

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM və TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
PUBLİK HÜQUQİ ŞƏXSİ

Əlyazması hüququnda

BABAYEV HÜSEYN ƏLİ oğlu
ÖMƏROV RASİM MƏHƏR oğlu
AĞALAROV SÜBHAN HİKMƏT oğlu
ABBASZADƏ DİLƏN ELŞƏN oğlu

KÜÇƏ-YOL ŞƏBƏKƏSİNDƏ ƏLAQƏLƏNDİRİLMİŞ NİZAMLAMANIN
İMİTASIYA MODELİNİN HAZIRLANMASI
MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI

İxtisas: 060622- Yərüstü nəqliyyat vasitələrinin mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Yol hərəkətinin təşkili və təhlükəsizliyi

Elmi rəhbər: t.f.d, dos. Fuad Daşdəmirov Səmid oğlu

BAKİ–2024

MÜNDƏRİCAT

	Səh
GİRİŞ	3
FƏSİL I. ƏDƏBİYYAT İCMALI	
1.1. Küçə yol şəbəkəsinin idarə edilməsinin nəqliyyat sistemində rolu.....	7
1.2. Yaşıl dalğa sistemi və koordinasiya edilmiş yol hərəkətinin tənzimlənməsi	11
FƏSİL II. YAŞIL DALĞANIN QRAFİKİNİN QURULMASI	
2.1. Nəqliyyat axınının və kəsişmələrin təhlili.....	21 26
2.2. İki tərəfli yaşıl dalğa modelinin qurulması.....	32
2.3. Nəqliyyat şəbəkəsində səmərəli yaşıl dalğa dəhlizlərinin müəyyən edilməsi.....	40
2.4. Əlaqələndirilmiş nizamlaşdırma qrafikinə qurulması.....	
FƏSİL III. ƏLAQƏLƏNDİRİLMİŞ NİZAMLANMANIN İMITASIYA MODELİNİN HAZIRLANMASI	
3.1. Yol ayrıcılarının imitasiya modelləşdirilməsi.....	51 54
3.2. Optimala yaxın nizamlaşdırmanın mümkünlüyü.....	
NƏTİCƏLƏR	57
ƏDƏBİYYAT	60

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Böyük şəhərlərdə və magistral yollarda artan dayanacaqlar və nəqliyyat həcmələri nəticəsində nəqliyyatın intensivliyi artır və nəqliyyatda çətinliklər yaranır. Küçə-yol şəbəkələrinin kəşimələrində bu məsələ daha çox nəzərə çarpır. Bu kəşimələrə həm də yol ayrıcları, kəşimələr, nəqliyyat açılışları və ya yol meydançaları deyilir. Nəticədə daha çox nəqliyyat gecikmələri, növbələr və tıxaclar yaranır ki, bu da çatdırılma sürətini aşağı salır, yanacaq sərfiyyatını artırır və nəqliyyat vasitələrinin qovşaqlarının və aqreqlarının istehlakını artırır. Dəyişən yol hərəkəti tıxaclara və kəşimələrdə tez-tez dayanmalara səbəb olur ki, bu da hərəkətin təhlükəsizliyini aşağı salır və şəhərin hava hövzəsini zərərli ixrac qaz məhsulları və nəqliyyat vasitələrinin səsi ilə korlayır. Hərəkətin maksimal sürəti və təhlükəsizliyi sürücüdən, avtomobildən, yol mühitindən və ən yüksək səmərəlilikdə işləyən sürücü-avtomobil-yol-mühitindən (SAYM) asılıdır. Qarşıya qoyulmuş məqsədlərə çatmaq üçün bu sistemin hər bir komponentinin hərtərəfli təkmilləşdirilməsi və onların birgə işləməsi zəruridir. Sistemin komponentlərindən biri olan küçə-yol şəbəkəsi nəqliyyatın hərəkətini "hamar" etmək və həm piyadaların, həm də nəqliyyat vasitələrinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuş qaydalara tabedir. Bu problemi kökündən həll etmək üçün ya şəbəkə davamlı olaraq genişləndirilməli, ya da avtomobillərin yerini tuta biləcək digər nəqliyyat variantları inkişaf etdirilməlidir. Yuxarıda qeyd olunan həllərin yaxın gələcəkdə həyata keçirilməsi olduqca çətinidir. Nəticə etibararı ilə, müasir dövrdə nəqliyyatın ötürülməsi üçün mövcud küçə-yol şəbəkəsindən səmərəli istifadə edilməlidir. Biz bu mürəkkəb tapşırıqlar toplusunu trafikə idarə edilməsi kimi adlandırırıq. Trafikə idarə olunması sistemində işıqforların tətbiqi sistemi çox səmərəli edir. Bununla belə, vurğulanmalıdır ki, həm sərt, həm də adaptiv (çevik)

rejimlərdə təcrid olunmuş qovşaqlarda optimal idarəetmənin tətbiqi tələb olunan nəticəni vermir. Başqa sözlə, şəhər magistrallarında və bütövlükdə küçə-yol şəbəkəsində mümkün olan ən yaxşı idarəetmə və nəzarətin qurulması üçün sistemli idarəetmədən istifadə edilməlidir. Mürəkkəb, müasir texniki tənzimləmə vasitələrinin tətbiqi bu məqsədə nail olmaq üçün nəzərəcarpacaq dərəcədə böyük həcmdə məlumatların toplanması, göndərilməsi və emalı üçün zəruridir. Bu texniki vasitələrə svetoforlar, piyada hasarları, istiqamətləndirici adalar, yol nişanları, yol nişanlama xətləri və onların işinə zəmanət verən daha mürəkkəb alətlər daxildir. Birlikdə götürdükdə, bu alətlər idarəetmə sistemini təşkil edir. Çoxfunksiyalı sistemlər kimi, bu sistemlər operatora avtomatik idarəetmə prosesinə nəzarət etməyə və sürücüləri yolun gözlənilən vəziyyəti barədə xəbərdar etməyə imkan verir. Bu sistemlərin əsas komponenti svetoforun tənzimlənməsidir. İdarəetmə problemlərinin müzakirəsinə başlamazdan əvvəl tədqiqat predmetinin xarakterini və keyfiyyətlərini təsvir etmək vacibdir. İdarəetmə strategiyasını metodik şəkildə öyrənmə bilmək üçün nəqliyyat axınlarının rahat modelləri və idarəetmə keyfiyyət standartları yaradılmalıdır. Trafik axınlarının davamlı və diskret olmasına baxmayaraq, birlikdə hərəkət edən bir qrup avtomobil deterministik nəticələri olan təsadüfi bir proses kimi düşünülə bilər. Bunlar həm makroskopik, həm də mikroskopik modellərin istifadəsinin arxasında duran səbəblərdir. 4 sayılı kəsişmələrdə ləngimələrə baxmayaraq, işıqforun tətbiqinin ilkin mərhələsinin əsas məqsədi yol hərəkəti təhlükəsizliyini artırmaq idi. Nəticə etibarilə, yol hərəkətində gecikmələrin azaldılması svetofor siqnalının idarə edilməsinin əsas məqsədidir. Bu məqsədlə girişlərdə avtomobil xəttinin minimum uzunluğu, kəsişmə girişlərinin maksimum tutumu və s. kimi meyarlar da tətbiq oluna bilər. Yoxlanılan yolda və ümumilikdə şəbəkədə nəqliyyat gecikmələrinin azaldılması onun sonrakı mərhələlərində svetoforun tənzimlənməsinin məqsədi idi. Şəbəkə və magistral yolların idarə edilməsində əsas problemlərdən biri yaxınlıqdakı keçidlərdə svetofor siqnalları arasında faza dəyişikliklərinin müəyyən edilməsidir. Faza keçidlərinin sərfəli birləşmələri müəyyən edildiyi üçün ümumi tranzit gecikmələrinin mümkün olan ən aşağı miqdarına zəmanət verilir. Müxtəlif trafik idarəetmə taktikalarından istifadə etmək üçün hər zaman trafik axınları haqqında dəqiq məlumatlar

toplanmalıdır. Nəqliyyat axınlarının ilkin parametrlərinin proqnozlaşdırılması onun deterministik və ehtimal xarakterinə görə xüsusi diqqət tələb edir. Bu, müxtəlif modellərlə həyata keçirilə bilər. Trafikin məqsəd funksiyası yüksək sürət və hamarlığı təmin etməkdir və yol hərəkətinin idarə edilməsində istifadə olunan çoxsaylı riyazi və qeyri-riyazi modelləri həyata keçirmək üçün mürəkkəb texniki vasitələrin işlənilib hazırlanması üzrə bu iş bu gün də davam edir və çox güman ki, gələcəkdə də olacaq. Bu layihələr mürəkkəb teleavtomatik komplekslərin, idarəetmə-kompüter cihazlarının, telemexanikanın, peyk, dispetçer rabitəsinin və çoxsaylı digər texnoloji vasitələrin hazırlanmasına və təkmilləşdirilməsinə yönəldilmişdir.

Tədqiqatın əsas məqsəd və vəzifələri: Dissertasiya işinin məqsədi Küçə-yol şəbəkələrində əlaqəli tənzimləmə üçün simulyasiya modelinin hazırlanması ciddi məlumatların toplanması, mürəkkəb modelləşdirmə üsulları və güclü sınaq proseslərini əhatə edir. Real vaxt məlumatlarını, maşın öyrənmə alqoritmlərini və adaptiv idarəetmə strategiyalarını birləşdirərək, hazırlanmış model trafik axınıni optimallaşdırmaq, sıxlığı azaltmaq və ümumi şəbəkə səmərəliliyini artırmaq məqsədi daşıyır.

Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll olunmuşdur:

1. Məlumatların toplanması və inteqrasiyası.
2. Real vaxt rejimində məlumatların əldə edilməsi.
3. Simulyasiya Modelinin İnkişafı.
4. Trafik axını alqoritmlərinin müəyyən edilməsi.
5. Adaptiv Siqnal Nəzarəti.
6. Modelin Təkmilləşdirilməsi.

Tədqiqat obyektı: Əlaqələndirilmiş küçə-yol şəbəkəsi əsasında imitasiya modelinin hazırlanması.

Tədqiqatın metodikası: Tədqiqat işində qarşıya qoyulan vəzifələr əsasında həll edilmişdir.

İşin elmi yenilikliyi alınan nəticələrdən ibarətdir: Şəhər küçə-yol şəbəkələrinin səmərəli idarə olunması tıxacın azaldılması, emissiyaların minimuma endirilməsi və yol təhlükəsizliyinin yaxşılaşdırılması üçün çox vacibdir. Mövcud yol hərəkətinin

idarə edilməsi sistemləri ilk növbədə müasir şəhər nəqliyyatının bir-birinə bağlı xarakterini nəzərə almayan təcrid olunmuş siqnal idarəetmə sistemlərindən asılıdır. Bu yenilik küçə-yol şəbəkələrinin əlaqəli tənzimlənməsi üçün hərtərəfli simulyasiya modelini inkişaf etdirməklə bu boşluğu aradan qaldırmaq məqsədi daşıyır.

Görülən işin praktiki əhəmiyyəti: İlk simulyasiya nəticələri ənənəvi təcrid olunmuş siqnal nəzarətləri ilə müqayisədə nəqliyyat axınının əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdığını və tıxacın azaldığını göstərir. Adaptiv siqnal nəzarəti və dinamik marşrutlaşdırma trafikinin daha balanslı paylanmasına kömək edir, prioritet idarəetmə isə kritik trafik axınlarının səmərəliliyini artırır. Real vaxt məlumatlarının və maşın öyrənməsinin inteqrasiyası real vaxt rejimində dəyişən şərtlərə uyğunlaşaraq, operativ və proqnozlaşdırılan trafikinin idarə edilməsinə imkan verir.

İşin aprobasiyası: Dissertasiya işinin əsas müddəaları müzakirə edilmiş və Azərbaycan Texniki Universitetinin Nəqliyyat logistikası və hərəkətin təhlükəsizliyi kafedrasının iclaslarında və 1-2 may 2024-cü il tarixlərində Azərbaycan xalqının ümummilli lideri, müstəqil Azərbaycan dövlətinin qurucusu, görkəmli dövlət xadimi Heydər Əliyevin anadan olmasının 101 illiyinə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar” mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransında təqdim olunmuşdur.

Dissertasiyanın həcmi və strukturu: Dissertasiya işi girişdən, 3 fəsildən, 34 adda ədəbiyyatdan ibarətdir. Dissertasiyanın materialları 63 səhifədən, o cümlədən 10 şəkil, 2 cədvəl və 17 düsturdan ibarətdir.

İşin sınağı: Dissertasiya işinin mahiyyəti əsasən AzTU-nun “Nəqliyyat logistikası və hərəkətin təhlükəsizliyi” kafedrasının iclaslarında və Elmi Texniki konfransında məruzə olunub və müzakirə aparılıb.

I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI

1.1. Küçə yol şəbəkəsinin idarə edilməsinin nəqliyyat sistemində rolu

Şəhərlərin sürətlə böyüməsi və əhalinin artması böyük şəhərlərin nəqliyyat problemlərini getdikcə mürəkkəbləşdirir. Bu problemləri həll etmək üçün apardığımız ədəbiyyat araşdırmaları göstərir ki, küçə və yol şəbəkələrinin genişləndirilməsi və təkmilləşdirilməsi ən çox müraciət edilən həll üsullarından biridir. Bununla belə, bu genişləndirmə səyləri çox vaxt tıxacın həcmində artımını tənzimləmək üçün qeyri-adekvat olur və problemi tam həll etmir. Bu vəziyyət avtomobil nəqliyyatının səmərəli fəaliyyət göstərməsi üçün daha əhatəli nəqliyyat sisteminin zəruriliyini ortaya qoyur.

Sosial-iqtisadi fəaliyyətin mürəkkəbliyi artdıqca insanların yük və sərnişin daşımalarına tələbatı da artır. Bununla belə, mövcud nəqliyyat sistemləri artan bu tələbatı ödəmək üçün qeyri-adekvatdır və həddindən artıq yüklənir. Bu, nəqliyyat sistemlərinin səmərəliliyini aşağı salır, yol-nəqliyyat hadisələrinin sayını artırır və müxtəlif sosial və iqtisadi problemlər yaradır. Hazırda əksər şəhərlərdə avtomobillərin sayında sürətli artım müşahidə olunur. Bu, küçə və yol şəbəkələrinin daim genişləndirilməsini tələb edir. Bununla belə, bu genişlənmə səyləri çox vaxt avtomobillərin sayının artması ilə ayaqlaşma bilmir. Nəticədə küçə və prospektlər həddindən artıq yüklənir, nəqliyyat sıxlığı və qəzalar artır. Bundan əlavə, ətraf mühitin çirklənməsi, nəqliyyatın səs-küyü kimi problemlər ciddi həddə çatır.

Ədəbiyyat icmalları göstərir ki, sadəcə olaraq küçə və yol şəbəkələrinin genişləndirilməsi nəqliyyat problemlərini həll etmək üçün kifayət etmir. Daha əhatəli

daşımaların planlaşdırılması və müxtəlif nəqliyyat növlərinin inteqrasiyasını əhatə edən dayanıqlı nəqliyyat həllərinə diqqət yetirmək lazımdır. Bu kontekstdə ədəbiyyatda tez-tez vurğulanan məqamlardan biri də odur ki, nəqliyyatın idarə edilməsinə təkcə infrastruktur səviyyəsində deyil, həm də strateji və əməliyyat səviyyələrində diqqət yetirilməlidir. Bu o deməkdir ki, nəqliyyat problemlərinin həllində sadəcə fiziki həll yolları deyil, nəqliyyat axınına təsir edən amillər təhlil edilməli və müvafiq strategiyalar hazırlanmalıdır. Xüsusilə, şəhərsalma və nəqliyyat siyasətlərində daha vahid yanaşmanın qəbul edilməsi lazımdır. Bura ictimai nəqliyyat sistemlərinin təkmilləşdirilməsi, velosiped və piyada yollarının artırılması, nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinin idarə edilməsi və tıxacların azaldılması daxildir. Bundan əlavə, intellektual nəqliyyat sistemlərindən istifadə də mühüm məsələdir. Bu sistemlər tıxac axınıni izləmək, idarə etmək və optimallaşdırmaq üçün məlumat əsaslı həllər təqdim edir. Qeyd edək ki, nəqliyyat problemlərini həll etmək üçün vahid sistemli bir həll olmasa da, ədəbiyyatda təklif olunan müxtəlif strategiya və yanaşmaları birləşdirməklə daha dayanıqlı və effektiv nəqliyyat sistemi yaradıla bilər. Bu, şəhərlərdə yaşayan insanların həyat keyfiyyətini yaxşılaşdırma və ekoloji davamlılığını dəstəkləyə bilər.

Nəqliyyat tənzimləməsində təqdim modellər ümumi olaraq aşağıdakıları təmin etməlidir:

- Həm birtərəfli, həm də ikitərəfli yolları müəyyənləşdirmək;
- Tək zolaqlı və çoxzolaqlı yolları göstərmək;
- Zolaqların dəyişdirilməsi imkanları ilə bağlı təfərrüatları özündə birləşdirərək istənilən sayda yollar arasında kəsişmələri xarakterizə etmək;
- Dar şəhər küçələrindən tutmuş geniş magistral zolaqlara qədər müxtəlif yol növlərini dəqiq şəkildə təmsil etmək üçün zolaq enlərini konfigurasiya etmək;
- Nəqliyyat vasitələri tərəfindən yerinə yetirilən zolaq dəyişdirmə manevrlərinin uçuğu.
- Yol nişanlarını, svetoforları və onların zolağa aid görünmə qabiliyyətini və uyğunluğunu birləşdirmək;

- Dayanma və enmə nişanları kimi tənzimləyici yol nişanlarının yerləşdirilməsinə məlumat verə bilən nəqliyyat vasitələri üçün dayanma məntəqələri yaratmaq;
- Nəqliyyat vasitələrinin mövcudluğunu, o cümlədən onların yeri və sürəti haqqında real vaxt məlumatları izləmək;
- Kəsişi və onun tərkib elementlərini müəyyən edilmiş koordinat sistemi daxilində yerləşdirmək;
- Kəsişmə nəzarətçiləri və fərdi nəqliyyat vasitələri arasında passiv əlaqəni asanlaşdıran svetoforlar kimi xüsusi elementlər üçün status məlumatını daxil etmək.

Xiaoping Wu, Shuai Deng¹, Xiaohong Du, Jing Ma apardıqları tədqiqatda fərqli bir ikili yanaşma təqdim etmişlər. Bu yanaşmanın arxasında duran konseptual çərçivə agent paradigmasından ilham alır, bu metodologiya müxtəlif sahələrdə effektivliyi sübuta yetirilir. Bu üsul problemdə iştirak edən obyektləri iki fərqli məkana bölür: fiziki mühiti faktiki aparat vasitələri ilə əhatə edən real məkan və bu vasitələrin idarə edilməsinə cavabdeh olan proqram agenti sistemi üçün iş vaxtı mühiti kimi xidmət edən virtual məkan. Real məkanın modelindən istifadə edərək, bu agentlər öz səlahiyyətləri altında olan nəqliyyat vasitələri üçün müvafiq idarəetmə strategiyalarını hesablayır və həyata keçirirlər. Bu ikili məkan yanaşması robotların idarə olunması ilə bağlı mürəkkəb problemlərin həllində öz faydalılığını nümayiş etdirdi. Bu metodologiyadan istifadə etməklə tədqiqatçılar hərəkət koordinasiyası və naviqasiya ilə bağlı mürəkkəb problemləri uğurla həll etdilər. Bu, real dünya dinamikasının virtual modelləşdirmə ilə birləşməsinin nəqliyyat axını və təhlükəsizliyi artırmaq üçün innovativ həllər üçün yol açma biləcəyi şəhər nəqliyyatının idarə edilməsi sahəsində oxşar prinsiplərin tətbiqinin potensial effektivliyini vurğulayır (Xiaoping, Shuai, Xiaohong, Jing, 2014).

Caleb Nanchen Nimyel , Garba Gabriel Naankang, Zwalnanselfa Johnson, “yol şəbəkələrində yaşıl dalğa tıxac idarəetmə sisteminin simulyasiyası” adlı tədqiqatlarında tıxacın idarə edilməsi sistemlərinin işə salınması küçə və yol şəbəkəsində nəqliyyat axını haqqında məlumatların toplanması, bu məlumatların idarəetmə mərkəzinə ötürülməsi və təhlili, sonra isə müəyyən edilmiş idarəetmə

strategiyalarının həyata keçirilməsi üçün texniki vasitələrin işlənilib hazırlanmasını nəzərdən keçirmişlər. Bu texniki vasitələr sürücülərə alternativ marşrut variantları təklif etməli və yol şəbəkəsində işləyən əməliyyat işçiləri ilə səmərəli əlaqəni təmin etməlidir. Lakin küçə və yol şəbəkəsinin böyük və mürəkkəb xarakterinə görə bu funksiyaları əl ilə yerinə yetirmək praktiki deyil. Nəzarət sistemlərinin tez və etibarlı cavab verməsi gözlənilir ki, bu da tam elektron əsaslı sistemlərin qəbulunu tələb edir. Buna görə də, nəqliyyatın idarə edilməsi sistemləri mərkəzi idarəetmə blokunu, vəziyyətin monitorinqi avadanlığını və rabitə kanallarını birləşdirən genişmiqyaslı, real vaxt rejimində idarəetmə sistemi əsasında layihələndirilir və həyata keçirilir. Bu sistemlərin əsas məqsədi nəqliyyat axınını optimallaşdırmaq və tıxacları azaltmaqdır. Bu baxımdan məlumatların toplanması və təhlili prosesləri son dərəcə vacibdir. Toplanmış məlumatlara nəqliyyatın sıxlığı, avtomobilin sürəti və müxtəlif digər tıxac parametrləri daxil edilməlidir. Bu məlumatların emalı və qiymətləndirilməsi yol hərəkətinin idarə edilməsi sistemi tərəfindən qəbul ediləcək qərarların əsasını təşkil edir. Məsələn, svetofor dövrlərinin tənzimlənməsi və ya istiqamət nişanlarının dəyişdirilməsi.

