

УДК 519.71(575.1)

## ТРАНСПОРТ ОҚИМЛАРИ ҲАРАКАТИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ

Холида Анорбоевна ПРИМОВА

доцент

Тошкент ахборот технологиялари университети

Самарқанд филиали

Самарқанд, Ўзбекистан

[primova@samtuit.uz](mailto:primova@samtuit.uz)

Исмоил Эргаш ўғли ИСРОИЛОВ

магистр

Тошкент ахборот технологиялари университети

Самарқанд филиали

Самарқанд, Ўзбекистан

[ismoilisroilov4082018@gmail.com](mailto:ismoilisroilov4082018@gmail.com)

### Аннотация

Мақолада транспорт оқимлари ҳаракатини моделлаштириш ёндошувлари кўриб чиқилган бўлиб, бундай тизимларни ишлаб чиқиш ҳозирги кун талаби ва долзарб масалаларидан бири.

**Таянч сўзлар:** транспорт оқими, ҳаракатни моделлаштириш, тирбандлик оқими, макроскопик модел, микроскопик модел.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Холида Анорбоевна ПРИМОВА

Доцент

Самарқандский филиал

Ташкентского университета информационных технологий

Самарқанд, Узбекистан

[primova@samtuit.uz](mailto:primova@samtuit.uz)

Исмоил Эргаш ўғли ИСРОИЛОВ

магистр

Самарқандский филиал

Ташкентского университета информационных технологий

Самарқанд, Узбекистан

[mahbub\\_f@mail.ru](mailto:mahbub_f@mail.ru)

### Аннотация

В статье рассматриваются подходы к моделированию транспортных потоков, между тем, разработка таких систем является одним из актуальных требований и актуальных вопросов.

**Ключевые слова:** транспортный поток, моделирование трафика, транспортный поток, макроскопическая модель, микроскопическая модель.

Бугунги кунда катта шаҳарларда, айниқса, шаҳарнинг марказий қисмларида йўл ҳаракатини ташкиллаштириш катта ва ечимини кутаётган масалалардан бири ҳисобланади. Бу муаммони автомобиллаштириш даражасининг ортиши туфайли юзага келганлиги билан изоҳлаш мумкин. Транспорт воситаларининг йўллардаги ҳаракатининг қисман ташкиллаштирилганлиги ёки умуман ташкиллаштирилмаганлиги ҳаракат хавфсизлигига дахл солибгина қолмасдан, кўча тармоғининг йўл бериш қобилияти камайишига сабаб бўлади.

Шаҳарларда транспортлар ҳаракатини яхшилашда йўллар қурилишини ўзгартириш, яъни кўприклар, ер ости йўлларининг қурилиш ечими узок муддатли ҳисобланади, шунинг учун бу ечим ҳал этишда етарлича катта молиявий вақт сарфини талаб этади. Мазкур муаммони молиявий ва вақт сарфисиз ҳал этишни шаҳар йўллар тармоғида транспорт ҳаракатини бошқаришнинг компьютерлаштирилган автоматик тизимини қўллаш орқали ҳал этиш мумкин.

Йўл ҳаракатининг хавфсизлиги транспорт ва йўловчилар оқимини бошқаришнинг самарадорлиги йўл ҳаракатини бошқариш тизими дастурий-техник воситасининг ишончлигиги ва хатоликларга бардошли эканлиги билан баҳоланади. Шунинг учун йўл ҳаракатини ташкиллаштириш ва транспорт оқимини бошқариш тизимини ишлаб чиқишда алоқа ва бошқаришнинг замонавий технологияларидан фойдаланиш муҳим ҳисобланади. Бундай тизимларни ишлаб чиқиш ҳозирги кун талаби ва долзарб масаласи ҳисобланади [1, 3].

Ҳар қандай йўл-транспорт кесишмасини лойиҳалашда (шаҳар магистралларининг бир ёки турли даражадаги кесишувлари) дизайнерда доимо саволлар туғилади. Масалан танланган геометрия лойиҳалаштирилган кесишмада қандай ҳаракат режимини ҳосил қилади. Келажакдаги кесишмада хавфсизлик ва қулай ҳаракат таъминланадими деган саволларга жавоб бериши керак. Шунингдек бошқа вазиятда йўл-транспорт узелини қайта таъмирлаш ёки янги қуриш бўйича ҳар бир лойиҳа давлат дастурларида

тасдиқлашни талаб этади. Бундан ташқари, шаҳардаги ҳар қандай йирик қурилиш, албатта, фуқароларда катта қизиқиш уйғотади, улар ҳам ўзлари яшаётган шаҳарнинг кўча ва йўл тармоғида қутилаётган ўзгаришлардан хабардор бўлиши керак.

