Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясы
Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту

Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университети

Д 05.23.686 Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда
УОК: 556.025(575.2)(04)

Токтошов Гулжигит Ысакович

Инженердик коммуникациялык сеттерди оптималдаштыруунун моделдерин жана ыкмаларын иштеп чыгуу

05.13.18 – математикалдык моделдөө, сандык ыкмалар жана программалар комплекси

Техника илимдеринин доктору
даражасын алуу үчүн диссертациянын
автореферАТЫ

Бишкек – 2025

Иш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Математика институтунун «Экономика-математикалык методдор» лабораториясында **аткарылган**

Илимий кеңешчи:	**Жусупбаев Амангелди** физика-математика илимдеринин доктору, профессор
Расмий оппоненттер:	**Заурбеков Нургали Сабырович** техника илимдеринин доктору, профессор, Абай атындагы Казак улуттук педагогикалык университетинин информатика жана билим берүүнү маалыматташтыруу кафедрасынын профессору, Алма-Ата ш. **Курманбек уулу Талантбек** техника илимдеринин доктору, доцент, И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университетинин жаңы маалыматтык технологиялар институтунун профессору. **Янко Дмитрий Владимирович** техника илимдеринин доктору «Раменск прибор куруу заводу» АКнын иштеп чыгуу бюросунун башчысы, Москва ш.
Жетектөөчү мекеме:	“Кубан мамлекеттик университети” жогорку билим берүү федералдык мамлекеттик бюджеттик билим берүү мекемеси, дареги: 350040 Краснодар ш., Ставрополь көч., 149

Диссертацияны коргоо 2025-жылдын 11-апрель күнү саат 11:00 дө Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунун жана Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин алдындагы физика-математика жана техника илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук даражасын изденип алууга диссертацияларды коргоо боюнча Д 05.23.686 диссертациялык кеңештин отурумунда болот. Дареги: 720071, Бишкек ш., Чуй пр., 265, 374. Диссертациянын видеоконференциясына кирүү шилтемеси https://vc.vak.kg/b/052-lto-twi-0js.

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын (720071, Бишкек ш., Чүй пр., 265а), Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин (720000, Бишкек ш., Киев көч., 44) китепканасынан жана Кыргыз Республикасынын Президентине караштуу Улуттук аттестациялык комиссиянын сайтында https://stepen.vak.kg/diss_sovety/d-05-23-686 таанышууга болот.

Автореферат 2025-жылдын 10-мартында таратылган.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы
ф.-м.и.к., у.и.к. Г.К. Керимкулова

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Заманбап инженердик сеттер көп деңгээлдүү иерархиялык системала болуп саналышат. Аларды долбоорлоо жана куруу алардын түзүмдүк жана функционалдык өзгөчөлүктөрүн, аны өнүктүрүүнүн жана кеңейтүүнүн келечегин, ошондой эле тиешелүү экономикалык негиздеменин болушун кылдат талдоону талап кылат. Өз кезегинде инженердик сеттерди куруунун жана эксплуатациялоонун наркы шаар куруу тармагындагы чыгымдардын олуттуу бөлүгүн түзөт (30% га чейин). Ошондуктан, ар кандай чектөөлөр менен кабыл алынуучу долбоордук чечимдин наркын математикалык моделдердин жана оптималдаштыруу ыкмаларынын, ошондой эле программалык комплекстеринин негизинде инженердик сеттерди долбоорлоо этабында эле балоо зарылчылыгы келип чыгат.

Илимий изилдөөлөрдүн талдоосу көрсөткөндөй, учурдагы моделдерде жана ыкмаларда долбоорлонуучу коммуникациялардын иерархиясын, инженердик сеттерди жана коммуникацияларды жайгаштыруудагы аймактык чектөөлөрдү жана аймакта учурда бар инженердик сеттерди дээрлик эске албайт, бул акыркы натыйжага абдан олуттуу таасир этиши мүмкүн. Шаардык курулуш шартында долбоордук чечимди тандоого учурдагы жана келечекте долбоорлонуучу инженердик сеттер чоң таасир этет.

Мүмкүн болгон альтернативалардын ичинен кабыл алынуучу долбоордук чечимге илимий негизде талдоо жүргүзүү жана тандоо математикалык моделдөөсүз жана оптималдаштыруу ыкмаларысыз, ошондой программалардын комплексин колдонуусуз мүмкүн эмес. Ошого байланыштуу, иштин актуалдуулугу ар кандай арналыштагы инженердик сеттерди долбоорлоодо жана эксплуатациялоодо натыйжалуу долбоордук чечимди кабыл алууну колдоого мүмкүндүк берүүчү жаңы математикалык моделдерди жана оптималдаштыруу ыкмаларын, жана ошондой эле сандык эсептөө алгоритмдерин жана программалардын комплексин иштеп чыгуу болуп саналат.

Диссертациянын темасынын артыкчылыктуу илимий багыттар, негизги илимий программалар (долбоорлор), окуу жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүлүүчү фундаменталдык изилдөө иштери менен байланышы. Иш "Топологиялык жана кинематикалык мейкиндиктердин маанилүү класстарын, дифференциалдык жана интегралдык-дифференциалдык теңдемелерди изилдөө жана экономикалык системалардын математикалык моделдерин иштеп чыгуу" темасынын алкагында, Мамлекеттик каттоо номери 0007730, 2021-2023, "Инфокоммуникациялык системаларды мониторингдөө, талдоо жана оптималдаштыруунун математикалык моделдерин жана ыкмаларын иштеп чыгуу жана теориясын өнүктүрүү", мамлекеттик каттоо номерлери 01200712228, 0315-2016-0006, 0315-2019-0006, 2012-2020, "Табият таануунун чоң маселелерин суперкомпьютердик технологиялары, татаал маалымат системаларын талдоонун

жана оптималдаштыруунун математикалык моделдери жана ыкмалары", номери 0251-2021-0005, 2021, 14-01-00031 А "Супер ЭЭМде ишке ашыруу менен теплейттердин негизинде сызыктуу эмес математикалык моделдерди эволюциялык синтездөө ыкмаларын иштеп чыгуу жана изилдөө", 14-01-92694 ИНД_а "Каржы математикасындагы оптималдаштыруу маселелери үчүн гибриддик биоинспирирленген алгоритмдер", жана 8-07-00460 А "Ар кандай арналыштагы инженердик сеттердин ишенимдүүлүгүн талдоо үчүн математикалык методдорду жана программалардын комплексин иштеп чыгуу" темаларына байланыштуу аткарылды.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери. Диссертациянын максаты – инженердик сеттерди жана коммуникацияларды курууда натыйжалуу долбоордук чечимдерди кабыл алууну колдоо үчүн моделдерди жана оптималдаштыруу ыкмаларын, ошондой эле сандык алгоритмдерди жана программалардын комплексин иштеп чыгуу болуп саналат.

Коюлган максатка жетүү үчүн төмөнкү **маселелер** чечилди:

1. Долбоорлонуучу инженердик сеттердин жана коммункиациялардын иерархиялуулугун жана камтылуучулугун, критерийлердин карама-каршылыгын эске алган оптималдаштыруу маселелерин чечүүнүн моделдерин жана оптималдаштыруу ыкмаларын иштеп чыгуу;
2. Үч өлчөмдүү мейкиндикте инженердик сеттерди жана коммуникацияларды төшөөнүн моделдерин жана оптималдаштыруу ыкмаларын иштеп чыгуу;
3. Шаар курулуш шарттарында инженердик сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоодо жана курууда келип чыккан оптималдаштыруу көйгөйлөрүн изилдөө жана талдоо;
4. Сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу маселелеринин татаалдыгын жана аларды чечүү ыкмаларын талдоо;
5. Оптималдаштыруунун ар кандай критерийлери боюнча (үнөмдүүлүк, шайкештик, ишенимдүүлүк ж.б.) шаардык курулуш шарттарында долбоорлонуучу инженердик сеттерди оптималдуу төшөө үчүн ыкмаларды жана алгоритмдерди иштеп чыгуу;
6. Долбоордук чечимдерди кабыл алууну колдоо үчүн программалардын комплексин иштеп чыгуу, эсептөө эксперименттерин жүргүзүү, алынган натыйжаларды колдонуудагы оптималдаштыруу методдорунун натыйжалары менен салыштыруу жана талдоо.

Алынган жыйынтыктардын жана илимий жоболордун ишенимдүүлүгү. Алынган натыйжалардын жана илимий жоболордун ишенимдүүлүгү теориялык негиздөө, эсептөө алгоритмдерин жана программаларын, жана математикалык моделддерди иштеп чыгуу, гиперсет теориясынын моделдеринин жана методдорунун жана эволюциялык синтездин негизинде долбоорлонуучу инженердик сеттердин жана коммуникациялардын түзүмүн моделдөөнүн жаңы ыкмасы, ошондой эле

эсептөө экспериментин жүргүзүү, алынган теориялык жана эксперименталдык натыйжалардын шайкештиги менен тастыкталат.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы.

1. Долбоорлонуучу сеттердин иерархиясын жана камтылуусун, ошондой эле оптималдаштыруу маселелеринин көп крититериялуулугун комплекстүү эске алуучу инженердик коммуникациялык сеттерди моделдөө жана оптималдаштыруу боюнча жаңы концепция иштелип чыкты;
2. Үч өлчөмдүү мейкиндикке сеттерди жана коммуникацияларды куруууда аларды план боюнча да, профиль боюнча да куруу мүмкүнчүлүгүн, ошондой эле тоскоолдуктарды айланып өтүүдөгү коммуникациялардын берилген октун айланасында айлануу бурчтарын эске алуучу математикалык модель иштелип чыкты;
3. Шаар куруу шарттарында инженердик тармактарды жана коммуникацияларды курууда техникалык стандарттарды жана коопсуздуктун ченемдерин, ошондой эле коммуникациялардын долбоорлонуучу түрлөрүнүн шайкештигин же шайкеш келбегендигин эске алуучу оптималдаштыруунун моделдери жана методдору иштелип чыкты;
4. Гиперсет коюлушундагы инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу көйгөйлөрүнүн жалпы учурда чечимге ээ болбогон NP-татаалдыгы далилденди;
5. Оптималдаштыруу маселелеринин көп критериалдуулугун эске алуу менен натыйжалуу долбоордук чечимди табууга мүмкүндүк берүүчү ар кандай метаэвристикага (дифференциалдык эволюция методу, кумурсканын колониясынын алгоритми, ач көздүк стратегиясы) жана гиперсеть теориянын моделдерине негизделген NP-татаал маселелерди чечүүнүн жакындаштырылган ыкмалары жана алгоритмдери иштелип чыкты;
6. Иштелип чыккан моделдердин жана оптималдаштыруу методдорунун негизинде программалардын комплекси иштелип чыгып, сунушталган методдордун жана алгоритмдердин колдонуудагы оптималдаштыруу методдорунан натыйжалуу экендигин көрсөтүүчү бир катар тесттик жана практикалык маселелерди колдонуу менен эсептөө эксперименттери жүргүзүлдү.

Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү

Диссертациялык иштин практикалык баалуулугу инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруунун моделдерин жана ыкмаларын, ошондой эле аймактын табигый жана кырдаалдык чектөөлөрүн эске алуу менен оптималдуу долбоордук чечимди тандоого мүмкүндүк берүүчү программалардын комплекстерин иштеп чыгууда турат. Сунушталган ыкмалар инженердик сеттерди жана коммуникацияларды бир коллекторго биргеликте төшөөдө алардын шайкештигин же шайкеш эместигин, жана ошондой эле техникалык ченемдерди жана коопсуздук эрежелерин эске алат. Алынган натыйжалар долбоорлоо уюмдарында долбоорлоо чечимдерин талдоо жана синтездөө үчүн колдонулушу мүмкүн, бул долбоорлоонун

ыубактысын жана эмгек сыйымдуулугун азайтууга өбөлгө түзөт. Мындан тышкары, алар курулуш жана монтаждоо иштери башталганга чейин долбоордук чечимди баалоого мүмкүндүк берет, бул убакытты жана каржылык чыгымдарды үнөмдөө үчүн маанилүү.

Диссертациялык иштин натыйжалары Бишкек шаарындагы "Реалпроект" ЖЧК долбоорлоо фирмасы тарабынан ар кандай объекттер үчүн инженердик камсыздоо сеттерин (электр байланыш тармактары, жылуулук трассалары) курууга долбоордук документтерди иштеп чыгууда, ошондой эле Ош шаарындагы Ош технологиялык университетинде, окуу процессинде колдонулду, бул ишке ашыруу актылары менен ырасталат.

Коргоого коюлуучу диссертациянын негизги жоболору

1. Долбоорлонуучу сеттердин жана коммуникациялардын түрлөрүнүн иерархилуулугун жана жайгаштыруу аймагына камтылуучулугун эске алуучу инженердик сеттерди жана коммуникацияларды моделдештирүүнүн жана оптималдаштыруунун жаңы концептуалдык ыкмасы;
2. Гипереттик коюлушундагы инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруунун көп критериалдык маселелери жана ал маселелердин NP-татаалдыгыны далилдениши;
3. Оптималдаштыруу маселелеринин көп критериалдуулугун эске алуу менен натыйжалуу долбоордук чечимди табууга мүмкүндүк берүүчү ар кандай метаэвристикага (дифференциалдык эволюция ыкмасы, кумурскалар колониясынын алгоритми, ач көздүк стратегиясы) жана гиперсет теориясынын моделдерине негизделген NP-татаал маселелерди чечүүнүн ыкмалары жана алгоритмдери;
4. Учурдагы оптималдаштыруу методдоруна салыштырмалуу сунушталган методдордун жана алгоритмдердин эффективдүүлүгүн көрсөткөн эсептөө экспериментинин натыйжалары.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Диссертациялык иште келтирилген жана илимий жаңылыкка ээ болгон бардык жыйынтыктар автор тарабынан жеке түрдө алынган.

Жарыяланган эмгектерде авторлоштордун салымы төмөндөгүлөрдөн турат: Мигов Д. А., Юргенсон А. Н. – берилген ишенимдүүлүктөгү инженердик сеттерди куруу боюнча методдорду жана алгоритмдерди ишке ашыруу боюнча программаларды иштеп чыгууда, Монахов О. Г., Монахова Э. А. – дифференциалдык эволюциянын алгоритмин ишке ашыруу боюнча программаларды иштеп чыгууда, Жусупбаев А. Ж., Ляхов О. А., Попкова В. К. – инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу маселелерин гиперсет теориясы жана дискреттик оптималдаштыруу тилинде коюу маселелерин кеңеш берүүдө.

Диссертациянын жыйынтыктарын аппробациялоо. Иштин негизги илимий натыйжалары төмөндөгү семинар жана конференциялардын отурумдарында билдирилди жана талкууланды: академик А. А. Бөрүбаевдин математика семинарында, КР УИАнын Математика институту, Кыргыз Республикасы, Бишкек

шаары, 20-май, 2024-ж.; РИА СБ ЭМиМГИ, НМУ жана СибМТИУ биргелешкен "Информатика системаларын моделдөө" семинарында, 17-май, 2016-жыл; РИА СБ ИСИ жана НМУ "Программаларды конструкциялоо жана оптималдаштыруу" биргелешкен семинарында 17-май, 2022-жыл; Баку Мамлекеттик Университетинин Колдонмо Математика Институтунун «Колдонмо математиканын заманбап маселелери» аттуу жумалык илимий семинарында, 13 сентябрь, 2022-жыл; РИА СБ Л.А. Мелентьев атындагы Энергетикалык системалар институтунун эл аралык катышуучулар менен болгон VIII бүткүл россиялык “Өнүгүүчү түтүк жана гидравликалык системаларды талдоонун жана оптималдык синтездөөнүн математикалык моделдери жана ыкмалары” илимий семинарынын жыйынында, 12-18-сентябрь, 2022-жыл; жыл сайын өтүүчү “Татаал системаларды оптималдаштыруу маселелери” Эл аралык Азия мектеп-семинарында (Кыргызстан, Казакстан, Россия, 2012-2022); жыл сайын өтүүчү россиялык "Маалыматтык сигналдарды иштеп чыгуу жана математикалык моделдөө" илимий-техникалык конференциясында (Россия, Новосибирск ш., 2012-2022-жж.); “Эсептөө жана колдонмо математиканын актуалдуу көйгөйлөрү” эл аралык конференциясында, (Россия, Новосибирск шаары, 2014-2015-жж.); КР УИАнын автоматика жана маалыматтык технологиялар институтунун 55 жылдыгына арналган “Башкаруу жана маалыматтык технологиялар маселелери” эл аралык конференцияда, Кыргыз Республикасы, Бишкек шаары, 25-26-сентябрь, 2015-ж.; "Оптималдаштыруу көйгөйлөрү жана экономикалык колдонулуштар" VI эл аралык конференцияда, Россия, Омск ш., 28 - июнь-4-июль 2015-ж.; КРСУ түзүлгөндүгүнүн 20 жылдыгына арналган "Башкаруу теориясынын, топологиянын жана оператордук теңдемелердин актуалдуу көйгөйлөрү" II эл аралык илимий конференцияда, Кыргыз Республикасы, Чолпон-Ата ш., 5-7-сентябрь 2013-ж.; РИА СБ ЭМжМГИ жаш окумуштууларынын Эсептөө математика жана информатика боюнча конференциясында, Россия, Новосибирск шаары, 2-4-апрель, 2013-ж.

Диссертациядагы негизги илимий жыйынтыктар 1 монографияда [1],Web of Science жана Scopus [2-10] эл аралык мезгилдүү басылмаларында, РФ ЖАК, КРП УАК [11-27], ошондой эле эл аралык конференциялардын материалдарында [28-49] жарыяланган.

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Диссертациялык иш кириш сөздөн, жети бөлүмдөн, корутундулардан, адабияттардын тизмесинен, тиркемелерден турат. Иштин жалпы көлөмү – 290 бет. Диссертациянын негизги тексти 223 беттен турат, анда 240 аталыштагы билбиографиялык тизме жана 31 чиймелер камтылган.