Bundan əlavə, bu sistemlərin effektivliyini artırmaq üçün daim yenilənməli və təkmilləşdirilməlidir. Texnologiyada irəliləyişləri və nəqliyyat axınının dəyişən dinamikasını nəzərə alaraq, nəqliyyatın idarə edilməsi sistemlərinin çevik və uyğunlaşa bilən olması vacibdir.

Nəhayət, bu sistemlər təkcə nəqliyyat axınını yaxşılaşdırmamalı, həm də ətraf mühitə təsirləri minimuma endirmək potensialına malik olmalıdır. Buraya yanacaq istehlakını azaltmaqla havanın çirklənməsini və istixana qazı emissiyalarını azaltmaq üçün səylər daxil ola bilər.

Melvin H. Fridman, Brian L. Mark və Nathan H. Gartner, “siqnallaşdırılmış trafik şəbəkələrində fasiləsiz maksimum axın” adlı tədqiqatda yol hərəkəti idarəetmə sistemlərinin davamlılığı və effektivliyi üçün yeni həll yolları nəzərdən keçirilmişdir. Bu həll yollarından biri olaraq tədqiqatda qeyd edilir ki, sürücülərin davranışını daha yaxşı başa düşmək və nəqliyyat axınını daha yaxşı idarə etmək üçün ağıllı texnologiyalardan istifadə etmək vacibdir. Bu texnologiyalara süni intellekt və böyük

verilənlərin analitikası kimi qabaqcıl hesablama metodları daxildir. Bu üsullar trafik modellərini yaratmaq və trafik axınını proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Beləliklə, nəqliyyatın sıxlığına və sürücünün davranışına daha sürətli və daha dəqiq reaksiya verilə bilər.

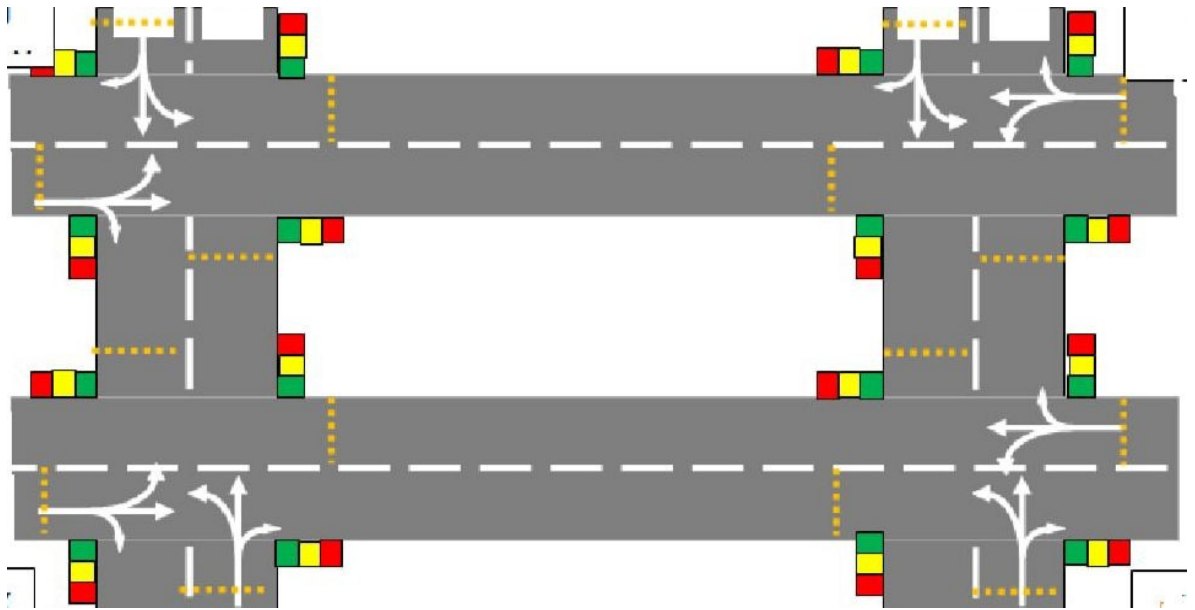
Ağıllı sensorlar və kameralar kimi fiziki infrastrukturu gücləndirən texnologiyalardan istifadə etmək də vacibdir. Bu yolla, real vaxt rejimində nəqliyyatın vəziyyətini izləmək və idarə etmək olar.

Bununla belə, tək texnoloji həllər kifayət deyil. Eyni zamanda, yol hərəkətinin idarə edilməsi siyasətləri və qaydaları da yenilənməli və təkmilləşdirilməlidir. Xüsusilə, ictimai nəqliyyat sistemlərini təşviq etmək və alternativ nəqliyyat üsullarını dəstəkləmək vacibdir.

Nəticədə, yol hərəkətinin idarə edilməsi texnoloji yeniliklərlə yanaşı, kompleks yanaşma tələb edir. Bununla belə, düzgün strategiya və təcrübələrlə daha təhlükəsiz, daha axıcı və dayanıqlı nəqliyyat sistemi yaratmaq mümkündür.

1.2. Yaşıl dalğa sistemi və koordinasiya edilmiş nizamlaşdırma

Yaşıl dalğa sistemi, müəyyən edilmiş marşrut boyunca kəsişmələrdə vaxt sinxronizasiyasını təmin edir. Yaşıl dalğa sistemində müəyyən orta sürət təyin edilir ki, sürücülər kəsişmələrdə dayanmadan hərəkət edə bilsinlər. Sürücülər bu sürət dahlizində arxadan gələn nəqliyyata təsir etmədən yoluna davam edə bilirlər. Lakin sürücülərin bu sürət dahlizinə nə vaxt daxil olduqlarını bilməməsi sistemin səmərəliliyini azalda bilər. Bu da yaşıl dalğa sisteminin yalnız müəyyən bir sürət üçün statik işləməsinə səbəb olur. Bunun əvəzinə sürücülərə müəyyən bir bildirişlər təqdim etməklə yaşıl dalğa tətbiqinin dinamik işləməsinə təmin edə bilərik. Bu bildirişlər yola yerləşdirilən işıqlı avadanlıq vasitəsilə edilə bilər.



Şək 1.1. Yolayrıcılarında yaşıl dalğa sisteminin tətbiqinin simulyasiyası

Statik yaşıl dalğa əvəzinə, aktiv dəyişən yaşıl dalğa sistemi quraraq müxtəlif nöqtələrdə tıxac sıxlığına görə dinamik tənzimləmələr edə bilərik. Bu yolla kəsişmələrdə hər bir avtomobil üçün orta gecikmə vaxtlarını azalda bilərik. Təklif olunan sistem sürücüləri müəyyən qaydalarla yaşıl dalğa sisteminə uyğunlaşmağa təşviq edir və beləliklə, gecikmələr, ətraf mühitə təsirlər və yanacaq sərfiyyatı kimi neqativləri azaltmaqla kəsişmə performansını yaxşılaşdırır.

Nale Zhao, Bing Li, Keman Wu, Yong Yang “marşrut seçim modelinə əsaslanan yaşıl dalğa siqnalına nəzarət optimizasiyası” adlı araşdırmalarında iki fazalı siqnal idarəetmə konsepsiyasının bir tədqiqat metodu olaraq yaşıl dalğa tıxac nəzəriyyəsini optimallaşdırmaq üçün istifadə edildiyi ifadə edilir. Bu kontekstdə, kəsişmələrdəki siqnal işıqlarının kompüter idarəetmə sisteminə inteqrasiya edildiyi və yaşıl işıqların idarə olunan damarlar boyunca dalğalar şəklində irəlilədiyi izah edilir. Tədqiqat nəqliyyat vasitələrinin gəliş xüsusiyyətləri, tıxacın təşkili vəziyyəti, kəsişmə aralığı və siqnal fazasının tənzimlənməsi vəziyyəti kimi amillərə diqqət yetirərək, onların Yaşıl Dalğa tıxac nəzəriyyəsini optimallaşdırılmasında əhəmiyyətli olduğu vurğulanmışdır. Tədqiqatda həll edilmiş problemlərə yol təhlükəsizliyinin artırılması, nəqliyyat vasitələrinin yanacaq sərfiyyatının azaldılması və yaşıl dalğa yol hərəkəti nəzəriyyəsini optimallaşdırmaqla emissiyaların azaldılması kimi məqsədlərə nail

olmaq daxildir. İki fazalı siqnal idarəetmə konsepsiyasından istifadə etməklə nəqliyyatın təşkilinin sadələşdirilməsi və kəsişmə intervallarının tənzimlənməsi kimi həllər təklif edilmişdir. Bu tədqiqatda yaşıl dalğa tıxac nəzəriyyəsinin optimallaşdırılmasının yol təhlükəsizliyi, enerjiyə qənaət və emissiyaların azaldılması kimi sahələrdə müsbət təsirlər təmin etdiyi bildirilir. Qeyd olunur ki, yaşıl dalğa tıxac nəzəriyyəsi iki fazalı siqnal idarəetmə konsepsiyasından istifadə etməklə tıxac axınının tənzimlənməsi və siqnal fazalarının sadələşdirilməsi ilə daha təsirli olur (Nale, Bing, Keman, Yong, 2019).

Nouha Rida, Ouadoud Mohammed, Abderrahim Hasbi 2020-ci ildə apardıqları tədqiqat işinin məqsədi siqnallaşdırılmış tıxac şəbəkələrində maksimum fasiləsiz axını həll etməklə tıxac axını və səmərəliliyi artırmaqdır. Tədqiqat şəhərətrafi magistral yollarda tətbiq oluna bilən Yaşıl Dalğaya Ride-the-Green-Wave (RGW) strategiyasını araşdırır. Bu strategiya sürücülərə tövsiyə olunan sürətlə hərəkət etsələr, hər bir yol siqnalına çata biləcəkləri barədə məlumat verməklə tıxac axını optimallaşdırmaq məqsədi daşıyır. Məqalədə əhatə olunan mövzulara sürücülərə tövsiyə olunan sürətləri çatdırmaq üçün istifadə edilən yoldan səyahətçi-geri əlaqə cihazı Return to Flight Duty (RTFD) kimi texnologiyalar, siqnallı arterial yollarda RGW strategiyasının tətbiqinin faydaları və bu strategiyanın yol şəbəkəsinə təsiri daxildir. dizayn, ictimai nəqliyyata nəzarət və ətraf mühitə təsirləri var.

Tədqiqatda təqdim olunan həllər arasında RTFD-nin istifadəsi, sürücülərə yol siqnallarına çatmaq üçün tövsiyə olunan sürəti bildirən sistem, RGW strategiyasının tıxac axınının yaxşılaşdırılması potensialı və tıxac siqnallarına nəzarət üçün yeni yanaşmanın qəbulu daxildir. Bu həllər sayəsində sürücülərin yol siqnallarına daha effektiv uyğunlaşması və nəqliyyat axınının daha səmərəli olması hədəflənir.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, RGW strategiyası tıxac axını yaxşılaşdırır və sürücülərə daha rahat və səmərəli sürücülük təcrübəsi təqdim edə bilər. Əlavə olaraq vurğulanır ki, RGW-yollar konsepsiyası qiymət baxımından mövcud yollardan daha sərfəli ola bilər. Tıxac mühəndisliyi təcrübələri ilə uyğun gələn bu strategiyanın yol şəbəkəsinin dizaynı və tıxacın idarə edilməsi sahəsinə tıxac siqnallarına nəzarətdə

yeni bir perspektiv təqdim edərək əhəmiyyətli töhfə verə biləcəyi bildirilir (Nouha, Ouadoud, Abderrahim, 2020).

Yol kəsişmələrində tıxaclar gediş-gəliş zamanı iqtisadi itkilərə, nəqliyyat vasitələrinin istismar xərclərinə və ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olmaqla ciddi problemlər yaradır. Xüsusən də svetoforla idarə olunan kəsişmələrdən keçən avtomobillər demək olar ki, hər kəsişmədə dayanmalı olduqları üçün uzun yol müddətləri ilə üzləşirlər. Bu səmərəsiz nəqliyyat axını, son nöqtələrə çatmaq üçün lazım olan marşrut boyunca tıxac siqnalları arasında koordinasiyanın olmaması ilə əlaqədardır. Bu işdə yaşıl dalğa adlanan koordinasiyalı tıxac axını ilə dörd tıxac siqnalı ilə idarə olunan kəsişmə şəbəkəsinin simulyasiyası və tətbiqi yaşıl dalğa olmadan eyni tıxac şəraitində müqayisə edilmiş və təhlil edilmişdir.

Müxtəlif hərəkət xüsusiyyətlərinə malik simulyasiya nəticələri göstərir ki, yaşıl dalğalı yol siqnalına nəzarət sistemi avtomobillərin yol şəbəkəsində hərəkət vaxtlarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Nəticələr göstərir ki, eyni tıxac şəraitində yaşıl dalğalı yol siqnalına nəzarət sistemi yaşıl dalğa olmayan tətbiqlərlə müqayisədə səyahət vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bu göstərir ki, yaşıl dalğa texnologiyası istənilən tıxac siqnalı ilə idarə olunan yol şəbəkəsində tətbiq edilir və effektivdir.

Yaşıl dalğalı avtomobil hərəkətinə nəzarət sisteminin simulyasiyası istifadəçi dostudur və interaktiv icra şablonu/istifadəçi interfeysinə malikdir. Bundan əlavə, Java proqramı olaraq, simulyasiya proqramının portativ, genişlənə bilən və əksər sistemlərdə sürətli işlədiyi müşahidə edilmişdir. Tədqiqatçılar bu simulyasiyanı həyata keçirmək üçün obyekt yönümlü dizayn yanaşmasından uğurla istifadə ediblər. Bu yanaşma yol şəbəkəsinin layihələndirilməsindən tutmuş yol siqnallarının idarə edilməsinə və nəqliyyat vasitələrinin dizaynı və simulyasiyasına qədər bütün mərhələlərdə istifadə edilmişdir.

Bu tədqiqatın nəticələri göstərir ki, yaşıl dalğalı tıxac siqnalına nəzarət sisteminin siqnallaşdırılmış yol şəbəkələrində tətbiqi sürücülər üçün, xüsusən də mərkəzi iş bölgəsində əhəmiyyətli faydalar təmin edir. Həmçinin vurğulanıb ki, yol hərəkəti modellərinin işlənilib hazırlanmasına ehtiyac var ki, bu da gələcəkdə əlavə tədqiqatların aparılmasını tələb edir.

Nəticə olaraq, bu araşdırma göstərir ki, yaşıl dalğa texnologiyasının tıxac signalı ilə idarə olunan yol şəbəkələrində tətbiqi faydalıdır və bu cür tətbiqlər sürücülər üçün səyahət vaxtlarını azaldır, ətraf mühitə zərər verən və iqtisadiyyata töhfə verən nəqliyyat vasitələrinin tullantılarını azaldır (Nouha, Ouadoud, Abderrahim, 2020).

İndiki vaxtda tıxac və yol sıxlığı şəhərlər üçün ciddi problem yaradır. Bu problemlər nəqliyyat vasitələrinin sayının artması və mövcud yol infrastrukturunun uyğunsuzluğu ilə daha da dərinləşir. Tıxac sıxlığı səbəbindən gözləmə müddətlərinin artması, gecikmələr, dayanmalar və egzoz emissiyalarının artması kimi nəticələr baş verir. Bu kontekstdə yaşıl dalğa tətbiqləri tıxacın istiqamətləndirilməsində mühüm rol oynayır. Bununla belə, sürücülərin bu yaşıl dalğa tətbiqləri haqqında məlumatlılığını artırmaq üçün əlavə sistemlərə ehtiyac var.

Qeyd elədiyimiz problemlə bağlı Şenbil, M., Yasak, Y., Çubuk, M., K., Arıkan Öztürk, E. ve Hatipoğlu, S., tədqiqatlarında təklif vermişlər. Bu təklif olunan həll yolu səkilər və ya dəhlizlərdə işıqlandırma dirəkləri kimi yol elementlərində yerləşdirilən LED mayaklardan istifadə etməklə həyata keçirilir. Bu markerlər sürücülərə bələdçi işıq dövrü ərzində yaşıl işıqda qaldıqları təqdirdə qırmızı işıqda gözləmədən kəsişmələrdən keçməyə imkan verir. Bununla da sürücülərin yaşıl dalğa sürət həddinə daha çox əməl etmələri sövq edilir və kəsişmələrdə gözləmə müddətləri, gecikmə vaxtları, dayanacaqların sayı və müvafiq olaraq egzoz tullantıları və yanacaq sərfiyyatı azalır.

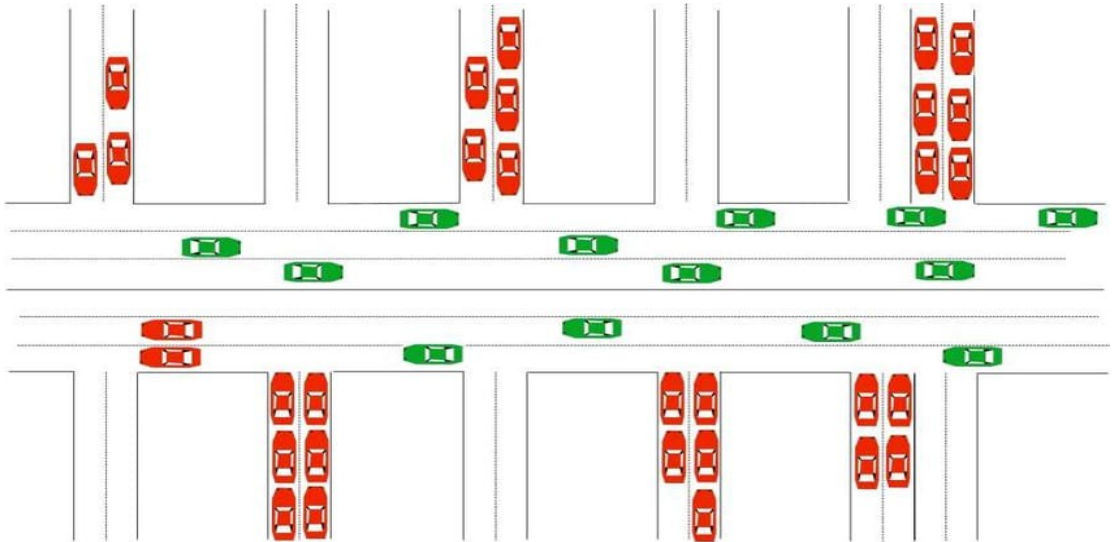
Bu həllin effektivliyini qiymətləndirmək üçün Yalova vilayətində üç kəsişmədə nəqliyyatın sayılması aparılıb və mövcud vəziyyət Vissim mikro simulyasiya proqramından istifadə edilərək modelləşdirilib. Modeldə iki fərqli ssenari təhlil edilmişdir: klassik yaşıl dalğa tətbiqi və işıq bələdçisi sistemi tərəfindən dəstəklənən yaşıl dalğa tətbiqi. Nəticələr göstərir ki, işıq bələdçisi sistemi tərəfindən dəstəklənən yaşıl dalğa tətbiqi klassik yaşıl dalğa tətbiqindən daha yaxşı xidmət səviyyəsi təmin edir. Ümumilikdə, bu sistem kəsişmələrdə orta gecikmə vaxtlarını 28% azaldıb və xidmət səviyyəsini D-dən C-yə qaldırıb. Bundan əlavə, kəsişmələrdə və dəhlizlərdə

dayanacaqların orta sayında azalma, egzoz tullantılarında və yanacaq sərfiyyatında 8% yaxşılaşmaya nail olunub.

Bu tədqiqat Wiedemann 74 sürücü davranış modelinə əsaslanan Vissim mikro-simulyasiya proqramından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. Işıq bələdçisi tərəfindən dəstəklənən yaşıl dalğa tətbiqinin məqsədi kəsişmələrdə performansını yaxşılaşdırmaq və yaşıl dalğa məlumatlılığını artırmaqla qəzaların qarşısını almaqdır. Bundan əlavə, sürücülərin sürət qaydalarına əməl etmələrini təşviq etmək və bu məsələ ilə bağlı maarifləndirməni artırmaq məqsədi daşıyır.

Beləliklə, işıq bələdçiliyi ilə dəstəklənən yaşıl dalğa tətbiqi nəqliyyat axınını yaxşılaşdırmaq və sürücüləri yol hərəkəti qaydalarına əməl etməyə təşviq etmək potensialına malikdir. Gələcəkdə bu cür həllər və avtonom nəqliyyat vasitələrinin kommunikasiyası və onların yol infrastrukturunu ilə inteqrasiyası ilə şəhər hərəkətliliyini daha da optimallaşdırmaq mümkün ola bilər (Nouha, Ouadoud, Abderrahim, 2020).

Nəqliyyat vasitələrinin sayının artması və yol infrastrukturunun məhdud olması səbəbindən şəhərlərdə yol sıxlığı böyük problemə çevrilib. Bu tıxacın nəticələrinə nəqliyyat vasitələrinin çətin hərəkəti, artan CO2 emissiyaları, artan enerji istehlakı və sürücülərin yaşadığı stress daxildir. Simsiz sensor şəbəkələrinə Wireless Sensor Network (WSN) əsaslanan Ağıllı Nəqliyyat Sistemləri Intelligent Transportation Systems (ITS) bu kontekstdə yeni həllər və tətbiq potensialları təklif edərək inkişaf etmişdir. Bu məqalə bir neçə kəsişmənin işıqforlarını idarə etmək və istifadəçilərin orta gözləmə müddətini azaltmaqla onların işini optimallaşdırmaq üçün simsiz sensor şəbəkəsindən istifadə yanaşmasını araşdırır. Təklif olunan adaptiv svetoforun nəzarətçisi cari yol vəziyyəti, gözlənilən gəlişlər və hədəf kəsişmələrdə tıxacın dərəcəsi əsasında real vaxt rejimində işıqforların ardıcılığını müəyyən edir. Yaxınlaşmanı qiymətləndirmək üçün (Simulation of Urban Mobility) SUMO simulyatoru yüksək tıxac sıxlığı olan iyirmi dörd kəsişmə şəbəkəsi yaratmaqla istifadə edilmişdir. Simulyasiya nəticələri təklif olunan alqoritmin səmərəliliyini və praktikliyini nümayiş etdirir.