Бироқ, шаҳарларнинг йўл тармоғида турли даражадаги кесишмалар ва бошқа мураккаб тугунлар пайдо бўла бошлаганда тадқиқотчиларимиз келажакдаги йўл транспортининг тузилмаси ҳамда унинг фаолиятини ўзига хос хусусиятлари ҳақида ишончли маълумотларни олишни ўз олдиларига мақсад қилиб қўйганлар.

Маҳаллий олимларимиз бу муаммога хорижий ҳамкасбларига қараганда анча кечроқ дуч келишди. Шу муносабат билан, ушбу тадқиқот ишида маҳаллий тадқиқотчилар томонидан яратилган транспорт оқимлари назарияси моделлари кўриб чиқилмаган.

Айни пайтда чет эллик олимлар бутунлай қарама-қарши вазиятга дуч келишмоқда. Доналд Дреҗ ўзининг "Тирбандлик оқими назарияси ва назорати" китобида "Тирбандлик оқими назарияси" соҳасида иш бошлаган кўплаб ёш тадқиқотчилар ўз олдиларига қўйилган вазифани амалга ошириш муаммосини таҳлил қилди. Бунда формулалар яъни охир-оқибатда битта формуладан фақат компьютер томонидан қайта ишланиши мумкин бўлган бутун массивларгача бўлган жуда кўп турдаги моделларнинг тўпланишга олиб келади [1, 3].

Моделлаштириш асосан ишлайдиган аналогни қуришдир. Бу кўриб чиқиляётган ҳақиқий муаммо билан хусусиятларнинг ўхшашлигини ёки муносабатларини акс эттирувчи ишчи моделни қуриш ҳисобланади. Моделлаштириш мураккаб транспорт муаммоларини реал шароитда эмас, балки лаборатория шароитида ўрганиш имконини беради. Умуман олганда, моделлаштиришни компьютерда модел қуриш ва уни вақт ўтиши билан силжитиш орқали реал дунёнинг бирон бир қисмини динамик кўрсатиш сифатида аниқлаш мумкин.

Ўтган 50 йил ичида микро ва макро даражадаги транспорт оқимларини симуляция қилувчи кўплаб математик эҳтимоллик моделлари яратилган. Улардан баъзилари, масалан, VISSIM ҳисобланади. Бошқалари эса, таълим муассасаларида ва лойиҳа институтларида таълим бериш мақсадида пайдо бўлди ва ривожланмоқда.

Транспорт оқимларини симуляция қилиш (тақлид қилиш) моделлари қисмни моделлаштириш даражасига ёндашувга кўра, кўпинча 4 синфга бўлинади. Биринчи даража одатий макроскопик моделлар бўлиб, бу ерда транспорт оқими суюқлик динамикаси қонунларига бўйсунадиган зарралар оқими сифатида ифодаланади. Иккинчи даража – энг кўп ишлатиладиган моделлар – микроскопик бўлган ва алоҳида транспорт воситаларига ҳамда уларнинг хатти-харакатларига қаратилган. Макроскопик моделлар камроқ ҳисоблаш ресурсларидан фойдаланади ва шунинг учун катта йўл тармоқларини симуляция қилишга имкон беради, натижалар кўпинча микроскопик симуляцияларга қараганда камроқ аниқ бўлади [4]. Бундан фарқли ўлароқ, учинчи даражали мезоскопик моделлар макроскопик ўзгарувчиларни бошқариш орқали бошқариладиган алоҳида транспорт воситаларидан фойдаланган ҳолда макроскопик ва микроскопик симуляциялар ўртасидаги бўшлиқни тўлдиришга ҳаракат қилади. Субмикроскопик моделлар тўртинчи даража бўлиб, энг юқори даражадаги тафсилотларни таъминлайди. Шунинг учун улар кўпинча автомобил саноатида битта транспорт воситасининг ҳаракатини тақлид қилиш учун ишлатилади.

Қоида тариқасида, барча дастурларда транспорт оқимини моделлаштириш микро даражада содир бўлади. Қуйида энг кўп тарқалган эҳтимоллик моделлари келтирилган.

