

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АЛОҚА, АХБОРОТЛАШТИРИШ
ВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ДАВЛАТ
ҚЎМИТАСИ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
НУКУС ФИЛИАЛИ**

Қўл ёзма ҳуқуқида

УДК 681.3

ДАРХАНОВ АЙБЕК АЙТМУРАТОВИЧ

**Кўп критериялик масалаларни ечиш учун дастурий воситаларни
ишлаб чиқиш**

5A330201 - «Компьютер тизимлари ва уларнинг дастурий таъминоти»

Магистр академик даражасини олиш учун ёзилган

ДИССЕРТАЦИЯ

Илмий раҳбар:

ф-м. ф.н., доц. Ш.А.Бурханов _____

Нукус – 2014

МУНДАРИЖА

Кириш.....	3
I боб. Детерминирланган кўпкритериялик масалаларининг қуйилиши ва тадқиқоти.....	9
1. Детерминирланган кўпкритериялик масалаларининг қуйилиши	9
2. Чизиқли кўп критериялик масалани сифат тадқиқоти масалалари	18
3. Чизиқли икки критериялик масаланинг турғунлигини тадқиқот қилиш	23
II боб. Детерминирланган кўп критериялик масалаларни ечиш усуллари	28
1. Кўп критериялик масалаларни ечишнинг чекловлар усули	28
2. Кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечишнинг кетма-кет ён беришлар усули.....	39
3. Кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечишнинг тенг улчовли суммалар усули.....	43
III боб. Детерминирланган кўпкритериялик масалаларни ечиш учун дастурий воситаларни ишлаб чиқиш.....	49
1. Кўпкритериялик масалаларни ечишнинг диалог процедуралари	49
2. Моделлаштириш масалаларини сонли амалга оширишнинг дастурий воситалари.....	54
3. Чизиқли кўп критериялик масалаларни сонли ечишнинг дастурий комплексини ишлаб чиқиш	66
Хулоса.....	78
Адабиётлар руйхати.....	79
Илова.....	82

КИРИШ

Мавзунинг долзарблиги. Мамлакатнинг ҳозирги замон ривожланиши даврида, бозорнинг ўсиб бараётган талаблари, илм ва техниканинг ютуқлари янги технологияларнинг пайдо бўлишига олиб келади ва у ўз навбатида ишлаб чиқариш соҳасидаги фаолиятни на фақат кенгайтиради, қийинлаштиради ва тезлаштиради ҳам. Шу сабабдан замонавий бошқариш системаларининг самарадорлигини ошириш, хўжалик механизмининг борча поғоналарида қарор қабул қилишнинг янги ахборот технологияларини жорий қилиш буйича масалаларни ечиш ўзига хос долзарб ҳисобланади. Бу шунинг учун ҳам аҳамиётли, сабаби кўплаб кўчимча бозор факторларини ҳисобга олиш, узоқ муддатга мўлжалланган стратегик режалар билан бирга уларни амалга оширишнинг тактик қадамларини ишлаб чиқиш буйича жавобгарликни кўп марта оширди.

Аммо, ушбу йўлда қайта ишланадиган ахборот ҳажмининг катталиги ва мураккаблигига, бошқариш системасининг кўп функционаллиги ва уларни таҳлил қилиш вариантлари сонининг катталигига, боғлиқ муаммолар пайдо бўлмоқда. Айнан, шу сабабли бошқаришнинг оптимал тизимини, ҳисоблаш техникаси замонавий воситаларини, тизимли таҳлилнинг ва ривожланган дастурий таъминотнинг янги усулларини қўлланмасдан ишлаб чиқиш мумкин эмас. Ечиладиган масалаларнинг мураккаблиги, тадқиқот қилинаётган бошқариш системаси мураккаблигини тўғри акслантирувчи ва биринчи навбатта кўп мақсадли хусусиятга эга, мос математик моделларнинг пайдо бўлишига олиб келди. Ана шундай математик моделларнинг асосида оптималлаштиришнинг кўп критериялик масалалари ётиши лозим.

Шундай қилиб, замонавий бошқариш - бу кўп критериялик танлашда оптимал қарорни тезкор қабул қилишдир. Бундан, кўп критериялик масалаларни ечишнинг самарали усулларини ишлаб чиқиш, умуман

олганда тизимли таҳлилнинг ва хусусан бошқариш ва қарор қабул қилиш назарияларининг энг муҳим муаммоларидан ҳисобланади.

Шунга ухшаш масалаларни ечиш усуллари яратиш анча вақтдан буён олиб борилади ва асосан чет эл олимлари ишларига тааллуқли: Н.Н. Моисеев, В.С. Михалевич, В.Л. Волкович, Ю.Б. Гермейер, В.В. Подиновский, Л.И. Полишук, В.В. Хоменюк, М.А. Айзерман, И.М. Макаров, Ю.К. Машунин, Б.А. Березовский, Р. Штойер, С. Карлин, Р. Кини, Х. Райфа ва бошқалар, улар томонидан тизимли таҳлил ва кўп критериялик оптималлаштиришнинг ҳар хил масалаларини ечишнинг назарияси ва амалиётига асос бўладиган ҳисса қўшилди.

Бундай масаларни ечишнинг турли хил вариантлари ва ёндашишлари мавжудлигига қарамасдан, улар барчаси ўзига хос камчиликлар ва устунликларга эга. Бундан ташқари, ушбу гуруҳга тааллуқли баъзи бир усуллар учун масаланинг ечилиши ҳақида жиддий исбот мавжуд эмас.

Шундай қилиб, кўп критериялик масалаларни ечишнинг янги усуллари яратиш ва мавжудларини такомиллаштириш, шунингдек уларни сонли амалга ошириш масалалари доим долзарб масалалардан бўлиб қолади.

Тадқиқот мақсади ва вазифалари: Кўп критериялик масалаларни ечиш усуллари тадқиқот қилиш ва уларни сонли амалга ошириш учун дастурий воситалар ишлаб чиқиш. Ушбу мақсадга эришиш учун диссертацияда қуйидаги вазифалар ва масалалар қўйилди:

1. Чизиқли кўп критериялик масаланинг сифат тадқиқотини ўтказиш.
2. Бош критерий усули асосида кўп критериялик масалани ечишнинг диалог процедурасини ишлаб чиқиш.
3. Кўп критериялик масалани ечишнинг диалог процедурасини сонли амалга оширишнинг дастурий воситаларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти: Иқтисодиётнинг турли соҳаларида бошқариш қарорларини қабул қилишнинг мураккаб тизимларининг математик моделлари.

Тадқиқот предмети: Бошқаришнинг амалий масалаларини ечишнинг кўп критериялик оптимизацион моделлари ва уларни таҳлил этиш.

Тадқиқот мавзуси буйича қисқача адабиётлар таҳлили.

Ҳозирги замон шароитида мураккаб системаларни тадқиқот қилишда, иқтисодий жараёнларни режалаштиришда ва хўжалик масалаларини ечишда моделлаштириш ва иқтисодий-математик усуллар кенг қўлланилади ва уларнинг ишида энг аҳамиятли ўринлардан бирини оптималлаштириш усуллари эгаллайди десак хато қилмаймиз [1-4].

Оптималлаштириш усуллари орасида оптималлаштириш усулларини бир критериялик оптималлаштириш (скаляр оптималлаштириш) ва кўп критериялик оптималлаштириш (векторлик оптималлаштириш) усуллари деб ажратилади. Скаляр оптималлаштириш усулларининг қўлланилиши шу ҳолларда мумкин, агарда масалада мақсадлар ва талаблар оптималлик критерияси битта бўлган ҳол билан аниқланадиган бўлса.

Ҳозирги вақтда оптималлаштириш масалалари буйича кўпчилик илмий ишлар бир критериялик масалаларга бағишланган бўлиб, уларга нисбатан кўп критериялик масалаларни ечишнинг сонли усуллари камроқ ишлаб чиқилган [5-10].

Мураккаб техник системаларни тадқиқот қилиш ва лойихалаштиришда, ёки иқтисодий масалаларни ечишда, бир критерия билан айрим бир қатор талабларни ва мақсадларни ифода қилиб бўлмаганда, кўп критериялик оптималлаштириш усулларини қўллаш зарур [11-12].

Ривожланаётган системаларда оптималлаштиришнинг кўп критериялик ёндошуви бир критериялик ёндошувга қараганда динамик жараённинг ички моҳиятини аниқ ифода қилади, чунки у ҳолда унинг ривожланишининг барча тамонлари ҳисобга олинади.

Кўп критериялик масала ечимини ифодаловчи Парето кўплиги ичидаги ечимлардан бизга мақул бўлган ечимларни танлашимиз зарур.

Аммо, Парето кўплиги нуқтасини фиксирлаш орқали биз аслини олганда комплекс критерияли (ёки критериялар сверткаси - критерияларнинг чизиқли комбинацияси) бир критериялик масалага ўтамиз. Бизни қаноатлантирувчи фиксирланган нуқтани Парето кўплигидан танлаш мумкин, фақат ушбу критерияларни бир критерия аҳволига олиб келувчи вазн коэффициентларини аниқлайдиган бўлсак. Бундан параметрик бир критериялик масалага ўтишга боғлиқ кўп критериялик оптималлаштириш масаласини ечишнинг яна бир усулига келамиз[13-14].

Аммо, бунда пайдо бўлган кўп критериялик масалаларни ечиш катта қийинчиликларга олиб келади. Масалан, критериялик масаланинг самарали ечимлари кўплигини (Парето кўплиги) тўла таърифлаш бир томандан сермашшақат иш бўлса, иккинчи томандан бари бир масалани охиригача ечиб бўлмайди, чунки кейинги сўз экспертга ёки ҚҚШ(Қарор қабулловчи шахс) га тегишли бўлади. Шу сабабдан экспертга қарор қабуллаш учун ахборотни шундай шаклда етказиб бериш керакки, натижада ўнга ечимни танлаш жараёни энг қулай ва табиий бўлсин.

Чизиқли кўп критериялик масалаларни ечиш усуллари шиддат билан ривожланмоқда. ЭХМ да амалга оширилган дастурлар, дастурлар пакетлари ва дастурий системалар мавжуд [15-18].

Улар ишида энг самаралиси инсон-машина процедуралари ҳисобланади ва улар ЭХМ билан ҚҚШ орасидаги мулоқатга асосланган бўлади. Бундай процедуралар, сўзсиз, бирнечта критерияли мураккаб системаларни бошқариш ва лойихалаштириш масалаларини ечишда зарур ҳисобланади.

Маълумки, детерминирланган кўп критериялик масалаларни стандарт усуллар билан ечганимизда айрим масалаларнинг кўп экстремаллиги сабабли мақсад функциясининг глобал экстремумини ҳамма вақтда ҳам топиб бўлмайди. Итерацион усул қандай да бир локал экстремум нуқта атрофида тўқтаб қолиши мумкин. Шу сабабли бундай ҳолларда стохастик усулларни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлади, чунки

улар локал экстремумлардан ўтиб кетиш хусусиятига эга. Шунинг учун ҳам детерминирланган кўп критериялик масалаларни ечиш учун стохастик усулларни қўллаш тавсия қилинади[19-21].

Тадқиқот услуби ва усуллари. Тадқиқот соҳасига тегишли илмий адабиётларни ўрганиш, таҳлил қилиш ва умумлаштириш. Системали таҳлил ва оптималлаштириш масалаларини ечишга қаратилган математик программалаштириш назарияси усуллари.

Тадқиқот натижаларининг назарий ва амалий аҳамияти.

1. Назарий жиҳатдан чизиқли кўп критериялик масаланинг сифат тадқиқоти ўтказилиб, теорема исбот қилинди.
2. Кўп критериялик масалаларни ечиш алгоритмларини сонли амалга ошириш учун дастурий мажмуа ишлаб чиқилди ва унинг ишлаш имконияти конкрет мисоллар ечиш билан кўрсатилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги.

- Чизиқли кўп критериялик масала учун оптималлик шартлари ҳақида теорема исбот қилинди.
- Бош критериялар усули асосида кўп критериялик масалани ечишнинг диалог процедураси ишлаб чиқилди.
- Кўп критериялик масалани ечиш учун Delphi муҳитида дастурий мажмуа ишлаб чиқилди.

Диссертация таркиби. Диссертация кириш, уч бобдан, хулоса, адабиётлар руйхати, иловадан иборат. Умумий ҳажми—87 varaқ.

Диссертация ишининг қисқача тавсифи.

Кириш қисмида тадқиқот мавзусининг долзарблиги асосланган, тадқиқот объекти, предмети, мақсади ва вазифалари аниқланган, тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги, назарий ва амалий аҳамияти туғрисида маълумотлар ва диссертация ишининг қисқача тавсифи келтирилган.

Биринчи боб детерминирланган кўпкритериялик масалаларининг қуйилиши ва уларнинг тадқиқотига бағишланган. Унда кўп критериялик оптималлаштириш назариясининг асосий тушунчалари ва кўп критериялик

масалаларнинг оптималлик шартлари ва турғунлигини исботлаш масалалари қўрилган.

Иккинчи бобда кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечиш усуллари ёритилган. Асосий учта усул қўрилади ва уларнинг хусусиятлари, камчиликлари конкрет мисолларда кўрсатиб ўтилган.

Учинчи бобда детерминирланган кўп критериялик масалаларини ечиш усуларини компьютерда амалга оширишнинг дастурий воситаларини ишлаб чиқиш масалалари қаралган. Ушбу бобда бош критерий усули асосида кўп критериялик масалани ечишнинг диалог процедурасини амалга ошириш учун дастурий мажмуа ишлаб чиқилган ва унинг ёрдамида мисоллар ечилган.

Хулоса қисмида ишда олинган асосий натижалар келтирилган ва таклифлар берилган.

I боб. Детерминирланган кўп критериялик масалаларнинг қуйилиши ва тадқиқоти

1. Детерминирланган кўп критериялик масалаларнинг қуйилиши

Умуман, бозор иқтисодиёти шароитида қабул қилишнинг хоҳлаган масаласи кўп критериялик ҳисобланади. Шу сабабдан кўп критерияликнинг сабабини ахтариш ва ушбу мақсад учун мос математик усулларни қўллаш масаласи алоҳида эътиборга арзийди.

Маълумки, бозор иқтисодиёти шароитида самаралик кўрсаткиши битта - фойда, ва шундай қилиб қарор қабул қилиш критерияларининг мумкин бўлган йиғиндиси шу билан тугаллангандек. У ҳолда савол туғилиши табиий, яъний бозор иқтисодиёти шароитида кўп критериялик оптималлаштириш масалаларни ечиш усуллари керак бўладими, агар ҳа бўлса, нимага? Саволнинг биринчи қисмига бозор иқтисодиёти шароитида яшаётган ривожланган мамлакатларнинг тажрибасидан келиб чиқиб осон жавоб бериш мумкин. Уларда шундай усуллар борми? Жавоб: албатта бор. Нима сабабданлигини тушунишга ҳаракат қилайлик. Ҳақиқатдан фирманинг бозордаги бош мақсади - фойдани максималлаштириш. Аммо у туғридан тўғри эришилмайди, балки куйроқ даражадаги хусусий мақсадларни кўзлаб эришилади. Ушбу фикрни кўргазмали шаклда кўрсатайлик 1.1-расм.

