməsindən A.Abbasov küçəsi ilə kəsişməsinə qədər avtonəqliyyat vasitələrinin tövsiyyə edilmiş hərəkət sürəti 55 km/saat, əks istiqamətdə isə 50 km/saat müəyyən edilmişdir.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

Cədvəl 5

Akademik Zərifə Əliyeva küçəsi ilə kəsişən küçə və prospektlərdə əsas nizamlayma taktlarının uzunluqları

Nizamlayma tsiklinin optimal uzunluqları	R.Behbudov küçəsi	Bülbül prospekti	S.Vurğun küçəsi
T_T	60	60	60

Akademik Zərifə Əliyeva küçəsində olan yolayrıclarında nizamlayma tsikllərinin optimal uzunluqları cədvəl 5-də göstərilmişdir.



Şəkil 8. Akademik Zərifə Əliyeva küçəsində qurulmuş əlaqələndirilmiş nizamlayma qrafiki

Həmçinin “yaşıl dalğa” qrafikinə qurulması istiqamətində hesablamalar nəticəsində akademik Zərifə Əliyeva küçəsində şəkil 8-də görüldüyü 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.

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.

Cədvəl 6.

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
İntervalın aşağı həddi	41.20
İntervalın yuxarı həddi	46.82
Baxılan günlərin sayı	21.00
Etibarlılıq səviyyəsi (95.0%)	0.68

İntervalın yuxarı həddi ədədi orta ilə standart xətanın 95%-də t-nin 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 bərabərdir⁷. Bu intervala əsasən cədvəl 6-da göstəriləyi kimi ana kütlənin ortalaması 95% ehtimalla 43.51 ilə 44.87 arasında yerləşir.

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.

Qeyd edilənlərə uyğun hesablama apararaq, 1 km üçün yanacaq və vaxt qənaətlərinin sürət hədlərinə uyğun göstəriciləri hesablanaraq cədvəl 7-də göstəriləyi kimi müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 7.
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 8-də göstəriləyi kimi olacaqdır.

Cədvəl 8-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.

⁷ 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.

Cədvəl 8.

**Yanacaq və vaxt qənaətlərinin sürət hədlərinə uyğun 1 km
üçün göstəriciləri**

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

Nəticələr

Dissertasiya işində əldə edilmiş əsas elmi nəticələr aşağıdakılardır:

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

3. Nəqliyyat axınının orta hərəkət sürətinin proqnozlaşdırılması üçün təklif olunan neyron şəbəkəsi modelinin müxtəlif sahələrdə tətbiq olunmasının potensialı araşdırılaraq, 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.

4. 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.

5. Tədqiqat zamanı Bakı şəhərinin timsalında 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.

6. Smart mobillik metodlarının tətbiqinin üstünlüyü, eləcə də şəhər ictimai nəqliyyatının idarə edilməsində hansı üstünlüklərinin mövcud olduğu qeyd edilmiş və sözügedən metodların avtomobil tıxaclarının azaldılmasında, həmçinin İNS kimi texnologiyalardan istifadə etmənin avtomobil tıxaclarının yaranma səbəblərinin aradan qaldırılması üçün effektiv olduğu müəyyən edilmişdir.

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 sərfinin azaldılması və vaxta qənaəti nəticəsində ümumilikdə gözlənilən iqtisadi səmərənin 284156 manat təşkil etdiyi müəyyən edilmişdir.

Dissertasiyanın əsas müddələri 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 inteqrasiya 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 ümummillə 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 olunduğu 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-çığışında nəqliyyat axınlarının tənzimlənməsi // – Bakı: Azərbaycan Respublikası Təhsil

Nazirliyi, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti Elmi Əsərlər, – 2019. №1, – s. 130-135.

9. Bağirov, 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 _____ il tarixində saat _____ Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1073, Bakı şəhəri, H.Cavid prospekti, 25

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat _____ il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:18.12.2024

Kağız formatı: A5

Həcm: 38603

Tiraj 100