ИШТИН МАЗМУНУ

Киришүүдө диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугу негизделип, анын максаттары жана милдеттери, илимий жаңылыгы, алынган натыйжалардын практикалык мааниси келтирилген. Коргоо үчүн коюлуучу диссертациянын негизги

жоболор, автордун жеке салымы жана диссертациялык жумуштун аппробациясы келтирилип, иштин түзүмү жана көлөмү чагылдырылган.

Биринчи бөлүм “Адабиятка сереп салуу” инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу аймагындагы илимий изилдөөлөрдүн азыркы абалына, шаарларда инженердик сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоодо жана оптималдаштырууда келип чыккан оптималдаштыруу көйгөйлөрүнүн жалпы концепциясына, сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу теориясынын өнүгүшүнө окумуштуулардын кошкон салымына арналган.

Инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштырууну изилдөөгө жакынкы жана алыскы чет мамлекеттердин окумуштуулары чоң салым кошушкан. Сеть түзүлүшүндөгү объекттерди берилген аймакка жайгаштыруу маселелерин чечүүнүн теориялык негиздерин В.К. Попков (1970, 2000, 2006), А.С. Родионов (2014, 2015, 2018), Е.Х. Гимади (2009, 2017), Ю.А. Кочетов (2009, 2014), А.И. Ерзин (1996, 2012) жана А.Жусупбаевдер (2015, 2017) изилдешнкен.

Инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу маселелерин алардын бири бирине камтылышын эсепке албастан алыскы чет өлкөлүк окумуштуулар Berge Djebedjian, Mohamed El-Naggar and Islam Shahin (2011), Fangfang Li, Qiang Liu, Xiu Guo, Jun Xiao (2015), Edgar T.F., Himmelblau D.M., Bickel T.C. (1978), Shie-Yui Liong and Md. Atiquzzaman (2004), Ho Min Lee, Do Guen Yoo, Ali Sadollah and Joong Hoon Kim (2016) изилдешкен.

Азыркы учурда В.К. Попковдун (1970) гиперсеть математикалык моделинин негизинде, изденүүчүнүн (2011, 2024) шаардык курулуш шартында салынган тармактарды жана коммуникацияларды оптималдаштырууга гиперсеттик ыкмасы сунушталган. Сунушталган ыкма бир структуранын экинчисине камтылышын эсепке алууга мүмкүндүк берет жана долбоорлонуучу коммуникациялардын түрлөрүнүн иерархиясын сүрөттөйт. Азыркы учурда бул жаатта Петрозавод мамлекеттик университетинде: А.М. Воронова, Р. В. Воронов, М. А. Пискунов (2012); Н. Э. Бауман атындагы МТУда: А. Н. Божко, А. М. Андреев, Г. П. Можаров, В. Сюзев (2011); Азов алдындагы мамлекеттик техникалык университетинде: Я.Н. Нефедова, М.С. Мнацаканян (2013); Эсептөөчү математика жана математикалык геофизика институтунда: А. С. Родионов (2000), О.Д. Соколова (2003), А. Н. Юргенсон (2005) жана Д. А. Миговдор (2017) алектенишет. Бул ар кандай арналыштагы инженерндик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруунун учурдагы моделдерин жана ыкмаларын иштеп чыгуу жана өркүндөтүү актуалдуу экенин көрсөтүп турат.

Экинчи бөлүмдө “Изилдөө методологиясы жана методдору” долбоорлонуучу коммуникациянын топологиясын, элементтердин түзүмдүк байланыштарын, ошондой эле шаардын башка инфраструктуралык объектилери менен өз ара байланышын ачууга мүмкүндүк берген системалык ыкмага берилген.

Изилдөөнүн объектиси болуп ар кандай арналыштагы инженердик сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоо жана эксплуатациялоо аймагында пайда болуучу оптималдаштыруу маселелери эсептелет.

Изилдөөнүн предмети болуп инженердик сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоодо жана эксплуатациялоодо натыйжалуу долбоордук чечимдерди тандоону камсыздоочу оптималдаштыруунун математикалык моделдери жана ыкмалары, ошондой эле сандык алгоритмдер жана программалардын комплекси саналат.

Диссертациялык иште графтар теориясынын жана гиперсет теориясынын методдору, табигый эсептөө ыкмалары жана эволюциялык синтез, аймактын рельефин компьютердик моделдөө жана ошондой эле сеттик жакындаштыруунун, вариациялык эсептөөнүн, дискреттик оптималдаштыруунун, тармактардын ишенимдүүлүгүн талдоонун **методдору** колдонулган.

Ар кандай арналыштагы инженердик коммуникацияларды анализдөө жана синтездөө маселелери келтирилген. Инженердик коммуникацияларды синтездөө маселелери жаңы коммуникацияны долбоорлоодо, учурдагы коммуникацияларды реконструкциялоодо жана өнүктүрүүдө да пайда болоору көрсөтүлгөн. Синтездөөдө маселелеринде коммуникациянын түйүндүк элементтеринин жайгашкан жери берилген болуп эсептелет, б.а. алар берилген аймакта фиксирленет. Долбоорлонгуучу коммуникациянын түзүмү анын сызыктуу бөлүгүнүн техникалык-экономикалык көрсөткүчтөрүнө жараша долбоордук чечимди кабыл алуу процессинде өзгөрүшү мүмкүн. Ушуга байланыштуу бул иште долбоордук чечимди тандоо үчүн оптималдуулуктун критерийи катары сызыктуу курулмаларды куруга жана эксплуатациялоого кеткен жалпыланган капиталдык салымдар колдонулат.

Учурдагы же жаңыдан долбоорлонуучу коммуникациялардын элементтеринин көрсөткүчтөрүн изилдөөдө актуалдуу болгон инженердик сеттерди жана коммуникацияларды талдоо маселелери келтирилген. Инженердик коммуникацияларды талдоо маселелри болуп берилген түйүндөрүнүн ортосундагы оптималдуу маршрутту куруу, берилген транзиттүүлүк маршруттарды аныктоо, инженердик коммуникациянын түйүндөрүнүн жана сызыктуу элементтеринин өткөрүү жөндөмдүүлүгүн талдоо, инженердик коммуникациянын түйүндөрүнүн берилген жуптарынын байланыш ыктымалдуулугун аныктоо, берилген ишенимдүүлүктөгү коммуникацияларды куруу жана башка маселелер эсептелишет.

Үчүнчү бөлүмдө инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруунун моделдери жана ыкмалары, алардын негизинде коммуникацияларды оптималдаштыруу маселесинин мазмундук жана формалдуу коюлушу келтирилген, долбоорлонуучу коммуникациянын түзүмүнүн иерархиялык сүрөттөлүшүнө негизделген инженердик коммуникациялардын түзүлүшү үчүн жаңы модель сунушталган.

Долбоорлонуучу коммуникациянын математикалык модели катары жайгаштыруу аймагы жана долбоорлонуучу коммуникация сыяктуу эки подсистеманын өз-ара камтылуусун эске алууга мүмкүндүк берүүчү эки деңгээлдүү гиперсеть модели сунушталган.

Инженердик коммуникациялар сеттерге карата колдонулуучу *баштапкы сеть* (primary network - PN) катары берилген аймактагы инженердик сеттерди жана коммуникацияларды төшөөдө белгиленген чекиттердин ортосундагы эң оптималдуу трассаны тандоого мүмкүндүк берүүчү математикалык же санариптик модель түрүндөгү жайгаштыруу аймагынын дискреттик аналогу сунушталган.

Экинчи сеть (secondary network - SN) катарында максаттуу продуктуну булактан керектөөчүлөргө ташууну жүзөгө ашыруучу физикалык сызыктуу курулмалар (түтүк өткөргүчтөр, байланыш линиялары, автомобиль же темир жолдорунун участоктору ж.б.) түшүнүлөт.

Инженердик сеттердин жана коммуникациялардын түзүмү катарында, жалпы жөнүнөн, баштапкы сетке PN чагылдыруулучу бардык экинчи сеттердин SN түзүмдөрү түшүнүлөт. Баштапкы PN жана экинчи SN сеттердин графтарынын структуралык өз ара аракеттешүүсү эң жөнөкөй учурда төмөндө келтирилген эки деңгээлдүү гиперсеть менен чагылдырылышы мүмкүн

Төмөндөгүчө аныкталуучу эки деңгелдүү гиперсеть HN (hyper net) модели келтирилген:

Гиперсеть $HN = (X, V, R; P, W, F)$ – бул төмөндөгү деңгээлдерден турган иерархиялык математикалык объект:

<u>баштапкы сеть PN деңгелинде:</u>

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – чокулардын көптүгү;

$V = (v_1, v_2, \dots, v_g)$ – бутактардын көптүгү;

$P: V \to 2^X$- ар бир элементке $v \in V$ чокулардын көптүгүн $P(v) \subseteq X$ тийешелештикке коючу жана баштапкы сеть графын $PN = (X, V; P)$ аныктоочу чагылдыруу;

<u>экинчи сеть SN деңгелинде:</u>

$Y = (y_1, y_2, \dots, y_p)$ – коммуникациянын түйүндүк элементтеринин көптүгү;

$R = (r_1, r_2, \dots, r_m)$ – кырлардын көптүгү (сызыктуу курулмалар);

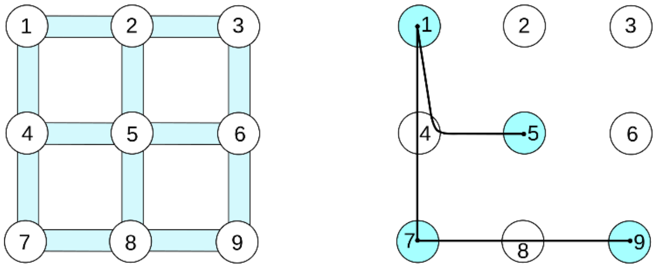
$W: r \to 2^{P(F(r))}$ ар бир элементке $r \in R$ чокулардын көптүгүн $W(r) \subseteq P(F(r))$ тийешелештикке коючу, мында $P(F(r))$ бутактарга $F(r) \subseteq V$ инцидентүү болгон баштапкы графтын PN чокуларынын көптүгү, экинчи сеть графын $SN = (Y \subseteq X, R; W)$ аныктоочу чагылдыруу. Практикада SN долбоорлонучу коммуникациянын түзүлүшүнө дал келет.

Анда экинчи сеттин SN ар бир элементине $r \in R$ баштапкы сеттин PN $v \in V$ элементтеринен турган анык бир маршрутту тийешелештикке коючу чагылдыруу $F: R \to 2^V$, гиперсетти аныктайть. Ошентип, инженердик коммуникация менен

жайгаштыруу аймагынын з ара аракетенүүсү гиперграф $FS = (V, R; F)$ менен аныктала, б.а. графтын PN бутактары $v \in V$ экинчи сеть графынын SN кырларына $r \in R$ качан гана r тиешелүү v аркылуу өткөндө, ал эми SN графынын PN графына чагылдырылышы гиперсетти $HN = (PN, SN; F)$ аныктайт.

PN жана SN – багытталган эмес деп болжолдонушат.

1-сүрөттө баштапкы сеть графы PN торчо түрүндө, ал эми экинчи сеть графы SN, баштапкы сеть графына PN чагылдырылган R = {(1, 4, 5), (1, 4, 7), (7, 8, 9)} маршруттары аркылуу көрсөтүлгөн.



1-сүрөт – Гиперсеттин мисалы

Баштапкы жана экинчи сеттердин элементтеринин көрсөткүчтөрүнүн өз-ара көз карандылыгы көрсөтүлгөн. Башкача айтканда, экинчи сеть SN графынын тандалып алынган кыры $r \in R$ үчүн биринчи сеть PN графынын элементтеринин наркынын көрсөткүчтөрү аныкталат:

- $a_v(r)$ – даярдоо жана казуу иштерине кеткен чыгымдар (траншеяларды казуу, трассаларды даярдоо, таянычтарды куруу ж.б.);
- $b_v(r)$– жер участогунун жана ресурстарды пайдалануунун ижара акысы;

В свою очередь, выбранная трасса $v \in V$ графа первичной сети PN определяет стоимостные показатели элементов вторичной сети SN, т.е. в зависимотси от сложности области размещения определяются:

Өз кезегинде биринчи сеть PN графынын тандалып алынган $v \in V$ маршруту экинчи сеть SN графынын элементтеринин нарктык көрсөткүчтөрүн аныктайт:

- $c_r(v)$ – тийешелүү аймактагы жабдуулардын, тетиктердин жана аларды монтаждоонун наркы;
- $d_r(v)$– тийешелүү аймактагы эксплуатациялык иштердин наркы (эксплуатациялык тейлөө, оңдоо, калыбына келтирүү ж.б.);

Гиперсеттин наркы жалпы учурда төмөндөгү функция аркылуу аныкталаары көрсөтүлгөн:

$$Q(HN) = \sum_{r \in R} \sum_{v \in F(r)} (\gamma_1 a_v(r) + b_v(r))\, \rho(v) + \sum_{r \in R} (\gamma_2 c_r(v) + d_r(v))\, \rho(r) \qquad (1)$$

мында γ_1 и γ_2 – дисконтирлөө коэффициенттери, $\rho(r) = \sum_{v \in F(r)} \rho(v)$ – долбоорлонуучу коммуникациянын узундугу. Же компактык формада төмөндөгүдөй жазууга болот:

$$Q(HN) = \left(\sum_{v \in F(r), \forall r \in R} a(v) + \sum_{r \in R} b(r)\right) \quad (2)$$

Каралуучу маселенин түрүнө жараша максатуу функциянын жалпы (1) же компактык формасы (2) колдонулушу мүмкүн.

$F: R \to 2^V$чагылдыруусу ар кандай максаттар үчүн сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоодо жана курууда колдонулган ар кандай типтеги гиперсеттерди аныктай тургандыгы көрсөтүлгөн.

Аныктоо. Эгерде $F: R \to 2^V$ чагылдырууда PN графтын ар бир $V' \in V$ маршруту SN графтын жок дегенде бир элементинин $r \in R$ элеси болсо, б.а. PN графтын $\forall V' \in V$ SN графтын $\exists r \in R$: $V' = F(r)$, анда гиперсеть HN сюръективдүү деп аталат.

Сюръективдүү гиперсеть HN ар кандай багыттагы инженердик коммуникацияларды жайгаштыруу маселелеринде алардын шайкештигин эске алуу менен топтук трассалар боюнча төшөөдө колдонулат.

Аныктоо. Эгерде $F: R \to 2^V$ чагылдырууда SN графтын ар түрдүү элементи $r \in R$, PN графындагы ар түрдүү $V' \in V$ маршруттарга туура келсе, б.а. PN графтын ар бир $V' \in V$ маршруту SN графтын бир элементинин $r \in R$ элеси болсо, SN графтын $\forall r \in R$ PN графта $\exists V' \in V$: $V' = F(r)$, анда гиперсеть HN инъективдүү деп аталат.

Аныктоо. Эгерде $F: R \to 2^V$ чагылдырууда SN графтын ар бир $r \in R$ элементине PN графтын толук аныкталган $V' \in V$ маршруту туура келсе, б.а. т.е. PN графтын $\forall V' \in V$ SN графта $\exists r \in R$ жана SN графтын $\forall r \in R$ PN графта $\exists V' \in V$: $V' = F(r)$, анда гиперсеть HN биективдүү деп аталат.

Гиперсеттердин акыркы эки түрү биргелешпеген типтеги инженердик сеттерди көз-карандысыз, кесилишпеген маршруттар аркылуу төшөө маселесинде практикалык колдонууга ээ.

Ири мегаполистерде финансылык жана башка чыгымдарды үнөмдөө, ошондой эле жер астындагы же жер үстүндөгү мейкиндикти натыйжалуу пайдалануу максатында бири-бирине механикалык же электромагниттик таасири жок ар түрдүү арналаштагы инженердик коммуникацияларды коллекторлор, траншеялар, трассалар ж. б. сыяктуу курулуш түзүмдөрүндө бирдиктүү орнотуу керектиги көрсөтүлгөн.

Ар түрдүү арналыштагы инженердик коммуникацияларды сызыктуу курулмаларда бирдиктүү жайгаштыруу математикалык жактан структураланган гиперсет (*structural hyper net* - *SHN*) моделинин негизинде сүрөттөөгө болот.

Мейли:

- ар түрдүү арналыштагы экинчи сеттерге туура келген $G_0=(X^0,V)$, $G_1=(X^1,U^1),\ldots,G_n = (X^n,U^n)$ – графтары;
- топтук трассага туура келүүчү баштапкы сеть $T_0=(Z,R)$ – тамыр дарагы белгилүү болсун.

мында: $G_0=T_0$ жана $z_i=G_i$ $(0 \le i \le n)$ ал эми $r_i=(P,F)$, G_i графтарынын $G_{i-1} (1 \le i \le n)$ графтарына чагылдыруулусун аныктаган, P - G_i графынын кырларын G_{i-1} графынын

маршруттарына, ал эми F - G_i графынын чокуларын G_{i-1} графынын чокуларына чагылдырууну аныктаган жуп чагылдыруулар.

Ошентип, G_i $(0\leq i\leq n)$ графтарды $T_0=(Z,R)$ тамыр дарагына удаалаш сюръективдүү чагылдыруу структураланган гиперсетти аныктайт: $SHN = (Y, V, G(X_i, R_i))$.

Андан ары инженердик сеттерди жана коммуникацияларды курууда жана эксплуатациялоодо кабыл алынган долбоордук чечимдин натыйжалуулугун баалоо үчүн үнөмдүүлүк, жандуулук жана ишенимдүүлүк сыяктуу көрсөткүчтөр келтирилген.