Яъни «фойдани максималлаштириш» хусусий мақсадларнинг кўп сондаги сонли ва сифат параметрлари қийматларини аниқлашга олиб келади. Ушбу мақсадлар ўз ора рақобатлашиши мумкин (сабаблар бу ерда соф техник сифатда бўлиши мумкин – масалан – автомобил қуввати ва ёнилғи сарфи, шу билан бирга «манба - иқтисодий» - масалан – ҳарқил турдаги рекламаларнинг маблағлари - босма, аудио-видео ва ҳакоза). Ушбу параметрларнинг қийматларининг фойда билан боғланиши кўпчилик ҳолларда ҳаддан ташқари билвосита сифатга эга, формал эмас ва етарли ўрганилмаган, яъни барча маблағларни ишончли даражада ва осон ҳисоблашнинг уддасидан чиқиш мумкин эмас.



1.1.-расм. Корхонанинг мақсадлари иерархияси

Иқтисодиётда қарор қабул қилиш масаласининг кўп критериялигининг иккинчи сабаби – вақт фактори таъсири - фазо.

Кўп критерияларда қарор қабул қилиш масалаларининг кўйилиши принцип жиҳатдан икки вазиятга боғлиқ. Бир томондан ушбу масалалар ноаниқлик шароитидаги қарор қабул қилиш масалаларига яқин бўлади, сабаби ечимларнинг ҳархил вариантлари уларнинг мувоффақиёти эҳтимоли билан тавакаллиги эҳтимолигига нисбати билан баҳоланиши даркор. Иккинчи томондан, аниқлик шароитида қарор қабул қилишнинг кўп критериялик масалаларида катта сондаги критерияларни ҳисобга олиш, альтернативалардан бирини танлаш ҳамма вақтда фақат битта критерий асосида амалга оширилади деган анъанавий фараз қилишдан воз кечишга асосланган. Бундай ҳолатларда скаляр оптималлаштиришнинг масаласи векторлик оптималлаштириш масаласига алмаштирилади.

Ушбу икки ҳолатни ҳисобга олишга интилиш кўп ўлчовли мақсад функциялари системасини оптималликнинг скаляр критериясига акслантирувчи математик моделни яратиш йўли билан кетишга олиб келди. Бундай ёндоқиш, қарор қабул қилувчи шахсда устунлик беришнинг махсус функцияси бўлишини яширин фараз қилишни талаб қилади. Бундай фараз қилишнинг тўғрилиги олдиннан маълум эмас. Аммо, бу

йўналиш шундай масалаларни ечишнинг етарли ривожланган назариясига эга.

Кўп критериялик оптималлаштириш масалаларининг типик қўйилишига бирнечта мисоллар қараймиз.

- Зарур сондаги манбалар(маблағлар) K_1 сонини аниқлаш ва уни рационал фойдаланиш усулини аниқлаш талаб қилинсин (критерий сифатида манбани фойдаланиш натижаси қабул қилинсин- K_2). Бундоқ масаланинг қўйилиши мисоли сифатида пластик стаканларни таёрлавчи ускуналарни лойихолаштириш масаласини олиш мумкин ва унда ишлаб чиқариш ва эксплуатация баҳоси (K_1) ва максимал хизмат муддати (K_2).

- Агар, олдига қўйилган мақсадга эришиш учун керакли манбалар биржинсли эмас бўлса, у ҳолда умумий векторлик критерий хусусий критерийлардан шакллантирилади, бунда K_i — i -чи типдаги манба сони. Мисол сифатида ҳархил профилдаги мутахассисларнинг илмий-тадқиқот ишларини режалаштириш масаласи ҳисобланади.

- Қарор қабул қилишнинг кўп критериялик масалалари қўйилган мақсадларнинг кўп ҳиллигидан келиб чиқади. Умумий критерийнинг таркибини тузувчиси сифатида K_i — i -чи мақсадга эришиш даражаси қабул қилинади. Мос равишда энг яхши йўл билан бундай формаллаштириш кўп мақсадли системаларни лойихолаштириш масалаларига тўғри келади.

- Умумий мақсадни иерархик (“мақсадлар дарахти”) турда структурлаштиришда векторлик критерийни тузиш j -чи даражадаги i -чи улуш мақсадга эришиш даражаси K_{ij} орқали амалга оширилади. Бундай масала қўйилишининг типик ҳоли мураккаб системаларнинг ривожланишини дастурий-мақсадли режалаштириш масаласи ҳисобланади.

- Масала система самарадорлигини унинг бутун ҳаёт циклида баҳолаш зарурлигидан келиб чиқади. Векторлик критерийнинг таркибий қисмлари бўлиб система ишлашининг циклнинг алоҳида этапларида

самаралик кўрсаткишлари K_i , (бунда i – ҳаёт цикли этаплари сони) хизмат қилади. Масалан, мураккаб системаларнинг ривожланишини режалаштиришда системани яратиш баҳосини, ишлаш давридаги ишини ва самарали қўлланиш мумкинлигини аниқлаш зарур бўлади.

- Ҳар хил шароитларда иш олиб боровчи мураккаб системанинг самарадорлигини аниқлаш масаласи ҳам кўп критериялик характерга эга. Ушбу ҳолда умумий критерий K_i – i -чи вариантта ишловчи, система самарадорлиги критерияларидан шаклланади. Шунки, авиалайнер кундуз ҳам туни билан ҳам ва ҳарқил об-ҳавода ҳам учиши мумкин.

- Векторлик критерияни зарурлик бўлганда ўз ора боғланган системалар йиғиндиси самаралигини баҳолашда қўлланиш мумкинлигини қараш керак. Хусусий критерий сифатида i -чи улуш системанинг самаралик критерияси K_i қабул қилинади. Мисол тариқасида бир нечта цехлардан ёки технологик ускуналар ўрнатилган ишлаб чиқариш биноларидан иборат корхонанинг зарарини баҳолаш хизмат қилиши мумкин.

- Система самарадорлигини динамикада баҳолаш зарурлиги бўлганда, умумий критерийни i -чи текшириш моменти вақтидаги самаралик критериялари K_i лардан шакллантириш зарур. Мисол тариқасида m -ёзги маҳалдаги мураккаб системанинг ривожланишини режалаштириш масаласин курсатиш мумкин .

- Самарадорликни ҳархил нуқтаи назардан баҳолашда ҳам масаланинг кўп критериялик қуйилиши келиб чиқади. Инвестион лойиха буйича қарор қабул қилишда зарурлик бўлганда уни барча кўрсаткишлар (NPV, IRR, PV, рентабеллик ва бошқ.) буйича баҳолаш зарур.

Умумий масала қуйидагидан иборат:

Векторлик мақсад функцияси $F(X)=[f_i(X)]$ ўз ичига шундай хусусий мақсад функцияларни $f_i(X)$ олади ва улар дастлабки пайтларда битта мақсад функциясига олиб келинмайди ва ҳархил эҳтиёжларни

қаноатлантириш даражасини ифодалайди. Хусусий мақсад функцияларидан бири буйича оптимал ечим субоптимал деб айтилади. Умумий ҳолда субоптимал ечим ҳар хил хусусий мақсад функциялар учун бир бирига мос келмайди. Бундан шундай ечимни танлаш зарурлиги келиб чиқади, натижада улар хусусий мақсад функциялари йиғиндиси нуқтаи назардан энг яхши ҳисоблансин.

Бундай масалаларнинг энг оддий ечими Парето оптималлик принципи асосида буйича $F=(f^i)$ функциясининг самарали қийматлари кўплигини тадқиқот қилиш масаласи ҳисобланади. Бу – векторлик оптималлаштиришнинг классик масаласи. Аммо, ушбу масалани ечиш нихоятда осон эмас. Шароитни енгиллаштириш мумкин агар самарали ечимлар кўплиги X^* ёпиқ ва қаварик, максимумлаштирилувчи функциялар $f^i(X)$ – ботик бўлса (яъни субоптималлаштириш масаласи қаварик программалаштириш масаласи бўлса). Агар X^* кўплиги қаварик ва $f^i(X)$ ларнинг барчаси ботик эмас, у ҳолда самарали ечимларни топиш қийинлашади.

Парето кўплигининг хоссалари ўрганилади – унинг чегараси ва характерлик нуқталари топилади (маслан, Гермейера теоремаси ёрдамида). Кўп критериялик масалаларни ечишда Парето кўплигини ажиратиб олиш ҳамма вақтда ҳам қаноатлантирувчи ечимни топишга олиб келмайди. Бунинг сабаби, катта сондаги дастлабки вариантлар кўплигида Парето кўплиги нихоятда катта бўлганлиги учун ҚҚШ ечимнинг сўнги вариантыни танлашни мустақил амалга ошириши мумкин бўлмайди.

Бундан ташқари, самарали альтернативаларни аниқлаш солиштириладиган альтернативалар вектор шаклида берилган пайтда ҳам ўтказилишини ҳисобга олиш керак бўлади. Самарали ечимлар кўплигини X^* анъанавий усул билан топиш мумкин эмас. Векторларни солиштиришни қуйидаги таърифларни қўлланиб ўтказиш керак.

Майли, вектор $a=(a_1,a_2,\dots,a_i,\dots,a_n)$ ва $b=(b_1,b_2,\dots,b_i,\dots,b_n)$ берилган бўлсин.

a вектор ($\geq$) мунособат буйича b вектор устидан устунлик қилади деймиз, агар $a_i \geq b_i, \forall i = 1, n$ бўлса.

a вектор ($>$) мунособат буйича b вектор устидан устунлик қилади деймиз, агар $a_i > b_i, \forall i = 1, n$ бўлса.

У ҳолда ($\geq$) мунособат буйича устунлик қилмайдиган ечимлар кўплиги самарали баҳолар кўплиги ва ($>$) мунособат буйича устунлик қилмайдиган ечимлар кўплиги кучсиз самарали баҳолар кўплиги деб аталади. Бинар мунособотлар матричасини берилган мунособатларда тузиш орқали самарали ва кучсиз самарали ечимларни ажратиш масаласини вектор билан берилган альтернативалар учун ечиш мумкин.

Аммо бу ерда бази бир муомма туғилиши мумкин. Унинг моҳияти шундан иборат, барча солиштириладиган альтернативалар самарали бўлиши мумкин. Унда, кўп критериялик оптималлаштиришнинг махсус процедураларини қўллаш орқали самарали ва солиштириб бўлмайдиган альтернативалар кирадиган бинар мунособатлар ядросини ажратиш лозим.

Шундай қилиб, Парето кўплигини ажратишни оптималлаштиришнинг дастлабки босқичи деб қараш мумкин ва шу билан ушбу кўпликнинг қисқариши муоммаси мавжуд.

Самарали ечимлар кўплигидаги бундан кейинги излашлар фақат қарор қабул қилишнинг бази бир принциплари асосида олиб борилиши мумкин бўлади. Улардан базиларини кўриб чиқамиз. Шу билан бирга фараз қилайлик, барча критерийлар нормаллаштирилган, яъни бир турга кўпинча вақт буйича улчовсиз масштабга келтирилган бўлсин.

1. **Тенг ўлчамлик принципи.** Унинг моҳияти ечимни барча локал критериялар буйича тенг ўлчамли ва гармоник яхшилашга интилишдан иборат бўлади.

2. **Тенглик принципи.** Энг яхши ечим деб шундай ечимга айтилади унда барча локал критериялар қиймати тенг бўлса. Ушбу

принцип ниҳоятда «қаттиқ» ва самарали ечимлардан ташқари ечимларга олиб келиши ва ҳатто ечимга эга бўлмаслиги, айниқса дискрет ҳолларда.

3. **Максмин принципи.** Тенг ўлчамлик ғояси барча критериялар даражасини, энг ёмон критерийни максимал кўтаришга интилиш ҳисобидан, оширишга интилишдан иборат.

4. **Квази тенглик принципи.** Ечим энг яхши деб ҳисобланади, агар айрим критерийларнинг қийматлари бир биридан δ дан кўп эмас миқдорга фарқ қилса .

Одилона ён бериш принципи.

1. Абсолют ён бериш принципи. Энг яхши ечим деб бир ёки бирнечта критерийларнинг пасайишининг абсолют даражаси суммаси бошқаларининг кўтарилишининг абсолют даражаси суммасидан ошмайдиган ечимга айтилади. Оптималлик принципи критериялар суммасини максималлаштиришдан иборат бўлади.

2. Нисбий ён бериш принципи. Энг яхши ечим деб бир ёки бирнечта критерийларнинг пасайишининг нисбий даражаси суммаси бошқаларининг кўтарилишининг нисбий даражаси суммасидан ошмайдиган ечимга айтилади. Оптималлик принципи локал критерияларни кўпайтиришдан иборат бўлади.

Бош критерийни ажратиш принципи. Локал критериялардан биттаси танланиб бош критерий қилиб олинади. Бошқа критерийларнинг даражасига уларнинг олдиннан берилган қийматларидан кам бўлмаслик шарти қўйилади ва улар бош критерий учун энг яхши ҳисобланган, ечим изланадиган соҳани ташкил қилиши, талаб қилинади.

Кетма-кет ён бериш принципи. Фараз қилайлик, локал критерийлар муҳимлиги буйича камайиш тартибида жойлашган бўлсин. Энг яхши ечимни топиш процедураси қуйидагича бўлади. Дастлаб f_1 критерияси буйича энг яхши ечим қидирилади. Кейин, амалий жиҳатдан ва дастлабки маълумотлар аниқлигидан келиб чиқиб, f^2 критерийси маъносида энг яхши ечимни топиш учун бизга мақул бўлган f_1 функциясидан олинандиган

бази бир «ён бериш» микдори Δf^1 , тайинланади. Ундан кейин, процедура қолган критерийлар учун кетма-кет қайталанади. Энг яхши критерийни бундай топиш усулининг яхшилиги, критерийнинг бирисидан ютуқ олиш учун бошқасидан ён бериш баҳоси қандай бўлишлиги, бирданига кўриниб туради.

Ечимларни қабул қилиш принципларининг конкрет амалга оширилиши алгоритмлар ёки кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечишнинг процедуралари кўринишида юзага чиқади.

Аслида ушбу масалаларни ечишнинг барча маълум ёндошишлари скалярлаштиришни мулжаллайди. Бунда энг муҳим масалалардан бири ечимни танлашда ҚҚШ нинг қайси ечимни афзал кўришини ҳисобга олишдан иборат. Шу принципга мос, кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечиш усуллари, ҚҚШ нинг афзал кўриши ҳақидаги ахборотнинг тавсифига қараб, классификациялаш мумкин.



1.2-расм. Кўп критериялик масалаларни ечиш усуллари классификацияси.

- ✓ Аниқлик шароитида ечим(қарор) қабул қилиш;
- ✓ ҚҚШ нинг афзал кўриши ҳақидаги ахборот бўлмаганда ечим (қарор) қабул қилиш;
- ✓ ҚҚШ нинг афзал кўриши ҳақидаги ахборотни аста секин олиш мумкин бўлганда ечим (қарор) қабул қилиш.