*Кинематик модел* ўзининг асосий кинематик тенгламасидан автомобил олдида турган бошқа транспорт воситаси билан тўқнашувнинг олдини олиш учун кўрсатиши керак бўлган максимал тезланиш ёки секинлашув даражасини аниқлаш учун фойдаланади. Ҳар бир вақт босқичида + 1 нинг янги қиймати

танланган соат оралиғида тўқнашувнинг олдини олиш учун етарлича юқори бўлиши керак, бу тўқнашувдан олдинги вақт -  $t_s$ . Бундан ташқари, кейинги  $d_x$  сегментининг маълум бир оптимал қийматига эришиш учун  $D_x$  масофасини доимий равишда ўзгартириш керак. Тезлик  $[0 \dots V_{max}]$  оралиғида бўлиши мумкин [3, 4].

$$a_{n+1} = a_n + (Dx - dx) \cdot \frac{2}{t_c^2} + dv \cdot \frac{2}{t_c}$$

Модел фақат 2 параметрга боғлиқлиги сабабли унинг калибрлаш ҳаракатлари анча паст бўлади. Аммо симуляциялар ҳам юқори эҳтимоллик даражасига эриша олмаслиги мумкин. Чекловлари туфайли кинематик модел транспорт оқимларини замонавий моделлаштиришда жуда кам вазнга эга ва автомобил йўлининг қатнов қисмининг кенглигини аниқлашда фойдаланиш тавсия этилмайди. У Европанинг кўплаб университетларида таълим жараёнига фақат таълим мақсадида киритилган.

*БАНДО эҳтимоллик модели.* 1995 йилда Бандо ва унинг ҳамкасблари оптимал тезлик модели деб номланган моделни тақдим этдилар [4]. Бу детерминистик етакчи моделлар гуруҳига кирувчи тезлик зичлиги модели бўлиб, мақсадли автомобил тезлигини макроскопик транспорт зичлиги билан боғлайди. Бандо оптимал тезликни шундай аниқладики, ҳар бир автомобил қуйидаги нисбатга риоя қилиши зарур ҳисобланади:

$$a_{n+1} = \alpha(v_{opt}(dx) - v_n)$$

бу ерда  $a_{n+1}$  – кейинги вақт оралиғи учун тезлаштириш;

$\alpha$  - сезувчанлик омили (реакция вақтига тесқари қиймат).

$v_{opt}$  - оптимал тезлик функцияси;

$dx$  - олдинги автомобилгача бўлган масофани ўзгартириш;

$v_n$  - жорий автомобил тезлиги.

Вақт ўтиши билан модел бир нечта оптимал тезлик хусусиятлари билан ўзгартирилади. Мисол учун, транспорт тезлигини ошириш функцияларидан фойдаланиш ёки эркин автомобил тезлиги (тирбанд бўлмаган транспорт

оқими) ва сиғимдаги тезлик (тирбанд транспорт оқими) ўртасидаги 4 параметрли тенглама билан фарқлаш мумкин [5].

*Немис автомобил йўллари учун мил параметр қийматлари* Хоефс (1972) тадқиқотларида турли хил сценарийлар учун (тормоз сигналлари билан бўлмасдан олдинга силжиш ёки автомобилга яқинлашиш) ўрнатилган. Бироқ, Европа магистралларида автотранспорт воситаларининг барқарор ўсиши туфайли, VABSIM симуляция пакетини ишлаб чиқиш жараёнида мос ёзувлар параметрлари қайта калибрланган, натижада янги параметрлар тўпламлари ва реалроқ симуляция натижалари пайдо бўлди [6].

*Спарманнинг эҳтимоллик чизигини ўзгартириш модели.* WIEDEMANNнинг ишига асосланиб, Спарманн икки қаторли автомагистрал учун чизикни ўзгартириш алгоритмини ишлаб чиқди (Спарманн, 1978). Ўзаро таъсир қилиш учун барча олтита потенциал қўшимчани ҳисобга олган ҳолда (яъни, ҳар бир транспорт қаторининг олдида, орқада, шунингдек, иккита ён томонда турганлари) транспорт воситаси WIEDEMANN параметрларидан фойдаланган ҳолда қаторни ўзгартириш мумкин. Йўлакни ўзгартиришга зарурат туғилиши биланок, бундай ўзгариш унга ёки унинг “ён қатори” деб аталадиган нарсага хавф туғдирадими ёки йўқми текширилади [6, 7]. Агар барча транспорт воситаларининг хавфсизлиги таъминланса, чизикни ўзгартириш жараёни бошланади ва автомобил кўшни қаторда бўлади. Спарман моделининг камчиликларидан бири – фаоллик ёндашувининг йўқлиги. Бошқа транспорт воситаларининг қаторларини ўзгартириш зарурати эътиборга олинмаган ҳолда, фақат кўшни транспорт воситалари ҳисобга олинади.

