

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

АЛЛАМОВ ОЙБЕК ТУРАБАЕВИЧ

ГРАФЛАР НАЗАРИЯСИ АСОСИДА МАРШРУТЛАРНИ ТАНЛАШ
МАСАЛАСИНИ ЕЧИШ УСУЛ ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.04-Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг
математик ва дастурий таъминоти

ТЕХНИКА ФАНЛАР БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2018

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Алламов Ойбек Турабаевич

Графлар назарияси асосида маршрутларни танлаш масаласини ечиш усул ва алгоритмлар..... 3

Алламов Ойбек Турабаевич

Методы и алгоритмы решения задачи выбора маршрута на основе теории графов..... 19

Allamov Oybek Turabaevich

Methods and algorithms for solving the route selection problem based on graph theory..... 35

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 38

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

АЛЛАМОВ ОЙБЕК ТУРАБАЕВИЧ

ГРАФЛАР НАЗАРИЯСИ АСОСИДА МАРШРУТЛАРНИ ТАНЛАШ
МАСАЛАСИНИ ЕЧИШ УСУЛ ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.04-Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг
математик ва дастурий таъминоти

ТЕХНИКА ФАНЛАР БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФРАТИ

Тошкент – 2018

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.1.PhD/Т48 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва "Ziyonet" Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Нишанов Аҳрам Хасанович
техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар:

Рахматуллаев Марат Алимович
техника фанлари доктори, профессор

Сувонов Олим Омонович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил « ____ » _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳар, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (____ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳар, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2018 йил « ____ » _____ куни тарқатилди.
(2018 йил « ____ » _____ даги ____ рақамли реестр баённомаси)

Р.Х.Хамдамов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ф.М.Нуралиев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

Х.Н.Зайниддинов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва аҳамияти. Жаҳонда транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш, йўлдаги тирбандликларнинг олдини олиш ва транспорт оқимларини оқилона бошқариш масалаларини ҳал қилишда соҳага автоматлаштирилган ахборот тизимларини жорий қилиш ҳамда мавжудларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Статистик маълумотларга кўра, 2017 йилда «Google компаниясининг навигация тизими фойдаланувчиларининг сони 200 миллионга етган»¹ ва бу кўрсаткич йил сайин кўпайиб бормоқда. Жаҳоннинг бир қатор мамлакатларида, хусусан Россия, АҚШ, Буюк Британия, Хитой, Ҳиндистон, Германия, Япония ва Ўзбекистонда навигация тизимлари асосида транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш, йўлдаги тирбандликларни камайтириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда.

Жаҳонда автоматлаштирилган тизимлардан фойдаланган ҳолда объектлар геоjoyлашув харитасини тузиш, транспорт воситалари ҳаракатини тартибга солиш ва заҳира маршрутларни аниқлаш масалаларини тадқиқ қилиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш билан боғлиқ илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан графлар назарияси, маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш усуллари ва алгоритмларидан фойдаланган ҳолда транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш ва шаҳарларда тирбандликларни камайтириш учун дастурий воситалар мажмуасини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамызда ахборот-коммуникация технологиялари асосида техник, интерактив ва интеллектуал хизмат кўрсатиш, ривожлантириш сифатини оширишга, хусусан, транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш ва шаҳарларда йўлдаги тирбандликларни камайтириш, муҳим объектларнинг геоjoyлашуви тўғрисидаги маълумотларни олиш, заҳира йўллари аниқлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларда ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... йўл-транспорт, муҳандислик-коммуникация ва ижтимоий инфратузилмаларни ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш, ... иқтисодиёт, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, хусусан, графлар назарияси асосида маршрутни танлаш масаласини ечиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш энг муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони, 2017 йил 29 августдаги «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3245-сон Қарори, Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 23 ноябрдаги «Бухоро, Самарқанд,

¹ <https://www.statista.com/statistics/204907/number-of-google-maps-mobile-users-since-2010/>

² http://strategy.gov.uz/uz/pages/development_economy

Хива ва Шахрисабз шаҳарларида хавфсиз туризмни таъминлаш чоратadbирлари тўғрисида»ги 939-сон Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV.«Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Графлар назариясига асосланган транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишнинг асосий вазифаларидан бири бўлган маршрутларни танлаш масаласини ҳал қилиш ҳамда амалиётга татбиқ қилиш борасида қуйидаги олимлар тадқиқотлар олиб борган: G.B.Dantzig, R.E.Bellman, L.R.Ford, D.R.Fulkerson, E.W.Dijkstra, P.D.Whiting, J.A.Millier, S.Warshall, D.B.Johnson, E.V.Denardo, B.L.Fox, M.L.Fredman, R.E.Tarjan, P.Vincke, G.Ramalingam, T.Reps, R.W.Floyd, В.Ананий, В.Ю.Андрианов, Е.О.Трубаков ва бошқаларнинг ишида кўриб чиқилган.

Ўзбекистонда М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.Х.Фозилов Р.Х.Хамдамов, А.Х.Нишанов, М.А.Рахматуллаев, Д.Т.Мухамедиева, Н.А.Игнатъев ва бошқалар интеллектуал таҳлил, маршрутларни танлаш масалаларини ва у билан боғлиқ муаммоларни ҳал этишга катта ҳисса қўшганлар.

Ҳозирги кунда графнинг динамик ўзгариши хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда кўп параметрли графда энг мақбул маршрутларни танлаш имконини берувчи усул ва алгоритмларни яратиш муаммолари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг А-5-019 «Ўзбекистондаги телекоммуникация тармоқларининг ишончлилигини муқобиллаштиришнинг нейроноравшан усуллари» (2012-2014) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади графлар назариясининг модель, усул ва алгоритмлари асосида транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солишни лойиҳалаш, маълумотларга параллел ва тақсимланган ҳолда ишлов беришнинг дастурлари мажмуасини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

шаҳарларда транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш, йўлдаги тирбандликларни камайтиришда маълумотлар графи ва билимлар базасининг ахборот моделини ишлаб чиқиш;

граф маълумотлари базаси асосида транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш учун L захира йўллари танлаш ва мақбул маршрутни аниқлаш алгоритмининг ишлаб чиқиш;

транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишда маълумотларни параллел ва тақсимланган ҳолда қайта ишлаш усулини ишлаб чиқиш;

транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишда маълумотларни шакллантириш, йиғиш ва қайта ишлашга йўналтирилган дастурий воситалар мажмуини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти сифатида шаҳарларда транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солиш ва тирбандликларнинг олдини олишнинг ўзгарувчан жараёнлари олинган.

Тадқиқот предмети - транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солиш мезони, граф маълумотлар ва билимлар базаси, статик ва динамик параметрларни шакллантириш, графларга асосланган алгоритмлар ва дастурий воситалар қаралган.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида графлар назарияси, маълумотларнинг интеллектуал таҳлили, алгоритмлаш, моделлаштириш, параллел ҳисоблаш ва динамик дастурлаш ҳамда объектга-йўналтирилган дастурлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солиш учун L та заҳира йўлни аниқлаш ва мукамал маршрутни танлаш масаласини ечишнинг Дейкстра алгоритми динамик тузилмалар асосида такомиллаштирилган;

шаҳарларда транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солиш ва тирбандликларни камайтиришда граф маълумотлар базасининг ахборот IDEF1x модели ишлаб чиқилган;

транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солишда маълумотларга параллел ва тақсимланган ҳолда ишлов бериш алгоритми ишлаб чиқилган;

энг мақбул маршрутларни аниқлашда ахборот тизимлари билан ўзаро боғланишни ва маълумот алмашишни таъминловчи интеграция модуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

транспорт воситалари ҳаракатларини, сув оқимларини мукамал тақсимлаш ва телекоммуникация тизимларида ахборот оқимларини бошқариш учун динамик кўп параметрли графлар асосида маршрутларни танлаш масаласини ечиш алгоритми ишлаб чиқилган;

транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солиш учун ресурс чекланганда маршрутларни танлаш масаласини ечиш усули ишлаб чиқилган;

тармоқларда ахборот оқимларини кўп параметрли мукамал, тўғри бошқаришнинг алгоритми ва дастурий воситаси ишлаб чиқилган;

транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солиш, шаҳарларда тирбандликларни камайтириш учун статик ва динамик параметрларни инобатга олган ҳолда мақбул маршрутлар аниқлашнинг дастурий воситалар мажмуаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги транспорт воситаларининг ҳаракати ва телекоммуникация тизимларининг ахборот оқимларини бошқариш учун динамик кўп параметрли

графлар асосида маршрутларни танлаш масаласини ечишнинг математик ифодаланиши ҳамда уларни ечишда таклиф қилинган алгоритмлар мутахассис экспертлар томонидан қўллаб-қувватланганлиги, шунингдек яратилган дастурий воситанинг тест натижаларига мослиги ва ҳақиқий маълумотлар билан солиштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш ва шаҳарларда тирбандликларнинг олдини олиш жараёнида графлар назарияси асосида маршрутларни танлаш масаласини ечишда назарий тажрибаларни ўтказишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти статик ва динамик параметрларни ҳисобга олган ҳолда транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш учун мақбул маршрутлар жадвалини тузишда алгоритмик ва дастурий воситаларни амалга жорий қилиш натижасида маълумотлар график кўринишда ифодаланади, мониторинг ўтказилади ва мақбул қарор қабул қилинади, ҳақиқий вақт режимида транспорт воситаларининг ҳаракатланишини кузатиш, ҳаракат йўналиши бўйича маршрутлар жадвалини олиш, ҳаракатланиш вақти ва харажатларини камайтириш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Графлар назарияси асосида маршрутларни танлаш масаласини ечиш усул ва алгоритмлари ҳамда дастурий воситалар мажмуасини лойиҳалаш асосида:

кўп параметрли динамик графларда энг мақбул маршрутларни аниқлаш алгоритми ва дастурий воситаси “Ўзбектелеком” АКнинг “Телекоммуникация транспорт тармоғи” филиалига жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 21 ноябрдаги 33-8/7905-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида яратилган дастурий воситани қўллаш орқали мутахассисларга тизим турғун ишлашида қарор қабул қилиш жараёни самарадорлигини ошириш имконини берган;

транспорт воситалари ҳаракатларини тартибга солиш ва шаҳарларда тирбандликларни камайтириш учун ишлаб чиқилган дастурий воситалар мажмуаси Ўзбекистон Республикаси Хоразм вилояти “MustafoSoftware” МЧЖга жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 21 ноябрдаги 33-8/7905-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасидаги математик ва дастурий таъминотни қўллаш транспорт воситаларига кетадиган сарф-харажатларни 11-15% га камайтириш имконини берган;

транспорт воситалари ҳаракатларини мониторинг қилиш ва фойдаланувчиларга интерактив хизмат кўрсатувчи дастурий восита Ўзбекистон автомобиль ва дарё транспорти агентлиги Хоразм вилояти бошқармасида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 21 ноябрдаги 33-8/7905-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида яратилган дастурий воситани қўллаш шаҳарда транспорт воситаларидан фойдаланиш унумдорлигини 1,2 мартага ошириш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари апробациядан ўтган ҳамда 5 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.

Тадқиқот мавзуси бўйича жами 27 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, 2 таси хорижий ва 6 таси республика журналларида чоп этилган ҳамда 4 та ЭҶМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 116 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва унга қанчалик талаб катталиги, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, шунингдек объекти ва предмети ифодаланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалга жорий қилиш рўйхати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Навигация тизимлари, маршрутларни танлаш масаласини ечиш алгоритмлари ва усулларининг таҳлили”** деб номланган биринчи бобида маршрутларни танлаш масаласини ечиш усули, алгоритми ва навигация тизимларини ўрганиш бўйича хорижий давлатлар ва республикамизда амалга оширилган тадқиқотлар таҳлил қилинган. Бунда транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш ва йўлдаги тирбандликларни камайтириш учун ишлаб чиқилган усул, мезонлар ва энг мақбул маршрутларни танлашда фойдаланиладиган тизимлар, хизматлар, технологиялар тадқиқ қилинган. Транспорт воситалари учун кўрсатиладиган интерактив хизматларнинг ўзига хос хусусиятлари ўрганилган.

Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишда навигация тизимларида қўлланиладиган ускуна ва технологияларнинг таҳлили келтирилган.

Таҳлил натижасида навигация тизимлари асосида объектларнинг геожойлашуви тўғрисидаги маълумотларни олиш, шаҳарларда транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш ва йўлдаги тирбандликларнинг олдини олиш учун дастурий воситалар мажмуасини ишлаб чиқиш имконияти яратилди.

Бундан ташқари, транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишда маршрутларни танлаш масаласини ечиш учун веб-технологияларга асосланган дастурлар таҳлил этилган. Кенг қўлланилаётган маршрутларни танловчи

дастурларнинг камчиликлари ўрганилган, мақбул маршрутни танлаш ва йўлнинг давомийлиги ўртасида алоқа йўклиги асосланган, булар асосида бошқа параметрларнинг аҳамияти белгиланган.

Энг қисқа йўлни аниқлаш усул ва алгоритмларининг қиёсий таҳлили келтирилган. Алгоритмларнинг қиёсий таҳлили асосида Дейкстра алгоритмини такомиллаштириш орқали юқори самарадорликка эришиш мумкинлиги аниқланган.

Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш, телекоммуникация тармоқларидаги ахборот оқимлари, гидроконструкцияларни бошқариш каби муаммоларни ҳал этиш маршрутни танлаш масаласининг ечимини топиш билан чамбарчас боғлиқ. Маршрутларни танлаш деганда ҳаракатланаётган бирор бир объектнинг бир жойдан иккинчи жойга мақсадли (мезон, қоидага асосланган ҳолда) кўчиши тушунилади. Шунини айтиб ўтиш лозимки, динамик мақбул маршрутларни танлаш масаласида графнинг тугунлари ва қирралари сонининг кўп бўлиши энг яқин бўлган заҳира йўлларни ва мақбул маршрутларни топиш орқали ҳисоб-китоблар ҳажмининг кўпайишига олиб келади.

Таҳлилларга кўра техник жиҳозлар, ҳисоблаш воситалари ва дастурий воситаларнинг ривожланиши транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш масаласини ҳал қилиш имконини беради. Ушбу диссертация иши кўп параметрли функционал боғланган динамик ҳолатлар учун энг мақбул маршрутлар заҳирасини танлаш, граф қирралари орасидаги боғлиқликларни ўрганади.

Таҳлил натижаларига кўра биринчи бобнинг якунида диссертация ишининг мақсади ва вазифалари белгиланган.

Диссертациянинг **“Графлар назарияси асосида маршрутларни танлаш масаласини ечиш усул ва алгоритмлари”** деб номланган иккинчи боби кўп параметрли графлар асосида энг мақбул маршрутларни топиш усул ва алгоритмларни ишлаб чиқишга бағишланган.

Графлар назариясидан фойдаланган ҳолда маршрутларни танлаш масаласини ечиш усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган. Маршрутларни танлаш масаласини ечишда статик кўп параметрли граф қирраларининг оғирлик коэффициентини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилиб, улар асосида энг мақбул йўллар мажмуалари аниқланган. Бундан ташқари, энг мақбул йўллар мажмуасини танлаш бўйича такомиллаштирилган Дейкстра алгоритми ишлаб чиқилди. Динамик параметрли графда энг мақбул маршрутларни танлаш ресурслари ва алгоритми чекланганда маршрутларни танлаш масаласини қисман ечиш усули ишлаб чиқилди.

Дастлабки граф қуйидаги кўринишда берилган: $G = (V, E)$, бу ерда $V = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$ графнинг учлари; $E = (e_1, e_2, e_3, \dots, e_m)$ эса - қирралари. Ҳар бир қирра $e_i = (v_x, v_y)$, $1 \leq x, y \leq n$. Бундан ташқари, e_i қирраларга мос c_{ij} , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$ статик параметрлар берилган. Диссертация ишида статик c_{ij} параметрларнинг бир қисмини минималлаштириш, шунингдек қолган қисмини

максималлаштириш масаласи кўриб чиқилган. Минималлаштирилган параметрлар a_i деб, максималлаштирилган параметрлар эса b_i деб белгиланган ва улар қуйидагича ҳисобланган:

$$a_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k C_{ij} ; b_i = \frac{1}{u-k} \sum_{j=k+1}^u C_{ij} , i = \overline{1, m} \quad (1)$$

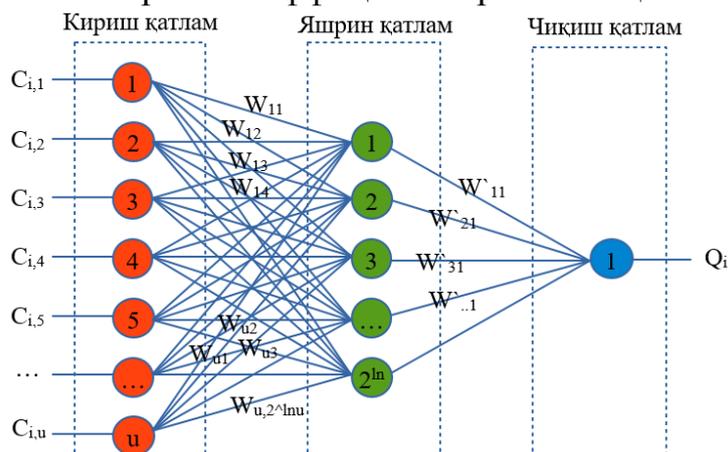
Бу ерда a_i , i -қирранинг максималлаштирилган коэффицентларининг ўртача k суммасини билдиради, b_i , эса i -қирранинг $u-k$ та минималлаштирилган коэффицентларининг ўртача суммасини билдиради. Бошқача қилиб айтганда, графда a_i компонентлар асосида минималлаштириш ва b_i , компонентлар бўйича максималлаштириш масаласи кўриб чиқилади.

Бу иккита масала умумлаштирилган ҳолда қуйидаги шаклда келтирилган:

$$\left\{ \begin{array}{l} I(\lambda_p) = \frac{\sum_{i=1}^m a_i \cdot \lambda_{pi}}{\sum_{i=1}^m b_i \cdot \lambda_{pi}} \rightarrow \min \\ \lambda_p \in \Lambda^l = \{\lambda_p : \lambda_{pi} \in \{0,1\}, i = \overline{1, m}, l = \overline{1, m}\} \end{array} \right. \quad (2)$$

Ушбу ифодада, $I(\lambda_p)$ - P -йўлга тегишли сифат мезонининг функционал қиймати, Λ^l - тўплам, $\lambda_p = (\lambda_{p1}, \lambda_{p2}, \lambda_{p3}, \dots, \lambda_{pm})$ - ушбу графда $l = \overline{1, m}$ асосида мавжуд бўлган барча йўллар мажмуаси, шунингдек бу ерда йўлларнинг умумий миқдори $p \leq 2^m - 1$ дан ошмайди. Танланган λ_p йўлнинг функционал қиймати қанчалик кичик бўлса, бу йўл шунчалик мақбул ҳисобланади. Қирралар коэффицентининг ўлчами $Q_{e_i} = a_i/b_i$, $i = \overline{1, m}$ деб белгиланган ва ундан графнинг кўп параметрли ҳолатидан битта параметрга ўтиш учун фойдаланилади.

Бундан ташқари, диссертация ишида кўп қатламли нейрон тўрлар модели асосида қирраларнинг оғирлик коэффицентларини аниқлаш масаласи ечилган.



1-расм. Кўп қатламли нейрон тўр модели

Қирраларнинг оғирлик коэффицентларини аниқлаш 1-расмда келтирилган нейрон тўр асосида ҳисобланади. Нейрон тўрни қуришда кирувчи параметрлар сифатида статик параметрлар, ҳар бир қирра учун берилган маълумотлар олинса, чиқишда экспертлар томонидан белгиланган баҳолар

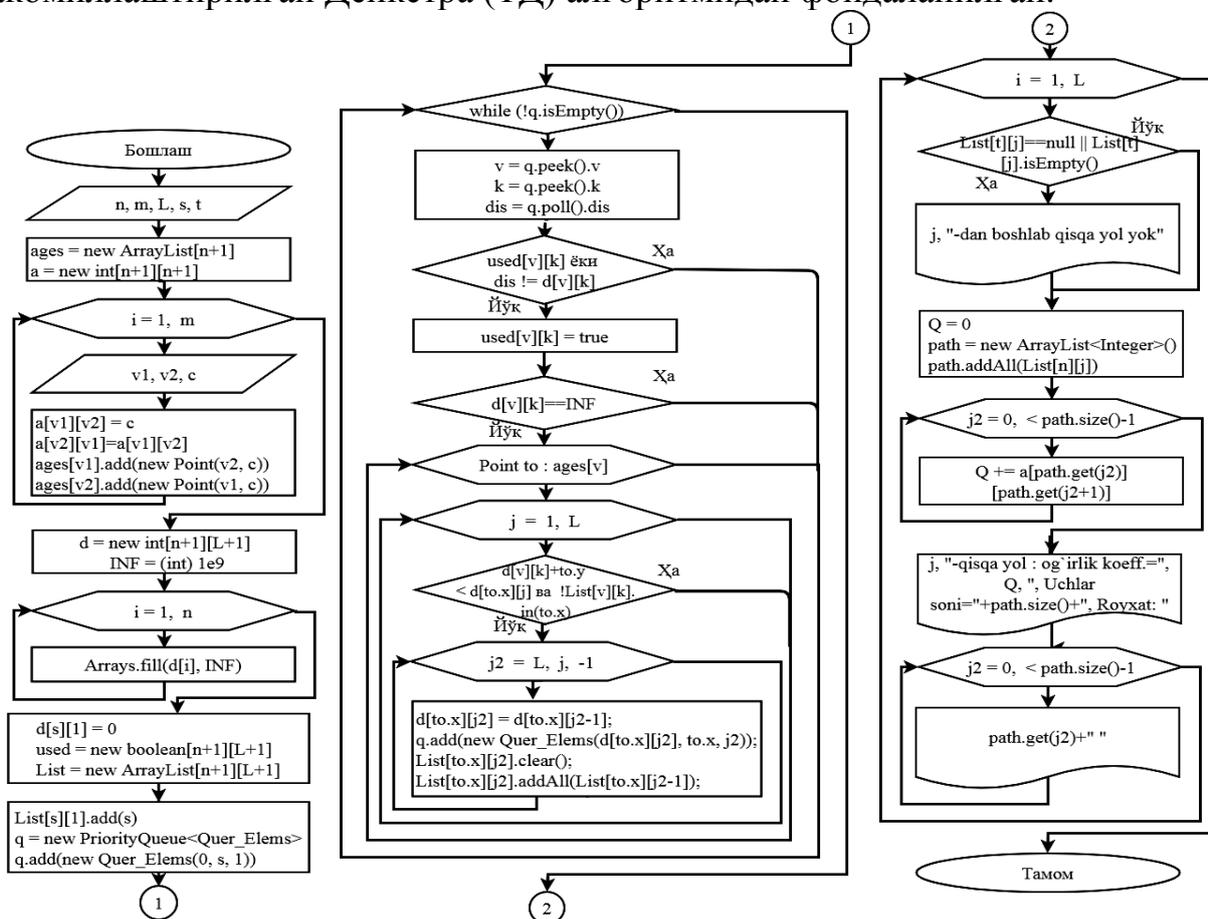
олинади. Яширин қатламдаги ва статик параметрлар сонига қараб кирувчи нейронлар сони бир-бирига мос равишда ўзгаради.

Графда қирраларнинг умумий оғирлиги бўйича тугунлараро L та йўлни топиш талаб қилинади

$$P_L = Fp(G(V, E), Q) \quad (3)$$

Fr-функциядан графнинг бир тугунидан бошқасига борадиган энг мақбул L та маршрутни танлаш учун фойдаланилади. Ушбу функцияга кирувчи параметрлар сифатида графнинг боғланиши ва ҳар бир қирра учун оғирлик коэффиценти берилган. Бунда маршрутларни танлаш мезони сифатида граф қирралари оғирлик коэффиценти минимум бўлиши талаб қилинади. Чунки берилган графда энг мақбул маршрутларни танлашда уларни минималлаштириш орқали масалани ечиш мумкин.

Келтирилган (3) ифодада функцияни куришда 2-расмда келтирилган такомиллаштирилган Дейкстра (ТД) алгоритмидан фойдаланилган.



2-расм. Графда L та маршрутни аниқлаш учун такомиллаштирилган Дейкстра алгоритми

2-расмда келтирилган алгоритм граф қирраларининг оғирлик коэффицентлари асосида тугунлараро мақбул L та маршрутни танлаш имконини беради.