Қарор қабул қилишнинг кўп критериялик масалаларини ечиш усуллари классификацияси 1.2-расмда келтирилган.

2. Чизиқли кўп критериялик масалани сифат тадқиқоти масалалари

Чизиқли программалаштиришнинг кўп критериялик масаласи қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$f_k(x) = \sum_{i=1}^n c_i^k x_i \rightarrow \max, k = 1, \dots, p; \quad (1.1)$$

$$x \in X = \{x : Ax \leq b, x \geq 0\} \quad (1.2)$$

бунда A – $m \times n$ ўлчовли матрица, b – m ўлчовли вектор, $y_k = f_k(x)$ – мақсад функциялар, уларнинг ҳар бирининг қийматини (1.2) шартларни қаноатлантирувчи x ўзгарувчиси кўплиги X да максималлаштириш зарур, p - мақсад функциялар сони, $X \subset R^n$ – мумкин бўлган чегараланган планлар кўплиги.

Чизиқли программалаштиришнинг кўп критериялик масаласини ечиш учун скаляр критерийга келтиришнинг ҳар қил усуллари қўлланилади: тенг ўлчовли суммалар усули (ёки сверткалар усули), ечимларнинг соҳасини сиқиш усули, е-чекловлар усули, бош критериялар усули, ҳар қил диалог процедуралар ва ҳоказо [1].

Чизиқли программалаштиришнинг кўп критериялик масаласини бир скаляр критерияга олиб келиб ечиш усулларида бири – бош критериялар усулини қараймиз. Усулнинг ғояси қуйидагича бўлади. X кўплигида ҳар бир критерий бўйинча максималлаштириш масаласини симплекс усул билан ечамиз ва уларнинг ечимларини $f_k^* = f_k(x^*)$ деб белгилаймиз. Кейин (1)-(2) масала ўрнига унга эквивалент бўлган қуйидаги масалани қараймиз:

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^n c_i^1 x_i \rightarrow \max \quad (1.3)$$

$$f_k(x) = \sum_{i=1}^n c_i^k x_i \leq f_k^*, k = 2, \dots, p \quad (1.4)$$

$$x \in X = \{x : Ax \leq b, x \geq 0\} \quad (1.5)$$

Кўп критериялик (1.1)-(1.2) масаланинг мумкин бўлган ечимлари бир критериялик (1.3)-(1.5) масаланинг ҳам мумкин бўлган ечимлари ҳисобланади, чунки (2) шартни қаноатлантирувчи ечимлар кўплиги (1.4),(1.5) шартларни қаноатлантирувчи ечимлар кўплиги ичида ётади.

Ушбу параграфда (1.3)-(1.5) масаланинг сифат тадқиқотини ўтказамиз, унга икки ёқлама масалани тузамиз ва икки ёқламалик муносабатини ўрнатамиз. Тўғри ва икки ёқлама масалаларининг оптималлик шартлари ҳақидаги теоремани исбот қиламиз.

(1.3)-(1.5) масала учун Лагранж функциясини киритамиз

$$L(x, \lambda, u) = \sum_{i=1}^n c_i^1 x_i + \sum_{k=2}^p \lambda_k \left(\sum_{i=1}^n c_i^k x_i - f_k^* \right) + \sum_{j=1}^m u_j \left(\sum_{i=1}^n (a_{ij} x_i - b_j) \right) =$$

$$= (c^1, x) + \sum_{k=2}^p \lambda_k [(c^k, x) - f_k^*] + \sum_{j=1}^m u_j [(a_j, x) - b_j] \quad (1.6)$$

Лагранж функциясини ўзгартириб қуйидаги турга келтирамиз

$$L(x, \lambda, u) = (c^1, x) + \sum_{k=2}^p \lambda_k [(c^k, x) - f_k^*] + \sum_{j=1}^m u_j [(a_j, x) - b_j] =$$

$$= (c^1 + \sum_{k=2}^p \lambda_k c^k + A^T u, x) - \sum_{k=2}^p \lambda_k f_k^* - \sum_{j=1}^m u_j b_j$$

Бундан (1.3)-(1.5) масала учун икки ёқлама масалани оламиз ва у қуйидагича бўлади

$$\varphi(\lambda, u) = (b, u) + \sum_{k=2}^p \lambda_k f_k^* \rightarrow \max \quad (1.7)$$

$$(c^1 + \sum_{k=2}^p \lambda_k c^k + A^T u, \geq 0, \quad \lambda, u \geq 0, \quad (1.8)$$

Бу ерда векторлар $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_k)$, $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ - (1.7)-(1.8) икки ёқлама масала ечимлари.

Оптималлик шартлари ҳақидаги теоремани келтирамиз

Теорема. x^* нуқтаси (1.3)-(1.5) масала ечими бўлиши учун барча $x \in X$ ва $(\lambda, u) \geq 0$ ларда қуйидаги тенгсизликларни қаноатлантирувчи

$$L(x, \lambda^*, u^*) \leq L(x^*, \lambda^*, u^*) \leq L(x^*, \lambda, u) \quad (1.9)$$

шундай $\lambda^*, u^* \geq 0$ векторлари мавжуд бўлиши зарур ва етарлидир.

Зарурликни исбот қилайлик. Майли x^* (1.3)-(1.5) масала ечими бўлсин деб фараз қилайлик, у ҳолда икки ёқламалик теоремаси [2] бўйича $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_k), u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ векторлари (1.7)-(1.8) икки ёқлама масаласи ечимлари бўлади. Дастлаб (1.9) тенгсизликнинг чап тоمانининг тўғрилигини кўрсатамиз. Қуйидаги ифодани қараймиз ва унинг манфий эмаслигини исбот қиламиз

$$\begin{aligned} L(x^*, \lambda^*, u^*) - L(x, \lambda^*, u^*) &= (c^1, x^*) + \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x^*) - f_k^*] + \\ &+ \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x^*) - b_j] - (c^1, x) - \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x) - f_k^*] - \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x) - b_j] \geq 0 \end{aligned}$$

Буни бошқача кўринишда қайта ёзамиз

$$\begin{aligned} L(x^*, \lambda^*, u^*) - L(x, \lambda^*, u^*) &= [(c^1, x^*) - (c^1, x)] + \left\{ \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x^*) - f_k^*] + \right. \\ &+ \left. \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x^*) - b_j] \right\} - \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x) - f_k^*] - \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x) - b_j] \geq 0 \end{aligned} \quad (1.10)$$

ва (1.10) тенгсизликнинг тўғрилигини исбот қиламиз. Квадрат қавсдаги биринчи қўшилувчи манфий эмас, сабаби x^* нуқта функциянинг максимум нуқтаси. Фигуралик қавс ичидаги иккинчи қўшилувчи тўғри ва икки ёқлама масаларнинг оптимал ечимларида нулга айланади. Кейинги икки қўшилувчилар манфий эмас, сабаби барча $x \in X$ лар учун (1.4) шартдан квадрат қавслар ичидаги ифодаларнинг манфийлиги ва уларнинг олдидаги минус белгисини ҳисобга олганда манфий эмас бўлади, демак (1.10) тенгсизлик ўринли. (1.9) тенгсизликнинг чоп томони исботланди. Унинг ўнг тоمانини исботлаш учун қуйидаги ифодани қараймиз

$$L(x^*, \lambda, u) - L(x^*, \lambda^*, u^*) = (c^1, x^*) + \sum_{k=2}^p \lambda_k [(c^k, x^*) - f_k^*] + \\ + \sum_{j=1}^m u_j [(a_j, x^*) - b_j] - (c^1, x^*) - \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x^*) - f_k^*] - \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x^*) - b_j]$$

Уни ўзгартиришдан кейин ушбу кўринишга эга бўламиз

$$L(x^*, \lambda, u) - L(x^*, \lambda^*, u^*) = (c^1 + \sum_{k=2}^p \lambda_k c^k + A^T u, x^*) - \{ \sum_{k=2}^p \lambda_k f_k^* + \sum_{j=1}^m u_j b_j + \\ + (c^1, x^*) \} - \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x^*) - f_k^*] - \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x^*) - b_j] \geq 0$$

(1.8) тенгсизликдан биринчи қушилувчининг манфий эмаслиги келиб чиқади ва кейинги икки қушилувчиларнинг манфий эмаслиги (1.4), (1.5) дан келиб чиқади. Фигуралик қавс ичидаги ифоданинг манфий эмаслигини кўрсатамиз. Модомики, оптимал нуктада тўғри ва икки ёқлама масалаларнинг мақсад функциялари қийматлари тенг бўлганлиги учун ва икки ёқлама масала учун минимум қидирилиши керак у ҳолда унинг мақсад функцияси олдидаги минус белгиси тушади. Шуларни ҳисобга олганда ушбу ифода учун қуйидагига эга бўламиз

$$-\sum_{k=2}^p \lambda_k f_k^* - \sum_{j=1}^m u_j b_j - (c^1, x^*) = (-\sum_{k=2}^p \lambda_k f_k^*) + (-\sum_{j=1}^m u_j b_j) - (-\sum_{k=2}^p \lambda_k^* f_k^*) - \\ - (-\sum_{j=1}^m u_j^* b_j) = (-\sum_{k=2}^p \lambda_k f_k^*) - (-\sum_{k=2}^p \lambda_k^* f_k^*) + (-\sum_{j=1}^m u_j b_j) - (-\sum_{j=1}^m u_j^* b_j) \geq 0$$

Шундай қилиб, (1.9) тенгсизлик исботини тугатамиз.

Теореманинг етарлилигини исбот қиламиз. (1.9) тенгсизлик ўринли бўлсин. Унинг унғ томанидан қуйидагини оламиз

$$0 \leq L(x^*, \lambda, u) - L(x^*, \lambda^*, u^*) = \sum_{k=2}^p \lambda_k [(c^k, x^*) - f_k^*] + \\ + \sum_{j=1}^m u_j [(a_j, x^*) - b_j] - \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x^*) - f_k^*] - \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x^*) - b_j] \quad (1.11)$$

(1.9) тенгсизликнинг ўнг томонини қараймиз ва (1.11) ни ҳисобга олиб (1.4),(1.5) шартларни қаноатлантирувчи барча x лар учун қуйидагини оламиз

$$\begin{aligned}
 0 \leq L(x^*, \lambda^*, u^*) - L(x, \lambda^*, u^*) &= (c^1, x^*) - (c^1, x) - \left\{ - \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x^*) - f_k^*] - \right. \\
 &\quad \left. - \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x^*) - b_j] + \sum_{k=2}^p \lambda_k^* [(c^k, x) - f_k^*] + \sum_{j=1}^m u_j^* [(a_j, x) - b_j] \right\} \leq \\
 &\leq (c^1, x^*) - (c^1, x)
 \end{aligned}$$

Бундан, x^* нуқтасининг (1.3) мақсад функциясига максимум қиймат бериши келиб чиқади. Теорема тўла исботланди.

3. Чизиқли икки критериялик масаланинг турғунлигини тадқиқот қилиш

Ушбу параграфда берилган кўп критериялик масала мақсад функциясининг масала чегаравий шартлари ўнг томонидан узликсиз боғлиқлиги тадқиқот қилинади. Мақсад функциясининг масала чегаравий шартлари ўнг томонидаги параметрлардан узликсиз боғлиқлигига масаланинг чегаравий шартларнинг ўнг томони параметрлари буйича турғунлиги дейилади.

Қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришини жойлаштириш ва ихтисослаштиришнинг детерминирланган икки критериялик модели маҳсулотлар буйича максимум фойда ва минимум капитал харажатларда свертка усули билан параметрик бир критериялик масалага олиб келинади.

$$\Phi_1(x, y, z, \alpha_1, \alpha_2) = -\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 = -\alpha_1 \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_1^i} \sum_{k \in K_i} \sum_{n \in N} q_{ijk} x_{ijk}^n - \quad (1.12)$$

$$-\alpha_1 \sum_{i \in I} \sum_{v \in J_2^i} \bar{q}_{iv} z_{iv} + \alpha_2 \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_1^i} \sum_{k \in K_i} \sum_{n \in N} p_{ijk} a_{ijk} x_{ijk}^n + \alpha_2 \sum_{i \in I} \sum_{v \in J_2^i} \bar{p}_{iv} z_{iv} \rightarrow \max$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K_i} \sum_{n \in N} a_{ijk} x_{ijk}^n - \sum_{i \in I} y_{ij} \geq A_j \quad (j \in J_1^i) \quad (1.13)$$

$$\sum_{i \in I} z_{iv} \geq B_v, \quad v \in J_2^i \quad (1.14)$$

$$\sum_{j \in P_l} \chi_{il} y_{ij} - \sum_{v \in J_2^i} b_{ivl} z_{iv} \geq 0, \quad i \in I, l \in L \quad (1.15)$$

$$\sum_{j \in J_1^i} \sum_{k \in K_i} \sum_{n \in N} t_{ijk} x_{ijk}^n + \sum_{v \in J_2^i} \tau_{iv} z_{iv} \leq T_i, \quad i \in I \quad (1.16)$$

$$\sum_{j \in J_1^i} \sum_{k \in K_i} \sum_{n \in N} \gamma_{mjn}^k x_{ijk}^n + \sum_{v \in J_2^i} \bar{\gamma}_{mv} z_{iv} \leq D_{mi}, \quad m \in M, i \in I \quad (1.17)$$

$$\sum_{j \in J_1^i} \sum_{k \in K_i} \sum_{n \in N} x_{ijk}^n \leq S_i, \quad i \in I \quad (1.18)$$

$$x_{ijk}^n \geq 0, y_{ij} \geq 0, z_{iv} \geq 0, (i \in I, j \in J_1^i, v \in J_2^i, k \in K) \quad (1.19)$$

Бу ерда:

a_{ijk} – i -чи тумандаги k -чи типдаги ердаги j -чи экин маҳсулоти ҳосилдорлиги;

p_{ijk} - i -чи тумандаги k -чи типдаги ердаги j -чи экин маҳсулоти бирлигидан олинган фойда;

$\bar{p}_{iv}$ - i -чи тумандаги v -чи чорводарлик маҳсулоти бирлигидан олинган фойда;

q_{ijk} - i -чи тумандаги k -чи типдаги ердаги j -чи экин маҳсулоти бирлигига сарфланган капитал харажатлар;

$\bar{q}_{iv}$ - i -чи тумандаги v -чи чорводарлик маҳсулоти бирлигига сарфланган капитал харажатлар;

I – туманлар индекслар кўплиги;

J_1^i – i -чи тумандаги экин маҳсулотлари индекслар кўплиги;

J_2^i – i -чи тумандаги чорводарлик маҳсулоти индекслар кўплиги;

K_i – i -чи тумандаги ер типлари индекслар кўплиги;

L – ем-хашак турлари индекслар кўплиги;

χ_{jl} – j -чи экин маҳсулоти бирлигини l -чи турдаги ем-хашак бирлигига ўтказиш коэффициенти;

b_{ivl} – i -чи тумандаги v -чи чорводарлик маҳсулоти бирлигини чиқаришда қўлланиладиган l -чи турдаги ем-хашак бирлиги миқдори;

t_{ijk} – i -чи тумандаги k -чи типдаги ердаги j -чи экин маҳсулотига сарфланган нисбий меҳнат сарфи;

τ_{iv} – i -чи тумандаги v -чи чорводарлик маҳсулотига сарфланган нисбий меҳнат сарфи;

A_j - экин маҳсулоти буйича режавий топширик;

B_v - чорводарлик маҳсулоти буйича режавий топширик;

T_i – i -чи тумандаги меҳнат ресурслари;

D_{mi} – i -чи тумандаги m -чи ифловчиларнинг мумкин бўлган максимал даражаси;

γ_{mjn} - j-чи экин маҳсулотини чиқаришда m-чи ифлословчи буйича мухитнинг ифлосланиш коэффициенти;

$\bar{\gamma}_{mv}$ - v-чи чорводарлик маҳсулотини чиқаришда m-чи ифлословчи буйича мухитнинг ифлосланиш коэффициенти;

S_i - i-чи тумандаги умумий ер мойдани;

x_{ijk} - i-чи тумандаги k-чи типдаги ердаги j-чи экин маҳсулотига ажратилган ер мойдани;

y_{ij} - i-чи тумандаги ем-хашак сифатида фойдаланилган j-чи экин маҳсулоти миқдори;

z_{iv} - i-чи тумандаги v-чи чорводарлик маҳсулоти миқдори;

(1.12) мақсад функцияси максимал қийматининг (1.13)-(1.18) чегаравий шартлар ўнг томонидан узликсиз боғлиқлигини ўрганиш учун қуйидаги функцияни киритамиз $\Phi_{1\max}(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i)$. Ушбу функциянинг аниқланиш соҳаси (1.13)-(1.18) шартларни қаноатлантирувчи $Z = (Z_j^1, Z_v^2, Z_j^3, Z_{mi}^4, Z_i^5)$ векторларидан иборат $B(Z)$ кўплигидир. Бу ерда тенгсизликларнинг ўнг томонлари $(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i)$ лар $Z = (Z_j^1, Z_v^2, Z_j^3, Z_{mi}^4, Z_i^5)$ ларга алмаштирилади.