Şək 1.2. İkinci dərəcəli küçələrdə tıxac yaranan yaşıl dalğa nümunəsi

Bu tədqiqatda yazarlar simsiz sensor şəbəkəsindən istifadə edərək çoxlu kəsişmələrə adaptiv svetofofa nəzarət yanaşmasını təklif edir. Svetofofa nəzarət alqoritmi svetoforun nəzarətçiləri ilə əməkdaşlıq etməyə və yol şəraitinə uyğun olaraq bir çox kəsişmələrdə idarəetmə siyasətini uyğunlaşdırmağa imkan verir. Bu yanaşma svetoforun müvafiq kəsişmədə hərəkət şəraitinə uyğunlaşdırılması ilə yanaşı, növbəti mərhələdə kəsişməyə gələn nəqliyyat vasitələrinin sayını hesablayır və kəsişmənin hədəfləri üçün tıxacın dərəcəsini hesablayır. Bizim yanaşmamız yaxınlıqdakı kəsişmələrdə nəqliyyatın vəziyyətini nəzərə alır ki, daha az sıx olan kəsişmələrə ən sıx olanlara üstünlük vermək və sürücülərin orta gözləmə müddətini və dayanacaqların sayını azaltmaq lazımdır.

SUMO tıxac simulyatorundan istifadə edərək, iyirmi dörd kəsişmə şəbəkəsində tıxac simulyasiyası aparıldı. Alqoritmimiz tərəfindən əldə edilən simulyasiya nəticələri sabit vaxtlı idarəetmə və ya təcrid olunmuş kəsişmə idarəetmə strategiyaları ilə əldə edilən nəticələrdən daha yaxşıdır. Nəticələr avtomobillərin orta gözləmə vaxtlarını və növbə uzunluqlarını azaltmaqla yol şəbəkəsinin yükünü azaltmaq və nəqliyyat axınını yaxşılaşdırmaq üçün yanaşmamızın səmərəliliyini və praktikliyini nümayiş etdirir.

Gələcək tədqiqatlarda müxtəlif ssenarilərdə yanaşmanın performansı müxtəlif yol hərəkəti ssenariləri ilə bir neçə kəsişmə modelləri əsasında şəbəkələr yaratmaqla

qiymətləndiriləcəkdir. Bundan əlavə, fəvqəladə halları (təcili yardım maşınlarının, yük maşınlarının, ictimai nəqliyyat vasitələrinin və s. mövcudluğu) aşkar edə bilən daha qənaətcil sensorlar nəqliyyatın monitorinqi sisteminə əlavə olunacaq və beləliklə, fəvqəladə tədbirlərə üstünlük veriləcək (Nale, Bing, Keman, Yong, 2019).

Kəşimlərdə tıxac siqnallarının optimallaşdırılması, yaşıl dalğa tətbiqləri və simulyasiya mühitlərində kəşimə modellərinin tədqiqi ilə bağlı çoxlu araşdırmalar var. Bununla belə, işıq yönləndirmə sistemləri üzrə tədqiqatlar kifayət qədər məhduddur. Bu kontekstdə, işıq bələdçi sistemlərinin effektivliyini və istifadəsini araşdıran tədqiqatların əsas məqamlarını aşağıda ətraflı şəkildə sadaladıq:

Şenbil, M., Yasak, Y., Çubuk, M., K., Arıkan Öztürk, E. ve Hatipoğlu, S., tərəfindən 2017-ci ildə aparılan bir araşdırmada LED siqnal dirəklərinin sürücü davranışına təsiri araşdırıldı. Bu araşdırma çərçivəsində Adana, Afyonkarahisar və Ordu vilayətlərində 830 sürücüyə sorğu aparılıb və 18 fokus qrup işi təşkil edilib. Sorğunun nəticələrinə görə, iştirakçıların 94%-i LED siqnal dirəklərinin ənənəvi sistemlərdən daha erkən fərq edildiyini bildirib. Bundan əlavə, sürücülərin 86%-i LED siqnal dirəklərinin işığa daha tez uyğunlaşdığını bildirib (Kara, Sarısoy, Delice, 2022).

Eyni ildə aparılan başqa bir araşdırmada Vissim simulyasiya proqramından istifadə edilməklə dörd kəşimədən ibarət simulyasiya mühiti yaradılmışdır. Bu işdə sürücülərin vizual sistem tərəfindən idarə olunduğu dəhlizdə müəyyən sürətlə hərəkət edən yaşıl dalğa bələdçisindən istifadə edilib. Bələdçi qırmızı və yaşıl LED işarələri ilə sürücülərə xəbərdarlıq edib və kəşimlərdə nəqliyyat vasitələrinin sıxlığını azaltmağı hədəfləyib. Fırlanma və fırlanma halları ayrı-ayrılıqda modelləşdirilmiş və idarə olunan və idarə olunmayan yaşıl dalğa sistemləri müqayisə edilmişdir. Nəticələr göstərdi ki, idarə olunan yaşıl dalğa sistemi nəqliyyat axınını daha səmərəli edir (Şenbil, Yasak, Çubuk, Öztürk ve Hatipoğlu, 2017).

Bu tədqiqatlar işıqlı bələdçilik sistemlərinin sürücü davranışına və nəqliyyat axınına təsirlərini ətraflı şəkildə araşdırdı və yaşıl dalğa tətbiqlərinin effektivliyini qiymətləndirdi. Bu cür sistemlərin istifadəsini artırmaqla, nəqliyyat axınının yaxşılaşdırılması və sürücü təcrübəsinin təkmilləşdirilməsi nəzərdə tutulur.

2017-ci ildə Avstriyada yaşıl dalğanın tətbiqinin Kapfenberq və Bruk an der Mur arasındakı razılaşdırılmamış kəsişmələrdə emissiyalara təsiri araşdırıldı. Bu işdə yaşıl dalğa ilə kəsişmələrdə koordinasiya olunmamış nəqliyyatın tənzimlənməsinin ətraf mühitə təsiri qiymətləndirilmişdir. İstifadə olunan analiz alətlərinə Vissim proqramı, eləcə də emissiyaların daha dəqiq ölçülməsinə imkan verən HBEFA və CAR2 proqramları daxildir. Əldə edilən nəticələr göstərir ki, yaşıl dalğa koordinasiya olunmamış kəsişmələrdə tətbiq edildikdə, karbonmonoksit (CO) emissiyalarında 40%, karbohidrogen (HC) emissiyalarında 33%, azot oksidi (NO_x) emissiyalarında 61%, hissəciklərdə 52% (PM) emissiyaları, kükürd dioksid (SO₂) emissiyalarında 52%) emissiyaları və karbon dioksid (CO₂) emissiyaları 44% (Kiers və Visser, 2017). Bu nəticələr ətraf mühitə təsirləri azaltmaq üçün yaşıl dalğa tətbiqinin potensialını göstərir (Kocadağ, 2017).

2018-ci ildə Əskişəhərdə Nayman və Krım qovşaqlarında nəqliyyat sıxlığını azaltmaq üçün siqnal koordinasiyası həyata keçirilib. Bu tədqiqat Sidra Intersection 7 proqramından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. Siqnal koordinasiyasını təmin etməklə, mövcud vəziyyətlə müqayisədə gecikmə müddətlərinin 42% azalmasına nail olunub. Bununla belə, kəsişmələr arasındakı məsafənin və kəsişmələrdə dövrə vaxtlarının gecikmə vaxtlarına təsiri də araşdırılmışdır. Bu təhlildə, kəsişmələr arasındakı məsafə artdıqca və ya azaldıqca gecikmə müddətlərinin artdığı müşahidə edilmişdir. Bu nəticələr nəqliyyatın planlaşdırılmasında qovşaqlararası məsafənin və dövrə vaxtlarının əhəmiyyətini vurğulayır (Kiers and Visser, 2017).

2019-cu ildə Əfqanıstanın Məzari Şərif şəhərinin Marmul küçəsindəki iki kəsişmədə həndəsi düzülmə və siqnal koordinasiyası həyata keçirilib. Bu tədqiqat Vissim və Sidra proqramlarından istifadə etməklə həyata keçirilib. Koordinasiya ilə nəqliyyat vasitələrinin gecikmələrində 3% -dən 9% -ə qədər azalma müşahidə edildi. Bununla belə, siqnal koordinasiyasının effektivliyini artırmaq üçün sürücülərin sürət həddinə daha yaxşı əməl etməli olduğu vurğulanıb (Karagöz, 2018).

2019-cu ildə Dənizlidəki Ulus Bulvarında Teatr və Havuzlu Köşkü kəsişmələri arasında koordinasiya təmin edilərək gecikmənin azaldılması hədəfləndi. Tədqiqat Vissim proqramından istifadə etməklə aparılıb. Təmin edilən koordinasiya ilə

gecikmələrdə 15% ilə 32% arasında bir yaxşılaşma müşahidə edildi. Bununla belə, bildirilib ki, siqnal koordinasiyanın effektivliyini artırmaq üçün sürücülərin koordinasiyaya daha yaxşı uyğunlaşması lazımdır (Ahadi, 2019).

2021-ci ildə aparılan bir araşdırmada, məlumat toplama nöqtələri, sürət aşkarlama nöqtələri və yerləşdiriləcək kəsişmə nəzarət cihazları arasında əlaqə yaratmaqla yol kəsişmələrinin faza müddətlərinin tıxac sıxlığına uyğun tənzimlənməsi və digər nəqliyyat vasitələrinin dəhlizdə gözləmə müddətlərinin azaldılması məqsəd qoyulmuşdur. yaşıl dalğa dəhlizində. Bu məqsədlə SUMO proqram təminatından istifadə etməklə 10 000 avtomobilin yol simulyasiyası həyata keçirilib. Simulyasiya nəticələrinə görə, ənənəvi yaşıl dalğa tətbiqi ilə müqayisədə gözləmə müddətində 20% azalma və orta sürətdə 20% artım müşahidə edilmişdir (Kart et al., 2021).

Hal-hazırda, siqnal tənzimləmələri və yaşıl dalğa tətbiqləri kimi üsullar ümumiyyətlə xidmət səviyyələrini və kəsişmələrdə ətraf mühitə təsirləri azaltmaq üçün planlaşdırılır. Bununla belə, hazırda sürücülərin sistemlərə uyğunluq haqqında məlumatlılığını artırmaqla əldə ediləcək faydaları maksimum dərəcədə artırmaq məqsədi daşıyır. Bununla əlaqədar olaraq, Yalova vilayətində Termal Yol dəhlizində işıqlı bələdçilərin dəstəyi ilə yaşıl dalğa tətbiqinin həyata keçirilməsi planlaşdırılır.

Lakin mövcud ədəbiyyatda bələdçiliyin ümumiyyətlə yolda zolaq xətlərinə qoyulmuş LED markerlər (pişik gözü) ilə edildiyi müşahidə olunur. Bu üsulda, yol zolağı xətlərindəki LED markerlərin (pişik gözü) gündüz saatlarında sürücüləri xəbərdar etmək üçün kifayət etmədiyi, hətta sürücülük rahatlığına mənfi təsir göstərə biləcəyi, avtomobil təkərlərinin və yol örtüyünün ömrünü qısaldı biləcəyi düşünülür. Bu səbəbdən bələdçilərin yol örtüyünə deyil, yolun ətrafına yerləşdirilməsi daha məqsədəuyğun hesab edilib və buna görə də işıq dirəklərinə led işıqların yerləşdirilməsinə qərar verilib.

Bu araşdırma ilə sürücülərin yaşıl dalğa tətbiqi ilə bağlı məlumatlılığının artırılması nəzərdə tutulur. Bu yolla, mövcud yaşıl dalğa tətbiqləri ilə müqayisədə, sürücülərin işıq bələdçiləri ilə uyğun sürətə uyğun gəlməsi təmin ediləcək və kəsişmələrdə gözləmə müddətləri minimuma endiriləcəkdir. Bundan əlavə,

işıqlandırılmış bələdçilər sürücüləri sürət qaydalarına riayət etməyə təşviq edən və sürətli getməyin giriş vaxtını qısaltmadığını dərk edən proqram kimi xidmət edəcək (Yiğit, 2019).

II FƏSİL. YAŞIL DALĞANIN QRAFİKİNİN QURULMASI

2.1. Nəqliyyat axınının və kəsişmələrin təhlili

Yaşıl dalğalar nəqliyyat vasitələrinin uyğun kəsişmələrdən fasiləsiz keçməsinə imkan verməklə nəqliyyat axınını optimallaşdırır. Bu planlaşdırma prosesində ictimai nəqliyyat, piyada və velosiped nəqliyyatı, təcili yardım vasitələri və fərdi nəqliyyat vasitələri kimi bütün iştirakçılar nəzərə alınmalıdır. Yaşıl dalğa sistemi səyahət vaxtlarını qısaltmaq, yanacaq sərfiyyatını azaltmaq və ətraf mühitə təsirləri minimuma endirmək məqsədi daşıyır. Bu məqsədə çatmaq üçün kəsişmələrdə nəqliyyatın sıxlığı haqqında statistik məlumatlarla signal proqramları yaradılmalıdır.

Araşdırmalar göstərir ki, avtomobillər üçün yaşıl dalğa sistemlərində kəsişmələr arasındakı məsafə 750 - 1000 metrdir. Bu məsafə müxtəlif sürətlə hərəkət edən avtomobil qruplarının kəsişmələrdə ilişib qalmasının qarşısını almaq və nəqliyyat axınının qarşısını almaq məqsədi daşıyır. Beləliklə, sistem səmərəli işləyir.

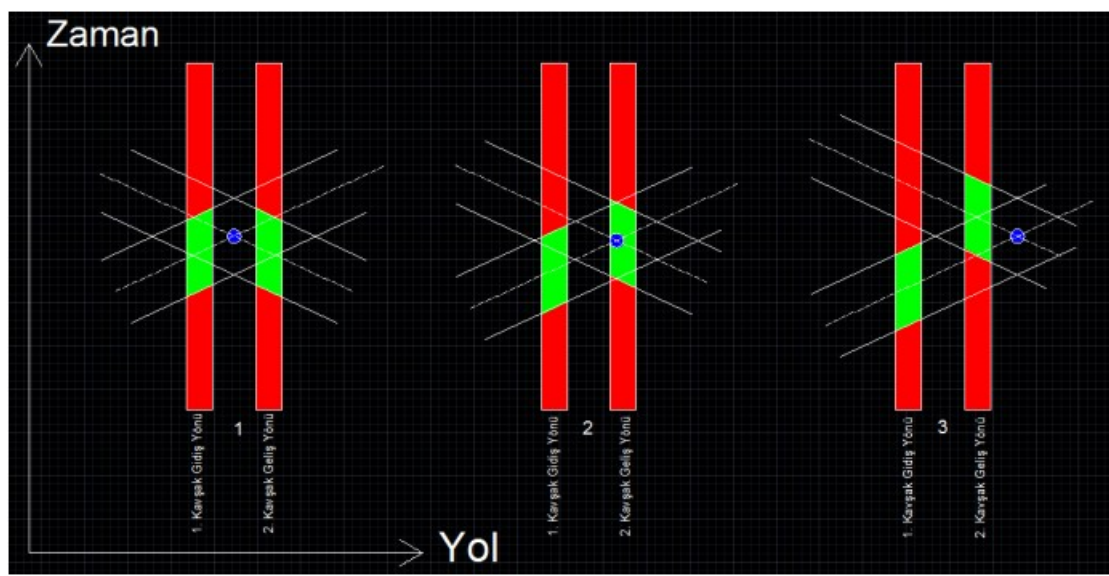
Yaşıl dalğa sisteminə uyğunlaşmaq istəyən nəqliyyat vasitələri müəyyən edilmiş yaşıl işıq müddətində hərəkət etməlidir. Orta sürəti müəyyən etmək üçün yaşıl işıq dövründə orta sürəti hesablamaq vacibdir.

Tətbiqin müvəffəqiyyəti üçün nəqliyyat vasitələrinin izləməli olduğu sürət diapazonu aşağıdakı kimidir:

$$0,85 \times \text{Maksimum Sürət} \leq \text{Orta Sürət} \leq \text{Maksimum Sürət}.$$

Nəqliyyatda yaşıl dalğanın effektivliyi nəqliyyat vasitələrinin kəsişmələrə necə daxil olmasından, kəsişmələr arasındakı məsafədən və siqnal müddətlərinin düzgün tənzimlənməsindən asılıdır. Yaşıl dalğalı marşrutlarda ağır nəqliyyat vasitələri, dik yamaclar, dar bucaqlı dönmələr və yol səthinin nizamsızlıqları kimi fiziki çətinliklər nəqliyyat vasitələrinin sürətini azalda bilər. Müddət hesablamaları aparılarkən belə məsələlər nəzərə alınır. Hər kəsişmə üçün ayrılmış qısa dövrlərin cəmi sistem dövrünə bərabər olmalıdır.

Yaşıl dalğa üçün başqa bir şərt, dövrə vaxtlarının bütün kəsişmələrdə eyni olmasıdır. Buna görə dövriyyə müddətlərində ən kiçik sapmalar belə aradan qaldırılmalıdır. Yaşıl dalğaların həm irəli, həm də əks istiqamətlərə tətbiq olunduğu dizaynlarda, hər iki istiqamətdə keçidə icazə verildikdə, kəsişmələrdən dönmək istəyən nəqliyyat vasitələri kəsişmələrdə ilişib qala bilər ki, bu da kəsişmədə nəqliyyat vasitələrinin sıxlığına səbəb ola və yollara təsir göstərə bilər. yaşıl dalğa sistemi. Əksinə, hər iki istiqamətdə qırmızı işıq yandıqda kəsişmə daxilində hərəkət minimuma enir. Əgər kəsişmələrdə, xüsusən də sola dönmələr üçün fərqli siqnal planı istənilirsə,



irəli və geri əsas istiqamətlər arasında faza ardıcılığı fərqli olmalıdır. Belə ki, kəsişmələrdə sola dönmək istəyən avtomobillər daha az gözləmə ilə yollarına davam edə bilərlər.

Şək 2.1. İki tərəfli küçələrdə yaşıl dalğa koordinasiyası

Şək 2.1-də göstərilədiyi kimi, hər iki istiqamətdə yaşıl dalğalar tətbiq olunan nəqliyyat vasitələri qrupları eyni kəsişmədə qarşılaşdıqda növbələrin bağlana biləcəyini görmək olar. Mavi nöqtələr gedən və gələn avtomobillərin bir-biri ilə qarşılaşma ehtimalının ən yüksək olduğu nöqtələri təmsil edir. İlk iki rəsmdə nəqliyyat vasitələri eyni vaxtda kəsişmələrdə və ya kəsişmələrə çox yaxın məsafədə keçir. Bununla belə, zaman qrafiki bir qədər dəyişdirildikdə, üçüncü tirajda avtomobillərin maksimum sayı kəsişmədən uzaq bir nöqtədə görüşür.

Bir kəsişmədən digərinə hərəkət edən yaşıl dalğalı avtomobil qruplarının kəsişməyə yaxınlaşma sürətində ± 5 km/saatdan kənara çıxmamasını təmin etmək üçün LED-li və ya işıqsız sürət nişanlarından istifadə olunur. Yaşıl dalğa tətbiqlərində sürücülərin 40 km/saatdan aşağı sürət tövsiyələrinə əməl etmədiyi müşahidə edilmişdir və buna görə də sürət həddi artırılmalıdır (Wang, 2003).

Yaşıl dalğa sisteminin uğurlu quraşdırılması üçün nəqliyyat axınının və kəsişmələrin təhlili çox vacibdir. Bu təhlil mərhələsi nəqliyyat axınını və kəsişmələrin xüsusiyyətlərini ətraflı başa düşmək üçün hərtərəfli tədqiqatı əhatə edir.

İlk addım yaşıl dalğa sistemi üçün nəzərdə tutulan qovşaqların yerlərini müəyyən etməkdir. Hər bir kəsişmənin koordinatları və yol uzunluqları bu kəsişmələr arasındakı məsafələr nəzərə alınmaqla qeyd olunur.

Tıxac sıxlığı və orta avtomobil sürətləri hər kəsişmə üçün tarixi məlumatlar əsasında təhlil edilir. Bu məlumatlar müəyyən vaxt zonalarında nəqliyyat vəziyyətini başa düşmək üçün istifadə olunur və yaşıl dalğa sistemi üçün tələb olunan dövrən vaxtını müəyyən etməyə kömək edir.

Kəsişmələrdəki tıxac axını modelləşdirilmişdir. Bu modelləşdirmə müəyyən bir müddət ərzində kəsişmələrdən keçən nəqliyyat vasitələrinin sayını, nəqliyyat vasitələrinin növlərini və səyahət istiqamətlərini əhatə edir. Bu təhlil tıxac sıxlığını

müəyyən etməyə və yaşıl dalğa sistemi üçün tələb olunan tıxac nəzarət strategiyasını yaratmağa kömək edir.

Hər kəsişmənin həndəsəsi və infrastrukturunu ətraflı şəkildə araşdırılır. Bu təhlildə kəsişmələrin fiziki xüsusiyyətləri, zolaqların sayı, dönmə sahələri və piyada keçidləri kimi amillər qiymətləndirilir. Bu məlumat yaşıl dalğa sisteminin kəsişmələrə uyğun şəkildə tətbiq edilməsini təmin edir.