Ҳаракатланишда эҳтимоллик чизигини ўзгартириш модели Тайс (1997) Спарман моделига стратегик компонентини қўшимча қилиб қўшди. Агар транспорт воситаси маълум бир чизик бўйлаб ҳаракатланса, у биринчи навбатда яқин атрофдаги транспорт воситаларини ҳисобга олиши зарур. Аксинча, ҳаракатланувчи транспорт воситаси йўлакни ўзгартирувчи транспорт воситаси учун бўш жой яратиш учун тезлаштириш ёки

секинлашишни ёки унга жой бўшатиш учун бўлакларни ўзи ўзгартиришни ҳал қилиши керак [6, 7].

**PTV Vision VISSIM** дастурий пакетидаги **WIEDEMANN** модели. Симуляция моделлаштириш. VISSIM симуляция тизими иккита алоҳида дастурдан иборат бўлиб, улар бир-бири билан интерфейс орқали ўзаро таъсир қилади, унда детекторларнинг ўлчов маълумотлари ва бошқарув тизимларининг ҳолати тўғрисидаги маълумотлар алмашилади. Симуляция натижаси – реал вақт режимида график кўринишидаги трафикни анимация қилиш ва кейинчалик барча турдаги транспорт ва техник параметрларни чиқариш, масалан, саёҳат вақти ва кутиш вақтини тақсимлаш, фойдаланувчилар гуруҳлари томонидан фарқланади [7].



**1-расм. PTV Vissim дастурий пакети**

Ҳаракат оқими модели олддаги транспорт воситасининг орқасидаги устунда ҳаракатни бир бўлакда кўрсатиш учун олдиндаги транспорт воситасини кузатиб бориш модели ва бўлакни алмаштириш моделини ўз ичига олади. Йўл ҳаракати билан боғлиқ бошқарув мантиғи ёритиш тизимлари учун ташқи бошқарув дастурлари ёрдамида моделлаштирилган. Мантиқий

бошқарув дастури детекторларнинг параметрларини 1 секунддан 1/10 секундгача бўлган даврда (светофорнинг ўрнатилиши ва турига қараб) сўрайди. Олинган қийматлар ва вақт оралиқларидан дастур симуляциянинг кейинги босқичи учун барча бошқарув тизимларининг ҳолатини аниқлайди ва уларни транспорт оқими симуляциясига киритади.

Симуляция тизимининг аниқлиги учун транспорт оқими моделининг сифати муҳим аҳамиятга эга, яъни тармоқдаги транспорт воситаларининг ҳаракатини ҳисоблаш усули. Доимий тезлик ва олдинги автомобилларни кузатиб боришнинг доимий хатти-ҳаракатига асосланган оддий моделлардан фарқли ўлароқ, PTV Vision® VISSIM Weidemann идрокиннинг психофизиологик моделидан фойдаланади [7, 8]. Моделнинг асосий ғояси шундан иборатки, юқори тезликда ҳаракатланаётган транспорт воситасининг ҳайдовчиси олдинги транспорт воситасидан масофага нисбатан индивидуал идрок чегарасига эришилганда, олдидаги транспорт воситасигача бўлган масофа бошланганда тормозлашни бошлайди. Олдиндаги транспорт воситасининг тезлигини аниқ ҳисоблай олмагани учун, идрок этиш чегарасига етгандан сўнг ўзи билан ўртасида нималар пайдо бўлганини идрок эта бошлагунга қадар унинг тезлиги олдинги автомобил тезлигидан пастга тушади. Олдидаги транспорт воситасигача бўлган масофа жуда катта. Бу доимий енгил тезлашув ва секинлашувга олиб келади [9, 11]. Тезлик ва масофани тақсимлаш функциялари ҳайдовчининг турли хатти-ҳаракатларини тақлид қилади.

Ушбу турдаги симуляция моделлари автомобиллар оиласига тегишли:

- Gazis-Herman-Roteri (GHR).
- CollisionAvoidancemodel (CA) - Kametani va Sasaki, Gipps, Leuzbax, Kraus моделлари.
- PsychophysicalorActionPointmodel (AP) - Wiedemann модели
- Linearmodel - Helly, Hanken va Rockwell, Bernham va Seo, Aron Xing моделлари.



- Fuzzylogic-based model 06/28/2010 - Rekersbring, Henn, McDonald va Wu моделлари.