(1.12)-(1.19) масала учун икки ёқлама масалани тузамиз ва у қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} \Phi_2(u, \vartheta, \lambda, \rho, \omega) = & \sum_{i \in I} T_i \lambda_i + \sum_{m \in M} \sum_{i \in I} D_{mi} \rho_{mi} + \sum_{i \in I} S_i \omega_i - \\ & - \sum_{j \in J_1^i} A_j u_j - \sum_{v \in J_2^i} B_v \vartheta_v \rightarrow \min \end{aligned} \quad (1.20)$$

$$t_{ijk} \lambda_i + \sum_{m \in M} \gamma_{mjn}^k \rho_{mi} + \omega_i - a_{ijk} u_j \geq \alpha_2 p_{ijk} a_{ijk} - \alpha_1 q_{ijk}, \quad (1.21)$$

$$u_j - \sum_{l \in L} \chi_{il} d_{il} \geq 0, \quad (1.22)$$

$$\sum_{l \in L} b_{il} d_{il} + \tau_{iv} \lambda_i - \vartheta_v + \sum_{m \in M} \bar{\gamma}_{mv} \rho_{mi} \geq \alpha_2 \bar{p}_{iv} - \alpha_1 \bar{q}_{iv}, \quad (1.23)$$

$$u_j \geq 0, \mathcal{G}_v \geq 0, d_{il} \geq 0, \lambda_i \geq 0, \rho_{mi} \geq 0, \omega_i \geq 0, \quad (1.24)$$

$$j \in J_1^i, v \in J_2^i, i \in I, m \in M, l \in L$$

Бу ерда: u_j - j -чи экин маҳсулоти буйича баҳолар;

$\mathcal{G}_v$ - чорводорлик маҳсулоти буйича баҳолар;

d_{il} - i –чи тумандаги l -чи турдаги ем-хашак баҳолари;

λ_i - i –чи тумандаги меҳнат ресурслари баҳоси;

ρ_{mi} - i –чи тумандаги m -чи ифлословчилар баҳоси;

ω_i - i –чи тумандаги ер майдони баҳоси .

Қуйидаги теорема ўринли.

Теорема. Агар (1.12)-(1.19) масалага икки ёқлама масала ягона ечимга эга бўлса, у ҳолда $\Phi_{1\max}(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i)$ функцияси $(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i)$ аргументлар буйича дифференциялланувчи бўлади ва ушбу шартлар бажарилади

$$\frac{\partial \Phi_{1\max}}{\partial A_j} = -u_j^*, \quad \frac{\partial \Phi_{1\max}}{\partial B_v} = -\mathcal{G}_v^*, \quad \frac{\partial \Phi_{1\max}}{\partial T_i} = \lambda_i^*, \quad \frac{\partial \Phi_{1\max}}{\partial D_{mi}} = \rho_{mi}^*, \quad \frac{\partial \Phi_{1\max}}{\partial S_i} = \omega_i^*,$$

$$j \in J_1^i, v \in J_2^i, i \in I, m \in M, l \in L.$$

Исботи. Дастлаб $\Phi_{1\max}(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i)$ функциясининг аниқланиш соҳасида узлуксизлигини исботлаймиз. Майли $\Delta K = (\Delta A_j, \Delta B_v, \Delta T_i, \Delta D_{mi}, \Delta S_i)$ етарли кичик вектор бўлсин, у ҳолда вектор $(A_j + \Delta A_j, B_v + \Delta B_v, T_i + \Delta T_i, D_{mi} + \Delta D_{mi}, S_i + \Delta S_i)$ функция $\Phi_{1\max}(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i)$ нинг аниқланиш соҳаси $B(Z)$ га ётади. $B(Z)$ кўплигининг таърифи буйича (1.21)-(1.25) масала ечими мавжуд, шу сабабдан (9)-(13) масала мақсад функцияси ушбу $(A_j + \Delta A_j, B_v + \Delta B_v, T_i + \Delta T_i, D_{mi} + \Delta D_{mi}, S_i + \Delta S_i)$ коэффициентлар билан ҳам ечимга эга бўлади $U^* = (u^*, \mathcal{G}^*, \lambda^*, \rho^*, \omega^*)$. Орттирмалар $(\Delta A_j, \Delta B_v, \Delta T_i, \Delta D_{mi}, \Delta S_i)$ кичик бўлса, у ҳолда ўзгартилган масаланинг ҳар қандай ечими дастлабки (1.21)-(1.25) масаланинг ҳам

ечими бўлади. Ҳақиқатдан ҳам (1.21)-(1.25) масаланинг мумкин бўлган ечимлар кўплиги қавариқ кўпёқли ҳисобланади. Демак, унинг четки нуқталари чекли бўлади. Ушбу кўпликнинг барча нуқталарини санаб чиқамиз $U: U^1, U^2, \dots, U^k$. Майли биринчи l сондагиси (1.21)-(1.25) масаланинг ечимлари бўлсин, яъни

$$d = \min \Phi_2(U) = \Phi_2(U^i), i = \overline{1, l}, \quad d < \delta = \min \Phi_2(U^i), i = \overline{l+1, k}.$$

$Q = \max_{1 < j < l} \|U^j\|$ деб белгилаб оламиз. Майли $\|\Delta K\| < \varepsilon$, унда

$$\begin{aligned} \Phi_2(U^i) = & \sum_{i \in I} (T_i + \Delta T_i) \lambda_i + \sum_{m \in M} \sum_{i \in I} (D_{mi} + \Delta D_{mi}) \rho_{mi} + \sum_{i \in I} (S_i + \Delta S_i) \omega_i - \\ & - \sum_{j \in J_1^i} (A_j + \Delta A_j) u_j - \sum_{v \in J_2^i} (B_v + \Delta B_v) g_v < \Phi_2(U^j), \quad 1 < i < l, \quad l+1 < j < k \end{aligned}$$

Бундан кўпёқлиқ қавариқ U кўпликнинг четки нуқталари ичида ўзгартилган масала учун шундай нуқталар оптимал булади агар улар (1.21)-(1.25) масала учун оптимал бўлса.

Икки ёқламалик теоремаси буйича,

$$\Phi_{1\max}(K) = \Phi_{1\max}(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i) = \Phi_2(U^*), \text{ бундан}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{1\max}(K + \Delta K) - \Phi_{1\max}(K) = & \Phi_2(U^*) = \sum_{i \in I} (\Delta T_i) \lambda_i + \sum_{m \in M} \sum_{i \in I} (\Delta D_{mi}) \rho_{mi} + \\ & + \sum_{i \in I} (\Delta S_i) \omega_i^* - \sum_{j \in J_1^i} (\Delta A_j) u_j^* - \sum_{v \in J_2^i} (\Delta B_v) g_v^* \end{aligned}$$

Ушбу тенглик етарли кичик $\|\Delta K\| < \varepsilon$ лар учун ўринли ва шуни билдиради, яъни функция $\Phi_{1\max}(A_j, B_v, T_i, D_{mi}, S_i)$ K нуқта атрофида чизиқли ва унинг градиенти $\{-u_j^*, -g_v^*, \lambda_i^*, \rho_{mi}^*, \omega_i^*\}$ ифодага тенг бўлади. Теорема исботланди.

II боб. Детерминирланган кўп критериялик масалаларни ечиш усуллари

1. Кўп критериялик масалаларни ечишнинг чекловлар усули

Кўп критериялик масалани қуйидаги формал турда ёзамиз:

$$\begin{cases} F(x) \rightarrow \max \\ x \in D \end{cases} \quad (2.1)$$

Бу ерда D – мумкин бўлган ечимлар кўплиги. $F(x)$ – вектор x аргументли вектор функция ва у қуйидагича ифодаланади $F(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}$, бунда $f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)$ – скалярные функциялар.

Қуйилган масаланинг моҳияти шундан иборат унинг мумкин бўлган $x \in D$ ечимини топиш зарур, яъни у барча мақсад функцияларни $f_i(x)$, $i = 1, k$, бир вақтда максималлаштирадиган бўлсин. Аслида барча мақсад функцияларига баравар максимал қиймат берувчи ечимни топиш камдан кам учрайдиган ҳол ҳисобланади.

Бундан келиб чиқади шу нарса, яъни бундай масалаларни ечишнинг принципал томони қайси ечимга устунлик беришга келишиб олиш зарур, яъни қайси оптималлик принципини қўлланишни келишиб олиш керак. Олдин қўлланиладиган ягона критерийга энг катта (энг кичик) қиймат берувчи ечимни топиш принципи кўп критериялик масалаларда ишламайди.

Векторлик оптималлаштириш масаласи умумий ҳолда қатий математик ечимга эга эмас. У ёки бу ечимни олиш учун ушбу предмет соҳаси мутахассисидан қушимча субъектив ахборот олиш зарур ва уни ҚҚШ қарор қабулловчи шахс деб атайди, инглизча - decision maker. Бу дегани, масалани ҳар қил мутахассислар билан ва ахборотларнинг турли манбаларидан фойдаланган ҳолда ечганимизда ҳар қил ечимлар олишимиз мумкин.

Векторлик оптималлаштириш масаласининг асосий ўзига хос хусусияти аниқмаслик мавжудлиги. Ушбу аниқмасликни моделлаштиришнинг ҳарқил усуллари ва объектив ҳисоблашлар йўли билан бартараф қилиб бўлмайди. Кўп критериялик оптималлаштириш масалаларида аниқмаслик қайси критерийга қанча даражада устунлик беришнинг ноаниқлигидан келиб чиқади. Бундай аниқмасликни бартараф қилиш учун, биринчидан, махсус оптималлик принципини шакллантириш ва қўшимча ҚҚШ томанидан унинг тажрибасига ва интуициясига асосланган субъектив ахборотни жалб қилиш зарур.

Парето принципи.

Бир нечта таърифлар киритайлик. Майли (1) масала ечилсин ва $x', x'' \in D$ - масаланинг мумкин бўлган ечимлари бўлсин. x'' ечимга солиштирганда x' ечим устунликка эга дейилади, агар $f_i(x') \geq f_i(x'') \quad \forall i=1, k$, бўлса, шу билан бирга шундай $\exists i_0$, мавжуд бўлиб, $f_{i_0}(x') > f_{i_0}(x'')$ тенгсизлиги ўринли. Бошқача айтганда, x'' ечимга солиштирганда x' ечим устунликка эга дейилади, агар у барча критерийлар x'' ечимдан ёмон эмас ва шу билан бирга барча критерийлар ичида камида i_0 номерли битта критерий бор бўлиб x' ечим x'' га солиштирганда яхшироқ бўлади.

(2.1) масаланинг бази бир $x^* \in D$ ечими ушбу масаланинг **самарали ечими** деб аталади, агар унинг учун ундан устунликка эга ечимлар мавжуд бўлмаса. Бошқача айтганда самарали ечим деб шундай x^* , ечимга айтилади уни қандай да бир критерий буйича яхшилаш, бошқа критерийларни ёмон қилмасдан, мумкин эмас.

Самарали ечимлар кўплиги **Парето кўплиги** деб аталади ва $P(D)$ деб белгиланади. Аниқки, Парето кўплиги мумкин бўлган ечимлар кўплигининг улуш кўплиги бўлади ва $P(D) \subset D \subset E^n$.

Самарали ечимларда ҳисобланган критерийлар қийматлари вектори $F(x^*)$, **самарали баҳо** деб аталади. Барча самарали баҳолар йиғиндиси критерийлар фазосида Парето кўплиги акси ҳисобланади

(1) масаланинг $x^l \in D$ ечими кучсиз самарали деб аталади, агар унинг учун шундай $\forall i=1,k \quad f(x^l) > f(x^l)$, шартини қаноатлантирувчи x^l ечим мавжуд бўлмаса, бошқача айтганда, кучсиз самарали ечим бир вақтда барча критерийлар буйича яхшиланиши мумкин бўлмаган ечим. Кучсиз самарали ечимлар кўплигини $S(D)$ деб белгиласак $P(D) \subset S(D) \subset D \subset E^n$.

Кучсиз самарали ечимлар тушунчасининг киритилиши шу сабабдан, оптималлаштириш жараёнида кўпинча самарали бўлмаган, аммо $S(D)$ кўплигина ётувчи ечимлар. Бундай ечимлар албатта самарали ечимларга нисбатан камроқ қизиқиш туғдиради.

Субоптимал ечим — кўп критериялик оптималлаштириш масаласининг қандай да бир бита критерий буйича топилган оптимал ечими.

Парето принципи: самарали ечим тушунчасининг киритилиш маъноси оптимал ечимни фақат Парето кўплиги ($P(D)$) элементлари ичидан қидириш керак эканлигида. Аксинча бўлса ҳамма вақтда хусусий критерийлар аҳамийёти ва устунлик қойдасидан боғлиқсиз бошқалардан устунликка эга шундай х нукта топилади.

Парето принципи охирги ечимнинг рақобатдошлари синфни таройтиришга ва рақобатдош бўлмаган вариантларни қараб чиқишдан олиб ташлашга мумкинлик беради. Охирги танлаш ҚҚШ томанидан қайси ечимни танлаш устунлиги ҳақидаги қўшимча ахборот асосида амалга оширилади.