Ар кандай штаттан тышкаркы бузуучу факторлордун таасири астында инженердик сеттердин жана коммуникациялардын үзгүлтүксүз иштөөсү жандуулук (живучесть) менен мүнөздөлөөрү көрсөтүлгөн. Берилген аймакта белгиленген чекиттердин ортосунда максаттуу продукцияны жеткирүүнүн үзгүлтүксүздүгү инженердик коммуникация берилген k чоңдугунан кем эмес байланышка ээ болгондо гана мүмкүн болот. Анда, минималдуу наркка жана жана байланыштуулугу kдан кем эмес инженердик коммуникацияны куруу маселеси төмөнкүчө коюлат:

$$Q(HN) \to min$$

жана

$$\omega(HN) \geq k$$

боло тургандай $F: SN \to PN$ чагылдыруусун тапкыла, мында: ω – $\omega(HN) = min\{\omega(PN), \omega(SN)\}$ катары аныкталуучу гиперсеттин HN байланыштуулугу.

Андан ары инженердик коммуникациянын элементтеринин (түйүндөрүнүн же сызыктуу элементтеринин) биринчи иштебей калышына чейин үзгүлтүксүз иштөө (иштеп чыгуу) жөндөмдүүлүгүн мүнөздөөчү ишенимдүүлүктүн көрсөткүчү келтирилген. Ал инженердик коммуникациянын элементтеринин берилген убакыт аралыгындагы үзгүлтүксүз иштөө ыктымалдыгы менен бааланат, б. а.

$$p(t) = p\{\xi > t\},\ t \geq 0$$

мында: ξ – коммуникациянын биринчи отказга чейин үзгүлтүксүз иштөөсү; t – коммуникациянын элементтеринин иштен чыгуусу болбой турган убакыт аралыгы. Башка сөз менен айтканда, инженердик коммуникациянын элементтеринин биринчи отказга чейин ξ үзгүлтүксүз иштөө ыктымалдуулугу t дан чоң болушу ишенимдүүлүк функциясы болуп саналат.Инженердик сеттердин жана коммуникациялардын иштешинин ишенимдүүлүгүнүн жеке көрсөткүчтөрү кийинки бөлүмдөрдө кененирээк берилген.

Төртүнчү бөлүмдө сеттердин жана коммуникациялардын долбоорлонучу типтеринин иерархиялуулугун жана көп критерийдүүлүгүн эске алган оптималдаштыруу маселелери берилген. Ар түрдүү математикалык моделдерди жана методдорду колдонууга мүмкүндүк беген сеттерди оптималдаштыруу маселелеринин үзгүлтүксүз жана дискреттик формалардагы формалдык коюлуштары келтирилген.

Үч ченемдүү $D \subseteq R^3$ мейкиндикте $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттерини ортосундагы трассаларды тандоо маселелеринин ар түрдүү коюлушу көрсөтүлгөн. Мейли:

- $\mu(x, y, z)$ – $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттерини ортосундагы каалагандай маршрут болсун;
- $f(x, y, z)$ – үч ченемдүү $D \subseteq R^3$ мейкиндиктин(x, y, z) чекитиндеги курулуш чыгымдарынын функциясы. Бул функциянын аныкталуу областына жараша үзгүлтүксүз, бөлүкчө-үзгүлтүксүз же дискреттүү болушу мүмкүн.

Үзгүлтүксүз маселе. Үч ченемдүү $D \subseteq R^3$ мейкиндикте $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттерини ортосундагы трассаны тандоо маселеси каралат. Албетте, y = y(x), z = z(x) теңдемелер системасы менен берилген жана $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттери аркылуу өтүүчү мейкиндиктик ийри сызыктын $\mu(x, y, z)$ узундугу төмөнкүгө барабар:

$$l(\mu) = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + [y_x'(x)]^2 + [z_x'(x)]^2}\, dx. \qquad (3)$$

Биздин учурда мейкиндиктик ийрининн $l(\mu)$ узундугу баштапкы сеть PN графынын бутагынын $v \in V$ узундугуна барабар (тийешелеш), б.а..

$$l(\mu) \equiv l(v)$$

(3) интеграл астындагы туюнтманы dl катары белгилейбиз, б.а. $dl = \sqrt{1 + [y_x'(x)]^2 + [z_x'(x)]^2 dx}$.

Андан сызыктуу түзүлүштү курууга кеткен чыгымдар (маршрут, таянычтар ж.б.) төмөнкүчө аныкталат

$$c[x, y(x), z(x)] = \int_{x_1}^{x_2} f[x, y(x), z(x)] dl. \qquad (4)$$

Мейли M_{ij} – $D \subseteq R^3$мейкиндигиндеги $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттери аркылуу өтүүчү ийрилердин көптүгү болсун.

Анда (4) негизинде, $D \subseteq R^3$ мейкиндигиндеги $(x_i, y_i, z_i) \in D, i = 1{,}2$ чекиттерин байланыштыруучу ийри $\mu[x, y(x), z(x)]$, төмөндөгүчө аныкталат:

$$\mu[x, y(x), z(x)] = \arg\min_{\mu_{ij}(x,y,z) \in M_{ij}} \int_{x_1}^{x_2} f[x, y(x), z(x)] dl \qquad (5)$$

жана үзгүлтүксүз трасса деп аталат, ал эми

$$C(\mu) = \int_{x_1}^{x_2} f[x, y(x), z(x)] dl \qquad (6)$$

бул трассанын наркы.

Биз, төшөлүп жаткан сызыктуу курулманын узундугу $(r \in R)$ бул кырга инциденттүү болгон бутактардын (трассалардын) суммардык санына барабар деп эсептейбиз:

$$l(r) = \sum_{v \in F(r)} l(v)$$

Үзгүлтүксүз учур каралып жаткандыктан сызыктуу курулманын узундугу үзгүлтүксүз трассанын узундугуна барабар, б.а.

$$l(r) = l(v)$$

Анда $\mu[x, y(x), z(x)]$ трассасын бойлото курулуучу коммуникациянын наркы төмөндөгүчө аныкталат:

$$D(\mu) = \int_{x_1}^{x_2} g[x, y(x), z(x)]dx \quad (7)$$

мында: $g(x, y, z)$ – үч ченемдүү $D \subseteq R^3$ мейкиндиктеги(x, y, z)чекитинин координтасынан көз-каранды болгон бирдик нарк функциясы.

Анда үзгүлтүксүз маселе төмөндөгүчө коюлат: (5) функция менен аныкталуучу мейкиндиктик ийрилердин арасынан (6) (сызыктуу курулмаларды даярдоого жана курууга кеткен чыгымдар (маршруттар, таянычтар ж.б.) жана (7) (сатып алуу жана инженердик коммуникацияларды төшөө наркы) аркылуу аныкталуучу суммардык чыгым минималдуу болгондой μ_0 ийрисин табуу талап кылынат, б.а.

$$\min_{\mu_0 \in \mu(A,B)} [C(\mu) + D(\mu)] = \int_A^B [f(x, y(x), z(x) + g(x, y(x), z(x)]dx \quad (8)$$

(8) түрүндөгү үзгүлтүксүз маселе аны вариациялык эсептөөлөрдүн методдору менен чечүүгө мүмкүндүк берет.

Дискреттик маселе. Үч өлчөмдүү $D \subseteq R^3$ дискреттик мейкиндиктеги баштапкы сеттеи PN $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттеринин ортосундагы мүмкүн болгон $\mu(A, B)$ маршруттарынын ичинен минималдык наркка ээ болгон μ_{AB} маршрутту жана аларды бойлото экинчи сеттин SN сызыктуу курулмасын $r \in R$ чагылдырууна табуу талап кылынат, б.а.

$$F: R \to 2^V, \quad (9)$$

$$Q(SN) = \min_{\mu(A,B)} \left(\sum_{(i,j) \in \mu_{AB}} (c_{ij} + d_{ij}) \cdot l(r) \right), \quad (10)$$

где: $\mu(A, B)$ – $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттеринин ортосундагы мүмкүн болгон $\mu(A, B)$ маршруттарынын көптүгү;

μ_{AB} – $A(x_1, y_1, z_1)$ жана $B(x_2, y_2, z_2)$ чекиттеринин ортосундагы минималдык маршрут;

c_{ij}– баштапкы сет графынын PN μ_{AB} маршрутунун (i, j) звеносунун наркы, т.е. $(i, j) \in \mu_{AB}$;

d_{ij} – экинчи сет графынын SN i пунктунан j га өтүүдөгү $r \in R$ (сызыктуу курулманын бирдик наркы;

$l(r)$ – сызыктуу курулманын узундугна туура келген метрикалык аралык.

(9)-(10) маселеде инженердик коммуникацияны төшөөдө тыюу салынган аймактарды эске алуучу модель биринчи сеть графы PN түрүндө берилген. Тыюу салынган аймактарды эске алууда, жайгаштыруу аймагынан Ω социалдык, өндүрүштүк жана аскердик арналыштагы объектилер, жана ошондой эле учурдагы коммуникациялар, жана долбоорлонуучу коммуникация менен биргелешпеген башка

объектилер чыгарылып салынат. Тыюу салынган займактар үчүн $\Omega_s, s = 1,2,\ldots,S$ – белгилөөсүн колдонобуз, мында: $\Omega_s \subset \Omega; \Omega_s \bigcup_{s\neq q} \Omega_q = \varphi, \forall s,q = 1,2,\ldots,S$.

$\mu = x_{ji}v_{ji}x_{j+1,i+1}\ldots x_{j-n,i-m}v_{j-n,i-m}x_{j+n,i+m}$ аркылуу баштапкы сет графындагы PN берилген жуп түйүндөрдү байланыштырган маршрутту белгилейбиз, мында: $j = 1,2,\ldots,n; i = 1,2,\ldots,m$ маршрутка кирүүчү чокулардын номери. Анда инженердик коммуникациялык сеттерди берилген аймак боюнча төшөө маселеси төмөндөгү чектөөлөрдү эске алуу менен коюлушу зарыл:

1. $\mu \subset \Omega$, $\forall j \neq k, i \neq r: k,r = \{-1;0;1\}$ – долбоорлонуучу трасса изилденүүчү аймакка тийешелүү болуусу зарыл;

2. $\mu \not\subset \Omega_s$, $\forall j \neq k, i \neq r: k,r = \{-1;0;1\}$ и $\forall s$ – долбоорлонуучу трасса тыюу салынган аймактар аркылуу өтпөөсү зарыл.

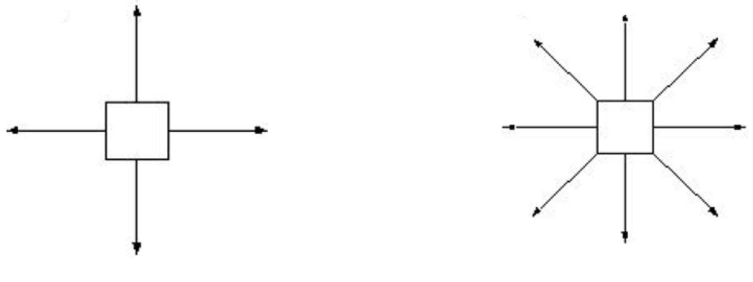
2-чектөө кайсыл бир $\Omega_s, s = 1,2,\ldots,S$ аймакка дал келген $\Delta_x \times \Delta_y$ торчонун түйүндүк элементтери $X'_\Delta \subset X_\Delta$ бул түйүнгө X'_Δ инциденттүү болгон бутактары менен кошо алынып салынаарын билдирет. Башкача айтканда баштапкы сет графынын $PN = (X,V)$, түйүндүк жана сызыктуу элементтери $X = X_\Delta \backslash X'_\Delta$; $V = V_\Delta \backslash V'_\Delta$ жана $X \subseteq X_\Delta$, $V \subseteq V_\Delta$ болот.

Үч өлчөмдүү мейкиндикте $A(x_1,y_1,z_1)$ чекитинен $B(x_2,y_2,z_2)$ чекитине өтүүнүн мүмкүн болгон багыттары маселенин өзгөчөлүгүнө жараша үзгүлтүксүз да, дискреттик да түрүндө берилет.

Үзгүлтүксүз маселеде, $A(x_1,y_1,z_1)$ чекити конустун чокусу менен, ал эми $B(x_2,y_2,z_2)$ чекитинин мүмкүн болгон абалы анын негизи менен дал келет (2а - сүрөт)

2-сүрөт – Үч өлчөмдүү мейкиндиктеги чокулардын байланыштуулугу
а) үзгүлтүксүздүк б) дискретүүлүк

Дискретүү учурда мейкиндиктеги PN графындагы $A(x_1,y_1,z_1)$ жана $B(x_2,y_2,z_2)$ чокуларынын байланыштуулугу төрт байланыштуулук $|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| + |z_1 - z_2| \leq 1$ (3а-сүрөт) же сегиз байланыштуулук $|x_1 - x_2| \leq 1$, $|y_1 - y_2| \leq 1$ и $|z_1 - z_2| \leq 1$ (2б, 3б-сүрөттөр) принциптеринин негизинде аныкталышы мүмкүн:



3-сүрөт – Дискретүүлүк учурундагы чекиттердин байланыштуулугу
а) төрт байланыштуулук б) сегиз байланыштуулук

Инженердик коммуникацияларды оптималдаштыруу маселеси мейкиндик түз сызыгынын тоскоолдуктарды айланып өтүүдө бурулуу бурчтарын эске алуу менен долбоорлонуучу инженердик коммуникацияга коюлган чектөөлөр жана талаптар боюнча минималдуу гиперсетти куруу түрүндө коюлат.

Маселенин коюлушу:

$$Q(HN) = \left(\sum_{v\in F^*(r),\forall r\in R} a(v) * T + \sum_{r\in R} b(r)\right) \to min \qquad (11)$$

шартын канаттандыруучу $F^*(r): SN \to PN$ чагылдырууну табуу талап кылынат,

мында: $a(v)$ – баштапкы сеттин PN бутактарынын наркы;

$b(r)$ – экинчи сеттин SN кырларынын наркы стоимость;

(11) функцияда $F^*(r) = \mu^*$ - экинчи сеттин SN кырларын $r \in R$ баштапкы сеттин PN тийешелүү маршруттарына төшөөнү ишке ашыруучу оптималдык маршрут; T – мейкиндик түзүн (бутактарды) $v_i \in V$ өзгөртүү композициялары $T_{\text{план}}$ и $T_{\text{профил}}$:

$$T_{\text{план}} = T_{y\ \text{айланасында}\ \beta\ \text{буруу}} * T_{x\ \text{айланасында}\ \alpha\ \text{буруу}} * T_{z=0\ \text{тегиздигине проецирлөө}}$$

и

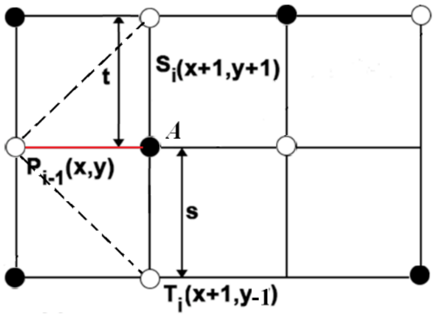
$$T_{\text{профил}} = T_{z\ \text{айланасында}\ \gamma\ \text{буруу}} * T_{x\ \text{айланасында}\ \alpha\ \text{буруу}} * T_{\text{п}y=0\ \text{тегиздигине проецирлөө}}$$

мында: $T_{x\ \text{айланасында}\ \alpha\ \text{буруу}}$, $T_{y\ \text{айланасында}\ \beta\ \text{буруу}}$ жана $T_{z\ \text{айланасында}\ \gamma\ \text{буруу}}$ – берилген симмтерия окторунун айланасында айлантуу өзгөртүү матрицасы.

Коюлган маселени чечүү үчүн эки кадамдан турган нурларды трассирлөөнүн модифицирленген методу сунуш кылынган.

Түз кадам: мейли (i-1)-кадамда бутактын $v_i \in V$ баштапкы чекити $P_{i-1} = (x, y)$ болсун. Айталык, P_{i-1} чекитинен чыккан нур А чекитине кагылышып, кайра байкоочуга кайтып келет дейли, б.а. А пункту инженердик коммуникациянын бул түрү үчүн тоскоолдук болуп саналат. Анда тоскоолдукту S_i же T_i чекиттери аркылуу айланып өтүү “ач көздүк” стратегиясынын жардамында ишке ашырылат (4-сүрөт), б.а.:

- эгерде $(s - t) < 0$ анда $P_i(x', y') = T_i(x + 1, y - 1)$, жана $x' = x_i + 1, y' = y_i - 1$;
- эгеде $(s - t) \geq 0$ анда $P_i(x', y') = S_i(x + 1, y + 1)$ жана $x' = x_i + 1, y' = y_i + 1$



4-сүрөт – Тоскоолдукту айланып өтүү

Тоскоолдукту айланып өтүү стратегиясында s жана t метрикалары P_{i-1} чекитинен S_i же T_i чекиттерине чейин сызыктуу курулманы куруунун наркы катары

интерпретацияланат. Бирок практикалык маселелерди чечүүдө s жана t чокулары тандоо бир тараптуу болбой калышы күтүлөт, анткени $s - t = 0$ болушу мүмкүн. Бул кээде баштапкы жана максаттык чекиттердин ортосунда бир нече минималдуу жолдор бар экенин көрсөтүп турат.

Тескери кадам: биринчи сеть PN графынын $F^*(r) \in V$ маршрутуна кирүүчү чокуларынын тизмеси сунушталган алгоритмдердин бирин колдонуу менен калыбына келтирилет, алар керектөө чокуларынын жана булак чокуларынын санына жараша тийешелүү оптималдык жакындоолорду камсыз кылышат.

Бешинчи бөлүмдө предметтик аймактын өзгөчөлүктөрүн, долбоорлонуучу коммуникациянын түрүн жана максатын, ошондой эле жайгаштыруу аймагынын өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен гиперсеть теориясынын алкагында инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруунун прикладдык жана классикалык маселелери каралат. Төмөндө алардын айрымдарын сунуштайбыз.

Экинчи сеть графынын чокуларын басып өтүү маселеси. Маселе экинчи сеть графынын SN бардык чокуларын бир жолудан гана өтүп, кайрадан баштапкы чокуга кайтып келүүчү, берилген критерий боюнча (эң тез, эң арзан, эң ишенимдүү ж.б.) эң кыска жолду табуудан турат.