Автоуловлар оиласининг моделлари индивидуал транспорт воситасининг хусусиятларига асосланади. Vaydemanning PSM модели микродаражада транспорт ҳаракатини моделлаштиришда ҳисобга олинган омилар сони бўйича ҳисоблайди. Weidemann модели ҳайдовчининг хусусиятларини, транспорт воситасининг ўзини ва уяли автоматлар ҳамда бошқа автомобилларга эргашадиган моделлар синфлари ўртасидаги ўрта жойни ифодалайди.

Карлсруе технология университети томонидан олиб борилган кўплаб эмпирик тадқиқотлардан сўнг, олдинги автомобилни кузатиб боришнинг ушбу модели маълумотномага айланди [11]. Сўнгги ўлчовлар шуни кўрсатадики, сўнгги йилларда ўзгарган транспорт воситаларининг ҳайдаш услуби ва техник имкониятлари ушбу моделда тўғри акс эттирилган.

Кўп полосали қатнов қисмларида VISSIM моделидаги ҳайдовчи нафақат олдинги транспорт воситаларини, балки иккала қўшни бўлакдаги транспорт воситаларини ҳам ҳисобга олади. Ҳайдовчига қўшимча равишда тўхташ чизиғига 100 м қолганда светофорга алоҳида эътибор берилади.

VISSIM -да ҳайдовчи-автомобил деб аталадиган бирликлар тармоқ бўйлаб ҳаракатланади. Ҳар бир ҳайдовчи ўзига хос хулқ-атвор параметрларига эга бўлган маълум бир транспорт воситаси билан боғланган. Бундай ҳолда, ҳайдаш услуби автомобилнинг техник имкониятларига тўғри келади.

Симуляция моделлаштириш, бу босқичда, транспорт ва пиёдалар оқимининг ҳаракатини баҳолаш ва таҳлил қилиш учун кучли восита ҳисобланади. Бундан ташқари, PTV Vision® VISSIM даражасидаги дастур дизайнернинг ишини сезиларли даражада соддалаштиришга имкон беради ва йўл транспорти ва ҳар қандай шаҳарсозлик объектларини лойиҳалаш учун ишончли платформа яратади.

## Фойдаланилган адабиётлар:

1. Дрю А. Теория транспортных потоков и управление ими. //Транспорт, 1972.
2. Исроилов И.Е, Тешаев Ш.А., Юлдошев У. Транспорт оқимини самарали ташкил этиш // «Ахборот коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратишда инновацион ғоялар» республика илмий-техник конференцияси, 17-18 май, 2021 йил, Самарқанд, II-ТОМ. – Б. 318-319 .
3. Метсон Т. Организация движения. Научно-техническое издательство министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР. – Москва, 1960. – 462 с.
4. A microscopic traffic simulator for evaluation of dynamic traffic management systems / Q. Yang and H. N. Koutsopoulos // Transportation Research Part C, 4(3). 1996. pp. 113–129
5. Bando, M., Hasebe, H., Nakayama A., Shibata, A. and Sugiyama, Y. (1995) “Dynamical Model of Traffic Congestion and Numerical Simulation“. Physical Review E 51.
6. Sparmann, U. //“Spurwechselfvorgänge auf zweispurigen BAB-Richtungsfahrbahnen“. Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 1978. 263.
7. Wiedemann, R. //“Simulation des Straßenverkehrsflusses“. PhD-thesis. University of Karlsruhe. 1974 y. Germany.
8. Brilon, W. and Hartmann, D. “Fortentwicklung und Bereitstellung eines bundeseinheitlichen Simulationsmodells für Bundesautobahnen“. Research project FE01/157/2001/IRB for the Bundesanstalt für Straßenwesen (Federal Highway Research Institute, Germany), in cooperation with the Ruhr- University Bochum. Germany 2004.
9. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVWB).// “Neubau von Bundesautobahnen“, Sept. 2004, <http://www.bmvbw.de/Neubau-von-Autobahnen-.377.htm>.
10. Holida Primova, Qodir Gaybulov, Ismoil Isroilov Selection of building material using the decision-making system //International conference on information

science and communications technologies: applications, trends and opportunities  
November 3-5, 2021 <http://www.icisct2021.org/>

11. Gazis, D.C., Herman, R. and Rothery, R.W. //“Non-linear Follow-the-Leader Models of Traffic Flow”. Operations Research 9, No.4 , 1961 .

12. Hoefs, D.H.// “Untersuchung des Fahrverhaltens in Fahrzeugkolonnen“. Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 140, 1961.