Киритилган тушунчаларни мисолда кўриб чиқамиз.

2.1-Мисол. Икки критериялик масала қараймиз:

$F(x) = \{3x_1 - x_2; x_2\} \rightarrow \max$, ёки масала қуйидагича ёзилади:

$$f_1(x) = 3x_1 - x_2 \rightarrow \max$$

$$f_2(x) = x_2 \rightarrow \max$$

$$x_1 \leq 2$$

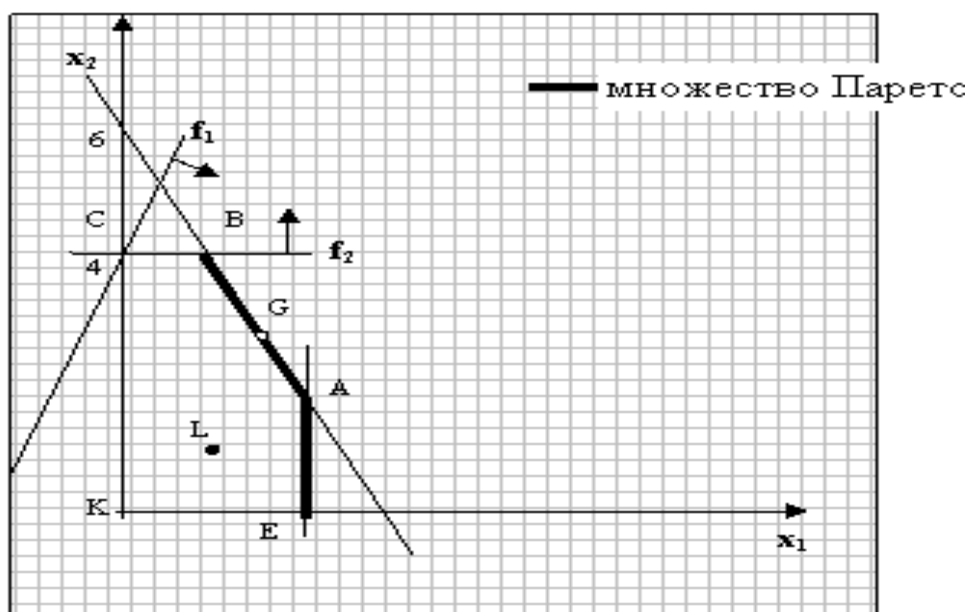
$$x_2 \leq 4$$

$$2x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_j \geq 0$$

График усул ёрдамида субоптимал ечимни топамиз (1-расмни қаранг). f_1 – критерий бўйича оптимал нуқта $E(2,0)$, $f_1(E)=6$.

f_2 критерий бўйича субоптимал нуқталар - $C(0,4)$ ва $B(1,4)$ нуқталарни боғловчи кесма, бунда $f_2(C) = f_2(B)=4$



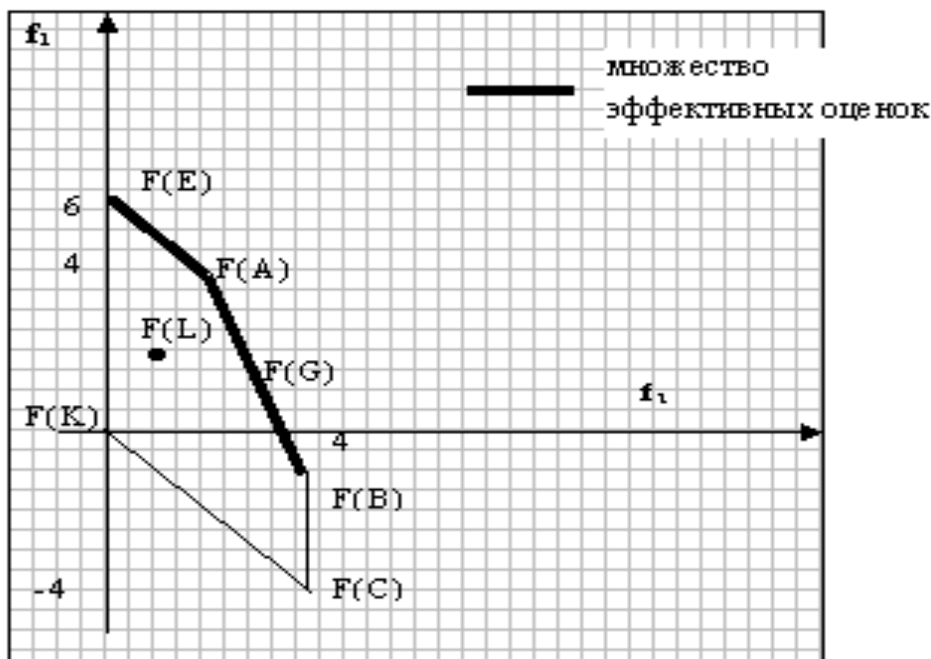
2.1-расм. Ечимлар фазосидаги масаланинг ечими графиги.

2.1-Жадвал

Парето кўплигига D кўплиги нуқталарининг тегишлилиги анализи 1-мисол учун.

$X \in D$	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Эслатма	Ечим хоссаси
$A(2,2)$	4	2	Яхшиланмайдиган нуқталар	$\in P(D)$
$B(1,4)$	-1	4	-“-	$\in P(D)$
$G(1,5,3)$	1,5	3	-“-	$\in P(D)$
$E(2,0)$	6	0	-“-	$\in P(D)$
$C(0,4)$	-4	4	1-чи критерий бўйича яхшиланади	$\in S(D)$ $\notin P(D)$
$K(0,0)$	0	0	Икки критерий бўйича баравар яхшиланади	$\notin P(D)$, $\notin S(D)$
$L(1,1)$	2	1		

2.1-жадвалда $f_1(x) = 3x_1 - x_2$ ва $f_2(x) = x_2$ мақсад функцияларининг қийматлари 1-расмда белгиланган нуқталарда берилган. Ушбу маълумотлар асосида 2-расмда график чизилган. Олинган $F(C)$ $F(K)$ $F(E)$ $F(A)$ $F(G)$ $F(B)$ кўпбурчак мумкин бўлган C K E A G B ечимлар кўпбўрчагининг критериялар фазосида акси.



2.2-расм. Критерийлар фазосидаги масаланинг ечими графиги.

Критерияларни нормаллаштириш

Кўпинча $f_i(x)$ мақсад функциялари ҳар хил ўлчовларга эга бўлади ва уларни ўлчамсиз турга ўзгартириш орқали олиб келиш зарур бўлади. Бу ўзгартиришлар камида қуйидаги критерияларни қаноатлантириши лозим:

- Мумкин бўлган ечимлар кўплиги барча нуқтасида умумий бошланғиш нуқтага ва қийматларнинг битта ўзгариш тартибига эга бўлиши зарур;
- Ўзгартиришлар монотон бўлиши, яъни Парето кўплигини ўзгартирмаслиги керак;
- Ҳар бир мақсад функцияси учун оптимал қийматлардан фарқларни минималлаштириш зарурлигини ҳисобга олиш.

Одатта нормаллаштирилган критерияларни $w_i(x)$ олиш учун бундай $W_i(f_i(x))$ ўзгартиришлар сифатида қуйидагини фойдаланади:

$$W_i(f_i(x)) = \varpi_i(x) = \begin{cases} \left[\frac{f_i^{\max} - f_i(x)}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right]^\mu \in [0,1], \\ \left[\frac{f_i^{\max} - f_i(x)}{f_i^{\max}} \right]^\mu \in [0,1], \end{cases}$$

Бу ерда $\mu = 1, 2, \dots$, қойда буйича, $\mu = 1$; $f_i^{\max}$, $f_i^{\min}$ - i -чи критериянинг максимал ва минимал қийматлари (энг ката ва энг кичик самарали баҳо). Шу билан бирга $\varpi_i(x) \rightarrow \min$, яъни берилган ечим билан субоптималь ечим орасидаги айирма минималлаштирилади.

2.1-мисол (давоми)

Агар критерияларни нормаллаштириш учун ўзгартиришни қуйидагича оладиган бўлсак:

$$W_i(f_i(x)) = \varpi_i(x) = \left[\frac{f_i^{\max} - f_i(x)}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right]^\mu \in [0,1],$$

У ҳолда биринчи нормаллашган критерий ушбу кўринишда бўлади :

$$W[f_1(x)] = \varpi_1(x) = \frac{6 - 3x_1 + x_2}{6 - (-4)} = 0.6 - 0.3x_1 + 0.1x_2.$$

Унда биринчи нормаллашган критерия f_1 : қийматларини энг яхши ва энг ёмон нуқталарда ҳисоблаш мумкин

$$\begin{cases} \varpi_1(E = (2, 0)) = \varpi_1^{\min} = 0.6 - 0.6 = 0 \\ \varpi_1(C = (0, 4)) = \varpi_1^{\max} = 0.6 + 0.4 = 1 \end{cases}$$

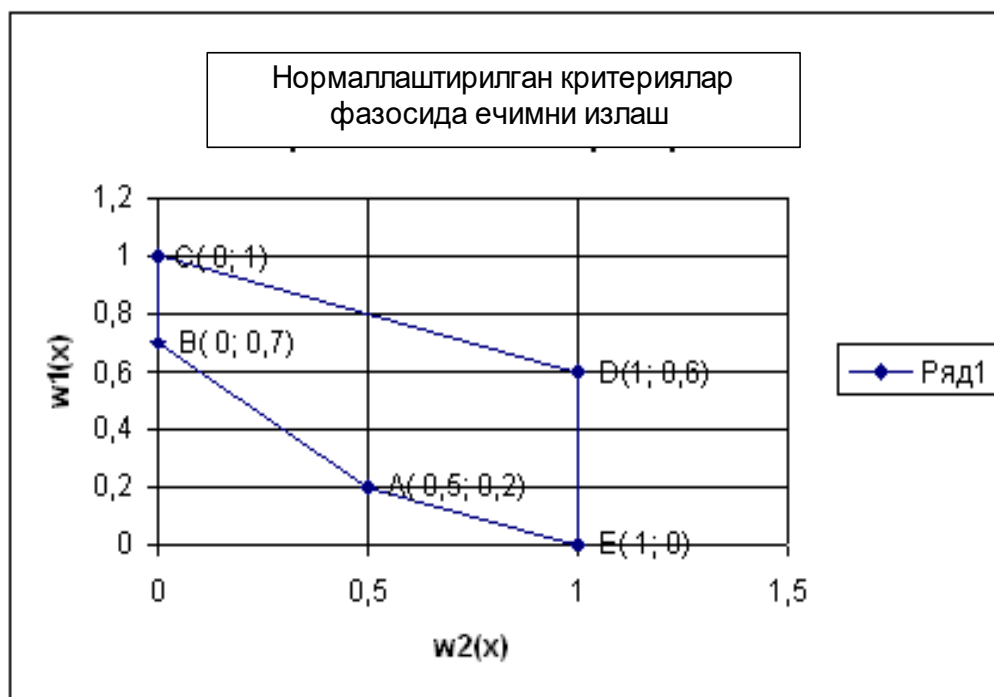
Иккинчи нормаллашган критерия ушбу кўринишда олинади:

$$\varpi_2[f_2(x)] = \frac{4 - x_2}{4 - 0} = 1 - 0.25x_2.$$

Иккинчи нормаллашган критерия f_2 : нинг қийматлари энг яхши ва энг ёмон нуқталарда ҳисоблаймиз:

$$\begin{cases} \varpi_2^{\min} = \varpi_2(B(1, 4)) = 4 - 4 = 0 \\ \varpi_2^{\max} = \varpi_2(K) = 1 \end{cases}$$

Нормаллашган критериялар қийматлари бўйича тузилган график, 3-расмда келтирилган. Олинган кўпбурчакнинг паст томонидаги синик чизик нормаллашган самарали нукталар кўплигини ифодалайди.



2.3-расм. Критерияларнинг нормаллаштирилган фазосида
2.1 мисолни ечиш жараёни.

Кўп критериялик масалаларни ечининг чекловлар усули

Парето принципи камчилиги шундан иборат, у ечим сифатида ечимлар тўпламини таклиф этади, бу ҳамма вақтда ҳам мақул бўла бермайди. Кўпликдан ягона ечимни танлаш учун қандай да бир қушимча маълумотлар, фаразлар, энг яхши ечим деб нима олиш ҳақидаги келишимлар зарур.

Табийий, энг яхши ечим деб шундай ечимни танлаш керак оптимал қийматлардан субоптимал ечимларнинг оғиши $\Delta f_i(x) = f_i^{\max} - f_i(x) \quad \forall i = 1, k$ минимал бўлсин, яъни $\varphi_i \rightarrow \min$. Аммо $\Delta f_i(x)$ ёки $\varphi_i(x)$ ларнинг энг кичик қиймати одатда бир вақтда эришилмайди (яъни $x \in D$, нуктани

$$f_i(x) \rightarrow \max \text{ ёки } \Delta f_i(x) \rightarrow \min \quad \varphi_i(x) \rightarrow \min \quad \forall i = 1, k$$

бўлиши учун танлаб олиш мумкин эмас.

Шу сабабдан Парето кўплигидан ягона вакилни топиш учун кушимча қандай да бир процедуралар керак. Бундай масалаларни ечишнинг хусусияти шундан иборат бундай процедурани танлашнинг ўзи маълум даражада субъектив ахборотга асосланади.

Ушбу бўлимда қаралаётган чекловлар усули компромисс ечим деб аталувчи ечимни топишга мўлжалланган, яъни шундай ечимки улар учун тенг ўлчамли нисбий талафот минимал ва ўзора тенг бўлади.

Чекловлар усули ушбу теоремага асосланган: агар берилган устунликлар вектори ρ учун x^0 – самарали ечим бўлса, у ҳолда унга δ нинг энг кичик қиймати мос келади ва

$$\varphi_i(x_0) = \delta$$

тенгликлар системаси барча $i=1, k$ лар учун бажарилади

Бу ерда $\rho = \{\rho_i\}$ устунликлар вектори деб бази бир вазн коэффициентлари вектори тушунилади. Одатда, унга шундай шартлар қуйилади $\rho_i \geq 0, \sum \rho_i = 1$. Вазн коэффициентлари ёрдамида ҚҚШ томанидан мақсад функцияларининг сонли шкалада бир биридан устунликлари берилади.

Масалан, агар $\rho_1 = \frac{2}{3}$ ва $\rho_2 = \frac{1}{3}$, қабул қилсак, у ҳолда бу шуни билдиради ҚҚШ ахбороти буйича биринчи критерий иккинчига солиштирганда 2 марта муҳимроқ ҳисобланади.

Унда (2.1) масаланинг ечими сифатида берилган устунликлар вектори бор компромисс ечимни олиш мумкин. Аниқки, компромисс ечим – бул шундай самарали x^0 ечим, ρ параметрга минимал қийматлар беради ва (2.2) система ечимга эга бўлади.