Tıxac axınının və kəsişmələrin təhlili zamanı təhlükəsizlik və giriş məsələləri də nəzərə alınır. Yol kəsişmələrində mümkün risklər və təhlükəsizlik tədbirləri araşdırılır. Bundan əlavə, giriş problemləri və sərnişinlərin asan daşınması da yaşıl dalğa sistemi ilə qiymətləndirilir.

Nəqliyyat axınının və kəsişmələrin təhlili zamanı alternativ marşrut variantları da nəzərə alınır. Sıxlığı daha yaxşı paylamaq üçün potensial alternativ marşrutlar müəyyən edilir və onların təsirləri qiymətləndirilir.

Təhlil mərhələsində gələcək tıxac proqnozları da nəzərə alınır. Cari tıxac məlumatlarına əsaslanaraq gələcək tıxac sıxlığının proqnozlaşdırılması yaşıl dalğa sisteminin daha uzunmüddətli effektivliyini təmin etmək üçün vacibdir.

Nəqliyyat axınının və kəsişmələrin təhlilindən sonra məlumatların toplanması və monitorinq sistemlərinin quraşdırılması planlaşdırılır. Bu sistemlər yaşıl dalğa sisteminin işini davamlı olaraq izləmək və lazım gəldikdə onu tənzimləmək üçün istifadə olunur.

Təhlil mərhələsinin sonunda yaşıl dalğa sistemi qurulur və optimallaşdırılır. Sistem real vaxt rejimində tıxac məlumatları əsasında daim nəzarətdə saxlanılır və lazım gəldikdə düzəlişlər edilir. Bu davamlı təkmilləşdirmə prosesi sistemin effektivliyini və səmərəliliyini artırmaq üçün vacibdir.

Tıxac siqnalizasiyası və sinxronizasiyasının düzgün konfigurasiyası yaşıl dalğa sistemi üçün vacibdir. Yol kəsişmələrində işıqforlar yaşıl dalğa sisteminin müəyyən etdiyi qrafikə uyğun tənzimlənməli və sinxronlaşdırılmalıdır. Bu, nəqliyyat axınının daha nizamlı olmasını və nəqliyyat vasitələrinin fasiləsiz irəliləməsini təmin edir.

Planlaşdırılsa da, gözlənilməz vəziyyətlər həmişə baş verə bilər. Buna görə də yaşıl dalğa sistemi üçün fəvqəladə hallar planları və alternativ ssenarilər

yaradılmalıdır. Məsələn, yol qəzaları, yol işləri və ya təbii fəlakətlər kimi vəziyyətlərdə sistemin necə reaksiya verəcəyi əvvəlcədən müəyyən edilməlidir.

Yaşıl dalğa sisteminin fəaliyyətini qiymətləndirmək üçün mütəmadi olaraq məlumatların təhlili aparılmalıdır. Nəqliyyatın sıxlığı, orta səyahət vaxtları, gözləmələr və digər tıxac parametrləri daim nəzarətdə saxlanılır və qiymətləndirilir. Bu məlumatlar sistemin effektivliyini qiymətləndirmək və lazım olduqda təkmilləşdirmələr etmək üçün istifadə olunur.

Texnologiyanın sürətli inkişafı ilə yaşıl dalğa sistemində istifadə olunan proqram və aparat daim yenilənməlidir. Yeni texnologiyaların və innovasiyaların sistemə inteqrasiyası məhsuldarlığı və səmərəliliyi artırmağa bilər.

Yaşıl dalğa sistemi cəmiyyətin geniş təbəqələri tərəfindən qəbul edilməli və dəstəklənməlidir. Ona görə də müxtəlif ünsiyyət və maarifləndirmə tədbirləri təşkil edilməlidir ki, ictimaiyyət sistemi başa düşsün və onun dəyərini qiymətləndirsin.

Yaşıl dalğa sistemi üçün kəsişmələrin yerlərinin müəyyən edilməsi və aralarındakı məsafələrin müəyyən edilməsi mühüm addımdır. Bu prosesdə kəsişmələrin coğrafi yerləri və onların bir-birindən uzaqlığı qeyd olunur. Hər kəsişmənin yeri ətraf mühit amilləri, nəqliyyatın sıxlığı və yol şəraiti kimi müxtəlif amillər əsasında seçilir və müəyyən edilir. Bundan əlavə, hər kəsişmənin xüsusiyyətləri və nəqliyyat axını araşdırılır. Bu təhlil hər kəsişmənin xüsusiyyətlərini və hərəkətini başa düşmək üçün əsas təşkil edir.

Yaşıl dalğa sisteminin effektiv işləməsi üçün kəsişmələrin yerlərinin müəyyən edilməsi və aralarındakı məsafələrin müəyyən edilməsi həyati əhəmiyyət kəsb edir. Bununla da məqsəd yol siqnallarının koordinasiyasını və nəqliyyat vasitələrinin rahat və fasiləsiz hərəkətini təmin etməkdir. Bundan əlavə, kəsişmələrin və nəqliyyat axınının xüsusiyyətləri yaşıl dalğa sisteminin dizaynı və tətbiqi üçün vacib məlumatlar verir.

Tıxac siqnallarının müəyyən edilməsi, ardıcılığı və modelləşdirilməsi də tıxac axınının təhlili üçün mühüm addımdır. Bu prosesdə hər bir siqnalın xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla hərəkətin səmərəliliyini artırmaq üçün müvafiq siqnal tənzimləmələri aparılır. Siqnal qaydaları nəqliyyatın sıxlığı, nəqliyyat vasitələrinin

sürəti və kəsişmələrin struktur xüsusiyyətləri kimi müxtəlif amillərdən asılı olaraq müəyyən edilir. Beləliklə, hər kəsişmənin hərəkəti ən səmərəli şəkildə idarə olunur və nəqliyyat vasitələri təhlükəsiz şəkildə hərəkət edə bilər.

Hər bir kəsişmənin xüsusiyyətlərini və nəqliyyat axınını araşdırarkən siqnal qaydalarının psixoloji təsirləri də nəzərə alınır. Sürücülərin siqnallara reaksiyası və onların davranışı siqnal qaydalarının effektivliyini müəyyən edən mühüm amildir. Ona görə də siqnal qaydaları hazırlanarkən sürücülərin davranışları və qavrayışları da nəzərə alınır. Beləliklə, yaşıl dalğa sisteminin səmərəliliyi və nəqliyyat axınının nizamlılığı maksimuma çatdırılır.

2.2. İki tərəfli yaşıl dalğa modelinin qurulması

Praktikada yaşıl dalğa zolağı konfigurasiyalarının səmərəliliyini maksimuma çatdırmaq daha yüksək tıxac həcmi və üstün praktik nəticələrə malik əlaqələrə üstünlük verməklə, onlara daha geniş yaşıl dalğa diapazonlarını təqdim edir. Bu optimallaşdırma prosesi əsas arteriyanın irəli və tərs axınların paylanması əsasında çoxlu subarteriyalara bölünməsinə nəzərdə tutur.

Nəzərə alsaq ki, kəsişmə aralığı və kəsişmələr arasında məkanın bərabər paylanması yaşıl dalğa zolaqlarının effektivliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir, hər bir fazanın orta axın sürəti və kəsişmələr arası məsafə kimi parametrlər əsasdır. Bu parametrlər hər bir bölünmüş arteriyanın a_{kji} kimi qeyd olunan yaşıl dalğa zolağının çəkisini təyin etmək üçün istifadə olunur. b_{kji} kimi qeyd olunan və (2.1) tənliyində göstərilən hər bir bölmənin yaşıl dalğa bant genişliyinin çəkili cəmi bu optimallaşdırma cəhdini əhatə edir (şəx 2.1).

Aşağıdakı tənlik hissələrə bölünmüş çəkili yaşıl dalğa bant genişliyinin ifadəsidir:

$$(2.1)$$

Bu kontekstdə N əlaqələndirilmiş kəsişmələrin ümumi sayını, k isə nəqliyyat axınının istiqamətlərini bildirir. Konkret olaraq, $k=1$ müsbət axın istiqamətinə uyğundur, $k=2$ isə mənfi axın istiqamətini təmsil edir. j bölünmüş arteriyalardakı kəsişmələrin sayını, k_{ji} isə bölünmüş arteriyaların sayını göstərir. Yaşıl dalğa

zolağının effektivliyi hər bir subarteriyaya təyin edilmiş çəkiddə əks olunur. Daha aydın yaşıl dalğa zolağı effekti nümayiş etdirən alt arteriya daha yüksək çəki təyin

ediləcək və nəticədə (2.1) tənliyinə uyğun olaraq daha geniş yaşıl dalğa bant genişliyini təmin edəcəkdir. Bölünmüş damarların yaşıl dalğa bant genişlikləri müəyyən edildikdən sonra, bütün damarların ümumi bant genişliyi təmin edilir. Sadələşdirmək üçün Şək 2.2-də təsvir olunduğu kimi dörd kəsişmədən ibarət arteriya nümunəsini nəzərdən keçirək. Tənlik (2.1) müvafiq olaraq iki və üç kəsişmə üzrə müsbət və əks istiqamətlər üçün bant genişliklərinin çəkili cəmini əhatə edir.

Şək 2.2. Parçalanmış arteriya diaqramı.

Praktiki icrada bu yanaşma resursların nüanslı bölüşdürülməsinə imkan verir, daha çox tıxac tələbi olan ərazilərin proporsional olaraq daha geniş yaşıl dalğa bant genişliyi almasını təmin edir. Əsas arteriyayı idarə oluna bilən alt arteriyalara bölmək və onların müvafiq yaşıl dalğa zolaqlarını dəqiqliklə hesablamaqla, tıxacın idarə edilməsi sistemləri dəyişən tıxac nümunələrinə uyğunlaşmaq üçün siqnal vaxtlarını dinamik şəkildə tənzimləyə bilər.

Eyni zamanda, bu metodologiya yaşıl dalğa bant genişliklərini arterial şəbəkələr arasında ağıllı şəkildə paylamaqla ümumi tıxac axınının səmərəliliyini artırmaq və tıxacları azaltmaq məqsədi daşıyır. İterativ dəqiqləşdirmə və real vaxt rejimində monitoring vasitəsilə nəqliyyat orqanları inkişaf edən yol şəraitinə uyğunlaşmaq və yaşıl dalğa sistemlərinin işini optimallaşdırmaq üçün bu parametrləri davamlı olaraq dəqiqləşdirə bilər.

(2.2)

Yuxarıdakı ifadənin birinci şərti müsbət istiqamətin bölünmüş yaşıl dalğa bant genişliyinin çəkili cəmidir. Onun genişlənməsi

(2.3)

Birinci ifadə müsbət istiqamətin iki kəsişməsindən ibarət yaşıl dalğa genişliyinin çəkili cəmidir və onu genişləndirdikdə biz 1 və 2 kəsişmələri, 2 və 3 kəsişmələri, 3 və 4 kəsişmələri arasında müsbət istiqamətin yaşıl dalğa bant genişliyinin çəkili cəmini əldə edə bilərik.

Yuxarıdakı model bölünmüş arteriyanın yaşıl dalğa bant genişliyidir. Yaşıl dalğa sisteminin effektivliyinin formalaşmasında kəsişmə məsafəsi və nəqliyyat axınının dinamikası mühüm rol oynayır. Ümumiyyətlə, müəyyən diapazonda

(2.4)

daha yüksək tıxac həcmələri, ardıcıl bant genişliyi bölgüsü fərz etsək, yaşıl dalğadan daha aydın fayda gətirir. Əksinə, kəsişmələr arasında daha geniş məsafə və kosmosda qeyri-bərabər paylanma tıxacın dispersiyasını gücləndirməyə meyllidir və nəticədə eyni bant genişliyi olsa belə, yaşıl dalğanın effektivliyini zəiflədir.

Beləliklə, yaşıl dalğanın bant genişliyi çəkilərinin müəyyən edilməsi həm tıxac axını xüsusiyyətlərinin, həm də məkan planlarının hərtərəfli nəzərə alınmasını tələb edir. Bu çəkilər iki kəsişmə ilə üç və ya daha çox kəsişməni əhatə edən ssenariləri fərqləndirərək əhatə etdikləri kəsişmələrin sayına əsasən müəyyən edilir.

Bu yanaşma tıxacın dinamikası və məkan konfigurasiyaları arasında mürəkkəb qarşılıqlı əlaqəni nəzərə alan xüsusi strategiyanın vacibliyini vurğulayır. Bu amillərə cavab olaraq yaşıl dalğanın bant genişliyi bölgülərini dəqiq tənzimləməklə, nəqliyyat planlaşdırıcıları tıxac axınını optimallaşdırma, sıxlığı minimuma endirə və nəticədə ümumi yol şəbəkəsinin səmərəliliyini artırma bilər. Bu uyğunlaşdırılmış yanaşma yaşıl dalğa sisteminin adaptiv olmasını və hər bir arterial şəbəkənin unikal xüsusiyyətlərinə cavab verməsini təmin edir. Real-vaxt tıxac şəraiti və məkan mülahizələri əsasında yaşıl dalğanın bant genişliyi bölgülərini diqqətlə kalibrləməklə, nəqliyyat orqanları sistemin işini optimallaşdırma bilər.

Bundan əlavə, bu nüanslı yanaşma tıxacın proaktiv idarə olunmasına imkan verir. Potensial darboğazları qabaqlamaq və siqnal vaxtlarını dinamik şəkildə

tənzimləməklə yaşıl dalğa sistemi nəqliyyat axınını effektiv şəkildə hamarlaya, gecikmələri minimuma endirə və ümumi şəhərətrafi təcrübəsini artırmağa bilər.

Əslində, kəsişmə aralığına və tıxac axınının dinamikasına əsaslanan yaşıl dalğa bant genişliyi çəkirlərinin optimallaşdırılması müasir tıxacın idarə edilməsində mürəkkəb, lakin vacib strategiyadır. Davamlı təkmilləşdirmə və uyğunlaşma yolu ilə yaşıl dalğa sistemləri şəhər hərəkətliliyini yaxşılaşdırmaq və nəqliyyat şəbəkələrinin səmərəliliyini artırmaq üçün güclü alətlər kimi öz potensialını reallaşdırmağa bilər. Beləliklə bunu ifadə şəklində gətirsək:

$$(2.5)$$

Tıxac axınının çəkisi Q_{kji}

$$(2.6)$$

Tənlik (2.6) sistem daxilində kəsişmələrin sayını təmsil edən n təqdim edir. q_{kn} istiqamətində n kəsişməsində nəqliyyat axınını bildirir. Tənliyin (2.6) paylayıcısı ümumi tıxac axınının kəsişmələrin sayına nisbətini hesablayır, bölünmüş arteriyanın orta axını kimi adlandırdığımızı müəyyənləşdirir. Eynilə, məxrəc bütün arteriyanın orta axını ifadə edir. Tıxac axını çəkisinin mahiyyəti Q_{kji} onun bölünmüş arteriyanın axın nisbətində bütün arteriyaya nisbətində təsvirindədir. O, bölünmüş arteriya daxilində nəqliyyat axınının ümumi axına nisbətində əhəmiyyətini müəyyən edir. Bu bölünmüş arteriya daxilində axının daha yüksək nisbəti yaşıl dalğa bant genişliyinin daha geniş şəkildə ayrılmasını tələb edir. Bu çəki mexanizmi yaşıl dalğa sisteminin tıxac axınının paylanması əsasında dinamik şəkildə bant genişliyi bölgüsünə uyğunlaşmasını təmin edir və bununla da tıxacın idarə edilməsini optimallaşdırır və ümumi şəbəkə səmərəliliyini artırır.

Bu çəki mexanizmi yaşıl dalğa sisteminin tıxac axınının paylanması əsasında dinamik şəkildə bant genişliyi bölgüsünə uyğunlaşmasını təmin edir və bununla da tıxacın idarə edilməsini optimallaşdırır və ümumi şəbəkə səmərəliliyini artırır.

Üstəlik, bu yanaşma arterial şəbəkə daxilində yol hərəkəti modellərinin incə şəkildə başa düşülməsini asanlaşdırır. Müəyyən seqmentlər daxilində nəqliyyat axınının nisbi əhəmiyyətini ölçməklə, nəqliyyat orqanları tıxacların qaynar

nöqtələrini həll etmək və yüksək tələbat olan ərazilərdə nəqliyyat axınını yaxşılaşdırmaq üçün yaşıl dalğa bant genişliyi ayırmalarını uyğunlaşdırma bilər.

Nəhayət, Tənlik (2.6) yaşıl dalğa sistemlərini optimallaşdırarkən həm yerli tıxac dinamikasını, həm də daha geniş şəbəkə kontekstini nəzərə almağın vacibliyini vurğulayır. Tıxac axını proporsiyalarına uyğun olaraq bant genişliyi bölgülərini dəqiq tənzimləməklə, nəqliyyat planlaşdırıcıları daha ədalətli və effektiv tıxacın idarə edilməsi strategiyalarına nail ola bilər ki, bu da daha hamar tıxac axınına və bütün arterial şəbəkədə sıxlığın azalmasına səbəb olur. Kəsişmə aralığının çəkisi L_{kji}

$$(2.7)$$

Tənlik (2.7) bölünmüş arteriya k_{2i} arasındakı məsafəni təmsil edən L_{k2} təqdim edir. İki kəsişmədən ibarət olan bölünmüş arteriya kontekstində, kəsişmələr arasında daha uzun məsafənin yaşıl dalğanın effektivliyini poza biləcəyini başa düşmək vacibdir. Nəticə etibarilə, belə iki kəsişən arakəsməli arteriyalar üçün məsafə çəkisi L_{kji} bütün bölünmüş aralıqların cəminin birindən çıxılmasından əldə edilən nisbətə müəyyən edilir. Bu nisbət lakonik şəkildə aralığın yaşıl dalğanın effektivliyinə nisbi təsirini əhatə edir və müvafiq olaraq məsafə çəkisinin bölüşdürülməsinə rəhbərlik edir.

Bu çəki mexanizmi yaşıl dalğa sisteminin nəqliyyat axınının səmərəliliyini optimallaşdıran konfigurasiyalara üstünlük verərək, məsafə çəkisini ağılla bölüşdürməsinə təmin edir. Kəsişmələr arasındakı məsafəni nəzərə alaraq, nəqliyyat planlaşdırıcıları daha uzun kəsişmələr arası məsafələrin səbəb olduğu yaşıl dalğaya potensial pozulmaları azalda bilər.

Bundan əlavə, bu yanaşma yaşıl dalğanın effektivliyini artırmaq üçün kəsişmələrin məkan paylanması tarazlaşdırılmasının vacibliyini vurğulayır. Bölünmüş arteriyaların xüsusi konfigurasiyasına əsaslanan məsafə çəkilərini strateji olaraq tənzimləməklə, nəqliyyat orqanları ümumi tıxacın idarə edilməsini təkmilləşdirə və arterial şəbəkə daxilində tıxacları minimuma endirə bilər.

Beləliklə, Tənlik (2.7) müxtəlif kəsişmə planları və hərəkət sxemləri ilə səciyyələnən mürəkkəb şəhər mühitlərində belə yaşıl dalğa sisteminin optimal şəkildə

işləməsinə təmin edərək, bölünmüş arteriyalar üçün məsafə çəkələrinin müəyyən edilməsi üçün uyğunlaşdırılmış yanaşma təklif edir.

Kəsişmə aralığının çəkisi D_{kji}

(2.8)

Tənlik (2.8) D_{kji} bölməli arteriya k_{ji} daxilində kəsişmələr arasındakı məsafənin fərqi kimi təqdim edir. Üç və ya daha çox kəsişmədən ibarət olan bölünmüş arteriyalar üçün kəsişmələr arasındakı məsafə daha bərabər paylandıqda yaşıl dalğa bant genişliyinin faktiki effektivliyinin yaxşılaşdığını qəbul etmək çox vacibdir. Əslində, kəsişmələr arasındakı məsafədə daha böyük fərq yaşıl dalğa zolağının faktiki təsirinin azalmasına səbəb olur. Beləliklə, belə bölünmüş arteriyalar üçün məsafə çəkisi D_{kji} nisbətdən əldə edilir. Bu nisbət bölünmüş arteriyanın dispersiyasını birdən çıxararaq və onu bütün bölünmüş arteriya dispersiyalarının cəminə bölmək yolu ilə əldə edilir. Bu hesablama bölünmüş arteriya daxilində məsafənin vahidliyinin dərəcəsini effektiv şəkildə ölçür və yaşıl dalğanın təsirini optimallaşdırmaq üçün məsafə çəkisinin necə bölüşdürülməsi barədə fikirlər verir.

Bu çəki mexanizmi yaşıl dalğa sisteminin kəsişmələr arasında vahid məsafəni təşviq edən konfigurasiyalara üstünlük verərək, aralıq çəkisini müvafiq şəkildə bölüşdürməsinə təmin edir. Daha vahid məsafəni vurğulamaqla, nəqliyyat planlaşdırıcıları yaşıl dalğa bant genişliyinin faktiki effektivliyini artırır, bununla da nəqliyyat axınının səmərəliliyini artırır və tıxacları azalda bilər.

Bundan əlavə, bu yanaşma yaşıl dalğanın təsirini maksimum dərəcədə artırmaq üçün bölünmüş arteriyalar daxilində kəsişmə aralığının uyğunlaşdırılmasının vacibliyini vurğulayır. Kəsişmələr arasındakı məsafənin fərqi əsaslanan məsafə çəkələrini strateji olaraq tənzimləməklə, nəqliyyat orqanları yaşıl dalğa sisteminin ümumi performansını optimallaşdırır və arterial şəbəkə daxilində tıxacın idarə edilməsini təkmilləşdirə bilər.