Ал үчүн төмөндөгү белгилөөлөрдү киргизебиз: $Y = (y_0, y_1, \dots, y_n)$ - экинчи сеть графынын SN чокуларынын көптүгү, мында y_0 – баштапкы чоку, $y_1, \dots, y_n$– бардык калган чокулар; R – кырлардын көптүгү; $r = (y_i, y_j) \in R$ берилген $y_i, y_j \in Y$ чокуларынын туташтыруучу кыр; $\forall v \in V$: $a_r(v) = 1$, б.а. $r \in R$ үчүн $v \in V$ ны куруу наркы жана ресурстарын ижаралоо наркы 1 ге барабар; $b_v(r) = [b_{ij}]$ - $y_i, y_j \in Y$ чокуларынын ортосундагы $r = (y_i, y_j) \in R$ кыры аокылуу жүрүүдөгү терс эмес аралыктардын матрицасы (жолдун наркы). Бул матрицанын жолчолору – бул коммивояжер жол тартып чыгуучу чокулар, ал эми мамычалар коммивояжер жол тартып кирүүчү чокулар. Ал эми ячейкалар ал чокулардын ортосундагы аралык (убакыт, нарк ж.б.). Булдук өзгөрүлмөлөр x_{ij}:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{эгерде коммивояжер i чокусунан j чокусуна жол тартса} \\ \qquad\qquad 0, \qquad \text{тескери учурда} \end{cases}$$

Анда маселе, төмөндөгү максатуу функция минималдык маанини кабыл ала турган:

$$Q(HN) = \sum_{v \in F^*(r)} \sum_{r \in (y_i, y_j)} b_v(r) \cdot x_{ij} \to min \qquad (12)$$

жана

$$\sum_{i=0}^{n} x_{ij} = \sum_{j=0}^{n} x_{ji} \leq 1, \;\; 0 \leq i, j \leq n \qquad (13)$$

$$u_i - u_j + (n+1)x_{ij} \leq 1, \;\; 0 \leq i, j \leq n \qquad (14)$$

$$x_{ij} = \{0,1\}, 0 \leq i, j \leq n \qquad (15)$$

чектөөлөрдү канаттандыруучу $F(r): SN \to PN$ - чагылдыруусун табууга келтирилет.

мында u_i – $F^*(r)$ маршрутундагы экинчи сеть графынын SN i-чокусунун катар номерин аныктоочу жардамчы бүтүн сандык өзгөрүлмө;

(13) шарт $F^*(r)$ маршрутунун y_0 чокусунан башталышын жана аяктоосун, ал эми (14) $F^*(r)$ маршрутундагы ички чокуларды бир жолудан гана басып өтүүгө кепилдик берет. (12)-(15) NP-татаал маселе, ошондуктан аны чечүү үчүн жакындаштырылган алгорим иштеп чыгуу зарыл.

Экинчи сеть графынын чокуларын көптүгүн каптоо жөнүндөгү маселе. $A = \{a_{ij}\}, i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n,$ a_{ij} элементтери 0 же 1 барабар болгон $m \times n$ өлчөмдүү матрицаны карайбыз. Эгерде А матрицасынын i-жолчосу менен j-мамычасынын кесилишинде 1 барабар болсо, анда a_{ij} = 1, тескери учурда a_{ij} = 0. Ар бир j мамычага анын салмагы деп аталуучу $\phi_{ij}, i \in I, j \in J$ оң саны тийешелештикке коюлат. Анда, минималдык суммардык салмакка ээ болуучу I көптүгүнүн бардык жолчолорун каптоочу $J' \subseteq J$ камтылуучу көптүгүн табуу талап кылынат, мында $I = \{1,\dots,m\}$ - максаттуу продукциянын булактары жайгашкан пункттардын жыйындысы (газ, мунай, суу ж.б.); $J = \{1,\dots,n\}$- керектөөчүлөр жайгашкан пункттардын жыйындысы (өнөр жай зоналары, турак жай аймактары, соода борборлору ж.б.). Эгерде коюлган маселенин чечими катары $x_j = \{0,1\}, j = \overline{1,n}$ бинардык өзгөрүлмөлүү $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ векторун кабыл алсак, анда маселе төмөнкү формада коюлат:

$$Q(HN) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \phi_{ij} \cdot x_j \to min \qquad (16)$$

максатуу функциясы минималдык маанини кабыл ала турган, жана

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \geq 1, i = \overline{1,m} \qquad (17)$$

$$x_j = \begin{cases} 1, \text{эгерде j-мамыча i-жолчону камтыса} \\ 0, \text{тескери учурда} \end{cases} \qquad (18)$$

чектөөлөрдү канаттандырыуучу $F: SN \to PN$ – чагылдырыусун табуу талап кылынат.

Белгилүү болгондой (16)-(18) маселеси эң жөнөкөй коюлушунда дагы NP-татаал маселелердин катарына кирет.

Андан ары, электр менен жабдуу тармактарын оптималдаштыруу үчүн колдонулуучу маселелердин бири - берилген аймактагы берилген жуп $x_i \in Y_{source}$ жана $x_j \in Y_{consumer}$ чокуларынын ортосунда электр линияларын куруу маселеси сунушталат. Задача сведена к задаче построения гиперсети HN минимальной стоимости, удовлетворяющей заданным ограничениям Маселе берилген чектөөлөрдү канааттандырган минималдуу гиперсетти HN куруу маселесине келтирилет, б.а. төмөндөгү максаттуу функиця минималдуу маанини кабыл алуучу:

$$Q(HN) = \left(\left(\sum_{v \in F^*(r)} \sum_{r \in R} c(v) + \sum_{r \in R} c(r)\right) l(x_i, x_j) + w(x_j) \cdot z_{ij}\right) \to min \qquad (19)$$

жана

$$|l(x_i, x_j)| \leq M \qquad (20)$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, \text{эгерде } r = (x_i, x_j) \text{ жаасы } x_j \text{чокусуна кирсе;} \\ 0, \text{тескери учурда} \end{cases} \quad (21)$$

чектөөлөрүн канаттандыруучу $F: SN \to PN$ чагылдыруусун табуу талап кылынат. мында: M- x_i жана x_j түйүндөрүнүн ортосундагы максималдуу уруксат берилген аралык; $w(x_j)$ – жаалар келип кирген түйүндүк элементтердин наркы (станциялар, подстанциялар ж.б.); $c(v)$ – таяныч конструкцияларын куруу наркы; $c(r)$ – берилген түйүндөрдү туташтыруучу өткөргүчтөрдүн наркы. Ошентип, берилген түйүндүк элементтердин ортосундагы электр линияларын куруу маселеси (19)-(21), (20)-(21) чектөөлөрүсүз Дейкстранын алгоритминин жардамында $O(n^2)$ убакыт аралыгында чечилиши мүмкүн.

Берилген ишенимдүүлүктөгү минималдуу гиперсеть. Предложены альтернативные показатели надёжности для постановки задачи оптимизации сетей по критерию минимальности и заданного порога надежности проектируемой сети. Инженердик сеттерди оптималдаштыруу маселесин минималдуулук жана берилген ишенимдүүлүк чегин канаттандыруучулук көрсөткүчтөрү боюнча коюу үчүн ишенимдүүлүктүн альтернативалуу көрсөткүчтөрү сунушталат.

Мындай көрсөткүчтөрдүн бири болуп экинчи сеттин $r \in R$ кырларынын ишенимдүүлүгү эсептелет:

$$R_r(HN) = \prod_{v \in F(r)} p(v), \text{ мында } p_i, 1 \le i \le g. \quad (22)$$

Гиперсеттин ишенимдүүлүгү $R(HN)$ жалпысынан, баштапкы сетте үзгүлтүктөр болуп турарын эске алуу менен, бирок ошол эле учурда бардык керектөөчүлөр керектүү сатуучулар менен байланышта болушу керек экендигин эске алып төмөнкүчө аныкталат:

$$Min(R_{pair}) = min\{R_{ab}(HN)\}, a \in Y_{source}, b \in Y_{consumer} \quad (23)$$

мында: Y_{source} – ресурс булактары; $Y_{consumer}$ - керектөөчүлөр.

Сеттин орточо ишенимдүүлүгү:

$$Av(R_{pair}) = \frac{1}{\Omega} \sum_1^{\Omega} R_{ab}(HN), a \in Y_{source}, b \in Y_{consumer} \quad (24)$$

мында: Ω – бардык каралып жаткан булак-керектөөчү жуптарынын саны, же бардык кырлар, эгерде алар айкын түрдө берилбесе.

Рассмотрен также показатель, который необходим для описания надёжности в случае, когда нужно чтобы все потребители и поставщики одновременно были связны с максимальной вероятностью. Определим его как вероятность существования путей между каждой парой источник-потребитель

Ошондой эле бардык керектөөчүлөр жана сатуучулар максималдуу ыктымалдуулук менен байланышта болушу зарыл экендигин эске алуу менен, ишенимдүүлүк булак-керектөөчү жуптун ортосунда жолдордун болушу ыктымалдыгы катары аныкталган:

$$R_{All_Pairs}(HN) = probability(Exist_a_path_betweena \in Y_{source}, b \in Y_{consumer}) \quad (25)$$

Инженердик сеттердин жана коммуникациялардын (22)-(55) түрүндөгү ишенимдүүлүк көрсөткүчтөрү төмөндөгү маселени коюга мүмкүндүк берет: төмөндөгү максатуу функция минималдык маанини кабыл алуучу

$$Q(HN) = \left(\sum_{v\in F(r),\forall r\in R} a(v) + \sum_{r\in R} b(r)\right) \to min \qquad (26)$$

жана

$$R(HN) = \min_{r} p(r) \geq R_0 \qquad (27)$$

шартын канаттандырган, мында: $0 < R_0 \leq 1$ – берилген ишенимдүүлүк босогосу, $F: SN \to PN$ чагылдыруусун табуу талап кылынат. (26)-(27) маселеси көп критериялуу болуп саналат.

Инженердик сеттердин биргелешкендигин жана берилген ишенимдүүлүк босогосун канаттандыруучу минималдык гиперсеть. Мейли T – долбоорлонуучу инженердик сеттердин көптүгү болсун. Ар бир $r \in R$ кыр үчүн долбоорлонуучу коммуникациянын түрүн жана максатын бир жактуу аныктаган $type(r) \in T$ функциясын аныктайлы. Ар түрдүү сеттердин биргелешкендигин сүрөтөө үчүн, төмөндөгүчө аныкталуучу $CT \subseteq T \times T$ бинардык катышын киргизебиз: эгерде $(t_1, t_2) \in CT$ болсо, анда бул типтеги коммуникациялар механикалык жана электромагниттик таасирлер боюнча биргелешкен деп эсептейбиз.

Мейли $MinCT(t_1, t_2, \dots, t_h)$, $\{t_1, t_2, \dots, t_h\}$ сеттерини алардын биргелешкендигин эске алуу менен бөлүүгө мүмкүн болгон - кесилишпеген көптүкчөлөрдүн минималдуу саны болсун.

Мисалы, $(t_1, t_2), (t_2, t_3) \in CT$, бирок $(t_2, t_3) \notin CT$ болгон $\{t_1, t_2, t_3\}$ сеттери бар болсо, анда $MinCT(t_1, t_2, t_3) = 2$, анткени бул сеттерди $\{t_1, t_2\}$ жана $\{t_3\}$ эки көптүкчөгө бөлүүгө болот.

Көп критериялуу маселе бул учурда төмөнкүчө коюлушу мүмкүн: төмондөгү максатуу функция минималдык маанини кабыл алуучу

$$Q(HN) = \left(\sum_{v\in V',\forall r\in R} a(v) \cdot MinCT(v) + \sum_{r\in R} b(r)\right) \to min \qquad (28)$$

жана

$$R(HN) \geq R_0, \text{ мында: } 0 < R_0 \leq 1.$$

шартын канаттандырган $F: SN \to PN$ чагылдыруусун табуу талап кылынат.

(28) функцияда $V' \subseteq V$ көптүкчөсү төмөндөгүчө аныкталат: ар бир $v \in V'$ элементи үчүн $v \in F(r)$ болуучу $\exists r \in R$. Мейли $v \in V'$ жана $v \in F(r_i), i = 1, \dots, l; r_1, \dots, r_l \in R$, анда $MinCT(v) = MinCT(type(r_1), \dots, type(r_l))$.

Мындай маселелерди чыгарууда машина убактысынын чыгымдары экспоненциалдуу түрдө өсө тургандыгы көрсөтүлдү. Ал тургай маселенин өлчөмдүүлүгүнүн салыштырмалуу кичине өсүшү машина убактысынын эң заманбап компьютердин мүмкүнчүлүгүнөн ашып кетишине алып келет.

Алтынчы бөлүм инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруунун типтүү маселелери каралып, аларды чечүүнүн татаалдыгына талдоо жүргүзүлгөн. Атап айтканда, кээ бир маселелердин математикалык формулировкалары жана NP-татаалдыгынын далилдери келтирилген: эки деңгээлдүү минималдык гиперсетти куруу; Штайнердин k-кошумча чекитин жайгаштыруу менен инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу; берилген ишенимдүүлүктү канаттандыруууучу минималдык гиперсетти түзүү; шаар курулуш шартында инженердик сеттерди жана коммуникацияларды биргеликте жайгаштыруу.

1-маселе. Мейли $PN = (X, V)$ жан $SN = (Y \subseteq X, R)$. графтарынын болжолдуу түзүмдөрү белгилүү болсун. Анда маселе төмөндөгү максаттуу функиця минималдуу маанини кабыл алуучу:

$$Q(HN) = \left(\sum_{v \in V', \forall r \in R} a(v) + \sum_{r \in R} b(r) \right) \to min$$

F чагылдыруусун табууну талап кылат.

Инженердик сеттерди оптималдаштыруу маселесинин *1-маселе* түрүндө коюлушу эки деңгээлдүү гиперсетти куруу чөйрөсүндө, мисалы, мунай түтүктөрүн төшөөдө кеңири колдонулат.

2-маселе. Мейли экинчи сетти $SN = (Y \subseteq X, R)$ баштапкы сетке $PN = (X, V)$ жайгаштырууда Штейнердин чекиттери түрүнөгү $|Y_{additional}| = k$ кошумча чекитин жайгаштуруу уруксат берилсин (станциялар, подстанциялар, күчөткүчтөр ж.б.). Анда маселе төмөндөгүчө коюлат: $|Y_{additional}| = k$ кошумча чекитин жайгаштуруу аркылуу төмөндөгү максаттык функцияны минимумга айландыруучу

$$Q(HN) = \left(\sum_{v \in F(r), \forall r \in R} a(v) + \sum_{r \in R} b(r) \right) \to min.$$

$F: SN \to PN$ чагылдыруусун тапкыла.

3-маселе. Мейли $PN = (X, V)$ жана $SN = (Y \subseteq X, R)$ графтары белгилүү болсун. Ошондай эле баштапкы графтын $v \in V$ бутагынын жашоо ыктымалдуулугу $p(v)$ жана экинчи сеттин кырынын $r \in R$ жашоо ыктымалдуулуктары $p(r) = \prod_{\forall v \in F(r)} p(v)$ белгилүү болсун. Анда маселе төмөндөгү максатуу функция минималдык маанини кабыл алуучу:

$$Q(HN) = \left(\sum_{v \in F(r), \forall r \in R} a(v) + \sum_{r \in R} b(r) \right) \to min$$

жана

$$R(HN) = \min_{r} p(r) \geq R_0$$

шартын канаттандыруучу, мында: $0 < R_0 \leq 1$ – берилген ишенимдүүлүк босогосу, $F: SN \to PN$ чагылдыруусун табууга келтирилет.

4-маселе. Мейли $\{r_1, r_2, ..., r_h\} \in R$ долбоорлонуучу инженердик сеттердин тиби жана $CT \subseteq R \times R$ төмөндөгү эреже менен аныкталуучу бинардык катыш болсун: эгерде $(r_1, r_2) \in CT$ болсо, анда бул типтеги сеттер биргелешкен, тескери учурда биргелешпеген болуп саналат. Мейли жогоруда айтылгандай $MinCT(t_1, t_2, \dots, t_h)$, $\{t_1, t_2, ..., t_h\}$ сеттерини алардын биргелешкендигин эске алуу менен бөлүүгө мүмкүн болгон - кесилишпеген көптүкчөлөрдүн минималдуу саны болсун.

Анда маселе төмөндөгү максаттык функцияны минималдаштыруучу:

$$Q(HN) = \left(\sum_{v \in V', \forall r \in R} a(v) \cdot MinCT(v) + \sum_{r \in R} b(r) \right) \to min$$

жана берилген $\{r_1, r_2, ..., r_h\}$ көптүгүн $r_1', r_2', ... \in CT, r_1'', r_2'', ... \in CT, ...$түрүндөгү кесилишпеген минималдуу сандагы биргелешпеген көптүкчөлөргө бөлүү шартында $F: SN \to PN$ чагылдыруусун табууга келтирилет.

Андан ары инженердик сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоодо колдонулуучу жогорудагы 1-4 – маселелердин полиномдук чечилүүчүлүгү жана NP-татаалдыгы далилденген.

Айрым учурда, $a(v) = 0, \forall v \in V$ болгон учурда төмөндөгү ырастоонун тууралыгы далилденген:

1-ырастоо: Мейли баштапкы сеттин бутактарынын наркы $a(v) = 0, \forall v \in V$ болсун, анда *1-маселе* полиномдук чечилүүчү болот.

Далилдөө:

Баштапкы сеттин PN бутактарынын наркы экинчи сеттин SN кырларынын наркына салыштырмалуу эске албай кюуга болот деп болжойлу, б.а. $a(v) = 0, \forall v \in V$. Анда гиперсеттин $Q(HN)$ наркы 1-маселедеги экинчи кошулуучудан гана көкаранды болот, б.а. $Q(HN) = \sum_{r \in R} b(r)$. Бул учурда классикалык минималдык маршрутту табуу ыкмасын (Дейкстаранын алгоритми) колдонууга болот. Ошентип, $a(v) = 0, \forall v \in V$ болгон учурда 1-маселе полиномдук чечилүүчү болот.