Шундай қилиб, компромисс ечим δ параметрнинг минимал қийматида ва қуйидаги тенгсизликларнинг ягона ечими сифатида топилиши мумкин

$$\rho_i \varphi_i(x_0) \leq \delta \quad \forall i = 1, k \quad (2.2)$$

Юқорида қайд қилинганидек, ушбу қоидага асосланган самарали ечимни топиш усули чекловлар усули деб аталади. Ушбу усул қўшимча минимакс масаласини ечишни тақоза этади:

$$\begin{cases} \max_j \rho_i \varphi_i(x) \rightarrow \min_x \\ x \in D \end{cases} \quad (2.3)$$

Минимакс масалани ечишга осон бўлиши учун (2.3) масалани унга эквивалент масалага келтириш мумкин.

$$\begin{cases} \delta \rightarrow \min \\ \rho_i \varphi_i(x) \leq \delta, i = 1, k \\ x \in D, \delta \geq 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Агар дастлабки масала (5.1) чизиқли бўлса у ҳолда ёрдамчи масала (2.4) ҳам чизиқли программлаштириш масаласи бўлади:

$$\begin{cases} \delta \rightarrow \min \\ \rho_i \varphi_i(x) \leq \delta, i = 1, k \\ Ax \leq b \\ x \geq 0, \delta \geq 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Юқорида 1-мисолнинг мақсад функциялари учун нормаллаштирилган критерийлар тузилди: $\varphi_1(x) = 0.6 - 0.3x_1 + 0.1x_2$, $\varphi_2(x) = 1 - 0.25x_2$. Бунда янгидан киритилган шегаравий шартлар (2.5) ни ҳисобга олсак

$$\begin{cases} \rho_1 \varphi_1(x) \leq \delta \\ \rho_2 \varphi_2(x) \leq \delta \end{cases}$$

мисол учун $\rho = (0.5, 0.5)$ қўшиммча шартлар қуйидагича бўлади:

$$\begin{cases} \frac{1}{2} \left(\frac{6-3x_1+x_2}{10} \right) \leq \delta \\ \frac{1}{2} \left(\frac{4-x_2}{4} \right) \leq \delta \end{cases}.$$

Мисол учун ёрдамчи масала 3 номаълумли ва 3 шегаравий шартга эга чизикли программалаштириш масаласи бўлади:

$$\begin{cases} \delta \rightarrow \min \\ -3x_1 + x_2 - 20\delta \leq -6 \\ -x_2 - 8\delta \leq -6 \\ x_1 \leq 2 \\ x_2 \leq 4 \\ 2x_1 + x_2 \leq 6 \\ x_1, x_2, \delta \geq 0 \end{cases}$$

Ёрдамчи масалани ечиш учун симплекс жадвалини тузамиз:

2.1-жадвал

Ит. № 1	$-x_1$	$-x_2$	$-\delta$	1		Ит. № 2	$-y_1$	$-x_2$	$-\delta$	1
$y_1 =$	-3	1	-20	-6		$x_1 =$	-1/3	-1/3	-20/3	2
$y_2 =$	0	-1	-8	-4		$y_2 =$	0	-1	-8	-4
$y_3 =$	1	0	0	2		$y_3 =$	1/3	1/3	20/3	0
$y_4 =$	0	1	0	4		$y_4 =$	0	1	0	4
$y_5 =$	2	1	0	6		$y_5 =$	2/3	5/3	-40/3	2
Z	0	0	1	0		Z	0	0	1	0

2.2-жадвал

Ит. № 3	$-y_1$	$-y_2$	$-\delta$	1		Ит. № 4	$-y_1$	$-y_2$	$-y_3$	1
$x_1 =$	-1/3	-1/3	28/3	10/3		$x_1 =$				17/10
$x_2 =$	0	-1	8	4		$x_2 =$				26/10
$y_3 =$	1/3	1/3	-28/3	-4/3		$y_3 =$				3/10
$y_4 =$	0	1	-8	0		$=$				14/10
$y_5 =$	2/3	5/3	-80/3	-14/3		$=$				7/40
Z	0	0	1	10		Z	1/40	5/8	3/80	-7/40

Олинган натижалар таҳлили. Ёрдамчи масала оптимал ечими:

$$\begin{cases} x_1^* = 1.7 \\ x_2^* = 2.6 \end{cases}$$

$\delta^* = 0.175$. Устунлик коэффициентлари қийматлари $\rho = (0.5, 0.5)$, бўлганликдан, олинган x^* ечимнинг самарали эканлигига ишонч ҳосил қилиш мумкин, чунки у тузилиши бўйича самарали ҳисобланади. Буни 2.1-расмдаги графикдан куриш мумкин. Олинган ечимнинг компромисс ечим эканлигини ҳам кўрсатиш мумкин, ҳақиқаттан барча критериялар бўйича нисбий талафотлар ўз ора тенг:

$$\begin{cases} \rho_1 \omega_1(M) = 0.5 \left(\frac{6 - 3 \cdot 1.7 + 2.6}{10} \right) = 0.175 = \delta^* \\ \rho_2 \omega_2(M) = 0.5 \cdot \frac{1}{4} (4 - 2.6) = 0.175 = \delta^* \end{cases} .$$

2. Кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечишнинг кетма-кет ён беришлар усули

Фараз қилайлик, оптималлик критериялари аҳамияти камайиши тартибида жойлашган бўлсин; дастлаб асосий f_1 , кейин бошқалар, ёрдамчилари: $f_2, f_3, \dots$. Соддалик учун уларнинг ҳар бири максимумга интилсин (агар шундай бўлмаса, функция олдидаги белгини ўзгартамыз).

Бошқалардан устунликка эга ечимни тузиш процедураси қуйидагича бўлади. Дастлаб f_1 бош критерийни максимумга айлантирувчи ечим қидирилади. Кейин, амалий жиҳатдан ва дастлабки маълумотлар аниқлигидан келиб чиқиб, f_2 критерийси маъносида энг яхши ечимни топиш учун бизга мақул бўлган f_1 функциясидан олинadиган бази бир «ён бериш» миқдори Δf_1 , тайинланади. f_1 критериясига $f_1^* - \Delta^* f_1$, миқдоридан кичик бўлмасин деган чеклов қуямыз ва ушбу чегаравий шартда f_2 функциясини максималлаштирувчи ечимни қидирамыз. Кейин яна f_2 учун «ён бериш» тайинланади ва процедура қолган критерийлар учун кетма-кет қайтланади. Энг яхши критерийни бундай топиш усулининг яхшилиги, критерийнинг бирисидан ютуқ олиш учун бошқасидан ён бериш баҳоси қандай бўлишлиги, бирданига кўриниб туради.

Шуни айтиш керакки, унча аҳамиятли эмас «ён бериш» ҳисобига эришилган ечимди танлаш эркинлиги жиддий бўлиши мумкин, сабаби максимум атрофида одатда ечимнинг самаралиги оз ўзгаради.

Қандай бўлганда ҳам, бирнечта кўрсаткишлар буйича масалани ечишнинг сонли асосланиши ҳоҳлаган формаллаштириш усулида охиригача аниқланмастан қолади ва ечимни энг сўнги танлаш ҚҚШ тоمانидан субъектив аниқланади. Тадқиқотчининг вазифаси – ҚҚШ ҳукмига қарор қабул қилиш учун зарур ҳисоблашлар бериш ва унинг вазифаси ечимнинг ҳар бир вариантынинг камчилиги ва устунликларини баҳолаб охириги танлашни амалга ошириш.

Мисолнинг давоми

Фараз қилайлик, ҚҚШ учун биринчи критерий иккинчисига солиштирганда муҳимроқ булсин. Унда биринчи критерий буйича субоптимал ечимни топишнинг бир критериялик масаласи ечилади:

$$f_1(x) = 3x_1 - x_2 \rightarrow \max$$

$$x_1 \leq 2$$

$$x_2 \leq 4$$

$$2x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_j \geq 0, j=1,2.$$

Юқорида график усулда субоптимал ечим топилган эди (2.1-расм.). f_1 – критерияси буйича бу $E(2,0)$ нукта, $f_1(E)=6$. Иккинчи критерийнинг ушбу нуктадаги қиймати 0 тенг ва унинг ушбу критерийнинг энг яхши қиймати 4 дан анча йироқлигини белгилаб утайлик. Яъни иккинчи критерий нуктаи назаридан олинган ечим ютқизишни билдиради.

Фараз қилайлик, ҚҚШ биринчи критерий буйича критерийнинг 50% миқдорида ён беришга рози дейлик, яъни 3 бирлик ён беришга рози.

Иккинчи критерий буйича янги бир критериялик ёрдамчи масалани тузамиз

$$f_2(x) = x_2 \rightarrow \max$$

$$f_1(x) = 3x_1 - x_2 \geq f_1^* - \Delta^* f_1 = 6 - 3 = 3$$

$$x_1 \leq 2$$

$$x_2 \leq 4$$

$$2x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_j \geq 0, j=1,2.$$

Олинган масаланинг ечими – вектор $x^* = (1,8; 2,4)$. Критерийлар қиймати ушбу нуктада: $f_1(x) = 3x_1 - x_2 = 3$; $f_2(x) = x_2 = 2,4$.

Агар топилган ечим учун нисбий талафотни ҳисобласак, яъни нормаллаштирилган критерийларнинг x^* нуктадаги қийматлари:

$$\begin{cases} \omega_1(x^* = (1,8; 2,4)) = 0.6 - 0.3x_1 + 0.1x_2 = 0.6 - 0.3*1.8 + 0.1*2.4 = 0.3 \\ \omega_2(x^* = (1,8; 2,4)) = 1 - 0.25*2.4 = 1 - 0.6 = 0.4 \end{cases}$$

Бундан шуни кўриш мумкин, иккинчи критерий буйича нисбий талафот биринчига солиштирганда кўпроқ. Аммо, бу ҚҚШ нинг ахборотига мос келади, чунки унинг учун биринчи критерий устун туради.

Энди қуйидаги чизиқли программалаштиришнинг кўп критериялик масаласини ечишнинг бош критериялар усулида кетма-кет ён беришлар процедурасини қўлланиб ечиш алгоритмини қараймиз:

$$f_k(x) = \sum_{i=1}^n c_i^k x_i \rightarrow \max, k = 1, \dots, p; \quad (2.6)$$

$$x \in X = \{x : Ax \leq b, x \geq 0\} \quad (2.7)$$

Бу ерда A – $m \times n$ ўлчамли матрица, b – m ўлчамли вектор, $y_k = f_k(x)$ – максималлаштирилиши керак мақсад функциялар.

Усулнинг ғояси шундан иборат: ҳар бир критерий буйича X кўплигида максималлаштириш масаласини ечамиз ва субоптималь ечимларни топиб, функция қийматларини ҳисоблаймиз $f_k^* = f_k(x^*)$. Кейин (2.6)-(2.7) масала ўрнига унга эквивалент қуйидаги масалани қараймиз:

$$F(x) = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n c_i^k x_i \rightarrow \max \quad (2.8)$$

$$f_k(x) = \sum_{i=1}^n c_i^k x_i \leq f_k^*, k = 1, \dots, p \quad (2.9)$$

$$x \in X = \{x : Ax \leq b, x \geq 0\} \quad (2.10)$$

Кўп критериялик (2.6)-(2.7) масаланинг мумкин бўлган ечимлари (2.8)-(2.10) масаланинг ҳам ечимлари бўлади.

Энг яхши устунликка эга ечимни топиш процедурасини қуйидагича тузиш мумкин: Дастлаб $F(x)$ критерийларнинг оддий йиғиндисини максималлаштирувчи ечим қидирилади. Агар бу ечим ҚҚШ ни қаноатлантирмаса, у ҳолда қолган критерийлардан қайсиниси энг муҳим бўлса (масалан $f_1(x)$), ундан маълум базибир $\Delta f_1(x)$ «ён бериш» тайинланади. Ушбу $f_1(x)$ критерийга чегаравий шартни $f_1^* - \Delta f_1(x)$,

кам эмас қилиб белгилаймиз, бу ерда $f_1^* - f_1(x)$ функцияси максимал қиймати. Кейин янги чегаравий шартларда $F(x)$ ни максималлаштирамиз. Буннан кейин ушбу процедура бошқа критерийлар учун ҳам бажарилади ва олинган ечимлар ҚҚШ ни қаноатлантиргангача давом эттирилади.

Энг яхши критерийни бундай топиш усулининг яхшилиги, критерийнинг бирисидан ютуқ олиш учун бошқасидан ён бериш баҳоси қандай бўлишлиги, бирданига кўриниб туради.

3. Кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечишнинг тенг улчовли суммалар усули

Свертка усули ёки тенг улчовли суммалар усулининг ғояси берилган k сондаги мақсад функциялар асосида бир бутун ягона мақсад функциясини тузиш бўлиб, кўп критериялик оптималлаштириш масалаларини ечиш усуллари ичида вақт буйича биринчилардан пайдо бўлган ва содда, шунинг учун кенг тарқалган усуллардан ҳисобланади.

Шунга қарамасдан, ушбу усулга тегишли маълум ўзига хос хоссалар мавжуд, уларнинг сабабидан усул ҳамма вақтда ҳам масаланинг самарали ечимлари ҳақида тўғри тасаввурга эга бўлишга мумкинлик бермайди.

Усулни аниқроқ қараймиз. Ягона мақсад функциясини олиш свертка сифатида қуйидаги алмаштириш қўлланилади:

$$\Phi(x) = \left[\sum_{i=1}^k \rho_i (f_i(x))^\mu \right]^\mu \quad (2.11)$$

Бу ерда $\mu = 1, 2, \dots$, ρ_i - устунлик ёки вазн коэффиценти.

Ёрдамчи ммасала қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\begin{cases} \Phi(x) = \left[\sum_{i=1}^k \rho_i (f_i(x))^\mu \right]^\mu \rightarrow \max \\ x \in D \end{cases},$$

Агар (2.11) алмаштиришда $\mu=1$ бўлса, у ҳолда чизиқли сверткали ёрдамчи масалани оламиз:

$$\Phi(x) = \sum_{i=1}^k \rho_i f_i(x).$$

Агар берилган масала чизиқли программалаштириш масаласи бўлса, у ҳолда ёрдамчи масала ҳам чизиқли программалаштириш масаласи бўлади ва унинг усуллари ёрдамида ечилади:

$$\begin{cases} \Phi(x) = \sum_{i=1}^k \rho_i f_i(x) \rightarrow \max \\ Ax \leq b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

Чизиқли мақсад функцияли кўп критериялик масалани чизиқли чегаравий шартларда свертка усули билан ечганимизда шуни айтиш керак олинган ечимлар ҳамма вақт берилган масаланинг мумкин бўлган ечимлар кўплиги D қавариқ кўпбурчакнинг четки нукталарида ётади.

Чизиқли программалаштириш назариясидан маълумки чизиқли программалаштириш масаласи ечими ҳамма вақтда D қавариқ кўпбурчакнинг четки нукталарида ётади. Шундай қилиб, чизиқли кўп критериялик масалада свертка усулини қўллаш олинган самарали ечимлар кўплигини Парето кўплигига нисбатан жиддий равишда торайтиради.