Beləliklə, Tənlik (2.8) üç və ya daha çox kəsişmə yeri olan bölünmüş arteriyalar üçün məsafə çəkələrinin müəyyən edilməsi üçün uyğunlaşdırılmış yanaşma

təklif edir. Məsafələrin vahidliyini nəzərə alaraq, bu üsul yaşıl dalğa sisteminin optimal şəkildə işləməsini təmin edir və bu, daha hamar nəqliyyat axınına və şəhər nəqliyyatında ümumi səmərəliliyin artmasına səbəb olur.

Bu yanaşma kəsişmə aralığı ilə yaşıl dalğanın effektivliyi arasındakı mürəkkəb tarazlığı vurğulayır, xüsusən də çoxlu kəsişmələri olan arakəsmələrə bölünmüş arteriyalarda. Aralıqdakı fərqi kəmiyyətcə hesablamaq və ondan məsafə çəkələrini təyin etmək üçün istifadə etməklə, nəqliyyat planlaşdırıcıları kəsişmələr arasında qeyri-bərabər məsafənin yaratdığı yaşıl dalğanın potensial pozulmalarını həll edə bilərlər.

Üstəlik, daha vahid məsafəyə üstünlük verməklə, bu üsul nəqliyyat axınının optimallaşdırılması və tıxacın azaldılması kimi ümumi məqsədə uyğunlaşır. Uyğunlaşdırılmış kəsişmə aralığı vasitəsilə daha hamar tıxac axınıni təşviq etməklə, yaşıl dalğa sistemi şəhər nəqliyyat şəbəkələrinin ümumi səmərəliliyini artırır.

Əslində, Tənlik (2.8) mürəkkəb şəhər mühitlərində yaşıl dalğa performansını optimallaşdırmaq üçün nüanslı çərçivə təqdim edir. Bu üsul kəsişmə aralığının dəyişməsi ilə bağlı mülahizələri daxil etməklə, yaşıl dalğa sisteminin hər bir arterial şəbəkənin unikal xüsusiyyətlərinə dinamik uyğunlaşmasını təmin edir və nəticədə daha səmərəli və dayanıqlı daşıma nəticələrinə gətirib çıxarır.

2.3. Nəqliyyat şəbəkəsində səmərəli yaşıl dalğa dəhlizlərinin müəyyən edilməsi

Bakı şəhəri Azərbaycanın paytaxtı və ən böyük şəhəri kimi sürətlə inkişaf edən bir meqapolisdir. Bununla belə, şəhər nəqliyyat sistemi zamanla artan tıxac və vaxt itkisi kimi problemlərlə üzləşir. Buna görə də şəhər nəqliyyatının səmərəli idarə edilməsi və nəqliyyat axınının optimallaşdırılması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Yaşıl dalğa sistemi bu kimi problemlərin həlli üçün effektiv vasitə ola bilər, çünki o, nəqliyyat vasitələrinə svetoforda ilişmədən təyin olunmuş əsas arteriyalardan keçməyə imkan verir, bununla da nəqliyyat axınıni tənzimləyir və vaxta qənaət edir. Yaşıl dalğa dəhlizin müəyyənləşdirmək üçün ilk olaraq, Bakı şəhərində nəqliyyatın

hərəkətinə məruz qalan əsas yollar, kəsişmələr və digər mühüm ərazilər üzrə ətraflı məlumatların toplanması aparılır. Bu proses şəhər nəqliyyatının ümumi vəziyyətini başa düşmək üçün fundamental addımdır və dəqiq məlumatların əldə edilməsi sonrakı təhlillərin və qərarların keyfiyyətinə təsir edəcəkdir. Məlumat toplama prosesi aşağıdakı addımları əhatə edir:

Qovşağın və Əsas Yolun Müəyyənləşdirilməsi: Əvvəlcə Bakı şəhəri xəritəsində əsas yollar və qovşaqlar müəyyən edilir. Bu, şəhər nəqliyyatının əsas arteriyalarını və nəqliyyatın sıx olduğu əraziləri müəyyən etmək üçün vacibdir.

Məlumatların toplanması vasitələrinin müəyyən edilməsi: Məlumatların toplanması üçün müvafiq alətlər və texnologiyalar seçilir. Bu, tıxac sıxlığını ölçmək üçün sensorlar, kameralar və ya digər avtomatlaşdırma vasitələrindən istifadəni əhatə edə bilər.

Nəqliyyat vasitələrinin tıxac sıxlığı: Hər kəsişmədə nəqliyyat vasitələrinin hərəkət sıxlığını ölçmək üçün tıxacın hesablanması aparılır. Buraya müəyyən vaxt ərzində (adətən bir həftə və ya bir ay) hər kəsişmədən keçən nəqliyyat vasitələrinin sayı daxildir.

Siqnal vermə vaxtları: Hər kəsişmədə siqnalın verilməsi vaxtları qeydə alınır. Buraya yaşıl işıq vaxtları, sarı işıq vaxtları və qırmızı işıq vaxtları kimi siqnal parametrləri daxildir.

Kəsişmə həndəsəsi və digər əlaqəli parametrlər: Hər kəsişmənin həndəsəsi, yolun enləri, dönmə zolaqları və digər müvafiq parametrlər müəyyən edilir. Bu məlumat kəsişmələrin dizaynı və nəqliyyatın istiqamətləndirilməsi üçün vacibdir.

Məlumatların toplanması prosesinin yoxlanılması: Əldə edilmiş məlumatların düzgünlüyünü və etibarlılığını təmin etmək üçün zəruri nəzarət və yoxlama addımları atılır. Bu, məlumatların toplanması prosesinin keyfiyyətini və etibarlılığını artırır.

Məlumatların toplanması prosesi Bakı şəhərində nəqliyyat problemlərini başa düşmək və həll etmək üçün fundamental addımdır. Dəqiq və etibarlı məlumatların əldə edilməsi sonrakı mərhələlərdə qəbul ediləcək qərarların effektivliyini artırır və şəhər nəqliyyatının daha səmərəli olmasına kömək edir.

Toplanmış məlumatlar qrafik nəzəriyyəsi və məlumat analitikası üsullarından istifadə edərək ətraflı şəkildə araşdırılır. Nəqliyyat şəbəkəsi Bakı şəhərində kəsişmələr və əsas yollar arasında əlaqələri və əlaqələri modelləşdirmək üçün qrafik kimi təqdim edilmişdir. Bu təhlildə hər bir kəsişmənin və əsas yolun hərəkətinə təsiri və əlaqəsi ətraflı qiymətləndirilir.

Qrafik modelləşdirmə: Birincisi, Bakı şəhər nəqliyyat şəbəkəsi kəsişmələr və əsas yollar arasındakı əlaqəni əks etdirmək üçün qrafik kimi modelləşdirilir. Kəsişmələr qrafikin qovşaqlarını təmsil edir, əsas yollar arasındakı əlaqələr isə qrafikin kənarlarını təşkil edir.

Tıxac sıxlığının təhlili: Hər kəsişmədə və əsas yolda nəqliyyat sıxlığı təhlil edilir. Bu təhlil müəyyən bir müddət ərzində (məsələn, saatlıq və ya gündəlik) hər kəsişmədə və əsas yolda nəqliyyat vasitələrinin hərəkətinin sıxlığını müəyyən etmək üçün nəzərdə tutulub.

Kəsişmə və əsas yol əlaqəsi: Diaqramda kəsişmələr və əsas yollar arasındakı əlaqələr və əlaqələr ətraflı şəkildə araşdırılır. Xüsusilə, hər bir kəsişmənin hansı əsas yollara qoşulması, hansı əsas yolların daha çox nəqliyyatın hərəkətinə məruz qalması və buna bənzər faktorlar vurğulanır.

Tıxac axınının modelləşdirilməsi: Diaqramda kəsişmələr və əsas yollar arasında nəqliyyat axını modelləşdirilmişdir. Bu, müəyyən bir müddət ərzində nəqliyyatın necə hərəkət etdiyini və hansı marşrutlarda cəmləşdiyini anlamaq üçün vacibdir.

Məlumatların vizuallaşdırılması: Alınan məlumatlar diaqramlar və qrafiklər vasitəsilə vizuallaşdırılır. Bu, tıxaclı əraziləri və əsas yolları müəyyən etməyə və nəqliyyatın hərəkətini istiqamətləndirmək üçün strateji qərarlar qəbul etməyə kömək edir.

Məlumatların təhlili prosesi Bakı şəhərində nəqliyyat şəbəkəsini anlamaq və təkmilləşdirmək üçün çox vacibdir. Əldə edilən nəticələr daha effektiv yol hərəkətinin idarə edilməsi siyasətlərinin və strategiyalarının hazırlanmasına rəhbərlik edir və şəhər nəqliyyatının daha səmərəli olmasına töhfə verir.

Yaşıl dalğa dəhlizlərinin müəyyənləşdirilməsi: Bu mərhələdə Bakı şəhərində yaşıl dalğa dəhlizlərinin müəyyən edilməsi üçün müxtəlif icma aşkarlama alqoritmlərindən istifadə edilir. Xüsusilə, Walktrap və ya Louvain kimi alqoritmlər oxşar hərəkət sxemləri ilə kəsişmələri və əsas yolları müəyyən etmək üçün istifadə olunur. Bu addım yaşıl dalğa dəhlizlərinin potensial yerlərini müəyyən etmək və nəqliyyat axınını optimallaşdırmaq üçün çox vacibdir.

İcmanın aşkarlanması: Alqoritmlər kəsişmələr və əsas yollar arasında oxşar hərəkət nümunələri əsasında qruplar yaradır. Bu qruplar müəyyən tıxac axını sıxlığı və nümunəsi olan əraziləri müəyyən etməyə kömək edir.

Yaşıl dalğa dəhlizlərinin müəyyənləşdirilməsi: Yaşıl dalğa dəhlizlərinin mümkün yerlərini müəyyən etmək üçün icmalar istifadə olunur. Bu dəhlizlər oxşar hərəkət sxemləri ilə kəsişmələr və əsas yollar arasında optimallaşdırılmış nəqliyyat axını təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Tıxac simulyasiyaları: Təyin edilmiş yaşıl dalğa dəhlizlərinin effektivliyini qiymətləndirmək üçün müxtəlif tıxac simulyasiyaları həyata keçirilir. Müxtəlif vaxtlarda və müxtəlif günlərdə simulyasiyalar həyata keçirilərək, yaşıl dalğa sisteminin nəqliyyat axınına necə təsir etdiyi və hansı şəraitdə daha effektiv olduğu qiymətləndirilir.

Effektivliyin qiymətləndirilməsi: Simulyasiya nəticələrinə əsasən müəyyən edilmiş yaşıl dalğa dəhlizlərinin effektivliyi və performansları qiymətləndirilir. Bunun nəqliyyat axınının optimallaşdırılmasına və tıxacın azaldılmasına nə dərəcədə töhfə verdiyi müəyyən edilir.

Yaşıl dalğa dəhlizlərinin müəyyən edilməsi Bakı şəhərində nəqliyyatın idarə edilməsi və nəqliyyat axınının optimallaşdırılmasında mühüm addımdır. Bu dəhlizlər şəhər nəqliyyatının daha səmərəli olmasına və nəqliyyat sıxlığının azaldılmasına əhəmiyyətli töhfə verə bilər. Müəyyən edilmiş yaşıl dalğa dəhlizlərinin effektivliyini qiymətləndirmək və sistemin işini təhlil etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Bu mərhələ yaşıl dalğa sisteminin tıxac axını optimallaşdırmaq qabiliyyətini anlamaq və təkmilləşdirmək üçün vacibdir. Aşağıdakı addımlar bu qiymətləndirmə prosesini əhatə edir:

Tıxac simulyasiyaları təyin edilmiş yaşıl dalğa dəhlizlərinin effektivliyini yoxlamaq üçün həyata keçirilir. Sistemin necə işlədiyini yoxlamaq üçün simulyasiyalar müxtəlif saatlarda və müxtəlif tıxac sıxlıqlarında həyata keçirilir. Bu simulyasiyalar real tıxac axınını simulyasiya edir və sistemin praktikada necə işləyəcəyini proqnozlaşdırır.

Performans təhlili: Simulyasiya nəticələrinə əsasən yaşıl dalğa sisteminin performansı təhlil edilir. Xüsusilə, təyin edilmiş dəhlizlərin nəqliyyat axınına necə təsir etdiyi, daşıma vaxtlarının və siqnal gözləmə vaxtlarının necə dəyişdiyi kimi amillər vurğulanır.

Nəqliyyat axınına təsirlərin qiymətləndirilməsi: Müəyyən edilmiş yaşıl dalğa dəhlizlərinin nəqliyyat axınına təsiri ətraflı araşdırılır. Buraya müəyyən bir müddət ərzində nəqliyyatın necə yönəldilməsi və kəsişmələrdə nəqliyyatın necə tənzimlənməsi daxildir.

Tıxac sıxlığının azaldılmasına töhfələrin araşdırılması: Yaşıl dalğa sisteminin tıxacın azaldılmasına nə dərəcədə töhfə verdiyi qiymətləndirilir. Xüsusilə, nəqliyyat sıxlığını azaltmaq üçün yaşıl dalğa dəhlizlərindən istifadənin potensialı və effektivliyi qiymətləndirilir.

Bu addımlar yaşıl dalğa sisteminin effektivliyini qiymətləndirmək yolu ilə Bakı şəhərində nəqliyyatın idarə edilməsi və nəqliyyat axınının optimallaşdırılması strategiyalarının hazırlanmasına töhfə verir. Bu qiymətləndirmə prosesi şəhər nəqliyyatını daha səmərəli və davamlı etməyə kömək edir.

İnsan miqyası təkcə klostrofobiya və ya agorafobiya kimi mənfi hisslərin qarşısını almaq üçün deyil, həm də küçələrdə sosial qarşılıqlı əlaqəni təşviq etmək, piyadaların hərəkətini artırmaq, küçələri canlı və interaktiv məkana çevirmək üçün vacibdir. Buna görə də, küçə dizaynında insan miqyası nəzərə alınmalıdır, o cümlədən yalnız binanın hündürlüyü və yolun eni nisbəti deyil, həm də küçə mebelləri, yaşıllıqlar, işıqlandırma və digər elementlər.

Planlaşdırma zamanı müxtəlif maraqlı tərəflərin fikirlərini və ehtiyaclarını nəzərə almaq da vacibdir. Şəhər sakinləri, memarlar, şəhərsalmaçılar, yerli hökumətlər və digər müvafiq maraqlı tərəflər küçələrin insan miqyasına

uyğunluğunun qiymətləndirilməsində mühüm rol oynamalıdırlar. Bu onu göstərir ki, küçə dizaynı təkcə estetik və ya texniki məsələ deyil, həm də sosial və psixoloji ölçüyə malikdir. Bu proses küçələrlə ictimai, yarı ictimai və özəl məkanlar arasındakı münasibətlərə də təsir edir. Qapılı və qapılı icmalar arasındakı küçələrdə ictimai məkanla şəxsi məkan arasındakı əlaqə zəifləyir və küçələr insanlar üçün daha az dayanıqlı və yaşana bilən hala gəlir.

Bu cür tikinti formaları hündür divarlarla sərhədlər çəkməklə şəhər məkanının istifadəçiləri (piyadalar) və binanın daxilindəki insanlar arasında qarşılıqlı əlaqəni məhdudlaşdırır. Bu vəziyyət küçələrin keçiriciliyinin azalmasına və küçədən istifadə edən piyadaların özlərini təhlükəli hiss etmələrinə səbəb olur. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, bu cür tikinti növlərinin formalaşmasında icra inkişaf planları effektivdir.

Bu çərçivədə, şəhərlərdə yaşana bilən küçələr yaratmaq üçün həyata keçirmə planları, qapılı və təhlükəsiz küçələrin meydana gəlməsini dəstəkləyən qərarlar yerinə, küçələri həyatın mərkəzinə yerləşdirən və binaların küçələrlə əlaqəsini gücləndirən dizaynları təşviq edən qərarlar qəbul etməlidir. icmalar. Məsələn, yaşayış sahələri saytlar şəklində yaradılsa belə, hər bir binanın küçəyə baxmasını tələb edən hüquqi tənzimləmələr edilə bilər.

Keçiricilik və əlaqə yaşayışlı və davamlı küçə üçün vacib dizayn prinsipləridir. İnkişaf planlarında 100 metrədən uzun blokların yaradılması küçələrin keçiriciliyini və əlaqəsini zəiflədir. Araşdırma nəticələri göstərir ki, rayonlaşdırma planlarında bu cür tikinti bloklarının yaradılmasının əsas səbəbi administrasiyanın qapalı təhlükəsiz ərazilər yaratmaq istəyidir. Daha yaşayışlı küçələr üçün, tətbiqi inkişaf planlarında tikinti bloklarının uzunluğu 100 metrədən çox olmamalıdır.

Bundan əlavə, icra inkişaf planlarında landşaft elementləri və işıqlandırma elementləri kimi elementlərə qərar verilməməsi istilik rahatlığı, vizual cəlbedicilik, təhlükəsizlik və canlılıq, eləcə də küçələrin fiziki rahatlığı kimi amillər baxımından çatışmazlıqlara səbəb olur. Küçələr binaların ardıcılığı və memarlıq fakturasının bütövlüyü baxımından müsbət və ya mənfi təəssürat yarada bilər. Buna görə də, küçə dizaynında memarlıq bütövlüyü və landşaft elementlərini nəzərə almaq vacibdir.

Küçələr müsbət istifadəçi təcrübəsi və şəhər estetikası baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Buna görə də küçə dizaynında binaların ardıcılığı və memarlıq bütövlüyü qədər landşaft elementləri və işıqlandırma da vacibdir. Bunlar küçələrin istifadəçilər üçün daha cəlbedici və təhlükəsiz olmasına töhfə verə bilər.

Xüsusilə, küçələr arasında abadlıq işləri aparmaqla yaşıllıq sahələrini artırmaq, piyadaların hərəkətini təşviq etmək və sosial qarşılıqlı əlaqəni artırmaq mümkündür. Bundan əlavə, küçə işıqlandırması küçələrin təhlükəsizliyinə və estetikasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Işıqlandırma elementlərinin düzgün yerləşdirilməsi gecə saatlarında küçələrin istifadə imkanlarını artırır və təhlükəsizlik hissini artırır.

Bundan əlavə, küçə dizaynında ekoloji davamlılıq da vacibdir. Enerjiyə qənaət edən işıqlandırma sistemləri, yağış suyunun toplanması və təkrar emalı sistemləri kimi ekoloji cəhətdən təmiz təcrübələr küçələrin yaşayış qabiliyyətini artırır.

Nəticədə, küçə dizaynının planlaşdırılmasında insan yönümlü və ətraf mühitə uyğun yanaşmaların qəbul edilməsi vacibdir. Həyata keçirmə inkişaf planları bu prinsipləri nəzərə almalı və küçələrin davamlı və yaşana bilən şəkildə dizaynını və idarə olunmasını təmin etməlidir. Bu, şəhərlərin daha insan mərkəzli, cəlbedici və təhlükəsiz şəkildə inkişafına töhfə verəcək.

Küçə yol şəbəkəsində trafik idarə edilməsi üçün simulyasiya modelinin hazırlanması kifayət qədər mürəkkəb məsələ ola bilər. Bu tip modeli hazırlamaq üçün bəzi addımları izləyə bilərik:

Məqsədin müəyyən edilməsi: Birincisi, simulyasiya modelinin məqsədini müəyyən etmək vacibdir. Məsələn, məqsədlərə nəqliyyat axınının optimallaşdırılması, yol qəzalarının azaldılması və ya yol şəbəkəsində sıxlığın aradan qaldırılması daxil ola bilər.

Məlumatların toplanması: Modeli yaratmaq üçün lazımi məlumatlar toplanmalıdır. Bu dataya nəqliyyatın sıxlığı, nəqliyyat vasitələrinin növləri, yolun enləri, svetoforlar və kəsişmə növləri kimi məlumatlar daxil ola bilər.

Modelləşdirmə Vəsitələrinin Seçilməsi: Modeli yaratmaq üçün uyğun simulyasiya aləti seçmək lazımdır. Məsələn, SimPy və ya AnyLogic kimi Python əsaslı simulyasiya alətlərindən istifadə edilə bilər.

Model Dizaynı: Seçilmiş alətlə simulyasiya modelinin dizaynına başlamaq olar. Bu mərhələdə nəqliyyat axınına təmsil edən komponentlər (nəqliyyat vasitələri, kəsişmələr, svetoforlar və s.) və bu komponentlər arasında qarşılıqlı əlaqə müəyyən edilir.

Parametrlərin müəyyən edilməsi: Modelin işləməsi üçün tələb olunan parametrlər müəyyən edilməlidir. Bu parametrlərə avtomobilin sürəti, svetoforun dövrü muddəti, kəsişmələrin tranzit vaxtları və s. kimi amillər daxil ola bilər.

Simulyasiyanın həyata keçirilməsi: Modelin işlənilib hazırlanması və simulyasiyanın həyata keçirilməsi mərhələsi başlayır. Bu mərhələdə müəyyən edilmiş parametrlər və verilənlərdən istifadə etməklə simulyasiya aparılır.

Nəticələrin Təhlili: Simulyasiya işə salındıqdan sonra əldə edilən nəticələr təhlil edilir. Bu təhlil trafik axınına təsirləri qiymətləndirmək üçün istifadə olunur və zəruri hallarda modelə düzəlişlər edilə bilər.

Optimallaşdırma və Təkmilləşdirmə: Alınan nəticələrə əsasən, modelin daha yaxşı işləməsi üçün təkmilləşdirmələr aparılır və lazım olduqda optimallaşdırmalar tətbiq edilir.

Alternativ Ssenari və Strategiyaların Qiymətləndirilməsi:

Fərqli ssenariləri qiymətləndirmək üçün modelinizi çevik şəkildə dizayn edin. Məsələn, müxtəlif nəqliyyat sıxlıqları, fəvqəladə hallar və ya yol strukturu dəyişiklikləri kimi ssenariləri simulyasiya edə bilərsiniz.