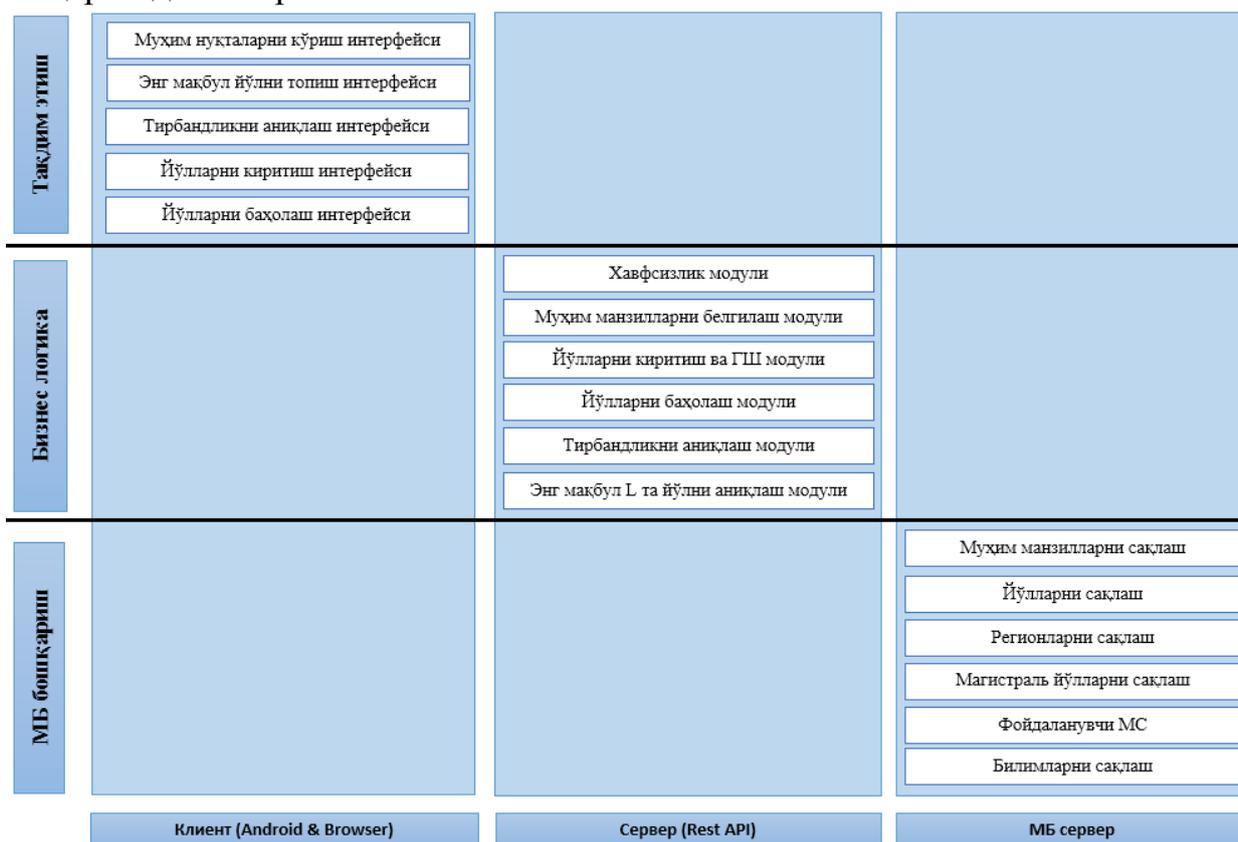
Натижада P_L (3) ифода асосида мақбул маршрутлар динамик параметрлар бўйича текширилади. Динамик параметрлар $D = \{D_{ij}\}_t$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, h}$ матрицанинг

автоматик датчиклари ёрдамида шакллантирилади.

$$BP_L = Fb(P_L, D) \quad (4)$$

Fb -функция (3) ифода орқали аниқланган P_L маршрутни текширади ва энг мақбул бўлган BP_L маршрутлардан фойдаланишни таклиф қилади.

Диссертациянинг **“Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишда маршрутни танлаш масаласини ечишнинг дастурий воситасини ишлаб чиқиш”** деб номланган учинчи бобида транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишнинг ишлаб чиқилган усуллари ва моделлари асосида тажрибавий ҳисоблашлар учун дастурий ва техник талаблар белгилаб берилди. Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солувчи ва мониторинг қилувчи ахборот тизими ишлаб чиқилган. Тизим мижоз-сервер архитектурасига асосланган ва кўп фойдаланиладиган режимда ишлашга мўлжалланган MVC-технологияси асосида қурилган бўлиб, TCP/IP протоколи бўйича маълумотлар алмашинувини таъминлайди. Ушбу архитектурада маълумотларни қайта ишлаш босқичлари 3-расмда келтирилган. Улар маълумотларни тақдим этиш, бизнес-логика, маълумотлар базасини бошқаришдан иборат.



3-расм. Ахборот тизимининг маълумотларни қайта ишлашнинг мижоз-сервер архитектураси

Ишлаб чиқилган ахборот тизимида модулар ёрдамида маълумотларнинг интеграциялашуви бошқа дастурий таъминот ва ахборот тизимлари билан маълумот алмашинувини таъминлайди.

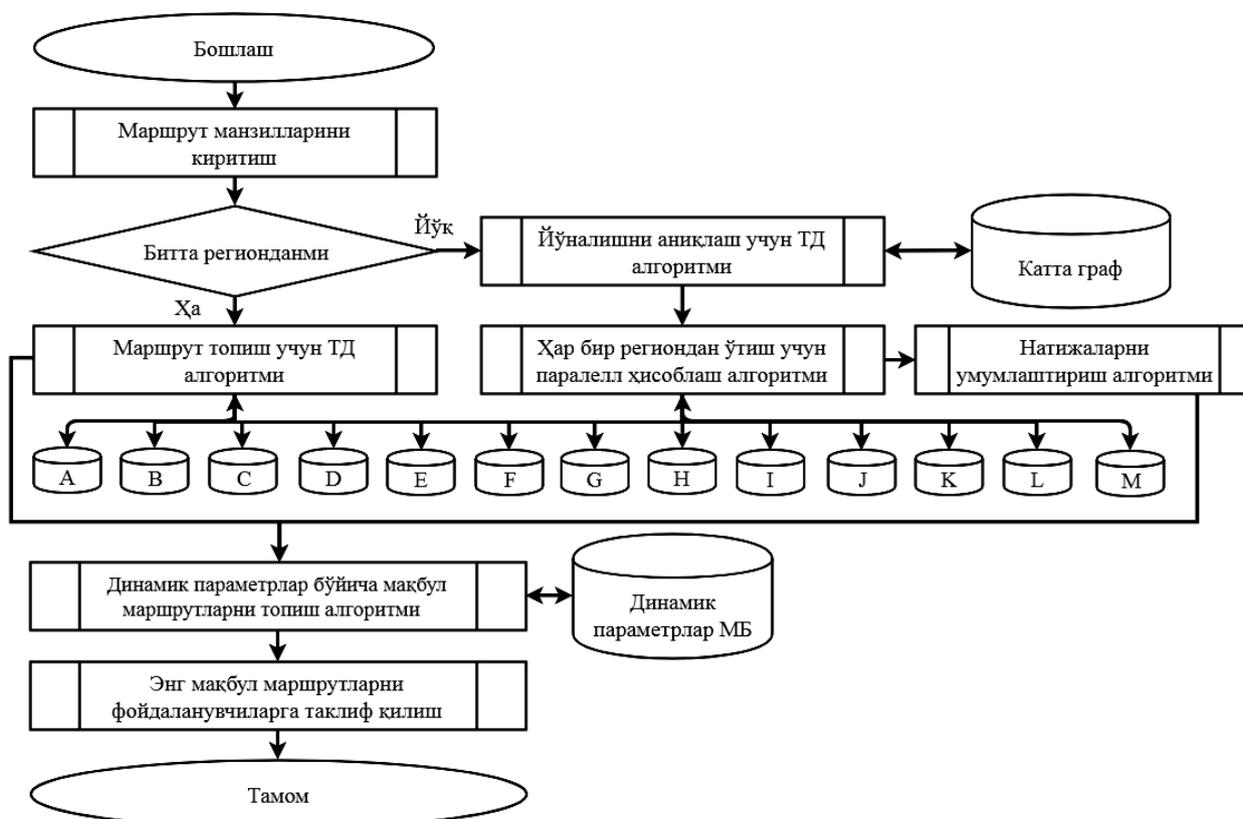
Ахборот тизимининг интеграция модуллари орқали қуйидаги веб-

хизматлар тақдим қилинади:

- шаҳарларда транспорт воситаларининг ҳаракатланиши учун мақбул маршрутларни танлаш интерактив хизмати;
- ҳақиқий вақт режимида транспорт воситаларининг ҳаракатини мониторинг қилиш интерактив хизмати;
- тез тиббий ёрдам машиналари учун экспресс-маршрутларни танлаш интерактив хизмати;
- ЙҚХБ инспекторларини йўлдаги тирбандлик тўғрисида хабардор қилиш интерактив хизмати;
- сайёҳларга аҳамиятли бўлган объектларни кидириш интерактив хизмати.

API (Application Programming Interface) интеграция модуллари орқали ҳар бир веб-сервис маълумотлари стандарт маълумотлар билан алмашиш формати ҳисобланган JSON форматида қабул қилинади. Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишда маълумотлар базасини ифодаловчи IDEF1x модели ишлаб чиқилди.

Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш дастурий воситасини лойиҳалашда граф маълумотларини тақсимлаган ҳолда қайта ишлаш кўп ядроли процессорларда параллел равишда ишлаш имконини беради. Маълумотлар структураси иккита қатлам кўринишида ифодаланди. Графни қисмларга ажратишда А дан М гача белгилар киритилган. Катта граф графлар ўртасидаги ўзаро алоқани ифодалайди. 4-расмда катта масштабни графда энг мақбул маршрутларни танлаш алгоритми келтирилган.



4-расм. Катта масштабни графларни тақсимланган ва параллел қайта ишлаш алгоритми

4-расмда келтирилган алгоритм катта масшабли кўп параметрли динамик графда мақбул маршрутларни танлаш учун қўлланилади. Маршрутларни танлашда 2-расмдаги такомиллаштирилган Дейкстра алгоритми қўлланилади.

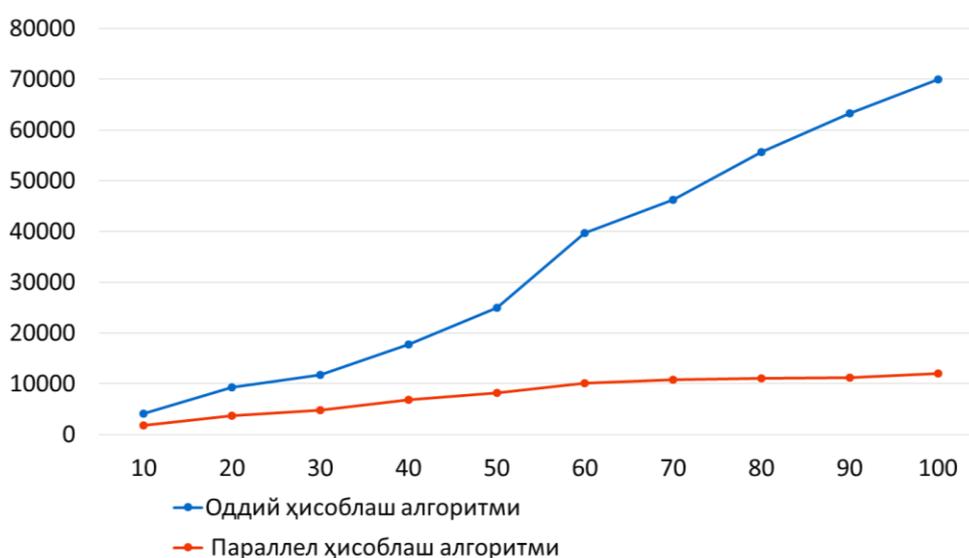
Катта масшабли графда энг мақбул маршрутларни аниқлашда 4 ядроли 2.40 Гц частотали процессорда олинган натижалар ва алгоритмлар самарадорлиги баҳоланган.

1-жадвал

Катта масшабли графни оддий ва параллел ҳисоблаш алгоритмлари асосидаги натижаларнинг қиёсий жадвали

Шаҳарлар сони	Чўқкилар сони	Қирралар сони	Оддий ҳисоблаш алгоритми(мс)	Параллел ҳисоблаш алгоритми(мс)	Алгоритмларни таққослаш
10	24896	75934	4084	1858	2,20
20	48028	146855	9359	3763	2,49
30	74622	216779	11741	4837	2,43
40	99903	314791	17768	6884	2,58
50	124288	381789	24985	8137	3,07
60	152071	440901	39734	10146	3,92
70	172484	526340	46218	10809	4,28
80	197644	630076	55600	11060	5,03
90	229266	693474	63337	11190	5,66
100	251802	735027	70006	12014	5,83

Келтирилган натижаларга кўра, битта ядро ва тўртта ядродан фойдаланилганда граф учларининг ўсиб бориши алгоритм ишлаш вақтлари орасидаги фарқ ҳам ўсади. Ядролар сони тўртта бўлганда графларни қисм графларга ажратиш натижасида ҳисоблаш самарадорлиги тахминан 6 мартага ошади. Ҳисоблаш машиналари ядролари қанча кўп бўлса, ҳисоблаш самарадорлиги шунча ошади.