Андан ары, “кысуу” методунун негизинде 1-4-маселелердин NP-татаалдыгы далилденген. “Кысуу” методуна ылайык адегенде, жалпы учурда 1-маселенин NP-татаалдыгын көрсөтүү керек. Бул учурда калган 2-4-маселелери дагы NP-татаал болушат, анткени алар өз ичине NP-татаал болгон 1-маселени камтышат.

2-ырастоо: Мейли азыр $b(r) = 0, \forall r \in R$ болсун, анда 1-маселе NP-татаал болуп эсептелет.

Далилдөө: Мейли $|R| \geq 2$ болсун, анда төмөндөгү учурлар болушу мүмкүн:

1) Экинчи сеть графы SN байланыштуу болсун деп болжойлу. Бул учурда 1-маселенин чечими баштапкы сеть PN графындагы Штейнердин дарагы катарында изилденет. Белгилүү болгондой берилген графтагы Штейнердин дарагын түзүү NP-татаал болуп саналат.

Тескрисинен болжойлу, б.а. баштапкы сеть PN графында же экинчи сеть SN графында цикл жана минималдык наркка ээ болгон дарак бар болсун.

1.1) Мейли экинчи сеть SN графы дарак түзүмүнө ээ болсун.

a) Мели PN графынын AD жана AC маршруттары циклдерди түзүшсүн (5а-сүрөт), мында B – бул маршруттардын кесилишүү чекити. Төмөндөгү белгилөөлөрдү киргизебиз: m_1 жана m_2 – AD жана AC маршрутарынын части B чекитине чейинки бөлүктөрү, ал эми $|m_1|$ жана $|m_2|$ - алардын наркы.

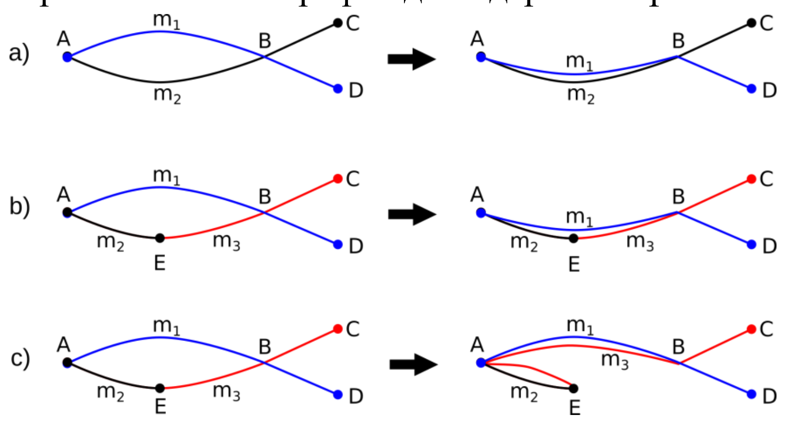
Эгерде m_1 наркы m_2 наркынан чоң болсо, б.а. $|m_1|>|m_2|$, анда m_1 маршрутун m_2 бойлото жайгаштырууга болот. Бул учурда гиперсеттин наркы $|m_1|$ чоңдугуна чейин кыскарат, бул өз кезегинде карама-каршылыкка алып келет, б.а баштапкы сеть PN графындагы дарак минималдык наркка ээ болот.

b) Мейли азыр баштапкы сеть PN графында циклдарды түзгөн AD, AE, EC, үч маршрут жашасын (5b-сүрөт), мында: B – бул маршруттардын кесилишүү чекити, m_1, m_2, m_3 – AD, AE, EC маршруттарынын В чекитине чейинки бөлүктөрү, ал эми $|m_1|$, $|m_2|$, $|m_3|$ - бул маршруттардын наркы.

Эгерде m_1 маршрутунун наркы m_2, m_3 маршруттарынын суммардык наркынан кичине эмес болсо, т.е. $|m_1| \geq |m_2| + |m_3|$, анда m_1 маршрутун m_2 жана m_3 маршруттарын бойлото жайгаштырууга болот(AEB). Анда гиперсеттин наркы $|m_1|$ чоңдугуна чейин кыскарат, бул өз кезегинде карама-каршылыкка алып келет, б.а. баштапкы сеть PN графындагы дарак минималдык наркка ээ болот.

Эгерде m_1 маршрутунун наркы m_2, m_3 маршруттарынын суммардык наркынан кичине болсо, ал эми m_2 маршрутунун наркы m_3 маршрутунун наркынан кичине болсо, б.е $|m_1| < |m_2| + |m_3|$ жана $|m_2| < |m_3|$, анда m_3 маршрутун m_2 жана m_1 маршруттарын бойлото жайгаштырууга болот (EAB) (5c-сүрөт). Анда гиперсеттин наркы $|m_3|$ чоңдугуна чейин кыскарат, бул өз кезегинде карама-каршылыкка алып келет, б.а. баштапкы сеть PN графындагы дарак минималдык наркка ээ болот.

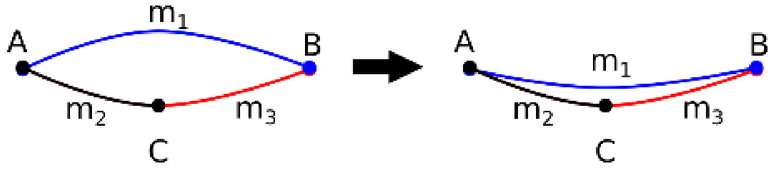
Ошентип, эгерде экинчи сеть SN графынын тузүмү дарак болсо, анда баштапкы сеть PN графындагы маршрут дагы даракты түзөт. Ошондуктан минималдык нарка ээ болгон гиперсеть биринчи сеть PN графындагы даракты түзөт.



5-сүрөт – Баштапкы сеть PN графындагы маршруттардын мисалы

1.2) Мелйи азыр экинч сеть SN графынын түзүлүшү дарак болбосун. Бул учурда дагы минималдык наркка ээ болгон гиперсеть баштапкы сеть PN графында даракты түзөөрүн көрсөтөлү.

Тескерисинче болжойлу, б.а. баштапкы сеть PN графы циклдарды кармап турсун. Мейли азыр баштапкы сеть PN графында циклдарды түзгөн AB, AC, CB, үч маршруту жашасын (6-сүрөт). AB, AC жана CB маршруттарынын ичинен эң чоң наркка ээ болгон маршрутту тандайлы (мисалы, m_1) жана аны m_2 жана m_3 маршруттарын бойлото жайгаштыралы (ACB). Анда гиперсеттин наркы $|m_1|$ чоңдугуна чейин азаят, бул өз кезегинде карама-каршылыкка алып келет, б.а. баштапкы сеть PN графындагы дарак минималдык наркка ээ болот.

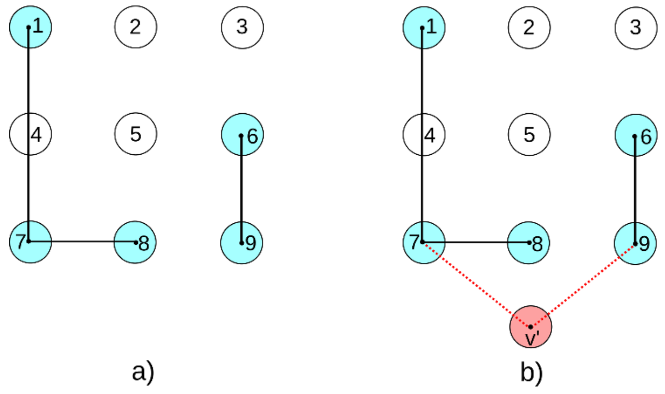


6-сүрөт – Баштапкы сеть PN графындагы маршруттардын мисалы

Ошентип, минималдык наркка ээ болгон гиперсеть баштапкы сеть PN графында даракты түзөөрү көрсөтүлдү.

2) Мейли азыр SN графы байланышсыз болсун (7a - сүрөт), т.е. маселенин чечими токой болсун. Фиктивдик v' чокусу киргизилип (7b-сүрөт), ал наркка ээ болбогон фиктивдик кырлар жана бутактар аркылуу экинчи сеть графынын байланыш компоненталары менен туташтырылган болсун. Ар бир байланыштуулук компонентасы бир жана бир гана кыр менен туташтырыла тургандыгын белгилейбиз.

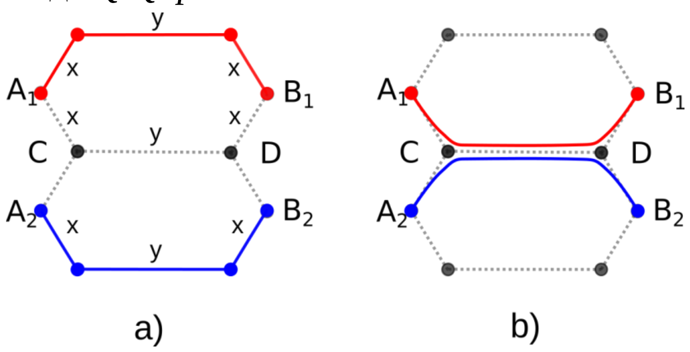
Анда кошумча v′, жана фиктивдик кырларды жана бутактарды киргизүү менен алынган экинчи сеть SN графы байланыштуу болот чокусун экинчи сеть графы. Белгилүү болгондой бул графта түзүлгөн Штейнердин дарагы алгачкы маселенин чечими болот.



7-сүрөт – a) байланышсыз граф SN; b) байланыштуу граф SN

Андан ары инженердик сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу маселелерин чыгаруунун “ач көздүк” идеясына негизделген негизделген “ач көздүк алгоритм” суеушталган. Ал үчүн биринчи сеть графына жайгаштыруу керек болгон $(A_1, B_1), \ldots (A_k, B_k)$ k кырлары каралатКыска бутактардын наркы - x, ал эми узундарыныкы - y $(y \leq 2x)$. Минималдык остовдук даракты түзүү үчүн “ач көз”

алгоритминин бирден бир түрү болгон Краскалдын алгоритмин колдонууга болот. Краскалдын алгоритминин негизинде тузулгөн чечимдин наркы $Q=k(y+2x)$ (8а-сүрөт), ал эми Штейнердин дарагынын наркы $Q_{opt}=y+2kx$. (8b-сүрөт) болот. Эгерде $y=2x$, анда $k\rightarrow\infty$ умтулганда $Q/Qopt\rightarrow2$ болот.



8-сүрөт – Штейнердин дарагынын мисалы

Эгерде кырлардын наркы нөлдөн чоң болсо, анда баштапкы сеть графындагы Штейнердин дарагын издө маселеси ар дайым оптималдуу чечимди бербейт. 8-сүрөттө биринчи сеть графына $(A_1, B_1), \ldots (A_k, B_k)$ k кырларын жайгаштыруунун мисалы келтирилген (k - так сан). Мейли кыска бутактардын наркы x, узундарыныкы y, вл эми кырлардын каалаган бутак аркылуу өтүү наркы ε болсун. Ошондой эле $y\geq2x+2(k-1)\varepsilon$ деп эсептейбиз.

Төмөндө экинчи сеть графын баштапкы сеть графына жайнаштырууда “ач көздүк” стратегиясы колдонулда. Мейли r кырларынын наркы, өзү жайгаштырылуучу бутактардын санынан көз-каранды болсун. Аны $e(v)$ аркылуу белгилейбиз.

«Ач көз» алгоритми

0-кадам. Биринчи сеть PN графынын ар бир v бутагына $c(v)=a(v)+e(v)$ чоңдугун тийешелештикке коебуз.

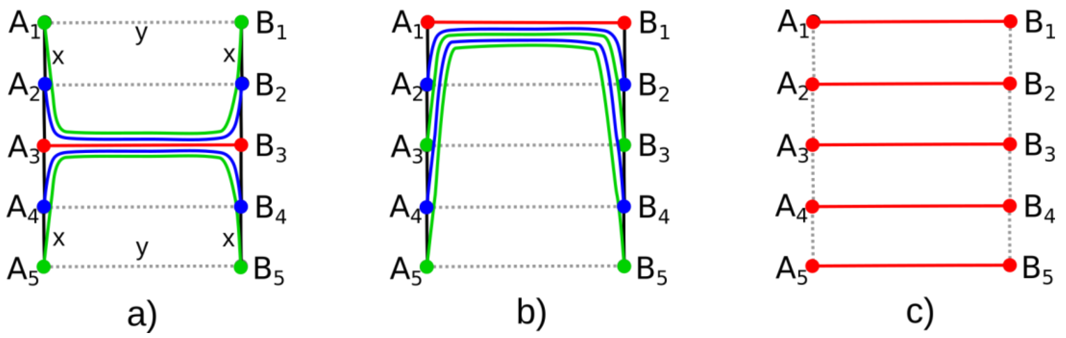
1-кадам. Экинчи сеть SN графынын чокуларын эске алуу менен баштапкы сеть PN графындагы белгиленген жуп чокулардын ортосундагы бардык кыска жолдорду табуу. Мисалы, Флойддун алгоритмин колдонуу.

2-кадам. Табылган жолдордун арасынан (азырынча кырлар жайгаштырылбаган) эң кыска жолду табуу жана ал аркылуу кырды жайгаштыруу. Мындай кырлар үчүн бутактардын баасы $c(v)= e(v)$ болот. Эгерде бардык кырлар жайгаштырылып бүтсө, анда алгоритм аяктайт, тесекри учурда 1-кадамга өтүү.

Эгерде $\varepsilon=0$ болсо, анда оптималдык чечимдер бирдей болушат, ал эми алардын наркы $Q=y+2x(k-1)$.

Эгерде $\varepsilon>0$ болсо анда оптималдык чечим 9а -сүрөт менен дал келет, ал эми анын наркы $Q_{opt}=y+2x(k-1)+ \varepsilon((k+1)^2/2 -1)$ болот. “Ач көз “ алгоритм 9b-сүрөттөгү чечимди табууга жардам берет, ал эми чечимдин наркы - $Q=y+2x(k-1)+ \varepsilon k^2$. Эгерде $y=2x+(k-1)\varepsilon$ болсо, анда $k\rightarrow\infty$ умтулганда $Q/Qopt\rightarrow2$ болот.

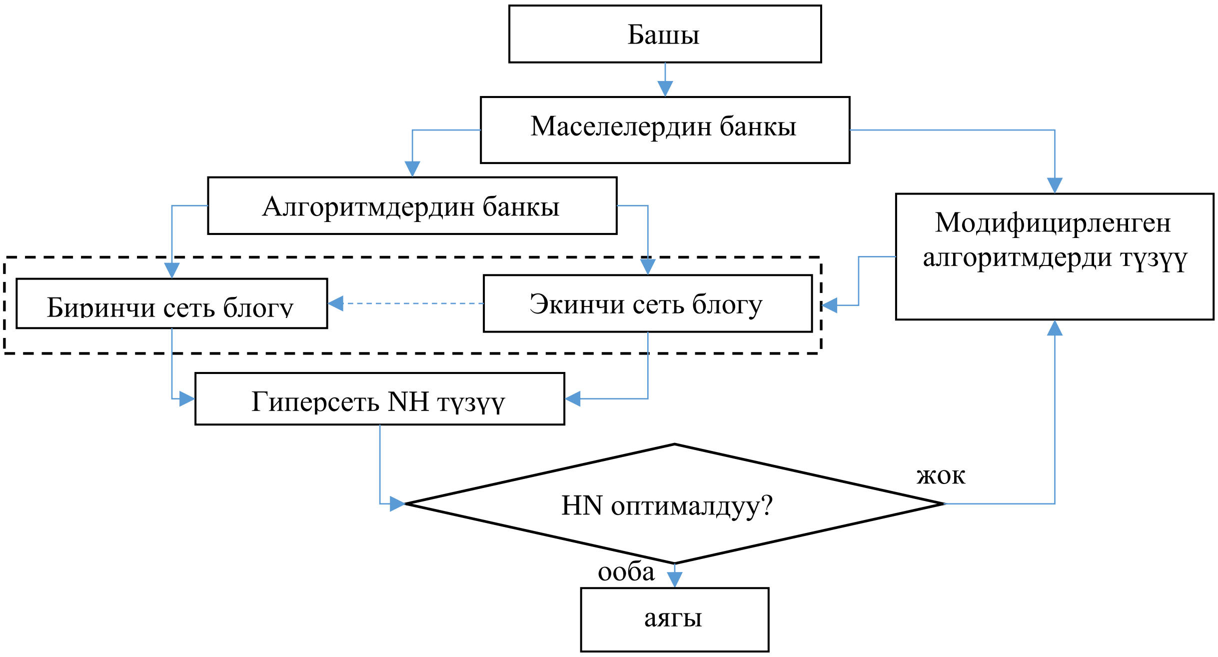
Эгерде $y\leq2(x+\varepsilon)$ болсо, анда оптималдык чечим 9с-сүрөттөгүдөй болот, ал эми анын наркы $Q_{opt}=k(y+\varepsilon)$ болот.



9-сүрөт – Ар түрдүү нарктагы *k* кырлар жана бутактар үчүн гиперсетти түзүүнүн мисалдары (*k* =5)

Жетинчи бөлүмдө иштелип чыккан методдор жана алгоритмдер, ошондой эле сандык эксперимент жүргүзүү үчүн программалык комплексти ишке ашыруу, ошондой эле алынган натыйжаларды талдоо берилген.

Сунушталган оптималдаштыруу ыкмаларынын жалпы схемасы төмөнкү блок-схема түрүндө берилиши мүмкүн (10-сүрөт):



10-сүрөт – Оптималдаштыруу ыкмаларын блок-схема түрүндө көрсөтүү

Оптималдуу гиперсетти куруу үчүн эки этаптуу алгоритмге жана эволюциялык синтез идеологиясына негизделген *модифицирленген дифференциалдык эволюциянын методу сунушталган (МДЭМ)*. Методдун маңызы баштапкы жакындоону түзүүдө жана аны экинчи сеттин чокуларынын санына $|Y|$ жараша *k* кошумча чекиттерди (КЧ) (станцияларды, подстанцияларды, бөлүштүрүүчү пункттарды ж.б.) эркин жайгаштыруу жолу менен аны удаалаш жакшыртууда турат.