Чекловлар усулидагидек свертка усулида вазн коэффициентларини аниқлашда ҚҚШ томанидан субъектив ахборотлардан фойдаланишни талаб қилади. Шуни айтиш керакки, реал масалаларни ечишда вазн коэффициентларини топишнинг ўзи қийин масалалардан ҳисобланади.

Энди биз чизиқли программалаштиришнинг кўп критериялик масаласини свертка усули билан ечишда вазн коэффициентларини топишнинг бир усулини кўрамиз. Ушбу масалани қараймиз:

$$y_k = f_k(x) = \sum_{i=1}^n c_{ki} x_i \rightarrow \max, k = 1, \dots, p; \quad (2.12)$$

$$x \in D \quad (2.13)$$

Бу ерда D – ечимларнинг мумкин бўлган кўплиги R^n евклид фазосидаги;

Бундан кейин D кўплиги бўш эмас чегараланган ва ёпиқ деб ҳисоблаймиз.

Ушбу масалага свертка усулини қўлласак (2.12)-(2.13) масала ўрнига қуйидаги масалани оламиз:

$$F(x, \lambda) = \sum_{k=1}^p \lambda_k f_k(x) \rightarrow \max \quad (2.14)$$

$$x \in D \quad (2.15)$$

Бу ерда λ_k - вазн коэффициентлари қуйидаги шартларни қаноатлантиради:

$$\lambda \in \Lambda = \{\lambda \in R^k \mid \lambda_k > 0, \sum_{k=1}^p \lambda_k = 1\}$$

Бу мумкин, агар λ_k лар қуйидаги рекуррент мунособатларни қаноатлантирса

$$\theta_0 = 1, \theta_k = \theta_{k-1} - \lambda_k, 0 \leq \lambda_k \leq \theta_{k-1}, k = 1, \dots, p, \theta_p = 0.$$

Чизиқли мақсад функциялари учун (2.14)-(2.15) бир критериялик масала ечимлари дастлабки (2.12)-(2.13) масаланинг самарали ечимлари ҳисобланади.

Ушбу бир критериялик масалада асосий қийинчилик вазн коэффициентларини топишдан иборат. Айирим ҳолларда, критерийларнинг аҳамияти ҳақида ахборот маълум бўлса вазнларни критерийларнинг аҳамиятлигига қараб пропорционал танлаб олинади ёки умумий ҳолда вазн коэффициентлари фазосида тўр киритиш йўли билан аниқлайди.

Ушбу вазн коэффициентларини топиш усулларнинг барчаси эвристик характерга эга ва масалани таҳлил қилишни ва қушимча ахборотларни талаб қилади.

Шу сабабдан вазн коэффициентларини топишнинг янги алгоритмини келтирамиз. λ_k Вазн коэффициентларини $[0,1]$ кесмада тенг улчамли тақсимланган тасодифий миқдорлар деб қараймиз. У ҳолда берилган масала ўрнига эквивалент қуйидаги стохастик масалани оламиз

$$F(x, \lambda) = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n M \lambda_k c_{ki} x_i \rightarrow \max \quad (2.16)$$

$$x \in D \quad (2.17)$$

Бу ерда M – математик кутилма λ_k тасодифий миқдорлар учун.

Кейин мақсад функциясининг градиентини ҳисоблаш учун

$$\nabla_x F(x, \lambda) = \left(\sum_{k=1}^p M \lambda_k c_{k1}, \sum_{k=1}^p M \lambda_k c_{k2}, \dots, \sum_{k=1}^p M \lambda_k c_{kn} \right)$$

Қуйидаги ўрталаштириш процедурасини қўлланамиз [2]:

Ўрталаштириш векторининг бошланғич қиймати $z^s = 0$, $s=0$ да, s – итерация параметри.

Тасодифий сонлар датчики ёрдамида λ_k^s тасодифий сонларини моделлаштирамиз ва z^s , $s=0,1,\dots$ ларни қуйидаги формула бўйича ҳисоблаймиз

$$z^{s+1} = z^s + \rho_s (\nabla_x F(x, \lambda^s) - z^s)$$

Бу ерда параметр $\rho_s = \frac{1}{s+1}$. Унда ўрталаштириш натижасида z^s векторнинг ўртача қиймати ҳисобланади:

$$z^{s+1} = \frac{1}{s+1} \sum_{s=0}^s \nabla_x F(x, \lambda^s)$$

Кейин ушбу масалани симплекс усул билан ечиш орқали

$$\sum_{k=1}^p z_k^s x_k^s \rightarrow \max$$

$$x^s \in D$$

Оптимал ечимни x^s ҳар итерацияда оламиз.

Кўп критериялик масалани ечишда λ_k вазн коэффициентларини ҳисоблашнинг ушбу тавсия қилинаётган усули танлашнинг тасодифийлиги туфайли итерация сонига боғлиқ $[0,1]$ оралиғида λ_k ларнинг ҳар хил қийматларини жалб қилишга ва диалог режимда уларнинг таъсирини

аниқлашга имконият беради. Бунда ҳисоблашлар сони вазн коэффициентларини тўр усулида ҳисоблашга қараганда анча кам бўлади.

Буннан ташқари, ўрталаштириш амали мақсад функцияси қийматларини стабиллаштиради ва «шов шувларни» филтрациялайди.

Аммо, шуни айтиш керакки, (2.14)-(2.15) масала ечими кўплиги берилган масаланинг барча самарали ечимларини ўз ичига олмайди. (2.12)-(2.13) масаланинг барча самарали ечимларни топиш учун унинг чегаравий шартларига критериялик чекловларни қушич зарур. Яъни қуйидаги теорема ўринли

Теорема 1. Мумкин бўлган план $x^* \in D$ (2.12)-(2.13) кўп критериялик масаланинг самарали плани дейилади шунда ва фақат шунда, агарда у қуйидаги бир критериялик масаланинг ечимлари кўплигида ётса $\lambda > 0$ учун:

$$F(x, \lambda) = \sum_{k=1}^p \lambda_k f_k(x) \rightarrow \max \quad (2.18)$$

$$x \in D$$

$$f_k(x) \geq \xi_k, k = 1, \dots, p. \quad (2.19)$$

Бу ерда ξ_k – бази бир фиксирланган сонлар. Теоремани исбот қилишдан олдин зарур маълумотларни келтирайлик. (3.2)-(3.3) масаланинг самарали ечимлари кўплигини белгилаб оламиз:

$$E(D) = \{x^* \in D \mid \text{не существует } x \in D, x \neq x^*\}$$

бунда, ϕ - белги берилган мумкин бўлган планнинг бошқаларга солиштирганда устунлик белгисин билдиради. (2.18)-(2.19) масаланинг мумкин бўлган планлари кўплигини $D(\xi)$ белгилаймиз:

$$D(\xi) = \{x \in D \mid f_k(x) \geq \xi_k, k = 1, \dots, p\}$$

Агар вектор $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_p)$ шундай, $D(\xi) \neq \emptyset$ у ҳолда (2.18)-(2.19) масала ечими мавжуд. Белгилаймиз

$$D^*(\lambda, \xi) = \text{Arg} \max_{x \in D(\xi)} F(x, \lambda) \quad (2.20)$$

ва ёзамиз

$$D(\xi) \neq \emptyset \Rightarrow D^*(\lambda, \xi) \neq \emptyset \quad (2.21)$$

Бундан ташқари, қуйидаги ўринлилигини кўрсатиш мумкин

$$D(\xi) \neq \emptyset \Rightarrow D^*(\lambda, \xi) \subset E(D) \quad (2.22)$$

Бундан келиб чиқади самарали планлар кўплиги $E(D)$ бўш эмас ва чекланган.

Теорема исботи. Зарурлик шартининг тўғрилиги

$$x^* \in E(D) \Rightarrow x^* \in D^*(\lambda, \xi) \text{ при } \xi = f(x^*), \lambda > 0$$

Иботини тесқари томондан кўрсатамиз: фараз қилайлик, (2.12)-(1.13) масаланинг бази бир самарали плани x^* , $\xi = f(x^*)$, $\lambda > 0$ бўлганда (2.18), (2.19) масаланинг оптимал плани бўлмасин. $D(\xi)$ кўплиги x^* планни ўз ичига олишини ҳисобга олайлик, демак (2.20) га асосан $D^*(\lambda, \xi) \neq \emptyset$. Майли $x' \in D^*(\lambda, \xi)$. Унда $F(x', \lambda) > F(x^*, \lambda)$ ва $x' \in D(\xi)$, яъни $x' \neq x^*$ ёки $x^* \notin E(D)$. Қарама қаршилиққа келдик, фараз нотўғри x^* (2.18), (2.19) масаланинг оптимал плани. Етарлилик (2.22) муносабатдан келиб чиқади. Теорема исботланди.

Теоремага мувофиқ берилган масаланинг барча самарали ечимларини топиш учун (2.18), (2.19) масалани (2.16) мақсад функцияси билан юқоридаги алгоритм ёрдамида ечамиз. Ушбу алгоритмни нозичлиқли кўп критериялик масалаларни ечишга ҳам қўллаш мумкин.

III боб. Детерминирланган кўпкритериялик масалаларни ечиш учун дастурий воситаларни ишлаб чиқиш

1. Кўпкритериялик масалаларни ечишнинг диалог процедуралари

Умумий маълумотлар ва усулларнинг назарий асослари. 10—15 йилдан буён тадқиқотчиларнинг диққатини жалб қилиб келаётган объектив моделлар асосида тузилган кўп критериялик масалалар синфи мавжуд бўлиб, у математик программалаштиришнинг кўп критериялик масалалари ҳисобланади. Бундай қизиқувчиликнинг сабаби ушбу масалаларнинг кенг тарқалганлигидир: улар иқтисодий, ташкилий ва техник ечимларни асослашда учрайди. Шундай қилиб кўпчилик иқтисодий масалаларнинг ечимлари сифатига бирданига бир нечта (одатда бир бирига қарама-карши) талаблар қўйилади. Масалан, ишлаб чиқариш режаси пайдо критерияси, маҳсулот ўзига тушар нархи, маҳсулотларнинг бир текис чиқарилиши ва ҳ. Аниқки критерийлар кўплигини ҳисобга олиш муҳим иқтисодий қарорларни рационал асослаб беришга имконият беради.

Математик программалаштиришнинг кўп критериялик масалаларни ечиш учун кейинги йиллари самарали ечимларни топиш учун ечимларнинг мумкин бўлган кўплигини тадқиқот қилиш билан бирга ҚҚШ нинг устунлигини аниқлаш ғоясига асосланган ёндошиш қўлланилмоқда [7].

Бундай ёндошишнинг амалга ошириш воситаси бўлиб инсон-машина (ИМ) процедуралари ҳисобланади ва уларни интерактив диалог процедура деб ҳам аташади.

ИМ процедураси одам ҚҚШ билан ЭҲМ орасидаги ўзора алоқа циклик жараёни билдиради. Цикл ЭҲМ да амалга ошириладиган. Мулоқат жараёнида ҚҚШ масаланинг хусусияларини, ўзининг устунлик бериш мумкинлигини аниқлайди ва қўшимча ахборот беради, унга асосан ЭҲМ мукаммалроқ ечимларни келтириб чиқаради. Шундай қилиб реал масала ечишда ўзини ўзи ўқитиш амалга ошади ва қарор қабул қилишнинг бундай системаларининг самарадорлигини. Жараён тугалланади агар ЭҲМ

ҚҚШ учун мақул бўлган ечимни келтириб чиқарса ва у энг яхши ечимни топиш ҳаракатини давом эттиришни мувофиқ кўрмаса.

ИМ процедураларини тузишда пайдо бўладиган муҳим саволлардан бири,- ЭҲМ билан одам орасидаги вазифани қалай тақсимлаш ва мулоқатни қалай ташкиллаштириш керак –одатда умумий характердаги тақлифлар берилади: ҳар бирига шундай вазифа бериш керак уни яхши бажара оладиган бўлсин. Аммо бундай тақлифларни амалий бажариш ниҳоятда қийин ва унинг ўзи мустақил мураккаб масаладир. Ушбу масаланинг асосланган ечими кўрилаётган масалаларнинг хусусиятларини тадқиқ қилишни ва қарор қилиш жараёнида инсоннинг тавсифини ўрганишни талаб этади.

Кўплаган ИМ процедураларининг объекти сифатида қуйидаги чизиқли программалаштиришнинг кўп критериялик масаласи ҳисобланади.

Ушбу саҳога ётувчи

$$D = \{Ax = b, x \geq 0, i = 1, \dots, n\} \quad (3.1)$$

Ва қуйидаги мақсад функцияларни максималлаштирувчи(минималлаштирувчи)

$$c_k(x) = \sum_{i=1}^n c_{ik} x_i, k = 1, \dots, N \quad (3.2)$$

вектор $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ топиш талаб қилинсин, бу ерда A - $r \times n$ -матрица, b - r - вектор. Бу дегани: самарали ечимлар (парето-оптимал) кўплигида x^* ечимди топиш керак, ҚҚШ нинг номаълум бўлган фойда функциясига экстремал қиймат берсин:

$$x^* = \arg \max V(z), \quad (3.3)$$

бу ерда $z = (c_1(x^*), \dots, c_n(x^*))$. [7] ишда ушбу масалага қидириш масаласи ва мақсадли программалаштириш масалалари олиб келиниши кўрсатилган.

ИМ процедураси умумий схемаси. Олдин айтилгандек, ИМ процедураси кетма-кет алмашиб келувчи таҳлил ва оптималлаштириш фазаларидан иборат. Фаза ўз ичига бир нечта қадамларни олиши мумкин.

Оптималлаштириш фазаси. ЭХМ:

А) Олдинги кадамда ҚҚШ дан олинган ахборотни фойдаланиб мумкин бўлган ечимларнинг янги соҳасини D^1 шакллантириш;

Б) янги маълумотларга мос x^i ечимди ҳисоблаш (уни характерловчи z^i вектор билан);

В) қўшимча ахборотни келтириб чиқариш.

Таҳлил фазаси. ҚҚШ:

Г) олинган ечимни баҳолайди – ечим мақул булиши бўлмаслигини аниқлайди. Агар мақул бўлса, у ҳолда процедура тугайди; мақул бўлмаса ЭХМ нинг қўшимча ахборотини таҳлил қилади;

Д) янги x^{i+1} ечимни топишга ёрдам берадиган ўзининг қўшимча ахборотини $I_{\text{ЛПР}}$ шакллантиради.

Юқорида кўрсатилган масалаларни ечиш учун тузилган ИМ – процедуралари бир биридан мазмуни ва ҳар бир кадамди бажариш усуллари билан фарқ қилади.

ИМ-процедураларининг самаралилиги энг кўп даражада ҚҚШ билан ЭХМ арасидаги алоқа хусусиятига боғлиқ бўлади ва у $I_{\text{ЛПР}}$, $I_{\text{ЭВМ}}$ ахборотларнинг сони ва сифати билан ифодаланади. Ушбу нуқтаи назардан ИМ процедурасини 3 гуруҳга ажратса бўлади.