Müxtəlif trafik idarəetmə strategiyalarını simulyasiya edin və hər birinin effektivliyini qiymətləndirin. Məsələn, müxtəlif svetofor dövrləri, kəsişmə qaydaları və ya nəqliyyat vasitələrinin hərəkətini istiqamətləndirən sistemlər kimi strategiyaları nəzərdən keçirə bilərsiniz.

Real vaxt rejimində məlumat inteqrasiyası və tətbiqi:

Real vaxt data inteqrasiyası ilə modelinizi gücləndirin. Bu, real vaxt rejimində trafik axını məlumatlarını və digər dəyişənləri modelinizə inteqrasiya etməyə imkan verir.

Real vaxt rejimində məlumat inteqrasiyası modelinizə daha dəqiq proqnozlar verməyə və ani şərtlərə daha sürətli reaksiya verməyə imkan verir. Bu, nəqliyyatın idarə edilməsi qərarlarını daha effektiv edə bilər.

Modelin yoxlanılması və dəqiqliyin təmin edilməsi:

Yaratdığınız modelin düzgünlüyünü təmin etmək üçün model yoxlama üsullarından istifadə edin. Bu, modelinizin real dünya davranışını dəqiq əks etdirməsini təmin edir.

Simulyasiya nəticələrini real dünya məlumatları ilə müqayisə edərək modelinizin nə dərəcədə dəqiq performans göstərdiyini qiymətləndirin. Lazım gələrsə, modelinizi təkmilləşdirmək üçün düzəlişlər edin.

İcra və Davamlı Təkmilləşdirmə:

Modelinizi real dünya tətbiqlərində istifadə etməyə başlayın. Bu o deməkdir ki, siz trafikin idarə edilməsi qərarlarınızı dəstəkləmək üçün modelinizdən istifadə edə bilərsiniz.

Modelinizi davamlı olaraq izləyin və təkmilləşdirin. Geribildirim döngəsindən istifadə edərək, modelinizin performansını yaxşılaşdırmaq üçün lazım olan dəyişiklikləri müəyyənləşdirin və həyata keçirin.

Trafik idarəetmə strategiyalarının effektivliyinə nəzarət edin və modelinizin bu strategiyalara necə cavab verdiyini qiymətləndirin. Bu, gələcək trafikin idarə edilməsi ilə bağlı məlumatlı qərarlar qəbul etməyə kömək edəcək.

Bu addımları yerinə yetirməklə siz küçə yolları şəbəkəsində trafikin idarə edilməsi üçün hərtərəfli simulyasiya modeli yarada bilərsiniz. Bununla belə, unutmayın ki, trafikin idarə edilməsi kifayət qədər mürəkkəb sahədir, ona görə də modelinizin real dünya davranışını dəqiq şəkildə əks etdirdiyinə əmin olmaq üçün diqqətlə işləməli ola bilərsiniz.

2.4. Əlaqələndirilmiş nizamlaşma qrafikinə qurulması

Qrafoanalitik metod: Qrafoanalitik, noqrafik və ədədi yanaşmaların hamısı əlaqəli tənzimləmə qrafikini yaratmaq üçün istifadə edilə bilər. Daha məşhur qrafoanalitik metoddan istifadə edərək qrafik yaratarkən “səhv və yoxlama” proseduru tətbiq edilir. Düzbucaqlı koordinat sistemində müəyyən edilmiş “yol-zaman” qrafikinə asılılığına əsaslanaraq qrafik qurulur. Avtomobilin hərəkət vaxtı absis oxunda, onun müəyyən bir sürətlə vaxt vahidində qət etdiyi məsafə isə ordinat oxunda çəkilir. Qrafikin yamac xəttinin absis oxu ilə yaratdığı bucağın tangensini hərəkət sürətini ifadə edir.

Əlaqədar düzülüş qrafikində tez-tez aşağıdakı miqyaslardan istifadə etmək rahatdır: yol üçün 1:1000 və vaxt üçün 1:100. Rəsmdə ona paralel olaraq əlli beş yoldan ibarət düzlənmiş plan tərtib edilmişdir. Hər kəsişmənin adı və aralarındakı fərqlər qeyd olunur. Yol kəsişməsinin sərhədləri qrafikdə ordinat oxuna perpendikulyar olan iki paralel xətt ilə təsvir edilmişdir. Qovşağın eni aralarındakı məsafə ilə göstərilir. Sonra, təqdim olunan variantlardan ən uzun tənzimləmə dövrü seçilir və onun müddəti hesablanır:

$$T_h = 0,8 T_{\theta} \quad (2.9)$$

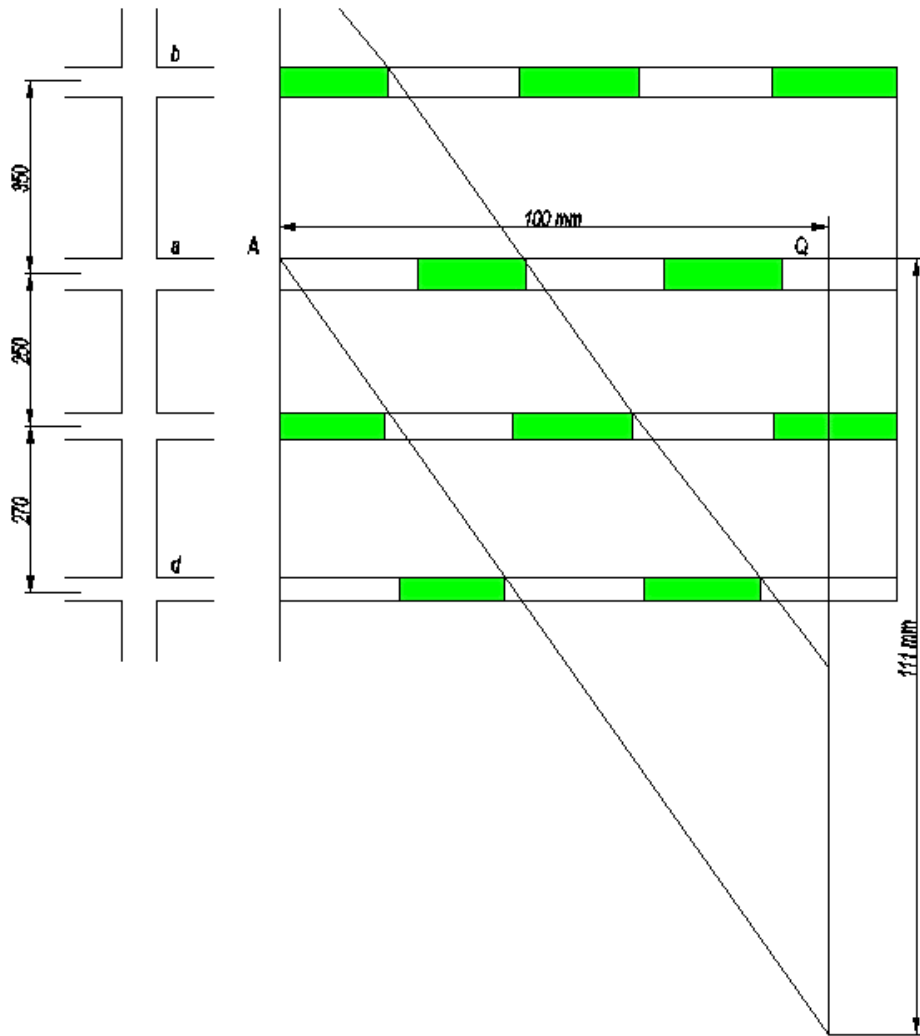
Bu halda, T əsas kəsişmənin tənzimlənməsi dövrünün uzunluğudur, saniyələrlə.

Əsas qovşaqlarda ilkin dövr uzunluqları T_h dəyərinə əsasən müvafiq olaraq daha qısadır. Bu nöqtədə ara taktın uzunluqları saxlanılır. Biz əsas kəsişmənin üfüqi xətlərində svetoforun siqnallarını ardıcıl olaraq təyin edirik. Bu, yaşıl işığın başlaması kimi üfüqi bir xətt çəkmək vaxtıdır.

Sonra AB bucağının tangensini çəkmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur:

$$(2.10)$$

Burada, u saatda kilometrərlə nəqliyyat axınının hesablanması sürətidir; M_s şaquli miqyasdır (1 sm-də 100 m);

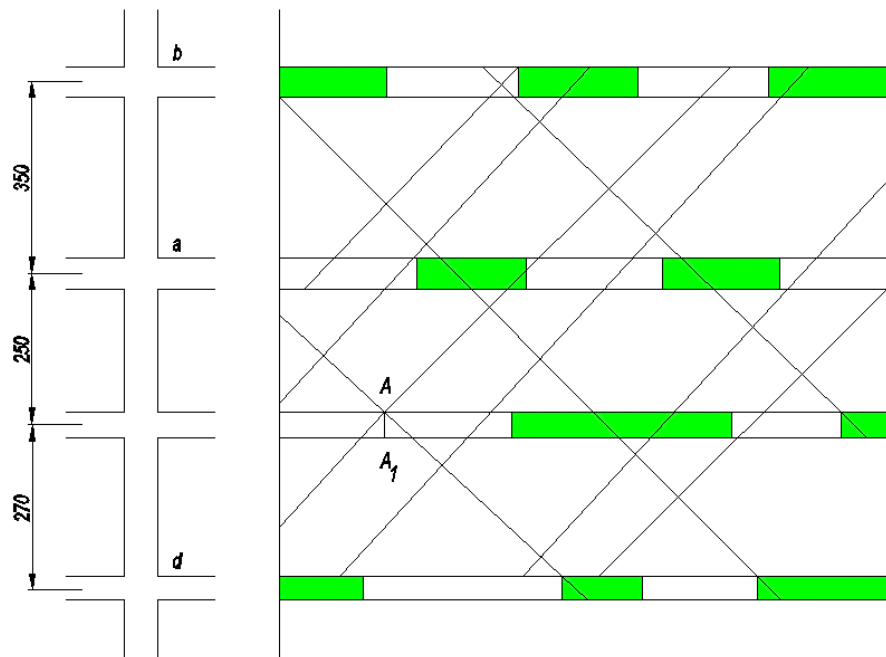


Şək 2.3. Əlaqələndirilmiş nizamlaşma sistemi qrafikinın qurulmasının birinci mərhələsi

"Qrup"un I avtomobilinin "a" qovşağından "b" kəsişməsinə hərəkət edərkən hərəkət qrafiki bu üfüqi xətt ilə göstərilir. Nümunə olaraq qeyd edək ki, sürət 40 km/saatdırsa, üfüqi şkala hər 10 saniyədə 1 santimetr, şaquli miqyas isə 1 saniyədə 100 m hərəkət edir. A nöqtəsindən alırıq: $t_{gu} = 40 \times 10 / 3,6 \times 100 = 1,11$. Q nöqtəsindən şaquli olaraq $1 \frac{1}{77/77}$ işarələnməsi (şəkil 2.3-də D nöqtəsi) sağa 100 mm addım atmağı tələb edir. Ondan tənzimləmə dövrünün uzunluğuna bərabər olan üfüqi məsafədə çəkilmiş meyilli xəttə paralel əlavə maili xətlər çəkilir. Başqa sözlə, hər bir əhəmiyyətli keçiddə bu maili xətlər yaşıl işığın başlanğıcını keçməlidir. Yolda hər bir zolağın neçə tənzimləmə dövrü olduğunu sadalamaq tövsiyə olunur. Sonra digər magistral yol qovşaqlarının üfüqi zolaqlarında işıqforun şərti iş rejimləri qeyd olunur.

Birincil kəsişmənin dövrünün uzunluğu həm də şərti tənzimləmə dövrlərinin uzunluğu kimi qəbul edilir. Hər hansı xüsusi keçiddə hərəkətin miqdarı qırmızı, sarı və yaşıl işıqların uzunluğunu müəyyən edir, halbuki aşağıdakı düstur yaşıl işığın müddətini müəyyən edir: $t_{yi} = T_h - t_{qi} - t_{si}$ T_h - hesabi nizamlaşma tsiklinin uzunluğu, san, t_{yi} , t_{qi} , t_{si} - uyğun olaraq, 1 -ci yol ayrıcında yaşıl, qırmızı və sarı işıqların yanma müddətləridir, san. Qırmızı işıq siqnallarının meyilli xətlərin və üfüqi xətlərin qovşağının solunda işarələnməsi şərti tənzimləmə rejimlərinin eskizinin başlamalı olduğu yerdir. Sonra işığın müddəti ölçülür. Növbəti üfüqi xəttə qədər boş yerdə yaşıl işıq yanır. Bu, trafik siqnalının əlaqələndirilmiş tənzimləmə sisteminin qrafikinə rəsmi birinci mərhələsini tamamlayır. Bu, birtərəfli yollar üçün son mərhələ hesab olunur. Bununla belə, ikitərəfli hərəkətdən fərqli olaraq, bu halda, yəni birtərəfli hərəkət zamanı şərti artım rejimləri müəyyən edilərkən qırmızı işığın minimum icazə verilən həddi nəzərə alınmır. İlk taktın uzunluqları hər qovşaqda müəyyən edilmiş dəyərlərə uyğundur. Aşağıdakı ardıcılıq uçot tənzimləmə dövrlərinin müddətləri əsasında əlavə keçidlərdə adi tənzimləmə rejimlərini müəyyən edir: a) Başlamaq üçün dövrünün uzunluğu fərqi hesablanır: a) Başlamaq üçün dövr uzunluğu fərqi hesablanır: $(a - T_h) - TT$ b) tsiklin şərti uzunluğu hesablanır: $T_s = t_y + t_q$, burada, t_y və t_q - iş rejimləri korreksiya olunan yol ayrıcılarında yaşıl və qırmızı işığın yanma müddətləridir. v) əsas taktların korreksiya olunmuş uzunluqları aşağıdakı düsturla hesablanır: Aşağıdakı misalə baxaq. Tutaq ki, hesabi nizamlaşma tsiklinin uzunluğu $T_h = 60$ san., iş rejimləri korreksiya olunacaq yol ayrıcında əsas, köməkçi taktların və nizamlaşma tsiklinin uzunluqları uyğun olaraq $t_y = 20$ san. , $t_q = 22$ san. , $t_{si} = t_n = 4$ san, $TT = 50$ san-dir. Onda şərti nizamlaşma rejimi aşağıdakı kimi olacaqdır: $a = 60 - 50 = 10$ san $T_s = 20 + 22 = 42$ san Onda, $t_y = 20 + 10 \times 20/42 = 20 + 200/42 = 20 + 4,8 = 24,8$ san. $t_q = 22 + 10 \times 22/42 = 22 + 5,2 = 27$ san. $TT; = 25 + 4 + 27 + 4 = 60$ san. Yəni "qrup"da olan birinci avtomobilin müəyyən edilmiş qaydaya uyğun olaraq əsas qovşağına uyğun gələn zolağa daxil olduqdan sonra əks istiqamətdə hərəkət etməsi gözlənilir. Hər bir işıqfor dövrəsində yaşıl işığın başlanğıcı bu üfüqi xətlərlə kəsilməlidir. Ən sıx kəsişmədə - əsas kəsişmədə yaşıl işığın bitməsindən sonra maili xətlər rənglənməlidir. "Qrup"dakı son nəqliyyat vasitəsinin hərəkət qrafikləri bu xətlərə

uyğun gəlir. Birinci və son avtomobillərin hərəkət cədvəlləri arasında vaxt fərqi "qrup"dakı istənilən avtomobilə magistral yolda hər kəsişməni təyin olunmuş sürətlə dayanmadan keçməyə imkan verir. "Vaxt lenti" bu zaman dövrünə aiddir. Yaşıl işıq siqnalları zamanı "vaxt lenti" bütün kəsişmə zolaqlarını keçdikdə, 57 sayılı yolun bütün kəsişmələrindən dayanmadan keçmək tələbi ödənilir. Ola bilər ki, "qrup"dakı birinci və ya sonuncu avtomobil yaxınlaşan trafik üçün hərəkət cədvəlini tərtib edərkən sarı və qırmızı işıqla növbəti qovşağına çatır. Bu, "zaman lenti"nin "B" qovşağında həm qırmızı, həm də sarı işıqları kəsdiyi yerdir. Bu, təyin edilmiş "qrup" daxilində işləyən və müəyyən sürətlə hərəkət edən nəqliyyat vasitələrinin dayanmadan bütün magistral yol kəsişməsindən keçməli olduğunu bildirən əlaqələndirilmiş tənzimləmənin əsas prinsipinin pozulmasıdır. Koordinasiya edilmiş tənzimləmə sisteminin yaradılmasının üçüncü mərhələsi keçidlərdə müxtəlif yol hərəkəti vəziyyətlərinin uçuşu zamanı onun təkmilləşdirilməsini nəzərdə tutur. Hərəkət sürətinin dəyişdirilməsi qrafikin təkmilləşdirilməsini izah etmək üçün istifadə edilə bilər. Hesablama sürətinin 10-12% tənzimlənməsi tövsiyə olunur. Məlumdur ki, hesablama sürəti dəyişdikdə, maili xətlərin mailliyi də dəyişir. Bu, "zaman lenti"nin hər iki istiqamətdə svetoforun yaşıl işığı ilə düzülməsini mümkündür edir. Həm ümumi uzunluğunda, həm də ayrı-ayrı seqmentlərində sürəti dəyişmək mümkündür. Yalnız ekstremal vəziyyətlərdə onu dəyişdirmək yaxşıdır.) Çətin vəziyyətlərə dik enişlər, yolun daraldığı yerlər və əhalinin sıx məskunlaşdığı piyada zonaları daxildir. Bu tanınır. Əgər belə bir düzəliş uğurlu olmadıqda, marşrut boyunca tənzimləmə dövrüyyəsinin müddətinin 12% azaldılmasına icazə verilir. Planlaşdırılan əlaqələndirilmiş tənzimləmə sistemi kəsişmə məsafələri, əsas və mübahisəli istiqamətlərdə nəqliyyatın intensivliyi, sola dönmə nəqliyyat axınları, piyada axınının tənzimlənməsi və avtomobilin sürəti kimi amillərə əsaslanır. Yuxarıda qeyd olunan unikal hallar nə tam, nə də qismən dəyişdirilə bilməz. Nəticə etibarlı ilə marşrut boyu hər iki istiqamətdə daimi hərəkəti planlaşdırmaq həmişə mümkün olmur. Magistral yolda avtomobillər vaxtaşırı çoxlu yüklə hərəkət istiqamətində fasiləsiz gedə və az yüklə hərəkət edərkən əks istiqamətdə qismən kəsilə bilər.



Şək 2.4. Əlaqələndirilmiş nizamlaşma sistemi qrafikin qurulmasının üçüncü mərhələsi

Düzgün hərəkət istiqaməti üçün qrafikin yaradılması təkmilləşdirildikdən sonra tamamlanır. Bu səbəbdən əsas yol ayrıcı zolağında hər yaşıl işığın bitməsində “qrupda” birinci nəqliyyat vasitəsinin birinci hərəkət cədvəlinə paralel xətlər çəkilir. 58 Avtomobillərin “qrup”dan kənarında hərəkəti qrafikə növbəti düzəliş edilərkən nəzərə alınır. Belə nəqliyyat vasitələrinə mübahisəli istiqamətlərdən əsas axına daxil olan və təxmin edilən sürətdən fərqli sürətlə hərəkət edən avtomobillər daxildir. Qadağanedici siqnal qüvvədə olduqda, belə avtomobillər qrafik lentinin altına düşmədən aşağıdakı idarə olunan qovşaqlara çatırlar. Nəticə etibarilə, hər qovşaqda müəyyən uzunluqda dayanan avtomobillər xətti var. Koordinasiya edilmiş tənzimləmə sisteminin cədvəlinə uyğun olaraq, "qrup"dakı aparıcı avtomobil həmişə yaşıl işıq yanmazdan əvvəl qovşağına gəlməlidir. Əks halda, əsas prospektdə "yaşıl dalğa" ilə qarşılaşan avtomobillər həmin kəsişmədə əyləc basmağa məcbur olacaq və bununla da onları hərəkət cədvəlindən çıxaracaqlar. Bu vəziyyətlərdə sistemin səmərəliliyi aşağı düşür, qəza və gecikmə ehtimalı artır və hərəkət ritmi pozulur. Xəttəki avtomobillərin keçidi keçməsi və sürətlənməsi üçün yaşıl işığın yanmasına

kifayət qədər vaxt olmalıdır. Trafik çox olduqda, xəttəki avtomobillərin sayını, hesablanmış sürəti və tıqab dəyərini nəzərə alan aşağıdakı cədvəldən istifadə edərək çatdırılma müddəti təxmin edilə bilər.

Cədvəl 2.1.