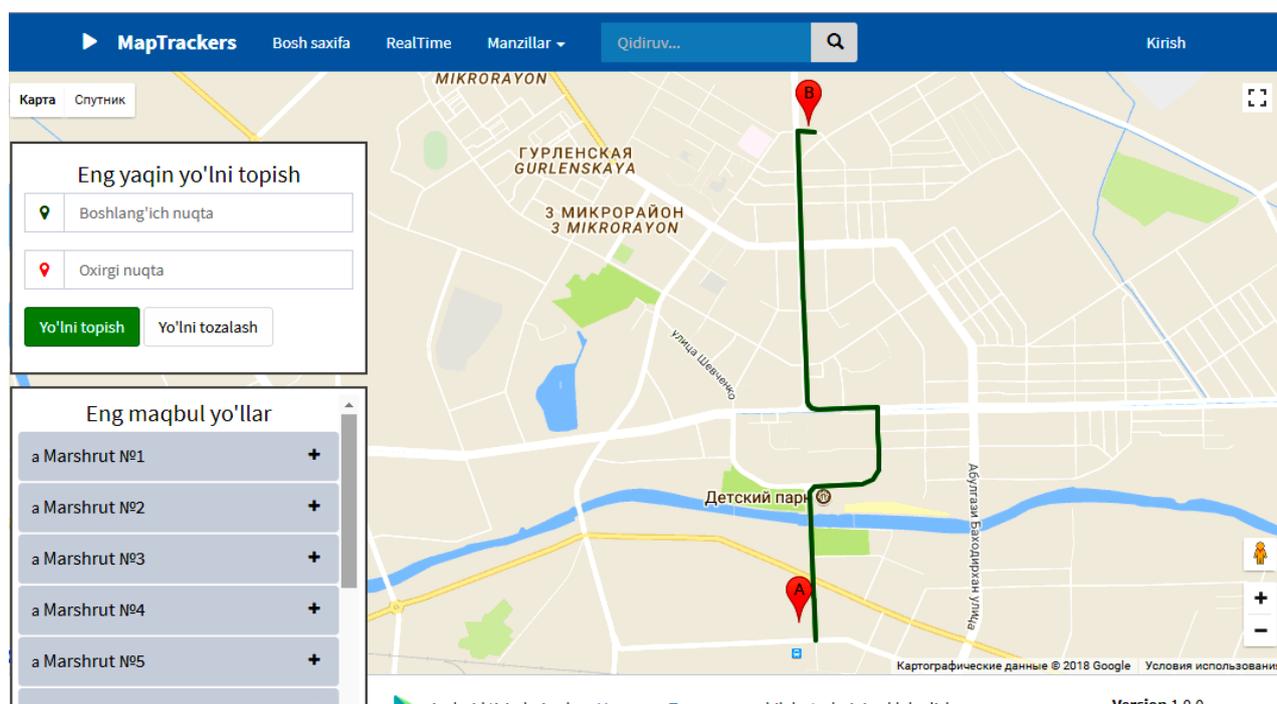
5-расм. Катта масшабли графда оддий ва параллел ишлаш алгоритмларининг самарадорлигини таққослаш

5-расмда келтирилган алгоритмларни таққослаш 1-жадвалда берилган маълумотлар асосида амалга оширилади.

Диссертациянинг “**Дастурий воситанинг амалий соҳаларга тадбиқи ва натижалар таҳлили**” деб номланган тўртинчи бобида йўл маълумотлари асосида Урганч шаҳрида транспорт воситалари ҳаракатининг тартибга солинишини таъминловчи графларга асосланган маршрутлаш бўйича дастурий воситанинг илмий-тажриба синовларининг ўтказилиши тавсифланган.

Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш тизими куйидаги 195.158.8.44/map манзил бўйича жойлаштирилди. Дастур шу манзилда жойлашган Андроид платформасида мижоз дастурини ишга тушириш натижасида фаоллаштирилди. Бундан ташқари, объектнинг геоjoyлашувидан келиб чиқиб, экранда Google компаниясининг API хизматлари базасидаги харита пайдо бўлади. Ушбу харитада фойдаланувчи-нинг бир жойдан бошқа жойга ўтиш нуқталари белгиланган. Натижада тизим энг мақбул деб аниқлаган 20 та маршрутларни таклиф қилади.

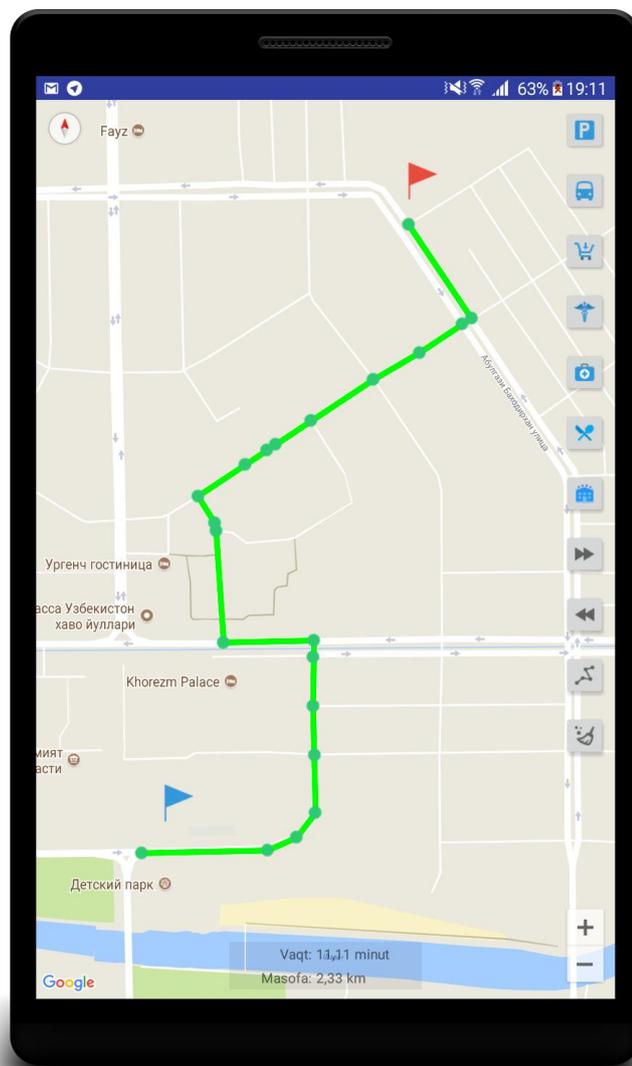
Албатта, баён қилинган натижаларни олиш учун, маъмурлар томонидан йўлга тегишли параметрлар олдиндан киритилган бўлиши лозим. Урганч шаҳри йўл тизимига тегишли бўлган барча маълумотлар тизим маъмури томонидан киритилган. Урганч шаҳрида темир йўл вокзалидан аэропортгача олиб борадиган йўллар ичидан энг мақбул йўлни танлаш 5-расмда келтирилган.



6-расм. Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш тизими фойдаланувчисининг интерфейси

Натижалардан кўриниб турибдики, мақбул маршрутлар мавжуд, ҳар бири учун сарфланадиган вақт ва йўл узунлиги кўрсатилган ҳамда йўлларнинг қайси жойида тирбандликлар бўлаётгани қизил чизиқлар билан кўрсатилган.

Бундан ташқари, Андроид версияси учун ҳам Урганч шаҳрининг исталган жойидан сўровни амалга ошириш мумкин. Масалан, Урганч шаҳридаги “Агробанк”дан “Бобур” қаҳвахонасигача бўлган йўл белгиланса, у ҳолда харитада энг мақбул маршрутлар аниқланади.



7-расм. Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солиш тизимининг Андроид мижозлари учун мўлжалланган интерфейс

Натижада, мобил илованинг 6-расмда келтирилган ўнг томонида йўллар узунлиги, маршрутга сарфланадиган тахминий вақт ва маршрутнинг ўртача тезлиги ҳақида маълумотлар берилади.

Дастур фойдаланувчиларнинг мобил қурилмаларига ва жамоат транспортига ўрнатилади, йўлларда юзага келаётган тирбандликлар ҳақидаги маълумотлар серверга юборилади. Йўлдаги тирбандликлар тўғрисидаги ҳақиқий маълумотлардан мақбул маршрутларни олиш учун мўлжалланган тизим, дастурий воситалар мажмуалари томонидан фойдаланилади. Бундан ташқари, меҳмонлар ва тизимдан фойдаланувчилар учун харита ёрдамида меҳмонхоналар, дорихоналар, ресторанлар, касалхоналар, супермаркетлар, бекатлар ва автопарклар тўғрисида ҳамда уларга олиб борадиган маршрутлар тўғрисида маълумотлар берилади.

ХУЛОСА

Графлар назарияси асосида маршрутларни танлаш масаласини ечиш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқишга бағишланган диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар қуйидаги хулосаларни чиқариш имконини беради:

1. Транспорт воситаларининг ҳаракатини бошқариш ва тартибга солиш дастурий воситаларини яратиш жараёнларини лойиҳалаш асосида граф маълумотлар ва билимлар базасининг IDEF1x модели ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган граф маълумотлар ва билимлар базасининг яратилиши шаҳар йўл инфратузилмасига тегишли катта ҳажмдаги маълумотларни сақлаш ва улардан фойдаланиш имконини беради;

2. Граф маълумотлар базаси асосида мақбул маршрутни танлаш ва L заҳира йўллари аниқлаш масаласини ечиш учун Дейкстра алгоритмининг такомиллаштириш транспорт воситалари ҳаракатининг тартибга солинишини таъминлаш имконини берди;

3. Маълумотлар тақсимланган ҳолда қайта ишлаш алгоритмидан фойдаланган ҳолда транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишни таъминловчи дастурий восита ишлаб чиқилди. Натижада катта ҳажмдаги графларга ишлов бериш имконияти яратилди;

4. Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишнинг дастурий воситасини яратиш жараёнларини лойиҳалаштириш натижасида ҳисоблаш воситалари ва архитектура дастурининг ўзаро боғланиш тузилмасини яратиш, дастурий воситани тез ва оптимал ишлаб чиқиш имконияти пайдо бўлди;

5. Энг мақбул маршрутларни танлашда ахборот тизимлари ўртасида маълумотлар алмашиш ва ўзаро боғланишни таъминловчи интеграциялаш модуллари ишлаб чиқилди. Натижада API хизматидан фойдаланиш йўли орқали бошқа дастурий воситалар томонидан маршрутларни танлаш имкони пайдо бўлди;

6. Дастурий восита мижоз-сервер архитектураси асосидаги кўп функционал режимда ишлайди, MongoDB маълумотлар базасини ва HTML, JAVA, AJAX, ANGULARJS веб-технологияларидан фойдаланувчи MVC-технология асосида қурилган. SPRING фреймворк асосида транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солувчи дастурий восита ишлаб чиқилди, бу JWT ёрдамида маълумотларни ҳимояланган узатиш ва RBAC усулини қўллаш йўли билан ахборот хавфсизлигини таъминлаш имконини беради.

7. Транспорт воситаларининг ҳаракатини тартибга солишда графларга асосланган маршрутларни танлаш масаласини ечиш дастурий воситасининг яратилиши фойдаланувчиларга мақбул маршрутларни танлаш, маълумотларни визуаллаштириш, аҳамиятли объектлар бўйича маълумотларни излаш, йўлдаги тирбандликлар ҳақида маълумотлар олиш, йўл ҳаракати хавфсизлигини таъминловчи органларга тегишли қарорлар қабул қилишга ёрдам бериш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

АЛЛАМОВ ОЙБЕК ТУРАБАЕВИЧ

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА МАРШРУТА
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ**

**05.01.04-Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.1.PhD/Т48.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Нишанов Ахрам Хасанович**
доктор технических наук

Официальные оппоненты: **Рахматуллаев Марат Алимович**
доктор технических наук, профессор

Сувонов Олим Омонович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2018 г. в __ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №__). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2018 года.
(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2018 г.).

Р.Х.Хамдамов
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н., проф.

Ф.М.Нуралиев
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н.

Х.Н. Зайниддинов
Председатель научного семинара при Научном совете
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность диссертации. В мире уделяется особое внимание внедрению и совершенствованию существующих автоматизированных информационных систем в отрасли при решении вопросов упорядочивания движения транспортных средств, профилактике дорожных заторов и рациональному управлению транспортными потоками. Согласно статистическим данным в 2017 г. «количество пользователей навигационной системы компании Google достигло 200 млн. человек»¹ и этот показатель увеличивается с каждым днем. В некоторых странах мира, в частности в России, США, Великобритании, Китае, Индии, Германии, Японии и Узбекистане ведутся научные изыскания по упорядочиванию движения транспортных средств, снижению дорожных заторов на основе навигационных систем.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, связанные с разработкой алгоритмов и методов исследования вопросов построения карты геолокаций объектов, упорядочивания движения транспортных средств и определения запасных маршрутов с использованием автоматизированных систем. В этой связи, важной задачей является разработка комплекса программ, позволяющих упорядочить движение транспортных средств и минимизировать дорожные заторы в городах, с использованием теории графов, алгоритмов и методов интеллектуального анализа.

В нашей Республике особое внимание уделяется повышению качества технического, интерактивного и интеллектуального обслуживания, развития на основе информационно-коммуникационных технологий, в частности упорядочиванию движения транспортных средств и снижению дорожных заторов в городах, получению сведений о геолокации важных объектов, выявлению запасных путей. В Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены, в частности задачи по реализации «целевых программ по... развитию и модернизации дорожно-транспортной, инженерно-коммуникационной и социальной инфраструктур ...дальнейшее развитие дорожно-транспортной инфраструктуры, внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления»². Реализация данных задач, в частности разработка методов и алгоритмов решения задачи выбора маршрута на основе теории графов является одним из важнейших вопросов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 29 августа 2017 г. № ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», Постановлением Кабинета Министров

¹ <https://www.statista.com/statistics/204907/number-of-google-maps-mobile-users-since-2010/>

² http://strategy.gov.uz/uz/pages/development_economy

Республики Узбекистан от 23 ноября №939 «О мерах по обеспечению безопасного туризма в городах Бухаре, Самарканде, Хиве и Шахрисабзе», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии республики IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Исследования, связанные с решением задачи выбора маршрута и его внедрения в практику, являющейся одной из основных задач по упорядочиванию движения транспортных средств на основе теории графов, проводились в работах: G.B.Dantzig, R.E.Bellman, L.R.Ford, D.R.Fulkerson, E.W.Dijkstra, P.D.Whiting, J.A.Millier, S.Warshall, D.B.Johnson, E.V.Denardo, B.L.Fox, M.L.Fredman, R.E.Tarjan, P.Vincke, G.Ramalingam, T.Reps, R.W.Floyd, В.Анания, В.Ю.Андрианова, Е.О.Трубакова и др.