1-этап. ***Баштапкы чечимди түзүү:***

1.1.-кадам. Флойд – Уоршеллдин алгоритминин негизинде PN=(X,V) графында кыска жолдордун матрицасын түзүү;

1.2.-кадам. Прима же Крускалдын алгоритминин жардамында SN=($Y \subseteq X$,R) графында минималдык каптоочу TS дарагын түзүү;

1.3.-кадам. Минималдык каптоочу даракты TS анын ар бир кыры биринчи сет PN графындагы берилген чокулардын ортосундагы минималдык жолдор аркылуу чагылдыруу.

2-этап. ***Чеичмди жакшыртуу:*** **2.1.-кадам.** КЧ координаталарын $Gen = \{P\} = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$, $k > 0$ вектору түрүндө көрсөтүү;

2.2.-кадам. Оптималдаштыруу маселесинин мүмкүн болгон чечимдерин мүнөздөгөн x_i^G кокустук векторлорунун көптүгүн инциализациялоо;

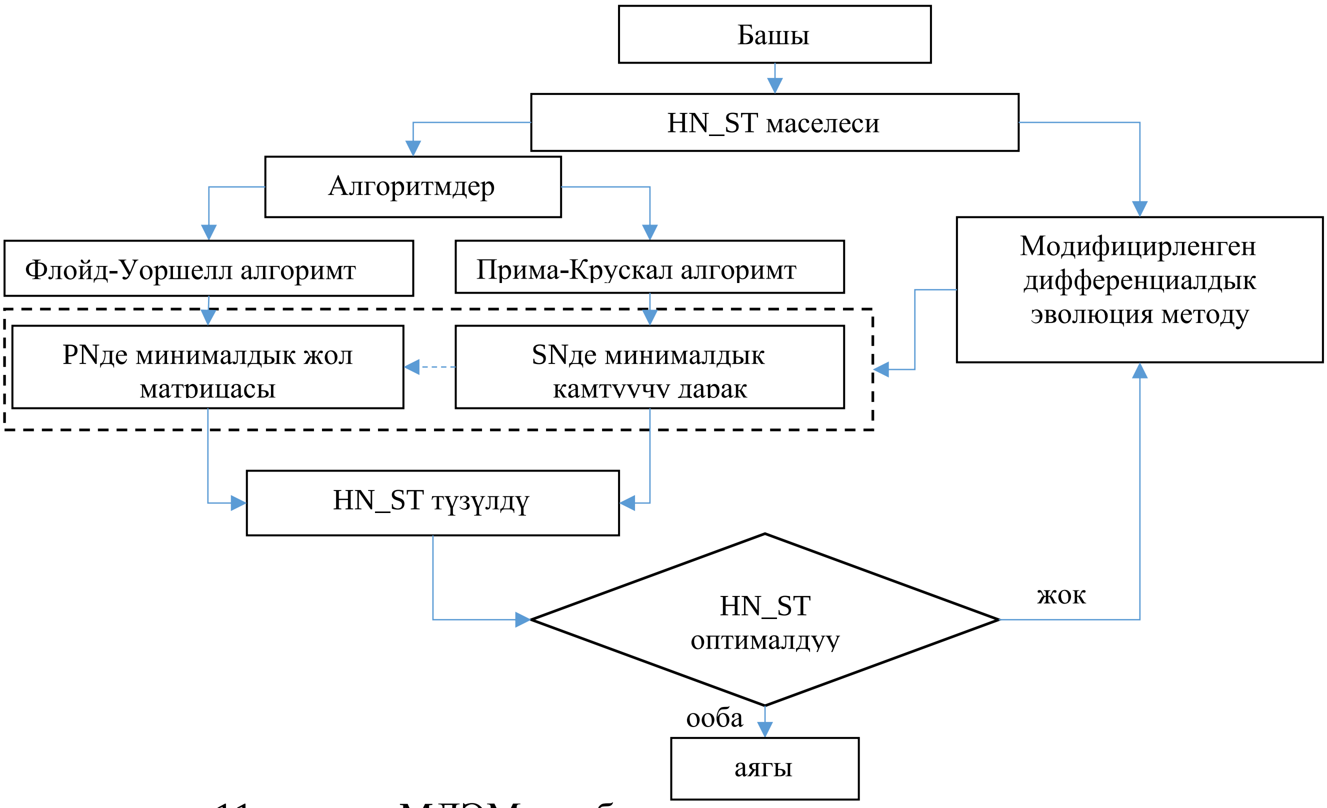
2.3.-кадам. Ар бир вектор үчүн максатуу функциянын маанилерин эсептөө. Эң жакшы натыйжаны камсыздаган вектор базалык x_i^G вектор катары кабыл алынат;

2.4.-кадам. x_i^G векторунан ар түрдүү x_1^G, x_2^G, x_3^G үч кокустук векторлорун тандоо жана $v_i^{G+1} = x_{r1}^G + F(x_{r3}^G - x_{r2}^G)$ катышы v_i^{G+1} мутанттык векторун генерациялоо, мында: $F \in \{0; 2\}$ – мутациядагы масштабдоочу коэффициент;

2.5.-кадам. v_i^{G+1} векторлорунун үстүнүн кроссовер (аргындаштыруу) операциясын жүргүзүп сыналуучу векторду түзүү. Эгерде максатуу функицянын мааниси сыналуучу вектордо жакшы натыйжа берсе, анда жаңы муундагы базалык вектор сыналуучу вектор менен алмаштырылат, тескери учурда жаңы муунда базалык вектор сакталат.

Сандык параметрлер: популяциянын өлчөмү - 100, мутация учурундагы масштабдоочу коэффициент - 0.6, кроссовердин (аргындаштыруунун) жыштыгы - 0.7, керектөөчү-чокулардын саны - 10дон 100гө чейин, КЧ саны – 3төн 20га чейин.

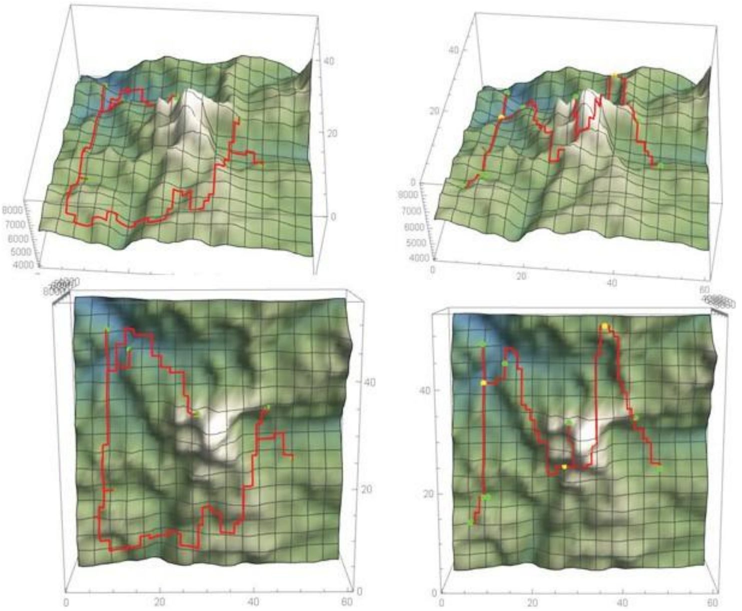
11-сүрөттө минималдуу камтуучу дарак (Hyper Net_Spanning Tree – HN_ST) түрүндөгү гиперсетти куруунун жалпыланган блок-схемасы келтирилген.



11-сүрөт – МДЭМнин блок-схема түрүндө көрсөтүлүшү

Бул алгоритмди ишке ашыруу үчүн берилген аймактын реалдуу рельефин колдонууга мүмкүндүк берүүчү Wofram Mathematica 10 системасы колдонулду.

12-сүрөттө 8 керектөөчү чоку жана 3 кошумча чоку үчүн сунуш кылынган алгоритмдин иштөөсүнүн жыйынтыктары келтирилген.



12-сүрөт – Баштапкы чечимди табуу жана аны жакшыртуу: а) капталынан көрүнүшү; б) үстүнөн көрүнүшү

1-таблицада ар түрдүү сандагы керектөөчү-чоку жана кошумча чекиттер үчүн инженердик коммуникациялар долбоорлоого кетүүчү чыгымдарды баштапкы чечимге салыштырмалуу кыскартуунун орточо чоңдугу (тегерек кашаада - анын орточо квадраттык четтөөсү) келтирилген.

1-таблица – баштапкы чечимди табуу жана аны жакшыртуу

ДТ/П	10	40	70	100
3	7.3 (3.4)	11.0 (5.7)	11.0 (5.3)	9.0 (2.4)
5	7.3 (3.1)	11.8 (7.7)	11.2 (3.3)	10.3 (2.1)
7	6.1 (3.0)	8.0 (2.9)	10.6 (4.8)	14.6 (5.4)
10	0.3 (0.5)	8.8 (4.0)	14.3 (4.9)	13.6 (2.7)
15	0	9.7 (5.5)	9.5 (2.6)	10.3 (2.8)
20	0	4.6 (3.0)	12.7 (5.3)	15.9 (5.8)

Сандык эксперименттер көрсөткөндөй, модифицирленген дифференциалдык эволюциянын алгоритми конфигурацияга, параметрлерге жана жайгаштыруу аймагына жараша баштапкы чечимге салыштырмалуу берилген инженердик сеть үчүн орточо суммалык чыгымдарды 3% - 12% га кыскартууга мүмкүндүк берет.

Долбоорлонуучу инженердик коммуникациянын ишенимдүүлүгүнө чектөөлөрдү эки деңгээлдүү ишенимдүү гиперсет *HN* түрүндө курууну эске алган *модификацияланган кумурска алгоритми* (*AntColony*) суеуш кылынды. Экинчи сеть

графынын ар бир $\forall r \in R$ кыры үчүн төмөндөгүэрежелер менен аракеттенүүчү "кумурскаларды" түзөбүз:

– t-итерацияда кумурсканын кийинки чокуга өтүү ыктымалдуулугу төмөндөгүчө аныкталат:

$$P_{ij}(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha} \cdot [\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum[\tau_{ij}(t)]^{\alpha} \cdot [\eta_{ij}]^{\beta}}$$

– ар бир $l_i(0 < l < L)$ кумурска TimeToLive белгисине ээ болот, б.а. $TTL(l_i)$:

$$TTL(l_i) = \prod_{v \in Path(l_i)} p(v)$$

мында $Path(l_i) - l_i$-кумурска үчүн жол. Эгерде $TTL(l_i) < P_0$ анда l_i-кумурска жашоосун токтотот.

– $\forall r \in R$: l_i-кумурска ар бир $v \in V$ бутагында $\Delta\tau_{ij}(t) = Q/leght(t)$ феромонун калтырат;

– эң көп каттамдардын топтому минималдуу маршрутту камсыздайт жана фиксирленет, баштапкы сеттин бутактарынын наркы төмөндөйт;

11-сүрөттө көрсөтүлгөндөй сандык эксперимент жүргүзүүдө төмөндөгү параметрлер колдонулду: $p_i = 0.99, 1 \leq i \leq g, R_0 = 0.9,$ 10x10 өлчөмүндөгү торчо $\alpha: = 1; \beta: = 3;$ $\tau_0: = 1;$ $q: = 50, SN$ дин PN ге жайгаштырылуучу кырларынын саны 10дон 100гө чейин өзгөрүлдү.

Кумурскалар колониясынын алгоритминин бир бөлүгү катары төмөндөгү алгоритм сеттердин жана коммуникациялардын иштешинин ишенимдүүлүгүнүн өлчөмү катары колдонулат.

MaxProb алгоритми:

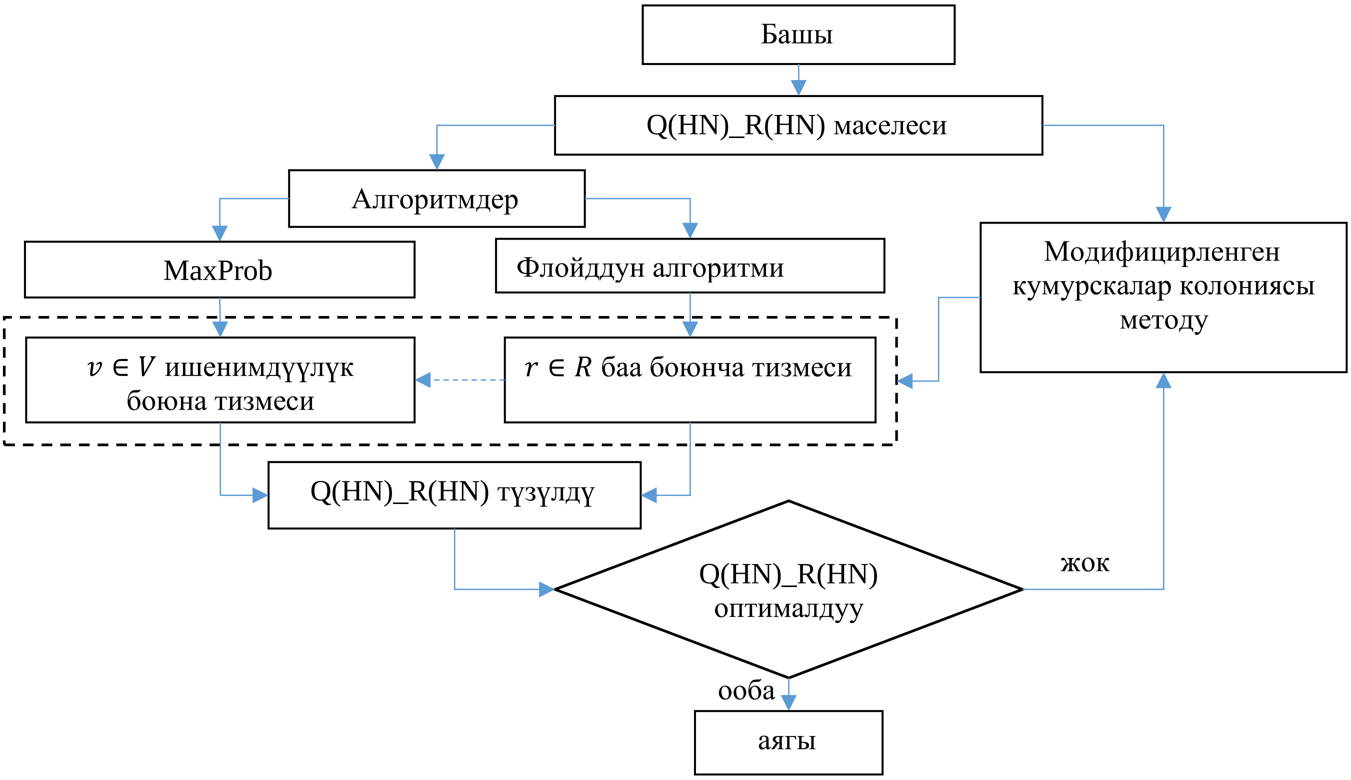
1-кадам. Ар бир бутакка $v \in V$ *(1-p(v))* санын тийешелештикке коебуз.

2-кадам. Флойддун алгоритминин негизинде баштапкы сеть $PN = (X, V)$ графындагы берилген $(y_i, y_j), i, j = 1, \dots n, i \neq j$ жуп чокуларынын ортосундагы бардык минималдык жолдорду табуу.

Табылган жолдор боюнча берилген $r \in R$ кырларынын байланыштуулук ыктымалдуулугун $p(r) = \prod_{\forall v \in F(r)} p(v)$ эсептөө.

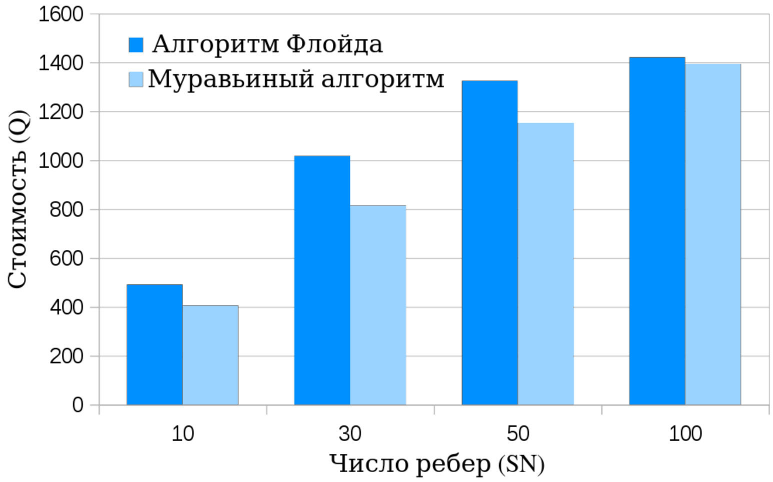
Алынган натыйжа берилген байланыштуулук босогосун канаттандырса, анда маселе чечимге ээ болот. MaxProb алгоритминин ыктымалдуулук боюнча кепилденген чектөө катары колдонсо болот.

13-сүрөттө модификацияланган кумурскалар колониясынын алгоритминин жалпыланган блок-схемасы көрсөтүлгөн, ал минималдуу чыгым менен жана берилген ишенимдүүлүк босогосун (Q(HN)_R(HN) маселеси) канааттандырган гипертти курууга мүмкүндүк берет.



13-сүрөт –*AntColony* алгориминин блок-схема түрүндө берилиши

14-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, SN графынын 10дон 100гө чейин өзгөрөт (абсцисса огу). Ордината огу $Q(HN)$ гиперсеттин баасы. Ач көздүк алгоритми менен модифицирленген кумурскалар алгоритминин натыйжалары салыштырылган.



14-сүрөт – Сандык эксперименттердин натыйжалары

Оптималдуу гиперсетти синтездөөдө *k-кыска жол методу* жана анын башка оптималдаштыруу методдору менен болгон ар түрдүү комбинациялары сунушталды. Методдун маңызы жеткиликтүү альтернативдүү маршруттардын иреттелген тизмеси түрүндөгү k-кыска жолдорду генерациялоо жана алардын ичинен берилген критерий боюнча оптималдуусун тандоо болуп саналат (15-сүрөт).