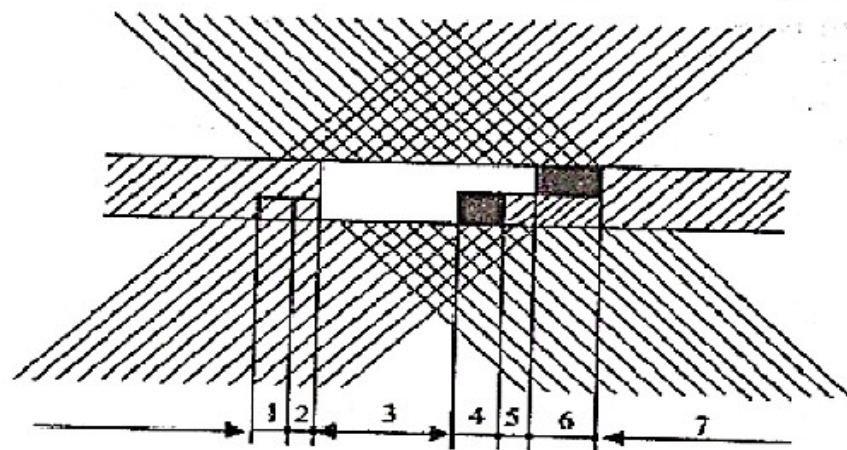
	45	50	55	60	65	70	75
1	13	14	15	16	17	18	19
2	15	16	17	17,5	18,5	19	21,5
3	16	18	19	20	21,5	22,5	23,5
4	17	20	21	21,5	23,5	24	25,5
5	21,5	22	23	23,5	24	24,5	25
6	23,5	24,5	25	25,5	26	26,5	22,5
7	25,5	26,5	27	27,6	28	28,5	26,5
8	27	28	28,5	29,5	30	30,5	28

Təcrübə sistemin işləməsi zamanı istehsal müddətinin dəyərini müəyyən edir. Mübahisəli istiqamətlərdən gələn avtomobillər əsas yola sola dönəndə daha az problem yaranır. Beləliklə, qırmızı işıq yandıqda onlar hərəkət istiqamətində hərəkət edirlər. Belə avtomobillər əsas magistraldan birləşdirici küçəyə sola dönərkən, sinxron hərəkəti dayandırırırlar. Qovşaqlara münasibətdə "görüş" yerlərinin konfigurasiyası əsas yoldan sola dönməyin nə qədər sadə olduğunu müəyyən edir. "Görüş" yeri yalnız kəsişmədə yerləşirsə, sola dönmələri planlaşdırmaq çətindir. Bu ssenaridə sola gedən avtomobillər yalnız yaxınlaşan avtomobillər qrupunu keçdikdən sonra hərəkət edə bilər. Svetoforun işığı sola dönmələri əlaqələndirmək üçün istifadə olunur. Sola dönən nəqliyyat axınının intensivliyinin aşağı dəyərləri üçün bu seçim faydalıdır. Əgər görüş yeri qovşağın əvvəlində və ya ondan sonra yerləşirsə, sola dönən avtomobillərin keçməsi daha asandır. Yaxınlaşan nəqliyyat axınlarının yol ayrıcını müxtəlif intervallarla kəsməsi bunu izah etməyə kömək edir. Bu halda sola dönən avtomobillər yalnız qrupun kənardan yaxınlaşan avtomobillərlə toqquşması ilə nəticələnə bilər. Bu fikir ayrılığını tam həll etmək üçün üç fazlı tənzimləyici

strukturun yaradılması vacibdir. Qeyd etmək lazımdır ki, üç fazalı idarəetmə sxemi nəqliyyat axınının ən yüksək həcmi olan qovşaqda əsas istiqamətlərdən birinin sola dönmə olduğu vəziyyətlər üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Aşağıdakı cədvəl sola dönmələr üçün nəzərdə tutulmuş mərhələnin təyin edildiyi kəsişmədə axını idarə edir. Tənzimləmə saatlarının nömrələri qrafikdə 1, 2, 3, 4 və 5 rəqəmləri ilə təmsil olunur. "Görüş nöqtəsi" kəsişməyə yaxın olduqda, bu cür tənzimləmə yerinə yetirilir. Gələn nəqliyyat vasitələri üçün zaman lentinin eni bu halda fərqlidir. Nəqliyyat vasitələrinin hərəkəti dörd mərhələyə bölündükdə hərəkət cədvəlinin bir hissəsi Şək 2.5-də görünür. Aşağıdakı hallarda belə bir sxemi həyata keçirmək tövsiyə olunur:

"Görüş" nöqtəsi kəsişmədən uzaqda yerləşdirilməlidir; b) magistral yoldan hər iki istiqamətə fərqli ritmlə sola dönərkən; v) yaxınlaşan nəqliyyat vasitələri üçün xronometraj lentinin eni bir-birinə yaxın olduqda. Koordinasiya edilmiş tənzimləmə sisteminin qrafiki eyniadlı siqnalların başlanğıc anlarını həm birbaşa, həm də əks istiqamətdə magistraldan aşağıya dəyişdirməklə düzəldilə bilər. Bu, "zaman qrafikinə başlanğıc nöqtələrinin dəyişdirilməsini" əhatə edir.



Şək 2.5. Yol ayrıcında 4 fazlı nizamlaşdırma

Qrafikin korreksiyası üçün belə bir üsuldən də istifadə etmək olar. Nizamlaşdırılan yol ayrıcının zolağında svetoforların iş ardıcılığı ayrı millimetrlənmiş kağız üzərinə köçürülür və həmin zolaq uzunluğu boyunca iki yerə bölünür. Həmin zolaqlar qrafik

zolaqları üzərinə qoyulur. Onları sağa və sola hərəkət etdirməklə « vaxt lenti» üzərinə gətirmək lazımdır. Qarşı-qarşıya hərəkət üçün yol ayrıclarında yaşıl işığın yanma momentlərinin vaxta görə sürüşdürülməsi sayəsində qırmızı işığın yanma müddəti azalmış olur.(Qrafiklərin düzəldilməsi də bu cür yanaşma ilə edilə bilər. İdarə olunan qovşaq zolağında işıqforun işləmə qaydası zolağın uzunluğu boyunca iki hissəyə bölünür və fərqli millimetr kağızına köçürülür. Qrafik lentlərdə həmin lentlər laylı olur. Onlar "zaman qrafiki" üzrə sağa və sola köçürülməlidir. Qırmızı işığın uzunluğu keçidlərdə qısaldılır, burada yaşıl işığın vaxtı yaxınlaşan nəqliyyatın hərəkətinə uyğunlaşdırılır.) Yəni bu üsulda korreksiya olunmuş qrafikdə mübahisəli istiqamətdə yandırılan yaşıl işığın müddəti həmin istiqamətdə nəqliyyat axınlarının buraxılmasını təmin edəcəkdir. Əlaqələndirilmiş nizamlaşma sistemi qrafikinə sonuncu korreksiya onu işə saldıqdan sonra tədqiqat yolu ilə aparılır. Nomoqrafik üsul. Əlaqələndirilmiş nizamlaşmanın qrafikini qurmaq üçün ilkin olaraq nomogramma tərtib olunur. Nomoqrammanın şaquli oxu O nöqtəsi ilə iki hissəyə bölünmüşdür. Ordinat oxunda NV- nin hərəkət yolu, və nizamlaşma tsiklinin uzunluğu, absis oxunda isə hərəkət sürəti 60 göstərilmişdir.(Yəni, bu yanaşmadan istifadə etməklə yenidən işlənmiş qrafikdə mübahisəli istiqamətdə yaşıl işığın yanma müddəti həmin istiqamətdə nəqliyyat axınının sərbəst buraxılmasına zəmanət verəcək. Debütdən sonra əlaqəli planlaşdırma sisteminin cədvəlinə son düzəlişlər etmək üçün araşdırma aparılır. nomoqrafik yanaşma. Əvvəlcə müvafiq tənzimləməni təmsil etmək üçün bir nomogram qurulur. O nöqtəsi nomogramın şaquli oxunu iki yarıya bölür. 60-lıq hərəkət sürəti absisdə göstərilir, ordinat oxu isə NV-nin marşrutunu və tənzimləmə dövrünün müddətini göstərir.) Gedilən yol və sürətin dəyişməsi kimi yanmtsikllər qəbul edilmişdir: $TT/2$; $2(Tx/2)$; $3(Tx/2)$,... Bu asılılıq koordinat başlanğıcından çıxan maili şüalar şəklindədir. Məsələn, nizamlaşma tsiklinin $Tx=60$ san. və hesabi sürətin $Vh =30$ km/saat qiymətlərində avtomobil qrupları $TT/2$; $2(TT/2)$; $3(TT/2)$,... müddətlərində uyğun olaraq 250, 500, 750m yol gedəcəklər. Bu məsafələr qarşı-qarşıya hərəkət edən nəqliyyat axınlarının görüşmə nöqtələri arasındakı məsafələrə uyğundur. Nomoqrammam qurmaq üçün $Tx =60$ san. qiymətində 2.1 sayılı cədvəldəki göstəricilərə əsasən nomogrammanın alt hissəsi qurulur. Qatılan məsafə və sürətin

dəyişməsi yarım dövrlərlə ifadə edilmişdir: $TT/2$; $2(Tx/2)$; $3(Tx/2)$,... Koordinat başlanğıcı bu asılılığı təmsil edən bu bucaqlı şüaların mənbəyidir. Məsələn, $Vh = 30$ km/saat, $Tx = 60$ saniyə sürətlə və $TT/2$ avtomobil qrupları müvafiq olaraq 250, 500 və 750 metr məsafə qət edəcəklər. Bu uzunluqlar əks nəqliyyat axınlarının birləşdiyi yerlər arasındakı fərqlərə uyğun gəlir. Nomoqramı yaratmaq üçün 60 saniyə vaxt ayırın. Cədvəl 2.1-də sadalanan göstəricilərdən istifadə etməklə nomoqram onun aşağı yarısında hazırlanır. Təklif olunan yeni svetofor dövrləri var. Yol kəsişmələri nomoqram yaradılarkən çəkilmiş paralel üfüqi xətlərlə göstərilir. Sonra, hərəkət sürətinə əsasən, ordinat oxuna paralel bir xətt yaradılır. Tənzimləmə dövrünün yarısı bu xəttin maili xətləri kəsdiyi O_1, O_2, O_3, \dots yerləri ilə təmsil olunur. Bu yerlər əks-hərəkətli nəqliyyat axınlarının kəsişmə nöqtələri kimi xidmət edir. Görüş yerləri kəsişmələr, hərəkət sürəti və əlaqəli tənzimləmə dövrləri icazə verilən hədlər daxilində olarsa, əlaqələndirilmiş tənzimləmə hesabatı tamamlanır. Ancaq yadda saxlamaq lazımdır ki, kəsişmələr həmişə görüş yeri deyil. Buna görə də tez-tez yaşıl işığı uzatmaq tələb olunur.

Cədvəl 2.2.

Hesabi sürətlər, km/saat.	Gedilən	yol, m.
	/2 müddəti	2(/2) müddəti
15	120	240
25	200	400
35	280	560
45	360	720
55	440	880
65	520	1040
75	600	1200
85	680	1360
95	760	1520
105	840	1680

Cədvəldəki hesabatlarda $T_T = 60$ san. götürülmüşdür.

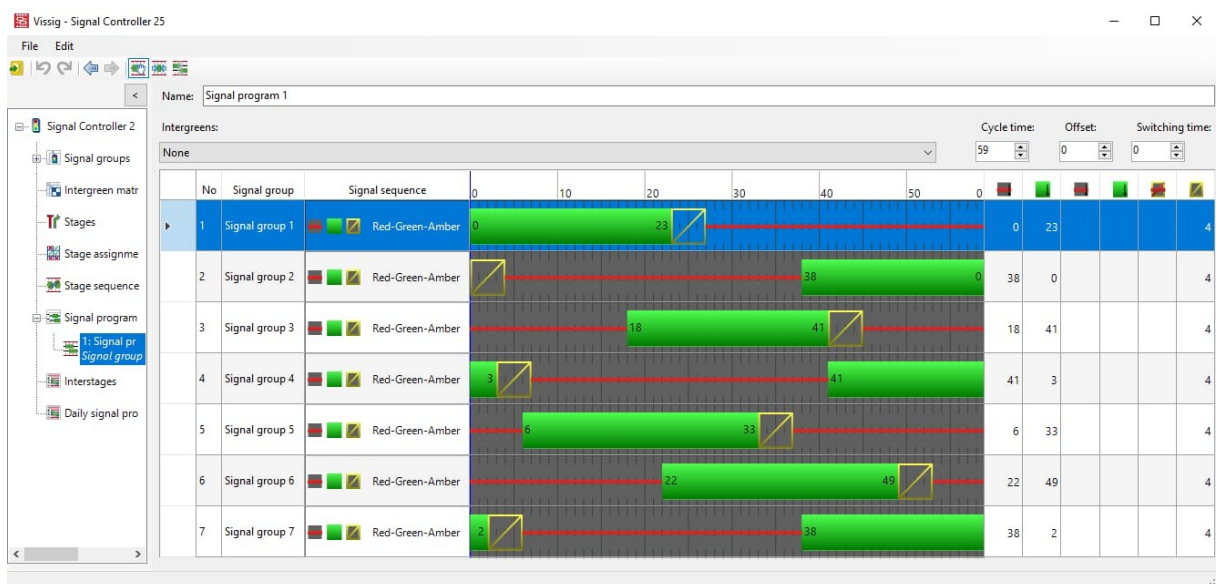
Müəyyən keçidlərdə sola dönmələri idarə etmək üçün əlavə pillələrdən də istifadə olunur. Bu mərhələləri əlaqələndirilmiş planlaşdırma qrafiki ilə əlaqələndirmək üçün nomoqramdan da istifadə olunur. Bu halda tənzimləmə dövrünün faizi kimi göstərilən R rəqəmi yolun müşahidə olunan hissəsindən keçən aparıcı avtomobillərin müddətindəki dəyişikliyi təsvir edir. Şəklin ilkin hissəsi №. bu ehtiyat vaxta aydınlıq gətirir. $TT / 2$ xətlərinə əlavə olaraq hərəkət edən yol sürəti nomoqramına TTR xətləri əlavə olunur. Qovşaq xəttində bu TTR şüaları E xətlərinin ehtiyat hissələri ilə kəsişir. Koordinasiya edilmiş idarəetmənin istifadə olunma biləcəyi sürət intervalları E bölmələri 61 ilə göstərilir. Hər bir yol ayrıcıları onların ayrılmasını tələb edir. Koordinasiya edilmiş tənzimləmənin hesablanmış sürəti hər qovşaqda E ehtiyat xətlərini keçən nomoqramda aşkar edilmiş sürətin şaquli xətti olacaqdır. Hesablanmış sürətin əvvəlcədən təyin edilmiş dəyərinə əsaslanaraq, tənzimləmə dövrünün müddətini hesablamaq üçün nomoqramın alt bölgəsindən istifadə olunur.

III FƏSİL. ƏLAQƏLƏNDİRİLMİŞ NİZAMLANMANIN İMİTASIYA MODELİNİN HAZIRLANMASI

3.1. Yol ayrıcılarının imitasiya modelləşdirilməsi

Sветофорun idarəetmə rejimlərinin NV-nin hərəkət rejimlərinə təsiri müxtəlif üsullarla araşdırıla bilər. Çox vaxt kompüter təcrübəsi kimi tanınan simulyasiya modeli müxtəlif yol şəraiti üçün ən çox istifadə edilən modeldir. Analitik prosedurların mümkün olmadığı hallarda, simulyasiya modelləri ümumiyyətlə problemin həlli üçün ən təsirli vasitədir. Onun xüsusiyyətlərinə aşağıdakılar daxildir:

- çoxlu məlumatların toplanması;
- hadisənin dəqiq təhlili öyrənilən prosesi tam öyrənməyə imkan verir;
- müxtəlif gələcək ssenariləri proqnozlaşdırmağa və təhlil etməyə imkan verir;
- real sistemlərdə uzunmüddətli hadisə və proseslər sürətlə təhlil edilir;
- şəxsi təcrübələrdən daha ucuzdur;
- riyazi modellərin işlənilib hazırlanmasına kömək etmək üçün ayrı-ayrı parametrlərin əhəmiyyətinin qiymətləndirilməsinə imkan verir;
- mürəkkəb yol hərəkəti vəziyyətlərini öyrənərkən sistemin intuitiv şəkildə başa düşülməsini asanlaşdırır.



Şək 3.1. Siqnal idarəedicisinin riyazi modelləşdirməyə uyğun təsviri

Modelin parametrlərini tənzimləməklə yol hərəkəti xüsusiyyətlərinin və işıqfor rejimlərinin kəsişmələrdə nəqliyyatın hərəkətinə təsirini qiymətləndirmək, ən yaxşı idarəetmə parametrlərini müəyyən etmək, müxtəlif idarəetmə alqoritmləri üçün müvafiq tətbiq diapazonunu müəyyən etmək, həmin alqoritmlərin effektivliyini qiymətləndirmək olar. tətbiq etmək, müxtəlif qiymətləndirmə meyarlarını tətbiq etmək, müqayisəli tədqiqatlar aparmaq və s. Bundan əlavə, götürülmüş kəsişmələri müqayisə etmək üçün vahid optimallaşdırma meyarına əsaslanan nəzarət alqoritmlərini nəzərdən keçirək. Bu səbəbdən biz avtomobilin orta gecikmə müddətindən istifadə edirik. Ciddi tənzimləmə rejimində istifadə olunan prosedur ingilis alimi Webster tərəfindən hazırlanmış düstura əsaslanan analitik yanaşma ilə öyrənilir:

(3.1)

burada, qovşağın girişlərində orta gecikmə müddəti (saniyələrlə); $t\Delta$ -svetoforun döviyyə müddəti (saniyələrlə); A , dövrün effektiv tənzimləmə mərhələsinin nisbəti; x , tənzimləyici fazanın doyma səviyyəsi; Trafik axınının intensivliyi, avt/san, N_r qovşağına yaxınlaşır.

Gəlin iki tərəfli yol hərəkəti ilə iki zolaqlı yollar arasındakı qarşılıqlı əlaqəni araşdıraq. Sadəcə düz xətt hərəkəti var. Birləşməyə gələn NV arasındakı zaman intervallarının t eksponensial qaydasına uyğun olaraq paylandığını fərz etsək, bu funksiyanın paylanma sıxlığı aşağıdakı kimi olacaqdır:

(3.2)

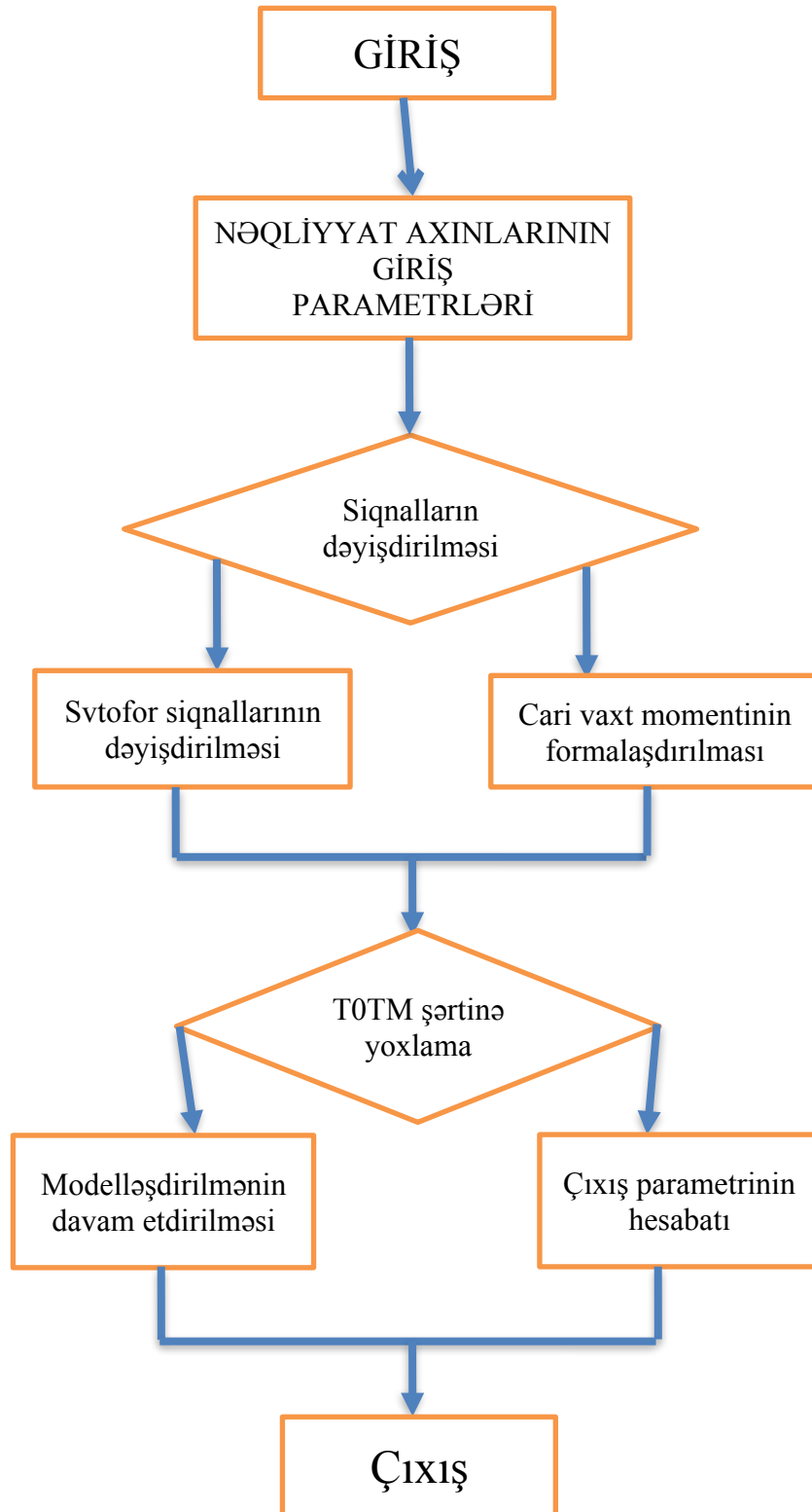
Bu funksiya göstərir ki, müşahidə vaxtı t ərzində yolun müəyyən bir kəsişməsinə n avtomobilin gəlmə ehtimalı aşağıdakılardır:

(3.3)

Bir-birinin ardınca hərəkət edən avtomobilləri i və i_1 ilə işarə etsək, avtomobillərin xətti koordinatlarını x və x_{i+1} , yolun təyin olunmuş hissəsinə çatma vaxtlarını isə t_j və t_{i+1} kimi təqdim edək. Sonrakı əlaqə doğru olacaq:

(3.4)

Burada –avtomobillər arasındakı intervaldır.