В Узбекистане в решение вопросов интеллектуального анализа, выбора маршрутов и связанных с ним проблем внесли большой вклад М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.Х.Фазылов, Р.Х.Хамдамов, Д.Т.Мухамедиева, А.Х.Нишанов, М.А.Рахматуллаев, Н.А.Игнатъев и др.

В настоящее время недостаточно изучены проблемы создания методов и алгоритмов, позволяющих выбрать наиболее оптимальные маршруты в многопараметровом графе с учетом свойств его динамических изменений.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта плана научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий А5-019 «Нейронечеткие методы оптимизации надежности телекоммуникационных сетей в Узбекистане» (2012-2014).

Цель исследования заключается в разработке комплекса программ по проектированию регулирования движения транспортных средств, параллельной и распределенной обработки данных на основе моделей, методов и алгоритмов теории графов.

Задачи исследования:

разработка информационной модели графа данных и базы знаний при регулировании движения транспортных средств в городах, минимизации дорожных заторов;

разработка алгоритма по установлению L запасных путей для организации движения транспортных средств и определения оптимального маршрута на основе базы данных графа;

разработка метода параллельной и распределенной обработки данных при упорядочивании движения транспортных средств;

разработка комплекса программных разработок, ориентированных на формирование, сбор и обработку данных при упорядочивании движения

транспортных средств.

Объект исследования – нестабильные процессы регулирования движения транспортных средств и предупреждения дорожных заторов в городах.

Предмет исследования - критерии упорядочивания движения транспортных средств, базы данных и знаний графа, формирование статических и динамических параметров, алгоритмы и программные средства, основанные на графах.

Методы исследования. В процессе исследования были использованы методы теории графов, интеллектуального анализа данных, параллельного вычисления, а также динамического и объектно-ориентированного программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствовано решение задачи выбора оптимального маршрута и определения L запасных путей для регулирования дорожного движения транспортных средств на основе динамических структур алгоритма Дейкстры;

разработана информационная модель IDEF1x базы данных графа при снижении дорожного затора и регулирования движения транспортных средств в городах;

разработан алгоритм параллельной и распределенной обработки данных при регулировании движения транспорта;

разработаны модули интеграции, обеспечивающие взаимосвязь и обмен данными информационных систем при определении наиболее оптимального маршрута.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан алгоритм решения задачи выбора маршрутов на основе динамических многопараметровых графов для управления движением транспортных средств, оптимальным распределением информационных потоков в телекоммуникационных системах и водных потоков;

разработан метод решения задачи выбора маршрутов при ограничении ресурсов для регулирования движения транспортных средств;

разработаны алгоритм и программные средства корректного, многопараметрового оптимального управления информационными потоками в сетях;

разработан комплекс программных средств определения оптимальных маршрутов с учетом статических и динамических параметров для регулирования движения транспортных средств, уменьшения дорожных заторов в городах.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается математическим выражением решения задачи выбора маршрутов на основе динамических многопараметровых графов для управления движением транспортных средств и информационными потоками телекоммуникационных систем, поддержкой предложенных алгоритмов решения данных задач специалистами-экспертами, а также соответствием созданной программной разработки результатам тестовых испытаний и сопоставлением с реальными данными.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов заключается в проведении теоретических опытов при решении задачи выбора маршрутов на основе теории графов в процессе регулирования движения транспортных средств и предотвращения дорожных заторов в городах.

Практическая значимость результатов исследования обосновывается тем, что в результате внедрения в практику алгоритмических и программных средств при составлении графика оптимальных маршрутов для регулирования движения транспортных средств с учетом статических и динамических параметров, данные выражаются в виде графика, проводится мониторинг и принимается оптимальное решение, позволяет следить в режиме реального времени за движением транспортных средств, получать график маршрутов по направлению движения, сократить время движения и издержки.

Внедрение результатов исследования. На основе проектирования метода, алгоритмов и программных средств решения задачи выбора маршрутов на основе теории графов:

алгоритм и программное средство определения оптимального пути в многопараметровых графах внедрены в «Телекоммуникационно-транспортный узел» филиал АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 21 ноября 2017 года № 33-8/7905). Применение созданной в результате научного исследования программного средства позволяет специалистам повысить эффективность процесса принятия решения при стабильной работе системы;

комплекс программ, разработанных для регулирования движения транспортных средств и уменьшения количества дорожных заторов, внедрен в ООО «MustafSoftware» Хорезмской области Республики Узбекистан (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 21 ноября 2017 г. №33-8/7905). В результате научного исследования применение математического и программного обеспечения позволило сократить объем расходов на транспортные средства на 11-15%;

программное средство интерактивного обслуживания и мониторинга движения транспортных средств внедрено в Хорезмское областное управление Узбекского агентства автомобильного и речного транспорта (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 21 ноября 2017 г. №33-8/7905). Применение программного средства, созданного в результате научного исследования, позволило повысить эффективность использования транспортных средств в городе в 1,2 раза.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования апробированы и обсуждены на 5 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 27 научных работ, из них 8 научных статей, в том числе 2 в зарубежных и 6 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных

научных результатов докторских диссертаций, также получены 4 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации, соответствие приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан, сформулированы цель и задачи, указаны объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведен перечень внедрений в практику результатов исследования, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Обзор систем навигации, алгоритмов и методов решения задачи выбора маршрутов»** дается обзор зарубежных и отечественных исследований по изучению систем навигации, алгоритмов и методов решения задачи выбора маршрутов. При этом исследованы методы и критерии, разработанные для регулирования движения транспортных средств и уменьшения дорожных заторов, а также системы, услуги, технологии, используемые при выборе оптимальных маршрутов. Изучены особенности интерактивных услуг, оказываемых для транспортных средств.

Приводится анализ оборудования и технологий, применяемых в системах навигации при регулировании движения транспортных средств.

В результате анализа появилась возможность получения сведений о геолокации объектов на основе навигационных систем, разработки комплекса программных средств для регулирования движения транспортных средств и предотвращения дорожных заторов в городах.

Кроме того, проанализированы программы, основанные на веб-технологиях, для решения задачи выбора маршрутов при регулировании движения транспортных средств. Изучены недостатки широко применяемых программ выбора маршрутов, обосновано отсутствие связи между выбором оптимального маршрута и продолжительностью дороги, на основе которого определено значение других параметров.

Приводится сравнительный анализ методов и алгоритмов определения наиболее краткого пути. На основе сравнительного анализа алгоритмов определена возможность достижения высокой эффективности с помощью усовершенствования алгоритма Дейкстры.

Решение таких проблем, как упорядочивание движения транспортных средств, управление информационными потоками в телекоммуникационных сетях, гидроконструкциями, неразрывно связано с решением задачи выбора маршрута. Под выбором маршрута здесь понимается целевой перенос движущегося одного объекта из одного места в другое (в соответствии с

критерием, правилом). Следует отметить, что в задаче определения динамических оптимальных маршрутов большое количество узлов и ребер графа приводит к увеличению объема вычисления посредством нахождения наиболее близких запасных путей и оптимальных маршрутов.

Согласно результатам анализа, развитие технического оборудования, средств вычисления и программных разработок позволяет решить вопрос регулирования движения транспортных средств. Данная диссертационная работа исследует связи между ребрами графа определения запаса наиболее оптимальных маршрутов для многопараметровых функциональной связанных динамических состояний.

В соответствии с результатами анализа в конце главы определены цель и задачи диссертационной работы.

Вторая глава диссертации **«Методы и алгоритмы решения задачи выбора маршрутов на основе теории графов»** посвящена разработке методов и алгоритмов нахождения наиболее оптимальных маршрутов на основе многопараметровых графов.

Разработаны методы и алгоритмы решения задачи выбора маршрутов с использованием теории графов. Разработаны методы определения весовых коэффициентов ребер статического многопараметрового графа при решении задачи выбора маршрутов, на основе которых определены наиболее оптимальные комплексы путей. Кроме того, разработан усовершенствованный алгоритм Дейкстры по определению комплекса наиболее оптимальных путей. Разработан метод частичного решения задачи выбора маршрутов при ограниченности ресурсов и алгоритма выбора наиболее оптимальных маршрутов в динамическом многопараметровом графе.

Исходный граф представлен в виде $G=(V,E)$, где $V=(v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$ - вершины графа, а $E=(e_1, e_2, e_3, \dots, e_m)$ - его ребра. Каждое ребро $e_i=(v_x, v_y)$, $1 \leq x, y \leq n$. Кроме того, даны статические параметры $i=\overline{1, m}$, $j=\overline{1, u}$, соответствующие ребрам e_i . В работе рассматриваются вопросы по минимизации части статических параметров c_{ij} , а также максимизации остальной части. Множество минимизированных параметров отмечено как a_i , множество максимизированных параметров как b_i , которые вычисляются следующим образом:

$$a_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k C_{ij} ; b_i = \frac{1}{u-k} \sum_{j=k+1}^u C_{ij} , i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Здесь a_i означает среднюю сумму k максимизированных коэффициентов i -го ребра, b_i – среднюю сумму $u-k$ минимизированных коэффициентов i -го ребра. Другими словами, в графе рассматриваются вопросы минимизации на основе компонентов a_i и максимизации по компонентам b_i .

Два этих вопроса в обобщенном виде представлены в форме:

$$\left\{ \begin{array}{l} I(\lambda_p) = \frac{\sum_{i=1}^m a_i \cdot \lambda_{pi}}{\sum_{i=1}^m b_i \cdot \lambda_{pi}} \rightarrow \min; \\ \lambda_p \in \Lambda^l = \{\lambda_p : \lambda_{pi} \in \{0,1\}, i = \overline{1,m}, l = \overline{1,m}\}. \end{array} \right. \quad (2)$$

В данном выражении $I(\lambda_p)$ – функциональное значение критерия качества Р-го пути, Λ^l – множество, $\lambda_p = (\lambda_{p1}, \lambda_{p2}, \lambda_{p3}, \dots, \lambda_{pm})$ - множество путей, существующих в данном графе на основе $l = \overline{1,m}$. Отметим, что здесь общее количество путей не превышает $p \leq 2^m - 1$. Чем меньше функциональное значение выбранного пути λ_p , тем оптимальнее он является. Коэффициент ребер определяется как $Q_{e_i} = a_i / b_i$ ($i = \overline{1,m}$), который используется для перехода от многопараметрового состояния графа к однопараметровому.

Кроме того, в диссертационной работе решена задача определения весов коэффициентов ребер на основе модели многослойных нейронных сетей.

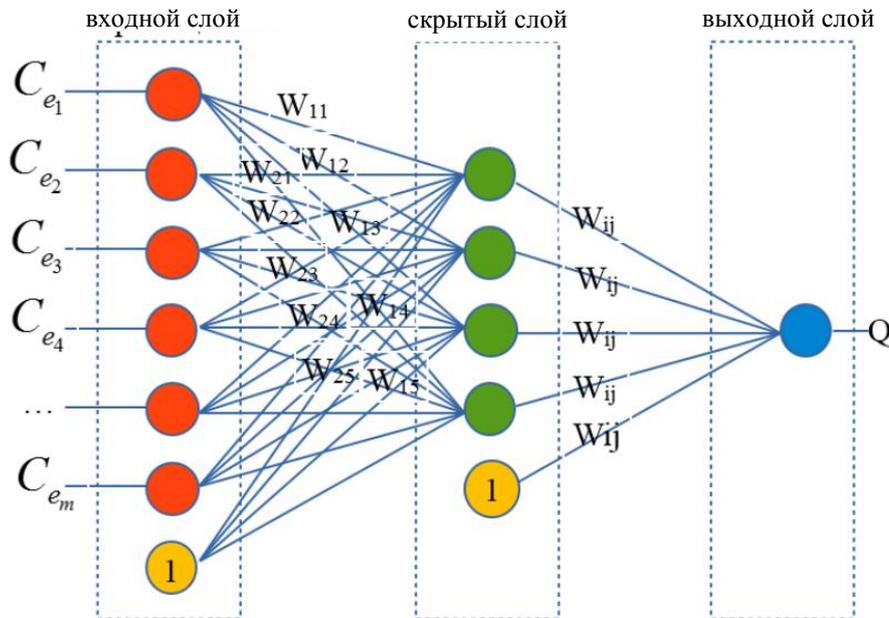


Рис. 1. Модель многослойной нейронной сети

Определение веса коэффициентов ребер осуществляется на основе нейронной сети, приведенной на рис. 1. Если при построении нейронной сети в качестве входящих параметров берутся статические параметры статических параметров, данные для каждого ребра, то в выводе получают оценки, установленные экспертами. Количество нейронов в скрытых и входных слоях изменяется в зависимости от количества статических параметров.

Требуется найти L межузловых путей с учетом общего веса ребер графа

$$P_L = Fp(G(V, E), Q) \quad (3)$$

Fr-функция используется для определения L наиболее оптимальных путей из одного узла в другой узел графа. В качестве параметров, входящих в данную функцию, даны связи графа и весовой коэффициент для каждого ребра. При

этом в качестве критерия выбора путей требуется минимизация весового коэффициента ребер графа, так как при выборе наиболее оптимальных путей в графе можно решить задачу путем их минимизации.

В приведенном выражении (3) при построении функции был использован усовершенствованный алгоритм Дейкстры (УАД), который представлен на рис. 2.