Сунушталган алгоритмдин жардамында MaxProb, FloydGreedyProb сыяктуу бир нече жеке алгоритмдер иштелип чыкты.

FloydGreedyProb алгоритми:

1-кадам. Флойддун алгоритминин негизинде баштапкы сеть $PN = (X, V)$ графындагы берилген $(y_i, y_j), i, j = 1, \dots n, i \neq j$ жуп чокуларынын ортосундагы бардык минималдык жолдорду табуу.

2-кадам. Алардын ичинен ыктымалдуулук чектөөсүн канаттандырган минималдык наркка ээ болгон жолду табуу. Табылган r жолду (кырды) $PN = (X, V)$ графындагы (y_i, y_j) жолу аркылуу чагылдырууну ишке ашыруу.

Баштапкы сеть PN графындагы $v \in F(r)$: $a(v) \coloneqq 0, b(v) \coloneqq 0$ (кийинки кырларды чагылдырууда бутактардын баасы нөлгө барабар).

Экинчи сеть графынын калган бардык $r \in R$ кырлары үчүн **1-2-кдамдарды** кайталоо.

3-кадам. Жол табылбаган кырлар үчүн (ыктымдуулук чектөөлөрүн канааттандырбаган) MaxProb алгоритми тарабынан табылган жолдорду жол катары алынат.

k-кыска жол алгоритми (k-path).

1-кадам. MaxProb алгоритминин жардамында берилген жуп чокулардын ортосундагы жолдорду табуу.

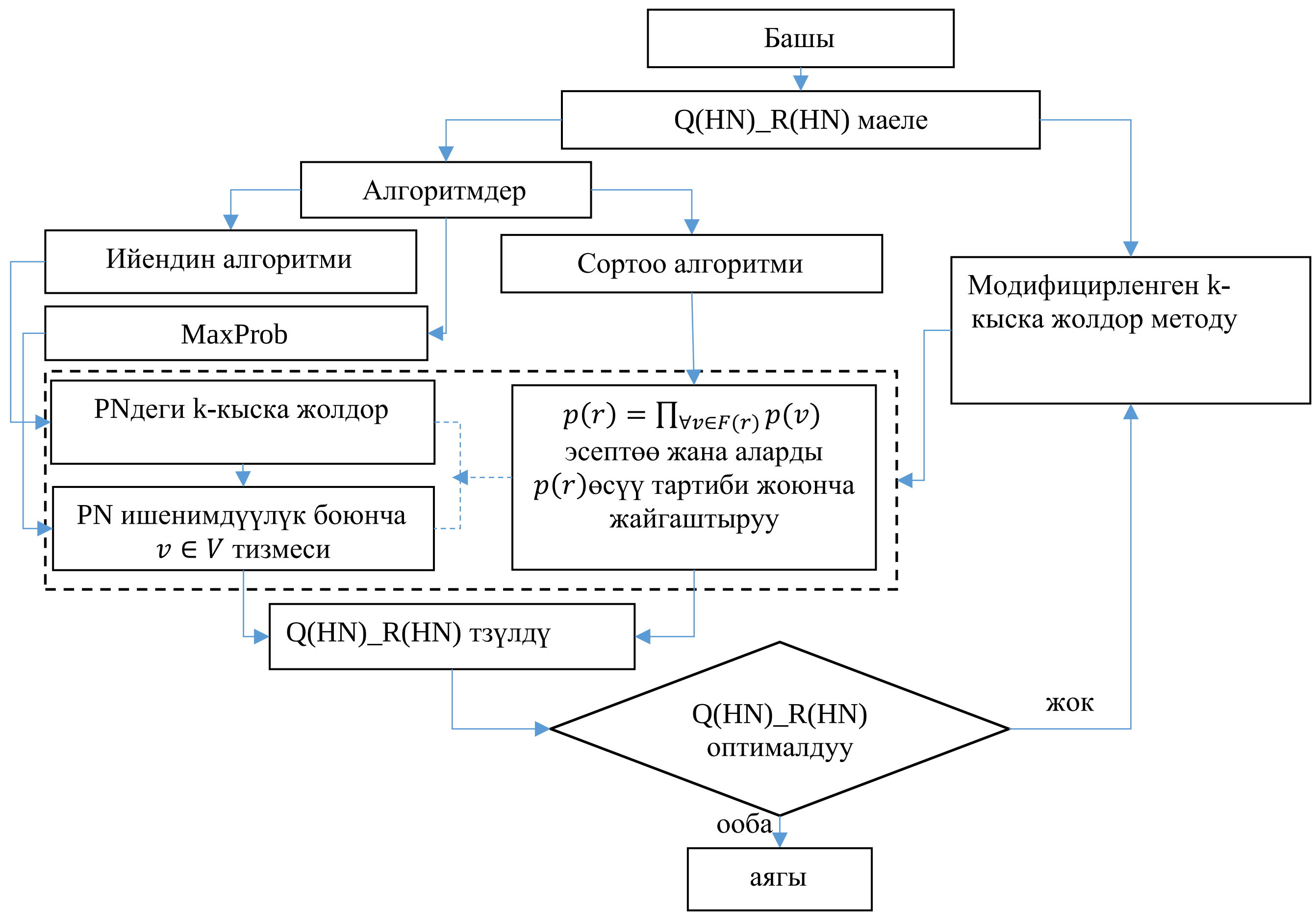
2-кадам. Экинчи сеть $SN = (Y, R)$ **графынын кырларын** $r \in R$ салмактарынын өсүүсү боюнча тартиптештирүү ($\{r_i\}$ тизмесин алуу).

3-кадам. Йендин белгилүү алгоритми менен тандалган $r_i \in R$ кырынын акыркы түйүндөрүнүн ортосундагыбардык k-кыска жолдорду табуу. Бул кыска жолдор PN графындагы иреттелген жеткиликтүү альтернативдүү маршруттардын тизмесин түзөт. Модифицирленген Йендин алгоритмин келтиребиз:

3.1.-кадам. $r_i \in R$ кырларын v$\in V$ бутактардын нарктарынын кемүү тартиби боюнча ирээттөө.

3.2.-кадам. Тизме боюнча $v \in V$ бутакты жок кылуу жана пайда болгон жаңы графта Дейкстранын алгориминин жардамында r_i кыры үчүн ыктымалдуулук көрсөткүчү боюнча "кыска" жолду табуу.

3.3.-кадам. Эгерде табылган жол мурдагы жолго салыштырмалуу ыктымалдуулук чектөөсүн канаттандырса жана минималдык наркка ээ болсо, анда аны эстеп калуу. Бутакты $v \in V$ биринчи сетке кайтаруу жана 3.2.кадамга өтүү.



15-сүрөт – Модифицирленген k-кыска жолдор методунун блок-схемасы

Бул алгоритмди башка алгоритмдердин бөлүгү катары колдонууга болот:

- **Greedy+ k-path** – FloydGreedyProb 3-кадамда k-path алгоритми менен табылган жолдор колдонулат.
- **AntColony+ k-path** – изделүүчү жолдор үчүн k-path алгоритми тарабынан табылган жолдор колдонулган AntColony алгоритми.

2- k-кыска жол алгоритми (k-path 2).

Бул жогорудагы алгоритмдин жолдор эң ишенимдүү эмес, эң арзан жолдордон жүргүзүлүүчү вариациясы.

Алгач Floyd алгоритми менен кыска жолдорду табабыз. Аларды ишенимдүүлүк чектөөлөрү K боюнча текшеребиз. Бул шарт аткарылбаган жолдор үчүн төмөндөгү кадамдарды жүргүзөбүз:

- жолдогу $v \in V$ бутактарды алардын ыктымалдуулуктары $\{p(v)\}$ боюнча ирээттөө;
- жолдон эң төмөн ыктымалдуулукка ээ болгон бутакты алып салуу. Дейкстранын алгоритминин негизинде жаңы кыска жолдорду табуу, эгерде анын ишенимдүүлүгү $p(r) \leq K$ болсо, анда аягы. Болбосо алынып салынган бутакты биринчи сеть графына кайтаруу, жана кийинки бутакты алып салуу ж.б.

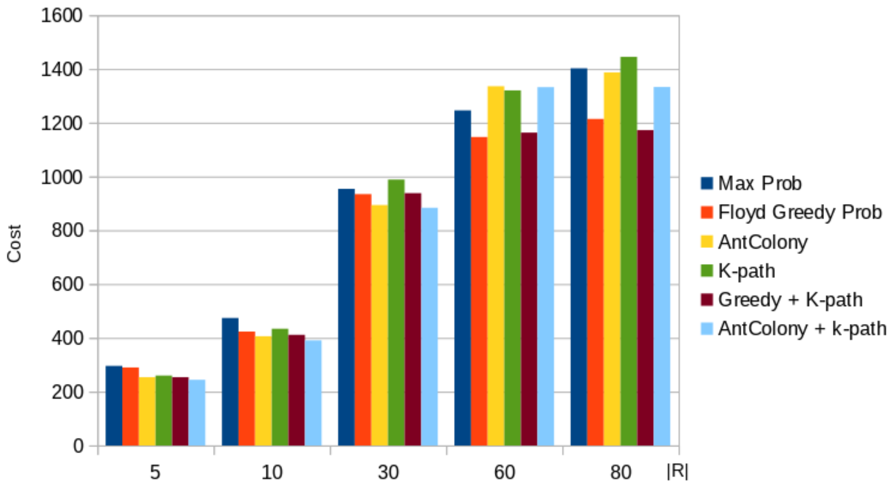
Эгерде ишенимдүүлүгү $p(r) \leq K$ болгон жолду табуу мүмкүн болбосо, анда кырларды чагылдыруучу жол катары MaxProb алгоритми менен табылган жол колдонулат.

Андан ары сунуш кылынган алгоритмдерди колдонуудагы сандык эксперименттердин натыйжалары келтирилген (16-сүрөт). Баштапкы сеть графы катарында 10х10 торчо колдонулду. Баштапкы сеть графынын бутактарынын наркы 5тен 10го чейинки, ал эми экинчи сеть графынын крыларынын наркы 1ден 5ке чейинки кокустук сандар.

Кктымалдуулук чектөөлөрү: $|R|=5, 10$ үчүн $P_0= 0.7$, $|R|=30, 60$ үчүн - $P_0= 0.6$, ал эми $|R|=80$ үчүн $P_0= 0.5$.

16-сүрөттө ордината огу боюнча алынган гиперсеттин наркы, ал эми абцисса огу боюнча биринчи сетке чагылдыруу керек болгон кырларын саны $|R|$ көрсөтүлгөн.

Алынган натыйжалар көрсөткөндөй AntColony + k-path алгоритмдеринин комбинациясы жөнөкөй AntColony алгоритмине караганда төмөн наркка ээ болгон чечимди таба алат. Анчалык чон эмес $|R|$ кырлардын саны үчүн, эң жакшы чечимди AntColony алгоритмдеринин группасы, ал эми чоң сандагылар үчүн ач көз алгоритмдер (Greedy) жакшы натыйжа беришет.



16-сүрөт – Алгоритмдердин иштөөсүнүн натыйжалары

Диссертациянын жыйынтыгында изилдөөнүн жыйынтыктары жана иштелмелери жалпыланган, ошондой эле бул жумушта чечилиген бир катар практикалык маселелер келтирилген.

Тиркемеде диссертациянын натыйжаларын колдонуу боюнча актылар жана тийешелүү долбоордук чечимди кабыл алууну жүзөгө ашыруучу программалык комплекстин листинги келтирилген.

ЖЫЙЫНТЫКТАР

Изилдөөлөрдүн жүрүшүндө төмөндөгү натыйжалар алынды:

1. Долбоорлонуучу сеттердин иерархиялуулугун жана камтылуучулугун, ошондой эле оптималдаштыруу маселелеринин көп крититериялуулугун эске алуучу моделдер жана методдор иштелип чыкты;
2. Үч өлчөмдүү мейкиндикке сеттерди жана коммуникацияларды куруудa аларды план боюнча да, профиль боюнча да куруу мүмкүнчүлүгүн, ошондой эле тоскоолдуктарды айланып өтүүдөгү коммуникациялардын берилген октун

айланасында айлануу бурчтарын эске алуучу модельдер жана методдор иштелип чыкты;

3. Шаар куруу шарттарында инженердик тармактарды жана коммуникацияларды курууда коммуникациялардын долбоорлонуучу түрлөрүнүн шайкештигин же шайкеш келбегендигин жана алардын берилген аймакка камтылуучулугун эске алуучу оптималдаштыруу маселелеринин гиперсеттик коблушу изилденди жана талданды;

4. Гиперсет теориясынын моделидеринин жана методоррунун негизинде ар турдүү арналыштагы сеттерди жана коммуникацияларды оптималдаштыруу маселелеринин NP-татаалдыгы далилденди;

5. Белгилүү оптималдаштыруу методдоруна салыштырмалуу бир топ натыйжалуу долбоордук чечимдерди түзүүнү камсыздоочу модифицирленген дифференциялдык эволюция, модифицирленген кумурскалардын колониясы, модифицирленген k-кыска жолдор методу жана анын башка методдор менен комбинациясы сыяктуу NP-татаал маселелерди чечүү үчүн бир катар методдор жана алгоритмдер иштелип чыкты;

6. Гиперсеть моделине жана ар түрдүү метаэвристикаларга негизделген методдордун жана алгоритмдердин негизинде натыйжалуу долбоордук чечимди кабыл алууну камсыздоочу программалардын комплекси иштелип чыкты. Сандык эксперименттердин жыйынтыгы көрсөткөндөй сунуш кылынган методоордун натыйжалуулугу белгилүү оптималдаштыруу методдоруна караган жогору экендигин тастыктайт.

ПРАКТИКАЛЫК СУНУШТАР

Диссертациялык изилдөөлөрдүн натыйжалары төмөнкүлөрдө колдонулушу мүмкүн:

- долбоорлоо уюмдарында ар кандай инженердик системаларды долбоорлоодо жана курууда кабыл алынуучу чечимдерди талдоо жана синтездөө үчүн,
- аймактык бөлүштүрүлгөн системалар үчүн мейкиндик маалыматтарды чогултуу, иштеп чыгуу жана моделдөө үчүн адистештирилген ГИС-технологияларын иштеп чыгуу;
- иерархиялык системаларды талдоо жана оптималдаштыруу үчүн: көп процессордук эсептөө тармактары, кардар-сервер системалары, буюмдардын механикалык байланыштары, ишканаларды уюштуруу структуралары;
- симуляциялык моделдөө, жасалма интеллект жана машинаны үйрөнүү жаатында эсептөө алгоритмдерин жана программаларын иштеп чыгуу жана өнүктүрүү;
- тоо-кен иши, мунайгаз иши, архитектура жана дизайн, электр энергетикасы жана электротехника багыттары боюнча ЖОЖдордун билим берүү программаларына интеграциялоо жолу менен адистерди даярдоонун сапатын жогорулатуу үчүн.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ИШТЕРДИН ТИЗМЕСИ:

1. Токтошов, Г.Ы. Математические модели и методы как основа цифровизации инженерных коммуникаций: монография [Текст]/Г.Ы. Токтошов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022. – 212 с. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=49846573.
2. Токтошов, Г. Ы. Математические модели и алгоритмы для проектирования магистрального трубопровода транспортировки георесурсов [Текст] / Г. Ы. Токтошов, Д. А. Мигов // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 7. – С. 155–165. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://izvestiya.tpu.ru/archive/article/view/4339.
3. Toktoshov, G. Y. The Routes Choosing Methodology for Laying Networks in Three-Dimensional Space [Text] / G. Y. Toktoshov // Optimization Problems of Complex Systems: 17th Int. Asian School-Seminar. – Moscow; Novosibirsk; Almaty, 2021. – P. 134–138. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/9588733.
4. Lyakhov, O. A. The Repair Works Planning Problems in the Utility Networks Nodes [Text] / O. A. Lyakhov, G. Y. Toktoshov // Optimization Problems of complex systems: 15th Int. Asian School-Seminar, 26-30 Aug. 2019, Novosibirsk, 2019. – Novosibirsk, 2019. – P. 92–95. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8880256.
5. Toktoshov, G. The Application of the k-shortest Paths Method for Constructing an Optimal Hypernet [Text] / G. Toktoshov, D. Migov // Optimization Problems of complex systems: 15th Int. Asian School-Seminar, 26-30 Aug. 2019, Novosibirsk. – Novosibirsk, 2019. – P. 162–166. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/8880221.
6. Токтошов, Г. Ы. Оптимизация маршрутов прокладки магистрального трубопровода для транспортировки георесурсов [Текст] / Г. Ы. Токтошов, А. Н. Юргенсон, Д. А. Мигов // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 6. – С. 41–49. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://izvestiya.tpu.ru/archive/article/view/2124.
7. Toktoshov, G. Y. On a Problem of the Utility Network Design [Text] / G. Y. Toktoshov, A. N. Yurgenson, D. A. Migov // OPTA-SCL 2018, 8-14 July 2018. – 2018. – Vol. 2098. – P. 385–395. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ceur-ws.org/Vol-2098/paper33.pdf.
8. Toktoshov, G. Models and Algorithms of Evolutionary Synthesis for Optimization of Engineering Networks [Text] / G. Toktoshov, O. Monakhov // Proc. of Int. Multi-Conf. on Engineering, Computer and Information Sci. (SIBIRCON), Novosibirsk, 18-22 Sept. 2017. – Novosibirsk, 2017. – P. 167–171. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/8109863.

9. Toktoshov, G. Design of Utility Network Subject to Reliability Constraint [Text] / G. Toktoshov, A.Yurgenson, D. Migov // Proc. of Int. Multi-Conf. on Engineering, Computer and Information Sci. (SIBIRCON), Novosibirsk, 18-22 Sept. 2017. – Novosibirsk, 2017. – P. 172–175. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/8109864.

10. Токтошов, Г. Ы. О создании геоинформационных систем на основе гиперсетей для организации инженерной инфраструктуры современных городов [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, № 1. – С. 46–52. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://izvestiya.tpu.ru/archive/article/view/1693.