Şək 3.2. İdarəedici qurğunun işini modelləşdirən blok sxem

R təsadüfi kəmiyyətinin müntəzəm olaraq 0-1 intervalında paylandığını fərz etsək, 8 dəyəri aşağıdakı kimi müəyyən edilə bilər.

$$R=1- , t \quad (3.5)$$

0÷1 intervalında müntəzəm paylanmış R ədədlərini əldə etmək üçün simulyasiya modelləşdirməsində tələb olunan proqramlar çağırılmalıdır; başqa sözlə, kəmiyyətlər təsadüfi R kəmiyyətinin qiymətlərindən istifadə etməklə müəyyən edilir.

$$= \quad (3.6)$$

Hər bir avtomobil yaxınlaşdıqca həmin kəsişmədə xəttin uzunluğu $N_i = N_i + 1$ olacaq. Svetoforun idarə edilməsi Şəkil 4-də görünən blok diaqramdan istifadə etməklə təqdim olunur.

3.2. Optimala yaxın nizamlamanın mümkünlüyü

Çoxdəyişənli funksiyanın və ya t_A vektorunun müəyyən edilməsi yol ayrıcında optimala yaxın idarəetmənin mümkün olub-olmaması sualını doğurur. Dövrün tənzimləmə mərhələsinin müddətləri dəyişənlər hesab olunur. Eksperimental dəyərlər seçilmiş məqsəd funksiyasının formulundan asılı olaraq maksimum və ya minimal ola bilər.

İstənilən funksiyanın ekstremumunun tərfi riyazi analiz kurslarından yaxşı məlum olduğu kimi aşağıdakı kimidir. Baxılan funksiyanın analitik ifadəsini almaq və hər bir dəyişən üçün xüsusi törəmələri tapmaq və onları sifira bərabərləşdirmək üçün xüsusi tənliklər toplusuna ehtiyac yoxdur. Təbii ki, dəyişənlərin sayı artdıqca məsələnin həcmi və tənliklər sisteminin mürəkkəbliyi artır. Belə məsələlər naməlum məqsəd funksiyasına malikdir və ya onların xüsusi törəmələri transsendental tənliklərdir. Bəzi hallarda qeyri-stasionar xarakter daşdığından məqsəd funksiyası $J(t\Delta)$ deyil, $J[t\Delta(t)]$ ($t\Delta(t)$ -zaman vektor funksiyası) ilə işləmək tələb olunur. hərəkət şəraiti. Müəyyən ekstremal nöqtələr tapılır, çünki $J(t\Delta)$ funksiyası ilə təsvir edilən səthin forması istənilən t anında qeyri-müəyyəndir. "Qlobal" termini ən nəzərə çarpan ekstremallara aiddir, "yerli" isə digərlərini təsvir edir. Optimal nəzarət məsələləri iki yolla həll edilə bilər. I metodda daxil olan dəyişənləri tədqiq etməklə, sonrakı dövr

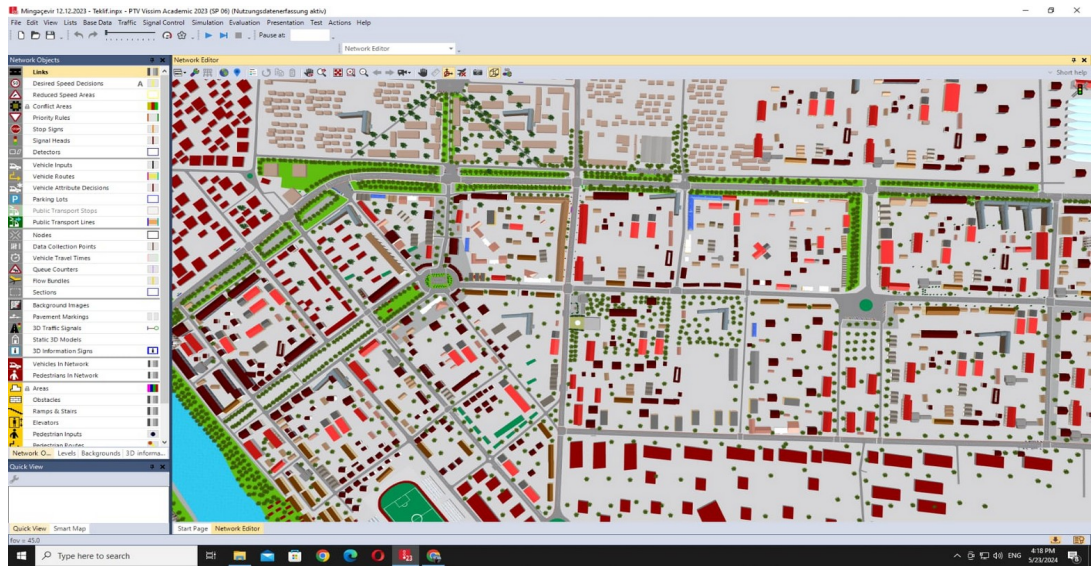
üçün ideal tənzimləmə mərhələlərinin uzunluğu bir dövrə təxirə salınır. Beləliklə, səmərəliliyi maksimuma çatdırmaq üçün müəyyən bir müddət ərzində və gələcək üçün giriş qiymətlərində dəyişikliklərin proqnozlaşdırılması lazımdır. II texnikadan istifadə etməklə, dövr üçün ekstremal qiymət $J(U)$ cari fazanın anında əldə edilir. Hər iki ssenaridə optimal idarəetmə nəzəriyyəsinə funksional $J[t(t)]$ -nin təyini ilə yanaşılır. Nəqliyyat axınları nəzəriyyəsi bu məqsədlə iki üsuldən istifadə edir: Lograngenin qeyri-müəyyən vurma anlayışı və dinamik proqramlaşdırma. İstənilən kəsişmənin optimallaşdırılması problemini həll etmək üçün belə güclü EHM-lər lazımdır. Nəzərə alın ki, optimala yaxın tənzimləmə sadə idarəetmə üsullarından istifadə etməklə də əldə edilə bilər. Onlar idarəetmə üsullarının sadə texnoloji tətbiqinə malikdirlər. İngilis alimi A. Millerin verdiyi bir texnika nümunəsini araşdıraraq. Məqsəd funksiyasının kumulyativ trafik gecikmələri olduğu güman edilir. Müəyyən müntəzəm vaxt intervallarında (t) optimallaşdırma tənliyini həll etməklə biz idarəedici funksiya V və ya optimallaşdırma tənliyini əldə edirik. V funksiyasının hesablanması cari fazanın hər intervalın sonunda t uzadıldığını müəyyən etmək üçün istifadə olunur. İndi müzakirə olunan alqoritmin iki bircəqləli yolun birtərəfli hərəkətlə kəsişməsində necə tətbiq edildiyinə baxaq. Fərz edək ki, baxılan anda A istiqamətində hərəkətə icazə verilir. İndiki fazanın A istiqamətində uzadılması seçimi V_a idarəetmə funksiyasını hesablamaqla həll edilir:

$$(3.7)$$

və ya fazanın yenidən başlama intervalı; a , və ya gecikmələrin dəyəri; 8 və ya fazanın A_t -yə qədər uzadılması nəticəsində qovşaqdan keçə biləcək nəqliyyat vasitələrinin sayı; t - NV -nin əyləclənməsi və sürətləndirilməsi zamanı itirilmiş vaxt; t - idarəetmə funksiyasının hesablanması anları arasındakı vaxt intervalıdır; n - qırmızı işıqforun qarşısındakı avtomobil xəttinin uzunluğu; n cari mərhələdir; t uzadılmış NV üçün məcburi dayanmaların sayı; V -avtomobilləri təyin edən siyahı; P -piyada qeydi indeksi; b -avtobus indeksi.

Optimala yaxın nizamlamanın mümkünlüyü nümunə kimi Mingəçevir şəhərində yerinə yetirilmişdir. Monitoring nəticəsində əldə edilən datalar proqrama daxil edilmiş və Mingəçevir şəhərində 7 yolayrıcında yaşıl dalğa imitasiya modeli qurulmuşdur.

Şək 3.3-də Mingəçevir şəhərində yaşıl dalğaya aid imitasiya modelinin təsviri göstərilmişdir.



Şək 3.3. Mingəçevir şəhərinə təklif olunan imitasiya modelinin təsviri

Küçə-yol şəbəkələrində əlaqəli tənzimləmə üçün simulyasiya modelinin hazırlanması ciddi məlumatların toplanması, mürəkkəb modelləşdirmə üsulları və güclü sınaq proseslərini əhatə edir. Real vaxt məlumatlarını, maşın öyrənmə alqoritmlərini və adaptiv idarəetmə strategiyalarını birləşdirərək, hazırlanmış model trafik axınını optimallaşdırmaq, sıxlığı azaltmaq və ümumi şəbəkə səmərəliliyini artırmaq məqsədi daşıyır. Bu metodologiya əlaqəli tənzimləmə üçün hərtərəfli simulyasiya modelini hazırlamaq və təsdiqləmək üçün lazım olan sistemə yanaşmanı təsvir edir, modelin real dünya tətbiqlərində həm dəqiq, həm də effektiv olmasını təmin edir.

İlkin simulyasiya nəticələri ənənəvi təcrid olunmuş siqnal nəzarətləri ilə müqayisədə nəqliyyat axınının əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdığını və tıxacın azaldığını göstərir. Adaptiv siqnal nəzarəti və dinamik marşrutlaşdırma trafikə daha balanslı paylanmasına kömək edir, prioritet idarəetmə isə kritik trafik axınlarının səmərəliliyini artırır. Real vaxt məlumatlarının və maşın öyrənməsinin inteqrasiyası real vaxt rejimində dəyişən şərtlərə uyğunlaşaraq, operativ və proqnozlaşdırılan trafikə idarə edilməsinə imkan verir.

1. Təkmilləşdirilmiş trafik axını:

Azaldılmış Tıxac: Adaptiv siqnal nəzarəti və dinamik marşrutlaşdırma strategiyaları tıxacları əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Real vaxt məlumatları sistemə darboğazları qabaqcadan görməyə və azaltmağa imkan verir, nəticədə daha hamar trafik axını təmin edilir.

Təkmilləşdirilmiş Səyahət Vaxtları: Optimallaşdırılmış siqnal vaxtları və səmərəli marşrutlaşdırma nəqliyyat vasitələri üçün daha qısa səyahət vaxtlarına gətirib çıxara bilər ki, bu da gediş-gəlişi daha sürətli və proqnozlaşdırıla bilər.

2. Aşağı Emissiyalar:

Azaldılmış Boş vaxtlar: Trafik siqnallarında dayanma və gecikmələri minimuma endirməklə, sistem avtomobillərin boşda qaldığı vaxtın miqdarını azaldır və bu da öz növbəsində emissiyaları azaldır.

Trafikin Effektiv Bölgüsü: Balanslaşdırılmış nəqliyyat yükləri müəyyən ərazilərdə tıxacla bağlı emissiyaların artmasının qarşısını alır və ümumi hava keyfiyyətinin yaxşılaşmasına töhfə verir.

3. Yol Təhlükəsizliyinin Artırılması:

Real vaxtda insident reaksiyası: Sistemin qəzalara və ya yolun bağlanması cavab olaraq signal vaxtlarını tez tənzimləmək və nəqliyyatın marşrutunu dəyişmək qabiliyyəti bütün yol istifadəçiləri üçün təhlükəsizliyi artırır.

Fövqəladə Hallar Vasitələri üçün prioritet: Təcili yardım maşınlarına üstünlük verilməsi onların təyinat yerlərinə daha tez və təhlükəsiz çatmasını təmin edir, cavab vaxtlarını azaldır və potensial olaraq insanların həyatını xilas edir.

4. Təkmilləşdirilmiş İctimai Nəqliyyat Səmərəliliyi:

Prioritet İdarəetmə: Yol kəsişmələrində ictimai nəqliyyat vasitələrinə üstünlük verilməsi ictimai nəqliyyatdan daha çox istifadəni təşviq edərək daha etibarlı və səmərəli ictimai tranzit xidmətlərinə səbəb ola bilər.

Azaldılmış gecikmələr: Optimallaşdırılmış signal vaxtları və avtobuslar və tramvaylar üçün ayrılmış zolaqlar gecikmələri azalda bilər, bu da ictimai nəqliyyatı daha cəlbedici seçimə çevirə bilər.

5. İqtisadi Faydalar:

Azaldılmış yanacaq istehlakı: Daha hamar trafik axını və daha az boş rejimdə işləmək avtomobillər üçün daha az yanacaq sərfiyyatı ilə nəticələnir, sürücülər üçün iqtisadi fayda təmin edir və qalıq yanacaqlardan asılılığı azaldır.

Artırılmış Məhsuldarlıq: Azaldılmış səyahət vaxtları insanlara daha az işə getməyə və məhsuldar fəaliyyətlərə daha çox vaxt sərf etməyə imkan verməklə daha yüksək məhsuldarlığa kömək edir.

6. Ölçəklənəbilirlik və Uyğunlaşma:

Ölçülənə bilən həllər: Simulyasiya modeli miqyaslanmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur ki, bu da onu müxtəlif ölçülü və tipli şəhər ərazilərinə tətbiq etməyə imkan verir. Bu uyğunlaşma, faydaların kiçik şəhərlərdən tutmuş böyük metropoliten ərazilərə qədər müxtəlif kontekstlərdə həyata keçirilməsini təmin edir.

Adaptiv Öyrənmə: Maşın öyrənmənin birləşdirilməsi sistemə dəyişən trafik nümunələrinə və inkişaf edən şəhər dinamikasına uyğunlaşaraq, real dünya məlumatlarından davamlı olaraq öyrənməyə və təkmilləşdirməyə imkan verir.

7. Kompleks Performans Metrikləri:

Kəmiyyətlə ölçülə bilən təkmilləşdirmələr: Simulyasiya orta səyahət vaxtının azalması, avtomobilin ümumi dayanması, emissiya səviyyələri və təhlükəsizlik insidentləri kimi ətraflı performans göstəricilərini təqdim edir. Bu ölçülər sistemin effektivliyinə və gələcək optimallaşdırma sahələrinə dair aydın sübutlar təqdim edir.

Proqnozlaşdırıcı fikirlər: Modelin proqnozlaşdırıcı imkanları şəhər planlayıcılarına və yol hərəkəti menecerlərinə potensial problemləri qabaqcadan görməyə və proaktiv tədbirlər həyata keçirməyə imkan verir, bununla da küçə-yol şəbəkəsinin səmərəliliyini və təhlükəsizliyini daha da artırır.

Küçə-yol şəbəkələrində əlaqəli tənzimləmənin simulyasiya modelinin tətbiqi nəqliyyat axınında əhəmiyyətli təkmilləşdirmələrə, tullantıların azaldılmasına, yol təhlükəsizliyinə, ictimai nəqliyyatın səmərəliliyinə və iqtisadi faydalara səbəb ola bilər. Onun genişlənən və uyğunlaşa bilən təbiəti bu üstünlüklərin zamanla qorunub saxlanılmasını və təkmilləşdirilməsini təmin edərək, onu müasir şəhər nəqliyyatının idarə olunması problemləri üçün möhkəm həll yoluna çevirir.

ƏDƏBİYYAT

Wu X., Dengl S., Du X., Ma J. (2014). Green-Wave Traffic Theory Optimization and Analysis, World Journal of Engineering and Technology, 2, 14-19 Published Online September 2014 in SciRes.

Friedman M. H., Mark B. L., and Gartner N.H. (2022). Uninterrupted Maximum Flow on Signalized Traffic Networks,

Nimyel C. N., Naankang G. G., Johnson Z. (2018). Simulation of Green-Wave Traffic Control System in Road Networks, American Journal of Engineering Research.

Zhao N., Li B., Wu K., Yang Y. (2019). Turning Green Wave Signal Control Optimization Based on Route-Choice Model, Conference: 19th COTA International Conference of Transportation Professionals, DOI:10.1061/9780784482292.226

Rida N., Mohammed O., Hasbi A. (2020). Coordinated Signal Control System in Urban Road Network, International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE) 16(10):4-22

Kara H., Sarısoy G., Delice Y. (2022). Yeşil Dalga Uygulamalarında Işıklı Kılavuz Sistem Kullanımının Değerlendirilmesi, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi DOI:10.51513/jitsa.1096477

Şenbil M., Yasak Y., Çubuk M., Arıkan K., Öztürk E. ve Hatipoğlu S. (2017). Ledli Sinyalizasyon Direklerinin Yol Kullanıcıları Üzerindeki Etkisinin Araştırılması Çalışması, Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, Tıxac Planlaması ve Uygulaması Ana Bilim Dalı, Ankara, 58s.

Kocadağ N. Y. (2017). Tıxacte Kılavuzlu Yeşil Dalga. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 101s.

Kiers M. and Visser C. (2017). The Effect of a green wave on traffic emissions. 11. FHForschungsforum “Research – Innovation – Value” Conference, Krems, Austria

Karagöz G. T. (2018). Kent İçi Sinyalize Eşdüzey Kavşaklarda Sinyalizasyon Sisteminin Modellenmesi ile Tıxac Akışının İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 80s.

Ahadi S. (2019). *Vissim Yazılımı Kullanarak Mezar-ı-Şerif (Afganistan) Örnek Çalışması İçerikli Kavşak Gecikme Analizleri*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 160s.

Yiğit H. İ. (2019). *Koordine Sinyalize Kavşaklarda Gecikme Modellemesi: Ulus Bulvarı Örneği*, Denizli. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale, 89s.

Kart Ö., Genç O. Ç. & Basciftci, F. (2021). *Speed Compatible Green Wave Corridor with The Internet of Things*. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Special Issue 2021 (ICAENS)*, 411-416.

Çakıcı Z. & Murat Y. S. (2021). "Sinyalize Dönel Kavşaklarda Diferansiyel Gelişim Algoritması ile Sinyal Süre Optimizasyonu", *El-Cezeri*, 8 (2): 635-651.

Şengül R. & Altıntaş H. Y. (2020). "Akıllı Kentin Bir Bileşeni Olarak Akıllı Ulaşım Uygulamalarının İncelenmesi: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Örneği", *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (UKSAD)*, 6 (2): 487-502.

Öztemiz F. & Karci A. (2021). "Malatya İli ulaşım ağı kavşak noktalarının merkezlilik analizi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37 (1):511- 528.

Öztemiz F. & Karci, A. (2022). "Bağlı Graflarda Etkili Düğümlerin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım", *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 24 (70):143-155.

Wandelt S., Shi X., Sun X. (2021). "Estimation and improvement of transportation network robustness by exploiting communities", *Reliability Engineering & System Safety*, 206,107307.

Chen L. and Chang C. (2017). "Cooperative Traffic Control With Green Wave Coordination for Multiple Intersections Based on the Internet of Vehicles," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 47(7):1321-1335.

Smith N. R., Zivich P. N., Frerichs L. M., Moody J., Aiello A. E. (2020). "A Guide for Choosing Community Detection Algorithms in Social Network Studies: The Question Alignment Approach", *American Journal of Preventive Medicine*, 59(4): 597-605.

Bilgin T. & Oğuz M. (2021). "A New Approach to Minimize Memory Requirements of Frequent Subgraph Mining Algorithms" . *Politeknik Dergisi*, 24 (1):237-246.

Zhang W.H., Wang W. and Hu G. (2003) *Low Transport Energy Consumption-Based Urban Development Strategy*. *Highway and Transportation Research*, 2, 80-84.

Wang W., et al. (2003) *Urban Transport System Energy Consumption and Environmental Impact Analysis Method*. Science Press, Beijing, 70-74.

Xu B.Y. (2012) *Applicability Study of Urban Main Road Green Wave Band Control*. Nanjing Forestry University.

Pan F.Q., Zhang L.X., Lu J. and Wang F.Y. (2013) *Computation Module of Vehicle Conflict Points at No Signal Controlled Intersections*. *Journal of Shanghai Jiao Tong University*, 2.

Cai J. (2013) *Urban Road Network System Planning*. Chinese Building Industry Press.

Wang N.N. (2012) *Urban Road Driving Conditions Building and Fuel Consumption Research*. Hefei University of Technology.

Jia H.F., Juan Z.C., Zhang X.X. and Nian A.N. (2004). *Highway Fuel Consumption Evaluation Indicators Identification and Comparison*.

Aboudolas K., Papageorgiou M. and Kosmatopoulos E. (2007). *Control and optimization methods for traffic signal control in large-scale congested urban road networks*. In: *American Control Conference. ACC'07: IEEE*, pp.3132- 3138.

Aboudolas K., Papageorgiou M. and Kosmatopoulos E. (2009). *Store-and-forward based methods for the signal control problem in large-scale congested urban road networks*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 17(2), pp.163-174. Adams, E. 2017. *How Long, Really, Until Self-Driving Cars Hit the Streets?* [Online]. [Last accessed 10 August]. Available from: <http://www.thedrive.com/tech/16768/how-long-really-until-self-driving-carshit-the-streets>

Aghabayk K., Sarvi M. and Young W. (2015). A state-of-the-art review of carfollowing models with particular considerations of heavy vehicles. Transport reviews. 35(1), pp.82-105.

Aghabayk K., Sarvi M., Young W. and Kautzsch L. (2013). A novel methodology for evolutionary calibration of Vissim by multi-threading. In: Australasian Transport Research Forum, pp.1-15.

Ahmane M., Abbas-Turki A., Perronnet F., Wu J., El Moudni A., Buisson J. and Zeo R. (2013). Modeling and controlling an isolated urban intersection based on cooperative vehicles. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 28, pp.44-62.

Alessio F.M., Daalderop K., Alexander G., Schober P.D., Pfliegl F.W. (2017). Ready to roll: Why 802.11p beats LTE and 5G for V2x. [Online]. [Accessed 12 August 2018]. Available from: <https://www.siemens.com/content/dam/webassetpool/mam/tag-siemenscom/smdb/mobility/road/connected-mobility-solutions/documents/its-g5-ready-to-roll-en.pdf> Amsterdam Group. 2015. Signal