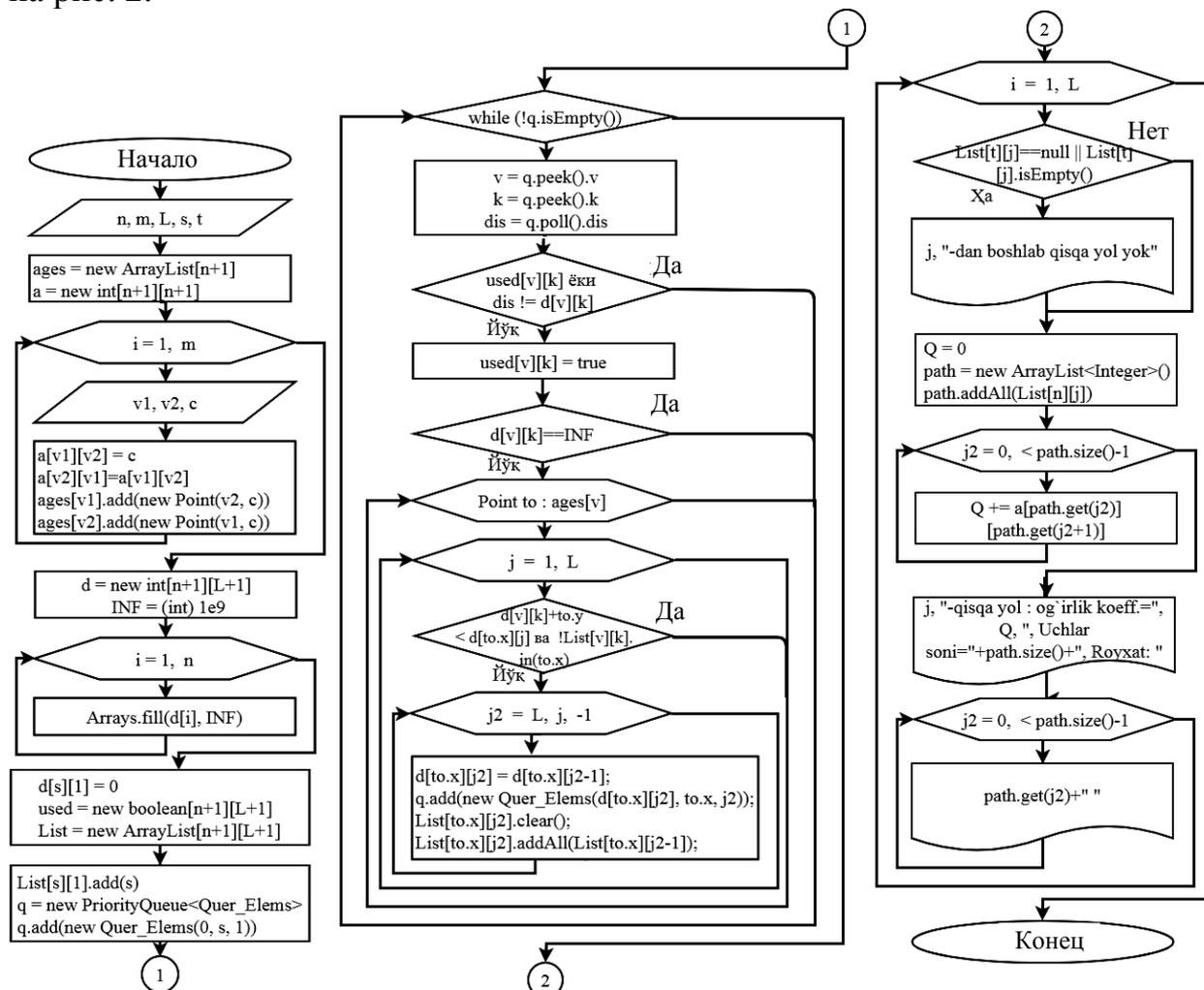


Рис. 2. Усовершенствованный алгоритм Дейкстры для нахождения L путей в графе

Алгоритм, приведенный на рис. 2, позволяет определить L наиболее оптимальных межузловых путей на основе весового коэффициента графа.

В результате P_L оптимальные маршруты на основе выражения (3) проверяются по динамическим параметрам. Динамические параметры формируются с помощью автоматических датчиков матрицы $D = \{D_{ij}\}_t$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, h}$.

$$BP_L = Fb(P_L, D) \quad (4)$$

Fb -функция проверяет найденный в соответствии с выражением (3) P_L маршрут и предлагает к использованию наиболее оптимальные BP_L маршруты.

Третья глава диссертации «Разработка программного средства решения

задачи выбора маршрута при регулировании движения транспортных средств» определены программные и технические требования для экспериментальных вычислений на основе разработанных методов и моделей регулирования движения транспортных средств. Разработана информационная система регулирования и мониторинга движения транспортных средств. Система основана на клиент-серверной архитектуре и построена на основе MVC-технологии, предназначенной для работы в многопользовательском режиме, обеспечивает обмен данными по протоколу TCP/IP. Этапы обработки данных в данной архитектуре приведены на рис. 3. Они включают в себя представление данных, бизнес-логику, управление базой данных.

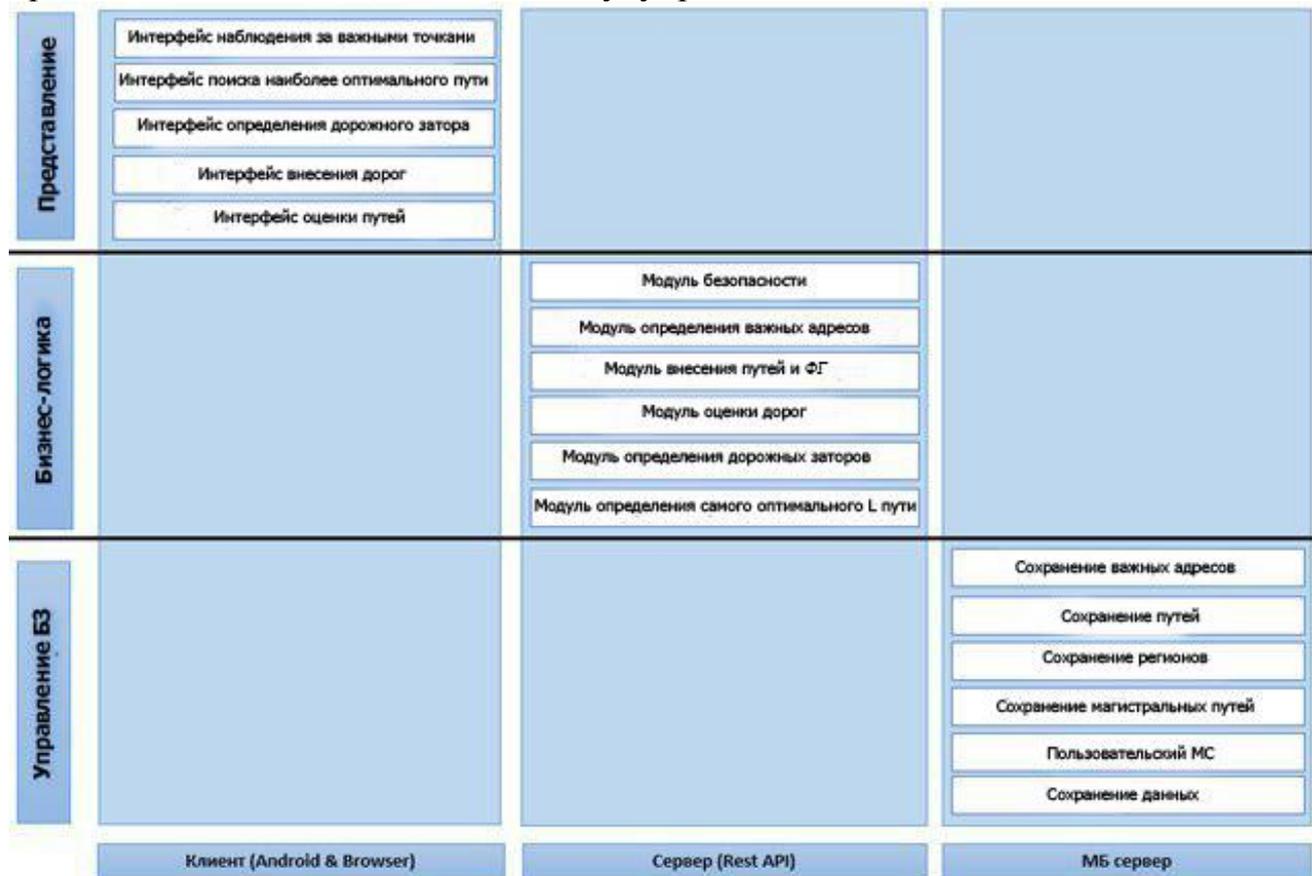


Рис. 3. Клиент-серверная архитектура обработки данных информационной системы

Интеграция данных в разработанной информационной системе с помощью модулей обеспечивает обмен данными с другим программным обеспечением и информационными системами.

Интеграционными модулями информационной системы предоставляются следующие веб-услуги:

- интерактивная услуга определения оптимальных маршрутов для движения транспортных средств в городах;
- интерактивная услуга мониторинга движения транспортных средств в режиме реального времени;
- интерактивная услуга определения экспресс-маршрутов для машин скорой медицинской помощи;

- интерактивная услуга об извещении инспекторов УБДД о появлении дорожных заторов;
- интерактивная услуга поиска значимых для туристов объектов.

Данные каждого веб-сервиса через модули интеграции API (Application Programming Interface) принимаются в формате JSON, являющимся форматом обмена стандартными данными. Разработана модель IDEF1x, выражающая базу данных и знаний при регулировании движения транспортных средств.

Распределенная обработка данных графа при проектировании программной разработки регулироования движения транспортных средств дает возможность параллельной работы на устройствах с многояdroвыми процессорами. Структура данных выражается в виде двух уровней. Граф разделен на части с обозначениями от А до М. Большой граф выражает взаимосвязь между графами. На рис. 4 приводится алгоритм определения наиболее оптимальных путей в графе с большим количеством вершин.

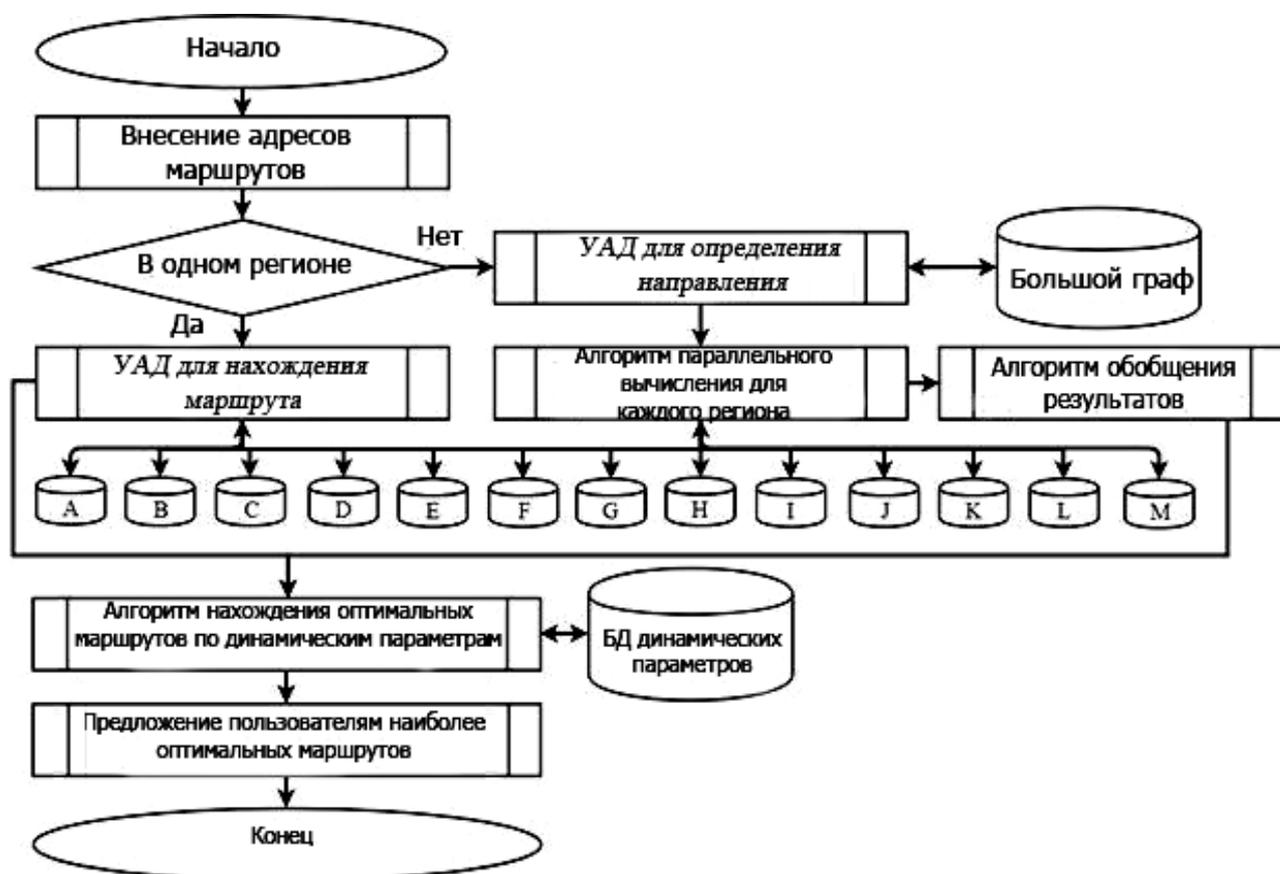


Рис. 4. Алгоритм распределенной и параллельной обработки графов с большим количеством вершин

Приведенный на рис. 4 алгоритм применяется для выбора оптимальных путей в многопараметровом динамическом графе с большим количеством вершин. При определении маршрутов применяется УАД, описанный на рис. 2.