11. Токтошов, Г. Ы. Методология выбора трасс для прокладки сетей и коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Вестн. Сиб. гос. ун-та телекоммуникаций и информатики. – 2022. – № 1. – С. 97–107. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_profile.asp?id=29065.

12. Токтошов, Г. Ы. Модели организации ремонтных работ для обеспечения работоспособности коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов, А. О. Ляхов // Вестн. Сиб. гос. ун-та телекоммуникаций и информатики. – 2021. – № 1. – С. 94–101. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=46398225.

13. Токтошов, Г. Ы. О сложности задач оптимизации сетей инженерных коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов, А. Н. Юргенсон, Д. А. Мигов // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2020. – Т. 14, № 9. – С. 17–23. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44066723.

14. Токтошов, Г. Ы. Задачи оптимизации сетей инженерных коммуникаций различного назначения [Текст] / Г. Ы. Токтошов. – Проблемы автоматики и управления. – 2019. – № 1 (36). – С. 5–11. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=39323419.

15. Токтошов, Г. Ы. Об оптимизации сетей инженерных коммуникаций различного назначения [Текст] / Г. Ы. Токтошов, Д. А. Мигов // Вестн. Бурят. гос. ун-та. Математика, информатика. – 2019. – № 1. – С. 78–90. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=37623261.

16. Toktoshov, G. Y. An approach to the utility network design [Text] / G. Y. Toktoshov, D. A. Migov, A. N. Yurgenson // Bull. of the Novosibirsk Computing Center. Series. Computer Sci. – 2018. – Iss. 42. – P. 77–84. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=36525304.

17. Жусупбаев, А. Об одной задаче оптимизации распределения ресурсов в иерархических сетях [Текст] / А. Жусупбаев, Г. Ы. Токтошов // Проблемы информатики. – 2017. – № 1. – С. 2–14. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=30362905.

18. Монахов, О. Г. Алгоритм дифференциальной эволюции в задачах оптимизации маршрутов прокладки инженерных сетей [Текст] / О. Г. Монахов, Э. А. Монахова, Г.

Ы. Токтошов // Наука и образование. – 2015. – № 9. – С. 135–144. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=24845041.
19. Токтошов, Г. Ы. Методы эволюционного синтеза для решения задач оптимизации сетей инженерных коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Проблемы управления и информационных технологий: докл. II-й междунар. конф., посвящ. 55-летию Ин-та автоматики и информ. технологий НАН КР, г. Бишкек, 25-26 сент. 2015 г. – Бишкек, 2015. – С. 183–192. – То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26718255.
20. Токтошов, Г. Ы. Вопросы об организации инфраструктуры мегаполиса [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Проблемы информатики. – 2015. – № 1 (26). – С. 65–72. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23322845.
21. Монахов, О. Г. Применение алгоритма муравьиной колонии для построения оптимальной гиперсети [Текст] / О. Г. Монахов, Г. Ы. Токтошов // Проблемы информатики. – 2014. – № 3 (24). – С. 3–11. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22753881.
22. Токтошов, Г. Ы. Выбор оптимального способа прокладки подземных инженерных коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Проблемы автоматики и управления (Бишкек). – 2014. – № 1. – С. 108–115. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26718202.
23. Токтошов, Г. Ы. Гиперсети в моделировании и оптимизации совмещенной прокладки подземных инженерных коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Проблемы информатики. – 2014. – № 1 (22). – С. 15–23. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21580331.
24. Токтошов, Г. Ы. Гиперсетевая модель размещения инженерных коммуникаций на пересеченной местности [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Проблемы автоматики и управления (Бишкек). – 2013. – № 1. – С. 40–45. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26718158.
25. Токтошов, Г. Ы. Методика выбора трассы для автомобильных дорог в горной лавиноопасной местности [Текст] / Г. Ы. Токтошов. – Проблемы информатики. – 2013. – № 1 (18). – С. 37–41. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18948389.
26. Токтошов, Г. Ы. Методология и практические методы построения сетей автомобильных дорог минимальной стоимости [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Проблемы автоматики и управления (Бишкек). – 2012. – № 2. – С. 64–70. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26718137.
27. Попков, В.К. Об одном подходе к оптимизации инфраструктуры инженерных сетей [Текст] / В. К. Попков, Г. Ы. Токтошов, А. Н. Юргенсон // Вестн. Сиб. гос. ун-та телекоммуникаций и информатики. – 2012. – № 3. – С. 11–28. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18249442.

28. Токтошов, Г.Ы. Исследование эффективности метода k-кратчайших путей для оптимизации топологии иерархических сетей [Текст]/Г.Ы.Токтошов, А.Н. Юргенсон, Д.А. Мигов// Проблемы оптимизации сложных систем: тр. XVI Междунар. азиат. школы-семинара, Россия, Новосибирск, 25–29 августа 2020 г. – Новосибирск, 2020. – С.38-42. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47504133.
29. Токтошов, Г.Ы. Об одной задаче мультикритериальной оптимизации сетей инженерных коммуникаций [Текст]/Г.Ы.Токтошов // Обработка информации и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 24-25 апр. 2019. – С. 192 – 197. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=39936716.
30. Токтошов, Г.Ы. Задачи оптимизации инженерных сетей в условиях городской застройки [Текст]/Г.Ы.Токтошов // Обработка информации и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 26-27апр. – Новосибирск, 2018. – С.253 – 257.
31. Токтошов, Г.Ы. Об одной задаче структурной оптимизации инженерных сетей [Текст]/Г.Ы.Токтошов// Проблемы оптимизации сложных систем: тр. XIV Междунар. азиат. школы-семинара, Кыргызская Республика, оз. Иссык-Куль, 20-31 июля 2018 г. – Алматы, 2018. – Ч. 2. – С. 261–268. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=37014749.
32. Токтошов, Г.Ы. Гиперсетевая модель и методы оптимизации инженерных и транспортных сетей [Текст]/Г.Ы.Токтошов // Обработка информации и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 26-27 апр. – Новосибирск, 2017. – С.267 – 272.
33. Токтошов, Г. Ы. О выборе трасс для прокладки сетей инженерных коммуникаций [Текст]/ Г. Ы. Токтошов // Обработка информации и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 22-24 апр. 2016 г. – Новосибирск, 2016. – С. 291–297. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26359997.
34. Токтошов, Г.Ы. Об одной модификации алгоритма муравьиной колонии для построения гиперсетей [Текст]/Г.Ы.Токтошов, О.Г. Монахов// Проблемы оптимизации сложных систем: тр. XII Междунар. азиат. школы-семинара, Новосибирск, 12-16 дек. 2016 г. – С.536 – 541.
35. Токтошов, Г. Ы. Применение алгоритма дифференциальной эволюции для синтеза оптимальной структуры инженерных сетей [Текст] / О. Г. Монахов, Э. А. Монахова, Г. Ы. Токтошов // Проблемы оптимизации сложных систем: тр. XI междунар. азиат. школы-семинара, Кыргыз. Респ., г. Чолпон-Ата, 27 июля-7 авг. 2015 г. – Бишкек, 2015. – Ч. 2. – С. 458–463.
36. Токтошов, Г.Ы. Эволюционный подход к решению задач оптимизации маршрутов прокладки инженерных сетей [Текст] / О. Г. Монахов, Э. А. Монахова, Г.

Ы. Токтошов // Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики-2015: междунар. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19-23 окт. 2015 г. – Новосибирск, 2015. – С. 506–510. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25578011.
37. Токтошов, Г. Ы. Системный подход к оптимизации сетевой инфраструктуры мегаполиса [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Обработка информации и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 22-24 апр. 2015 г. – Новосибирск, 2015. – С. 299–307. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26359916.
38. Токтошов, Г. Ы. Об одной задаче размещения элементов инженерных коммуникаций [Текст] / А. Ж. Жусупбаев, Г. Ы. Токтошов // Обработка информации и математическое моделирование: материалы Рос. науч.- техн. конф., Новосибирск, 22-24 апр. 2015 г. – Новосибирск, 2015. – С. 314–320. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26359917.
39. Токтошов, Г.Ы. Об оптимизации инженерных сетей крупных городов [Текст]/Г. Ы. Токтошов// Современные концепции научных исследований: тр. XII международ. научно-практ. конференции, Москва, 27-28 марта 2015 г. – Москва, 2015. – Ч.5 – С. 16 – 19. – То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=27497248.
40. Монахов, О. Г. Об одном подходе к эволюционному синтезу регулярных сетей [Текст] / О. Г. Монахов, Э. А. Монахова, Г. Ы. Токтошов // Проблемы оптимизации сложных систем: тр. X Междунар. азиат. школы-семинара, Кыргыз. Респ., 25 июля-5 авг. 2014 г. –Новосибирск, 2014. – Ч. 2. – С. 505–509.
41. Токтошов, Г.Ы. Методика построения инженерных коммуникаций в горной пересеченной местности [Текст] / Г. Ы. Токтошов// Проблемы оптимизации сложных систем: тр. X Междунар. азиат. школы-семинара, Кыргыз. Респ., 25 июля-5 авг. 2014 г. –Новосибирск, 2014. – Ч. 2. – С. 675 – 682.
42. Токтошов, Г. Ы. Методика совмещенного размещения инженерных коммуникаций в городских условиях [Текст] / Г. Ы. Токтошов// Обработка информационных сигналов и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 22-25 апр. 2014 г. – Новосибирск, 2014. – С. 98–101.
43. Токтошов, Г. Ы. Об одном подходе к оптимизации совмещенных инженерных коммуникаций [Текст] / В. К. Попков, Г. Ы. Токтошов // Проблемы оптимизации сложных систем: тр. IX Междунар. азиат. школы-семинара, Респ. Казахстан, г. Алматы, 15-25 авг. 2013 г. – Алматы, 2013. – С. 254–261.
44. Токтошов, Г.Ы. Задачи выбора трассы для прокладки инженерных коммуникаций на пересеченной местности [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Информатика и телекоммуникаций: тр. конф. молодых ученых Инист. вычислит. матем. и матем. геофизики Сибирское отд. Росс. акад. наук, Новосибирск, 2-4 апр. 2013 г. –

Новосибирск, 2013. – С.151 – 157. То же: [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=28411395.

45. Токтошов, Г. Ы. Иерархический подход к выбору трасс линейных сооружений [Текст] / В. К. Попков, Г. Ы. Токтошов // Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений: материалы II Междунар. науч. конф., Кыргыз. Респ., Иссык-Куль (Аврора), 5-7 сент. 2013 г. – Бишкек, 2013. – Т. 1. – С. 207–216.

46. Токтошов, Г.Ы. Задачи размещения инженерных коммуникаций на пересеченной местности [Текст] / Г. Ы. Токтошов// Обработка информационных сигналов и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 23-24 мая 2013 г. – Новосибирск, 2013. – С.152 –155.

47. Токтошов, Г. Ы. Построение цифровой модели местности для задачи размещения инженерных коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Обработка информационных сигналов и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 23-24 мая 2013 г. – Новосибирск, 2013. – С. 155–156.

48. Токтошов, Г. Ы. Об одном методе в задачах оптимизации инженерных коммуникаций [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Проблемы оптимизации сложных систем: тез. докл. Восьмой междунар. азиат. школы-семинара, 2-12 июля 2012 г., г. Омск. – Омск, 2012. – С. 191–194.

49. Токтошов, Г.Ы. Об одной задаче эффективного размещения линейных объектов на заданной территории [Текст] / Г. Ы. Токтошов// Обработка информационных сигналов и математическое моделирование: материалы Рос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 26-27 апр. 2012 г. – Новосибирск, 2012. – С.131 – 134.

Токтошов Гүлжигит Ысаковичтин 05.13.18 – математикалык моделдөө, сандык ыкмалар жана программалар комплекси адистиги боюнча техника илимдердин доктору илимий даражасын алуу үчүн «Инженердик коммуникациялык сеттерди оптималдаштыруу моделдерин жана ыкмаларын иштеп чыгуу» темасына жазылган диссертациясына

РЕЗЮМЕ

Ачкыч сөздөр: инженердик коммуникация, сызыктуу курулуш, граф, гиперсет, биринчилик тармак, экинчилик тармак, ишенимдүүлүк, жашоо жөндөмдүүлүгү, көп критериалдуулук, NP-татаалдык, натуралдык эсептөө, эволюциялык синтез, ач көздүк стратегия, дифференциалдык эволюция, эсептөө алгоритми.

Изилдөө ыкмалары: графтар жана гипертармак теориясынын ыкмалары; табигый эсептөө жана эволюциялык синтез ыкмалары, аймактын рельефин компьютердик моделдөө, тор жакындаштыруу ыкмалары, дискреттик оптималдаштыруу ыкмалары, сеттердин ишенимдүүлүгүн талдоо ыкмалары.

Изилдөөнүн объектиси: ар кандай арналыштагы инженердик сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоо жана эксплуатациялоо аймагында пайда болуучу оптималдаштыруу маселелери.

Изилдөөнүн предмети: инженердик сеттерди жана коммуникацияларды долбоорлоодо жана эксплуатациялоодо натыйжалуу долбоордук чечимдерди тандоону камсыздоочу оптималдаштыруунун математикалык моделдери жана ыкмалары, ошондой эле сандык алгоритмдер жана программалардын комплекси.

Изилдөөнүн максаты: инженердик сеттерди жана коммуникацияларды куруудa натыйжалуу долбоордук чечимдерди кабыл алууну колдоо үчүн моделдерди жана оптималдаштыруу ыкмаларын, ошондой эле сандык алгоритмдерди жана программалардын комплексин иштеп чыгуу.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы: инженердик сеттердин жана коммуникациялардын түзүлүшү үчүн математикалык модель; инженердик тармактарды жана коммуникацияларды оптималдаштыруу маселелеринин гипертармактык коюлушу жана алардын NP-татаалдыгын далилдөө; гипертармак теориясынын моделине жана эволюциялык синтезге негизделген тармактарды жана коммуникацияларды оптималдаштыруу моделдери жана алгоритмдери; көп критериялуу оптимизация маселесин чечүү үчүн табигый эсептөө ыкмалары; k-кыска жолдордун ыкмасына, “ач көз” эвристикага жана гипертармак теориясынын моделдерине негизделген гибриддик эсептөө алгоритмдери; сандык эксперимент жана тесттик эсептөөлөрдү жүргүзүү үчүн программалык комплекс.

Колдонуу аймагы: инженердик долбоорлоо, курулуш индустриясы, окуу процесси.

РЕЗЮМЕ

диссертации Токтошова Гулжигит Ысаковича на тему «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18- математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Ключевые слова: инженерная коммуникация, линейное сооружение, граф, гиперсеть, первичная сеть, вторичная сеть, надежность, живучесть, многокритериальность, NP-трудность, натурное вычисление, эволюционный синтез, жадная стратегия, дифференциальная эволюция, вычислительный алгоритм.

Методы исследования: методы теории графов и теории гиперсетей; методы натурного вычисления и эволюционного синтеза, компьютерное моделирование рельефа местности, методы сеточной аппроксимации, методы дискретной оптимизации, методы анализа надёжности сетей.

Объектом исследования являются оптимизационные задачи, возникающие в области проектирования и строительство инженерных сетей и коммуникаций различного назначения.

Предметом исследования являются математические модели и методы оптимизации, а также численные алгоритмы и комплексы программ для выбора эффективного проектного решения при проектировании и эксплуатации инженерных коммуникаций различного назначения.

Целью исследования является разработка моделей и методов оптимизации, а также численных алгоритмов и комплексов программ для поддержки принятие эффективного проектного решения при проектировании сетей и коммуникаций.

Полученные результаты и их новизна: математическая модель для структуры инженерных сетей и коммуникаций; гиперсетевая постановка задач оптимизации инженерных сетей и коммуникаций и доказательство их NP-трудности; модели и алгоритмы оптимизации сетей и коммуникаций основанные на модели теории гиперсетей и эволюционного синтеза; методы натурного вычисления для решения задачи многокритериальной оптимизации; гибридные вычислительные алгоритмы онованные на методе k-кратчайших путей, жадной эвристики и теории гиперсетей; программный комплекс для проведения вычислительного эксперимента и тестовых расчетов.

Область применения: инженерное проектирование, строительная индустрия, учебный процесс.

SUMMARY

of the dissertation by Toktoshov Gulzhigit on the topic " Development of networks engineering communication optimization models and methods" for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.13.18. - mathematical modeling, numerical methods and software packages

Keywords: engineering communication, linear structure, graph, hypernet, primary network, secondary network, reliability, survivability, multi-criteria, NP-hard, natural calculation, evolutionary synthesis, greedy strategy, differential evolution, computational algorithm.

Methods: graph theory and hypernet methods; natural calculation and evolutionary synthesis methods, computer modeling of terrain, grid approximation methods, discrete optimization methods, network reliability analysis methods.

The object of the research: optimization problems arising in the field of design and construction of engineering networks and communications for various purposes.

The subject of the research: mathematical models and optimization methods, as well as numerical algorithms and software packages for choosing an effective design solution for the design and operation of engineering communications for various purposes.

The aim of the research: develop optimization models and methods, as well as numerical algorithms and software packages to support effective design decisions in the design of networks and communications.

Obtained results and their novelty: mathematical models for the engineering networks and communications structure; hypernet formulation of optimization problems for engineering networks and communications and proof of their NP-hard; models and algorithms for optimizing networks and communications based on the model of hypernet theory and evolutionary synthesis; methods of natural calculation to solve the problem of multicriterial optimization; hybrid computational algorithms based on the k-shortest paths method, greedy heuristics and hypernet theory; a software package for conducting computational experiments and test calculations.

Field of application: engineering design, construction industry, educational process.

Токтошов Гулжигит Ысакович

Инженердик коммуникациялык сеттерди оптималдаштыруу моделдерин жана ыкмаларын иштеп чыгуу

техника илимдеринин доктору окумуштуу даражасын алуу үчүн диссертациянын Автореферaты

Басмага кол коюлган: 27-январь 2025-жыл.
Буйрутма № 15

Формат 60x84 /16. Көлөмү 2.5 басма табак. Наклад 5 даана.
Басма: ИП Абдыкеримов, Бишкек