При определении наиболее оптимальных путей в графе оценена эффективность алгоритмов и результатов, полученных на четырехядерном процессоре с частотой 2,40 Гц.

Таблица 1.

Сравнительная таблица результатов на основе алгоритмов простого и параллельного вычисления графа с большим количеством вершин

Кол-во городов	Кол-во вершин	Кол-во ребер	Алгоритм простого вычисления (мс)	Алгоритм параллельного вычисления (мс)	Сравнение алгоритмов
10	24896	75934	4084	1858	2,20
20	48028	146855	9359	3763	2,49
30	74622	216779	11741	4837	2,43
40	99903	314791	17768	6884	2,58
50	124288	381789	24985	8137	3,07
60	152071	440901	39734	10146	3,92
70	172484	526340	46218	10809	4,28
80	197644	630076	55600	11060	5,03
90	229266	693474	63337	11190	5,66
100	251802	735027	70006	12014	5,83

Приведенные результаты показывают, что с ростом числа вершин графа растет разность между временами работы алгоритма с использованием одного и четырех ядер. Эффективность вычислений на четырех ядрах при делении графа на подграфы повышается приблизительно в 6 раз. Чем больше ядер в вычислительной машине, тем выше эффективность вычислений.

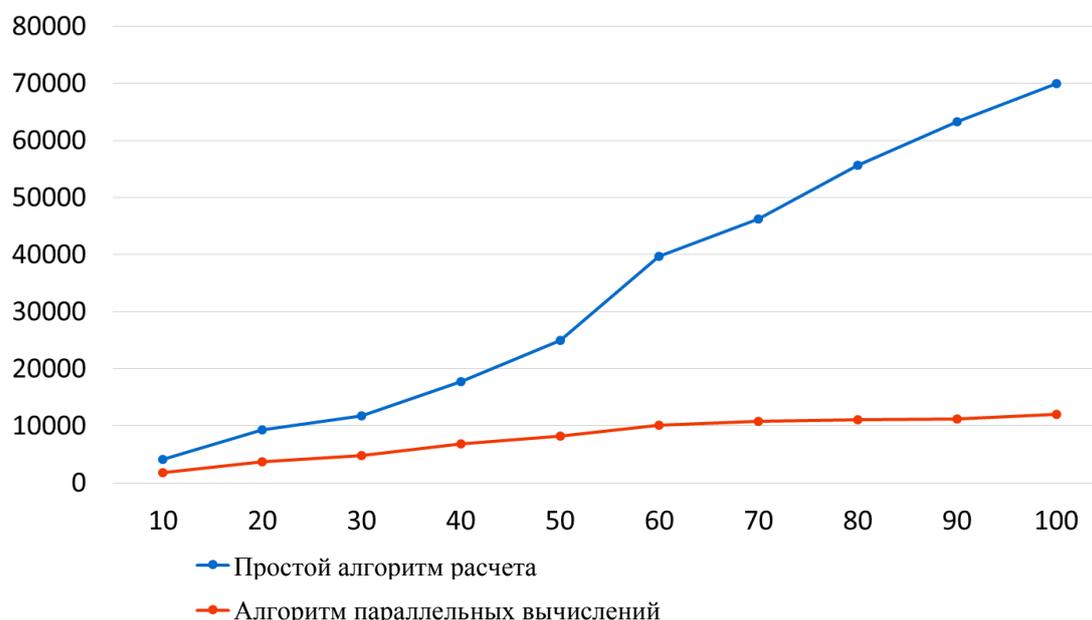


Рис. 5. Сравнение алгоритмов простой и параллельной работы в графах с большим количеством вершин

Сравнение алгоритмов, приведенных на рис. 5, осуществляется на основе данных, которые приведены в таблице 1.

В четвертой главе диссертации «**Прикладное применение программного средства и анализ результатов**» приведены результаты проведения

экспериментальных испытаний программного средства маршрутизации на основе графов, обеспечивающего регулирование движения транспортных средств в городе Ургенч на основе дорожных данных.

Система регулирования движения транспортных средств размещена по следующему адресу: 195.158.8.44/map. Клиентскую часть программы для платформы Андроид можно скачать и запустить с указанного адреса. Исходя из геолокации объекта, на экране появляется карта на базе API услуг компании Google. На данной карте устанавливаются точки начала и конца маршрута пользователя. В результате система предлагает 20 найденных наиболее оптимальных запасных маршрутов.

Конечно, для получения таких маршрутов администраторами должны быть заранее внесены соответствующие параметры всех маршрутов. Для экспериментальной проверки разработанного программного средства были введены все данные, касающиеся дорожной системы города Ургенч. Выбор наиболее оптимального маршрута среди дорог, ведущих из железнодорожного вокзала в аэропорт в городе Ургенч, приведен на рис. 5.

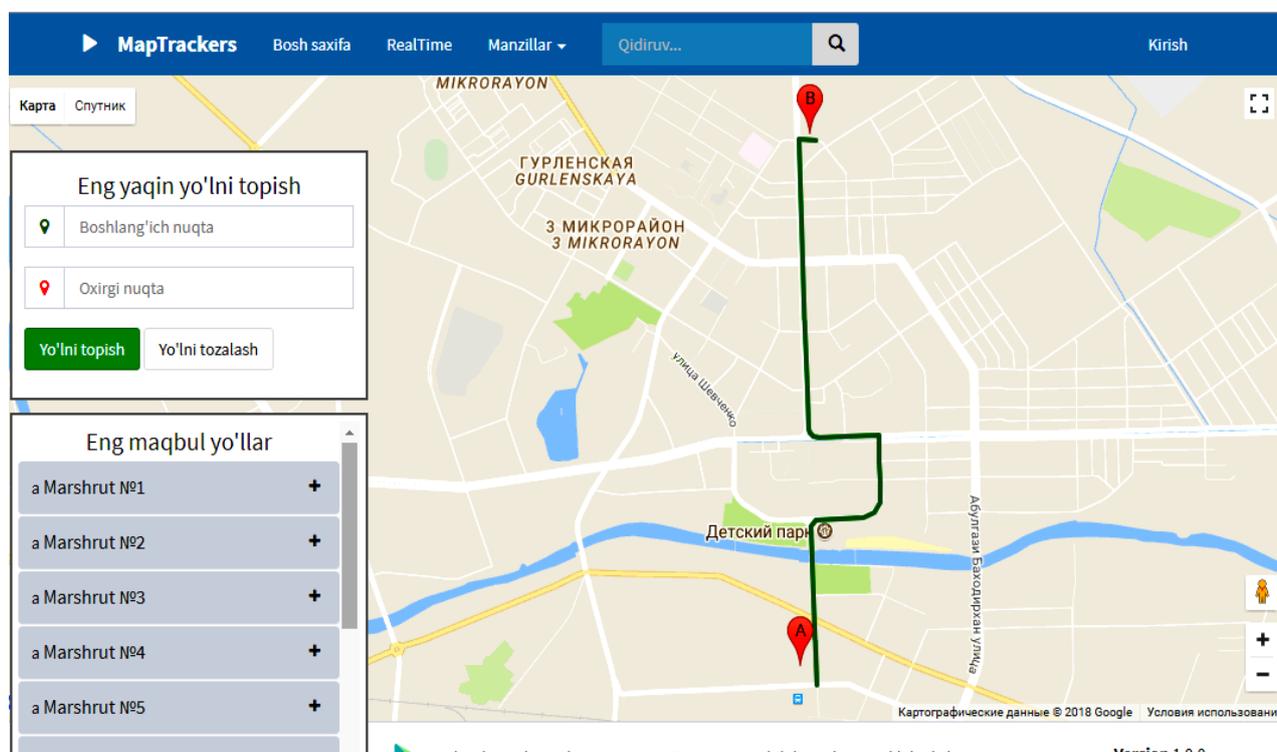


Рис. 6. Интерфейс пользователя системы регулирования движения транспортных средств

Из результатов видно, что кроме приведенного на рис.6 оптимального маршрута определено еще 19 маршрутов с данными о предположительном времени и протяженности каждого из них. Также в программе красной линией отмечаются места дорожных заторов, если таковые имеются.

Кроме того, в версии программы для платформы Андроид можно осуществить запрос из любого места в городе Ургенч. Например, если отметить путь от здания «Агробанка» до кафе «Бобур» в городе Ургенч, то на карте приводится наиболее оптимальный маршрут, а также возможность просмотра

остальных 19 вариантов маршрута, наиболее близких к оптимальному.

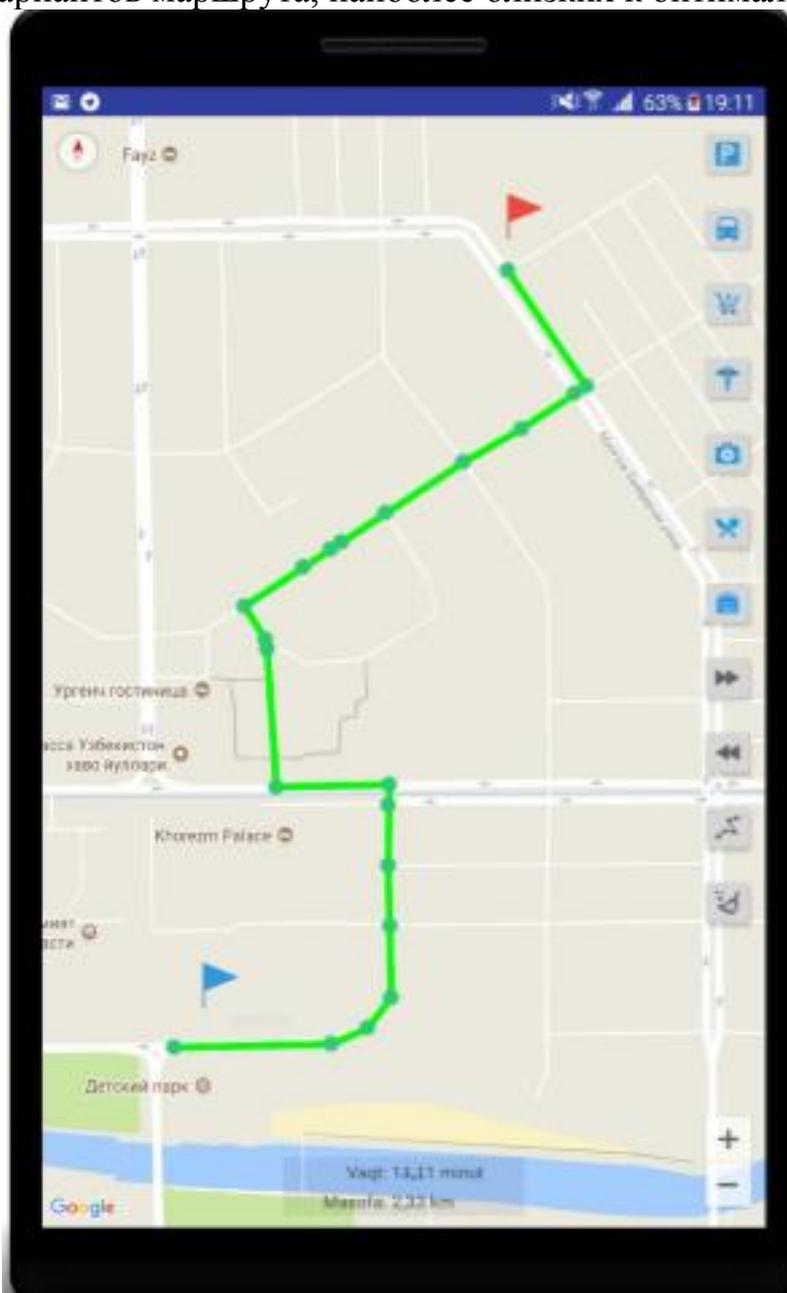


Рис. 7. Интерфейс клиентов системы регулирования движения транспортных средств для платформы Android

в приведенной на рис. 6 мобильном приложении справа приводятся сведения о протяженности дорог, предполагаемое время и средняя скорость маршрута.

Программа устанавливается на мобильные устройства пользователей частного и общественного транспорта. С этих устройств программа направляет на сервер сведения о возникающих дорожных заторах. Реальные данные о дорожных заторах используются системой для определения оптимальных маршрутов. Кроме того, для гостей и пользователей системы с помощью карты предоставляются сведения о гостиницах, аптеках, ресторанах, больницах, супермаркетах, станциях и автопарках, а также маршрутах к ним.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования по диссертационной работе, посвященной разработке методов и алгоритмов решения задачи выбора маршрутов на основе теории графов, позволяют сделать следующие выводы.

1. Разработана модель IDEF1x базы данных и знаний графа на основе проектирования процессов создания программных средств управления и упорядочивания движения транспортных средств. Создание базы данных и знаний разработанного графа позволяет хранить и использовать большие массивы данных, касающихся городской дорожной инфраструктуры.

2. Усовершенствован алгоритм Дейкстры для решения задачи выбора оптимального маршрута и нахождения L запасных путей на основе базы данных графа, позволяющий обеспечить упорядочивание движения транспортных средств.

3. Разработано программное средство обеспечения упорядочивания движения транспортных средств с использованием алгоритма распределенной обработки данных, позволяющего обрабатывать графы больших объемов.

4. В результате проектирования процессов создания программной разработки упорядочивания движения транспортных средств появилась возможность создания структуры взаимосвязи вычислительных средств и программы архитектуры, быстрой и оптимальной разработки программного средства.

5. Разработаны модули интеграции, обеспечивающие обмен данными и взаимосвязь между информационными системами при определении наиболее оптимальных маршрутов. Эти модули позволяют использовать возможность определения оптимальных маршрутов в других программах с использованием услуги API.

6. Разработанное программное средство работает в многофункциональном режиме на основе клиент-серверной архитектуры, построено на основе MVC-технологии с использованием базы данных MongoDB, веб-технологии HTML, Java, AJAX, AngularJS. Программное средство упорядочивания движения транспортных средств разработано на основе фреймворка SPRING, что позволяет осуществить защищенную передачу данных с помощью JWT и обеспечить информационную безопасность путем применения метода RBAC.

7. Разработанное программное средство по решению задачи выбора маршрутов на основе графов при регулировании движения транспортных средств позволяет определить пользователям оптимальные маршруты, визуализировать данные, обеспечить поиск данных по значимым объектам, получить сведения о дорожных заторах, также помочь органам обеспечения безопасности дорожного движения принять соответствующие решения.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27.06.2017.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

ALLAMOV OYBEK TURABAEVICH

**METHODS AND ALGORITHMS FOR SOLVING THE ROUTE SELECTION
PROBLEM BASED ON GRAPH THEORY**

**05.01.04 – Mathematical and software of computers, complexes and computer
networks**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2018

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.1.PhD/T48.

The dissertation has been prepared at the Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tuit.uz and the website of «ZiyoNet» Information and educational portal www.ziyo.net.

Scientific adviser: **Nishanov Axram Hasanovich**
doctor of technical sciences

Official opponents: **Rakhmatullaev Marat Alimovich**
doctor of technical sciences, professor

Suvonov Olim Omonovich
candidate of technical sciences, docent

Leading organization: **Tashkent State Technical University**

The defense will take place “_____” _____ 2018 at _____ the meeting of Scientific council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No.____). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “_____” _____ 2018 y.
(mailing report No. ____ on “_____” _____ 2018 y.).

R.Kh.Khamdamov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

F.M.Nuraliev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences

H.N.Zaynidinov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop a complex of programs for the design of vehicle traffic control, parallel and distributed data processing based on models, methods and algorithms of graph theory.

The object of the research work is unstable processes of regulating traffic of vehicles and preventing traffic congestion in cities.

The scientific novelty of the research work is as follows:

the solution of the problem of choosing the optimal route and determining L spare paths for regulating the traffic of vehicles on the basis of the dynamic structures of the Dijkstra algorithm is improved;

an information model IDEF1x of the graph database has been developed with a reduction in traffic congestion and traffic regulation in cities.

an algorithm for parallel and distributed processing of data is developed for the regulation of traffic;

integration modules have been developed that ensure the interconnection and exchange of information system information in determining the most convenient route.

Implementation of the research results. Based on the design of the method, algorithms and software developments, the decision of the choice of routes based on the theory of graphs:

algorithm and software development of the optimal route in multi-parameter graphs was introduced in the "Telecommunication-transport hub" branch of JSC "Uzbektelecom" (certificate of the Ministry of Information Technologies and Communications of November 21, 2017 No. 33-8 / 7905). When the branch network is implemented in the virtual model of the branch by applying the software development created as a result of scientific research, it allows specialists to increase the efficiency of the decision-making process with stable operation of the system;

a complex of software developments designed to regulate the movement of vehicles and reduce the number of road congestion was introduced into Mustafosoft LLC of the Khorezm region of the Republic of Uzbekistan (certificate of the Ministry of Information Technologies and Communications of November 21, 2017 No. 33-8 / 7905). As a result of scientific research, the application of mathematical and software support allowed to reduce the amount of expenses for vehicles by 11-15%;

software development for interactive maintenance and monitoring of vehicle traffic was introduced into the Khorezm regional department of the Uzbek Agency of Road and River Transport (certificate of the Ministry of Information Technologies and Communications of November 21, 2017 No. 33-8 / 7905). Application of software development, created as a result of scientific research, allowed to increase the productivity of vehicles in the city in 1,2 times.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the dissertation is 116 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Нишанов А.Х., Алламов О.Т., Хўжаев О.Қ. Ресурс чекланганда маршрутизация масаласини ечишнинг самарали алгоритми // «Informatika va energetika muammolari O'zbekiston jurnali».–Тошкент, 2014.–№1-2.–98-104 Б. (05.00.00; №5).
2. Нишанов А.Х., Хўжаев О.Қ., Алламов О.Т. Классификация масалаларини ечишда нейрон тўри архитектураси ва ўқитиш алгоритмларини танлаш // «TATU xabarlari» ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. –Ташкент, 2012.–№1.– 14-18 Б. (05.00.00; №10).
3. Алламов О.Т. Algorithm to the method of partial search in solving the problem of routing in telecommunication networks // European science review. – Austria, 2017. – № 11-12. – P. 44-48 (05.00.00; №3).
4. Рўзиев О.Б., Алламов О.Т., Хўжаев О.Қ. Абонентларга техник хизмат кўрсатиш турлари таснифини ва уларнинг дастурий таъминотини яратиш // «TATU xabarlari» ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. – Ташкент, 2014. – №1(29)/2014. –3-7 Б. (05.00.00; №10)
5. Allamov O.T., Xujayev O.Q. Finding effective architecture of neural networks for time series prediction // «Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув» халқаро илмий-техникавий журнал. – Tashkent, 2013. – №4. – P. 83-89. (05.00.00; №12).
6. Хўжаев О.Қ., Саидрасулов Ш.Н., Алламов О.Т. Маълумотларни интеллектуал таҳлили дастурий воситаларининг қўлланиш соҳалари // «TATU xabarlari» ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. – Тошкент, 2018. – №1(3), – 96-99 Б. (05.00.00; №10)
7. Саидрасулов Ш.Н., Алламов О.Т. Транспорт воситалари ҳаракатини тартибга солишда катта масштабда графга тақсимланган ҳолда параллел ишлаб бериш усули // «TATU xabarlari» ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. – Тошкент, 2018 – №1(3),– 7-10 Б. (05.00.00; №10)
8. Алламов О.Т. Алгоритм решения задачи маршрутизации на основе динамически много параметрических графов // Наука и мир. – Волгоград, 2017. – С. 20-25.
9. Алламов О.Т. Software Testing - Overview// «Молодой Учёный» международный научный журнал спецвыпуск. – Москва, 2016. – №9. – С. 12-17.
10. Алламов О.Т. Visual Basic мухитида миллий мессенжер дастурининг имкониятлари // «Технологии техника инженерия» международный научный журнал. – Москва, 2017. – №2.1. – С. 1-5.
11. Камиллов М. М., Алламов О.Т, Юсупов Т. А., Юсупов О. К. Метод и алгоритм распределения набора признаков на группы в алгоритмах вычисления оценки // «Научный поиск». Материалы IV Международной научно-практической конференции, – Москва, 2015. – С. 76-81.
12. Kamilov M. M., Allamov O.T. Graflarga asoslangan real vaqt muhitida marshrutizatsiya masalasi haqida // «Ахборот-коммуникация технологиялари ва

сонли моделлаштиришнинг амалий масалалари» Республика илмий-техник конференцияси материаллари тўплами – Самарқанд, 2017, – 212-214 б.

13. Khujayev O.Q., Allamov O.T., Ruzibayev O.B. Selection of architecture and training algorithms of neural networks for classification task solutions// Международная конференция «The Next Generation of Mobile, Wireless and Optical Communication Networks with Application to Information and Communication Technologies ICI-2013», – Ташкент, 2013., www.ieeexplore.ieee.org

14. Allamov O.T., Khujayev O.Q., Ruzibayev O.B. Algorithm to the method of partial search in solving the problem of routing in telecommunication networks// Международная конференция «The Next Generation of Mobile, Wireless and Optical Communication Networks with Application to Information and Communication Technologies ICI-2013», – Ташкент, 2013. – www.ieeexplore.ieee.org

15. Алламов О.Т., Саидрасулов Ш.Н. Коммуникация тармоқларида маршрутизация алгоритмларини қўллаш // «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш муаммолари» IV Республика илмий-техник конференцияси илмий ишлар тўплами – Жиззах, 2012. –257-258 Б.

16. Алламов О.Т., Юсупов О.К., Хожибаев Ж.М. Максимальное количество алгоритмов для анализа // «Таълим ва илмий тадқиқотлар самарадорлигини оширишда замонавий ахборот-коммуникация технологиялари-нинг ўрни» Республика илмий-техник конференцияси материаллари тўплами – Қарши, 2017. –180-182 Б.

17. Allamov O.T. Telekomunikatsiya tarmoqlarini mukammal loyihalash muammolari // «Таълим ва илмий тадқиқотлар самарадорлигини оширишда замонавий ахборот-коммуникация технологиялари-нинг ўрни» Республика илмий-техник конференцияси материаллари тўплами – Қарши, 2017. –182-183 Б.

18. Алламов О.Т., Хўжаев О.Қ., Рўзибаев О.Б. UZONLINE тизимида абонентларга техник хизмат турлари таснифини ва уларнинг дастурий таъминотини яратиш // «XXI аср – интеллектуал инновацион ғоялар асри» Республика илмий-амалий семинар материаллари– Тошкент, 2014. –5-8 Б.

19. Хўжаев О.Қ., Рўзибоев О.Б., Алламов О.Т. Маълумотларни интеллектуал таҳлили дастурий таъминотлари қўлланиш соҳалари ва уларнинг қийматли таҳлили // «XXI аср – интеллектуал инновацион ғоялар асри» Республика илмий-амалий семинар материаллари, – Ташкент, 2014. –19-21 Б.

20. Алламов О.Т., Хўжаев О.К. Кўп қатламли нейрон тўрларида ўқитиш алгоритмларини танлаш // «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» ёш олимлар, тадқиқотчилар, магистрант ва талабаларнинг Республика илмий техник конференцияси маърузалар тўплами I том, – Тошкент, 2012. –131-133 Б.

21. Хўжаев О.К., Алламов О.Т. Нейрон тўрлари ёрдамида вақт бўйича башоратлаш масалаларини Matlab муҳитида ечиш // «Амалий математика ва

информацион технологияларнинг долзарб муаммолари – ал-Хоразмий 2012», халқаро илмий анжуман материаллар тўплами №II, –Toshkent, –133-136 Б.

22. Хўжаев О.К., Алламов О.Т. Маълумотларни интеллектуал таҳлилидаги эркин ва очик кодли дастурий таъминотлар ҳақида // «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» ёш олимлар, тадқиқотчилар, магистрант ва талабаларнинг Республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами, – Toshkent, 2013. – 89-91 Б.

23. Kuryazov D.A., Khujayev O.K., Allamov O.T. Evolution of integrated software models // Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, Volume I, – Tashkent, 2012. – P.165-169.

24. Рузибоев О.Б., Хужаев О.К., Алламов О.Т., Саидрасулов Ш.Н. Программа для решения задачи маршрутизации в динамическом многопараметрном графе // Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности в электронном депозитарии Avtor.uz регистрационный №1680. –Ташкент, 10.01.2014 г.

25. Рузобаев О.Б., Алламов О.Т., Хужаев О.К., Эгамбердиев Н.А., Хасанов У.А. Программа определения степени ошибок с помощью алгоритма ближайшего соседа // Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности в электронном депозитарии Avtor.uz регистрационный №1426.–Ташкент, 18.09.2013 г.

26. Нишанов А.Х., Мухаммадиева Д.Т., Алламов О.Т., Рўзибоев О.Б., Хўжаев О.К., Саидрасулов Ш.Н., Эгамбердиев Н.А. Телекоммуникация сектори масаласини нейрон тўрлари ёрдамида ечиш // O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganli to‘g‘risidagi guvohnoma №DGU 02634, 19.11.2012 г.

27. Нишанов А.Х., Хўжаев О.К., Адамов Э.И., Рўзибоев О.Б., Алламов О.Т. Фуқаролар ўзини-ўзи бошқариш органлари ишини автоматлаштириш ва маълумотлар базасини интеллектуал таҳлил қилиш учун дастурий таъминот // O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganli to‘g‘risidagi guvohnoma №DGU 02901, 10.12.2014 г.

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнларнинг мослиги текширилди

Бичими 84x60 ¹/₁₆ “Times New Roman” гарнитураси рақами босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи 2,75. Адади 100. Буюртма № 11.

“ЎзР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси” босмахонасида чоп этилди.
100170, Тошкент, Зиёлилар кўчаси, 13-уй