Тўғри ИМ-процедуралари. Процедураларнинг бу типиди одам тўғридан тўғри устунликка эга ечимни қидиради, уни ҳисоблашга мумкинлик берувчи ҳар бир кейинги кадамда янги ечим x^1 ёки янги параметрларни аниқлайди. Шундай қилиб, тўғри процедураларда А қадами йўқ. Тўғри процедуралар асосида ҚҚШ критериялар орасида зарур копромиссни осон топади ва унга фақат мумкин бўлган ечимлар соҳасини ўрганиш зарур деган фикр ётади.

Векторларни баҳолаш процедуралари. Ушбу процедураларда ҚҚШ бевосита унга критерийлар фазосида векторлар кўринишида берилган ечимларнинг альтернатив вариантларининг фойдалилигини баҳолайди.

Дайер — Джоффрион процедураси.

Қадам Б. x^i аниқланади, z^i ҳисобланади.

Қадам В ўтказиб юборилади.

Қадам Г. z^i ни ҚҚШ таҳлил қилади. Бу процедурада ЛПР ахбороти ЭХМ билан диалогда шаклланади ва қуйидаги ҳаракатлардан иборат.

а) ечим нуқтасида ҚҚШ алмаштириш коэффициентларини аниқлайди: ЛПР- $\{\delta(z^i)\}$.

Бунда критериял фазонинг ҳоҳлаган нуқтаси учун ҚҚШ ҳарқандай c_j критерийга мос шундай арттирма δ_j , кўрсатиш мумкин ва у тўла компенсацияланиши мумкин c_k таянч критерийнинг қийматини 1 бирликка камайтириш билан деган кучлик фараз фойдаланилган. Натижада олинган алмаштириш коэффициентлари $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_{k-1}, 1, \delta_{k+1}, \dots, \delta_N)$ ҚҚШ нинг фойда функцияси градиентини z нуқтада аниқлайди.

б) Франка-Вульф усули ёрдамида ечимлар фазосида ЛПР га мос энг яхши йуналиш d^i аниқланади ва у буйича ҳаракат фойда функциясининг максимал ўсишига олиб келади .

в) йўналиш буйича қадамни аниқловчи $t_r = \frac{1}{r}, r = 1, \dots, R$, параметрнинг олдиннан танланган тўрдаги қийматлари учун барча k ларда $c_k(x^i + t_r d^i)$ ҳисобланади. Натижалари N йўл ва $R+1$ устунларга эга жадвал кўринишида ҚҚШ га тавсия қилинади.

г) Жадвални таҳлил қилиб, ҚҚШ t_r қадамни танлайди ва шу билан янги нуқта аниқланади $x^{i+1} = x^i + d^i t_r$.

Критерийларнинг қаноатлантирувчи қийматларин қидирувчи процедуралар. Ушбу гуруҳга шундай ИМ –процедуралари ётади, уларда ҚҚШ ечим нуқталарда критерияларнинг қиймаларига чекловлар қуйиб ёки уларни ўзгартириш орқали қаноатлантирувчи I_i ечимнинг қийматларини $c_i(x)$ қидириш масаласини ечади.

STEM процедураси [7] биринчи шундай процедуралардан ҳисобланади:

Қадам A^i . Критерияларнинг нисбий қийматларининг энг катта суммасига мос λ^i вазнлар системаси ҳисобланади.

Қадам B^i . x^i ечим ва вектор z^i ҳисобланади.

Қадам B^i . $I_{\text{ЭВМ}} = \{x^i, \max_k c_k(x^i), k = 1, \dots, N\}$ ахборот шаклланади.

Қадам Γ^i D^i , Агар $z^i \notin l$, у ҳолда то ҚҚШ қайси критериялардан бири энг ёмон қаноатлантирувчи ва уни қаншага яхшилаш кераклигини кўрсатади. Шундай қилиб, $I_{\text{ЛПР}}^l = \{F_j(z^i)l_j^i\}$ бу ерда $F_j(z^i)$ - характеристик критериял вектор ва унинг j -чи компоненти 1 тенг, қолганлари $N - 1$ компоненталар 0 га тенг; l — қаноатлантириш бўсағаси миқдори.

Қадам A^{i+1} . Мумкин бўлган ечимларнинг янги соҳаси аниқланади (D^i соҳага $c_j(x) > l_j^i$ мунособат қушилади).

Қадам B^{i+1} . x^{i+1} ечим ва вектор z^{i+1} ҳисобланади.

Қадам B^{i+1} . λ^{i+1} вазнлар ҳисобланади.

$I_{\text{ЭВМ}} = \{z^{i+1}, \max_k c_k(x^{i+1}), k = 1, \dots, N\}$ хабари шаклланади ва ҳакозо.

2. Моделлаштириш масалаларини сонли амалга оширишнинг дастурий воситалари

Замонавий ЭХМ ларнинг ажралмайдиган қисми – бу қурилмаларнинг мумкинчиликларини ва уларнинг қўлланилиш соҳаларини кенгайтувчи дастурий таъминот тизимлари ҳисобланади. Дастурий таъминот тизимлари инсон ва машинанинг техник қурилмаси орасида боғловчи вазифасини бажариши билан биргаликта уларни автоматлаштиради.

Дастурлаш тизими (ДТ) деб масалаларни ЭХМ да дастурлашни автоматлаштирувчи дастурлар мажмуасига айтилади. Дастурлаш тизими дастур тузувчини унинг учун ноқулай бўлган машина тилида дастур тузишдан озод қилади ва юқари босқичдаги тил мумкунчиликларидан фойдаланиш имкониятини яратади. Одатта, дастурлаш тизимлари дастурлаш тилларининг тарифланишларин, ушбу тиллардан таржималовчи тизимларди ва стандарт тизимларнинг етилишган библиотекасини ўз ишига олади. Дастурлаш тилини ва унинг амалга оширилишин ажратиш муҳим.

Дастур – бу масаланинг ечимига олиб келувчи компьютер командалари кетма-кетлиги.

Дастурлар комплекси (ДК) – бир-бири билан боғлиқдаги тизимлар бирикмаси.

Дастурий таъминот – бу электрон ҳисоблаш машиналарида бажаришга таёр, синовдан ўтган, яхши фойдаланиш ёрдами билан таъминланган дастурлар ва улар билан боғлиқ маълумотларнинг бирикмасига айтилади.

Тил – бу дастурни ташкил этувчи ёзувлар тизимини аниқловчи қоидалар бирикмаси, грамматик тузилмалар, синтаксис ва семантика.

Тилнинг амалга оширилиши – бу юқори босқичтаги тилда ёзилган ёзувларни машина командалари кетма-кетлигига ўтказувчи тизим.

Дастурлаш тилларини машинада амалга оширувчи дастурлардан асосий икки тури мавжуд: компиляторлар ва интерпретаторлар.

Компилятор юқори босқичта ёзилган тизим матнин тўла узликсиз жараён давомида машина тилига таржима қилади. Натижада машинавий кодтаги тўла, яхлит тизим яратилади. Бундан кейин ЭХМ ушбу тизимни компиляторнинг иштирокисиз бажара олади.

Интерпретатор кетма-кет дастурни бир оператордан таҳлил қилади, бу ерда у юқори босқичтаги тилда ёзилган ҳар бир синтаксислик тузилмани машина кодига ўтказди ва биридан кейин бирини бажаради. Яъни, биринчи операторни машина кодига ўтказди, уни бажаради, иккинчи операторни машина кодига ўтказди, уни бажаради,...ва ҳ. Интерпретатор интерпретацияланувчи тизим билан биргаликта ҳамма вақтда ёдта жойлашиши шарт, бу кўпрақ ёд ҳажмини талаб қилади.

Компиляциялашнинг асосий ютуғи, таёр тизимнинг бажариш тезлиги. Интерпретацияланувчи тизим компиляцияланувчига қараганда секин бажарилади, сабаби интерпретатор бажариш жараёнида мос командалар кетма-кетлигини тузиб боради. Лекин, интерпретациялонувчи тил урганувчи тузувчи учун жуда қулай ҳисобланади. У ҳар бир амалнинг натижасини текшириш имконини беради. Бундай тил диалог турдаги тизим тузиш учун жуда мақул бўлади.

Дастурлар комплексини яратиш босқичлари. Дастурлар комплекси яратиш босқичлари қўйидагилардан иборат:

1. Техник масалани тузиш.
 - 1.1. Операцион тизимни танлаш - MS DOS, Windows, Windows NT
 - 1.2. Дастурлар комплексининг тармоқда ишлаш ёки ишламаслигин аниқлаш.
 - 1.3. Маълумотлар базасидан фойдаланиш керак ёки керак эмаслигини аниқлаш.
 - 1.4. Масалани ечиш усуллари танлаш.

1.5. Масалалар синфини ечадиган умумий алгоритмни ишлаб чиқиш ва маълумотларнинг тузилишини аниқлаш.

1.6. Фойдаланувчининг интерфейсга талабини аниқлаш.

2. Техник лойиха таёрлаш.

2.1. Маълумотларни қайта ишловчи алгоритмларни ишлаб чиқиш

2.2. Якка тизимий модуллардан тузилган дастурлар комплексининг ички тузилмасини ишлаб чиқиш.

2.3. Дастурий модулларни яратиш воситаларини танлаш.

3. Иш лойихасини ишлаб чиқиш .

3.1. Дастурий модулларни ишлаб чиқиш

3.2. Дастурлаш ёки тизимий кодни яратиш.

3.3. Дастурий комплекси хоталарини тузатиш.

3.4. Дастурий комплекснинг ишга таёрлигини текшириш.

3.5. Дастурий комплекси фойдаланувчилар учун ёрдам яратиш.

Дастурий комплекси тузилмаси. Дастурий комплекси архитектураси бир-бири билан боғланган дастурий модуллар бирикмасидан иборат бўлади.

Модуль – бу тизимнинг ўз олдига бир қисми бўлиб, у аниқ бир қўлланилишга эга ва ўзининг вазифасини бошқа модуллардан мустақил бажаради.

Дастурий комплекси ички тузулмага эга. Бундай қилиб дастурий комплекси тузулмалаш қўйидаги қўлайликларни яратади:

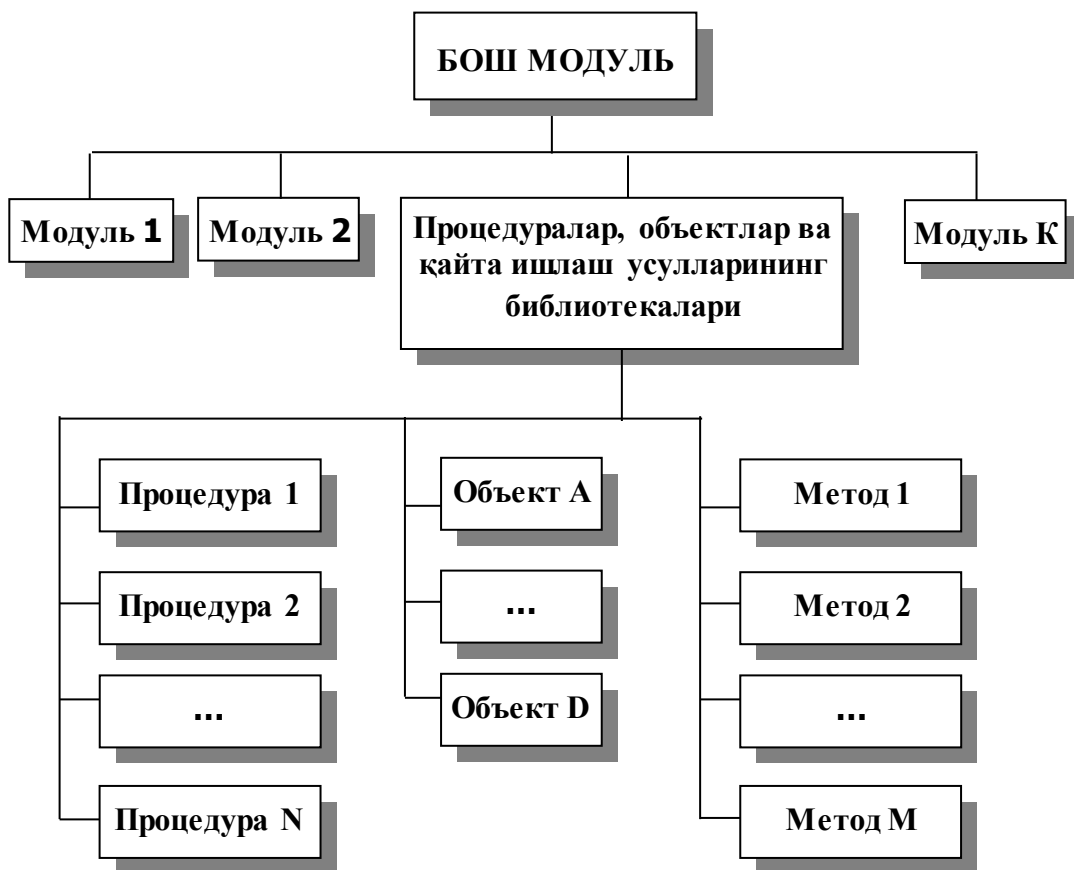
- яратиш.
- дастурлаш.
- хоталарни тузатиш.
- дастурий комплексига ўзгартиришлар киритиш.

Модулларнинг энг кўп қўлланиладиган турлари:

- Бош модуль – дастурий комплексини ишга туширади, бошқаради.
- Бошқарувчи модуль – бошқа модулларни ишга туширади.

- Ишчи модуллер – қайта ишлаш вазифасини бажаради.
- Хизмат модуллер ва библитекалар, утилитлар – хизмат функцияларини бажаради.

Ҳар бир модуль ўз олдига бир файл турида яратилади. Дастурий комплекси ишлаши учун барча дастурий модуллер тўла бўлиши зарур.



3.1-расм. Бош модуль схемаси

Фойдаланувчи интерфейсини лойихалаш. Диалог режими. Кўпчилик дастурий комплекслар диалог режимида ишлайди. Диалог режимида фойдаланувчи таъсирида қайта ишлаш функциялари ишга тушади, объектларнинг хоссалари ўзгаради, маълумотларни босмага чиқариш параметрлари созланади ва бажарилади. Менюлар иерархик бўлиб ички даражадаги менюлардан туриши мумкин.

Диалог тизимларининг таркиби:

- Меню – фойдаланувчига берилган альтернатив қайта ишлаш функциялари руйхатидан бирини танлаш таклиф қилинади. Меню ўз ичида ичма-ич жойлашган менюлардан туриши мумкин.

- Савол-жавоб ҳаракати – берилган мумкин бўлган қийматлар руйхати, масалан Ҳа/Йўқ

- Берилган формат бўйича савол – калитли сўз ёки гап ёрдамида.

Диалог жараён мос яратилган сценарий бўйича бошқарилади. Ўнда қуйидагилар аниқланади:

- Диалогнинг бошланиш моменти;
- Диалогни яратувчи – одам ёки тизим;
- Диалогнинг мазмуни ва параметрлари – хабар, менюнинг таркиби ва тузилиши, экран формалари;
- Тизимнинг диалогни якунлашга жавоби.

Диалог жараёнини ва фойдаланувчи интерфейсини яратиш учун объектга йўналтирилган дастурлаш воситаларидан фойдаланилади. Уларнинг таркибига қуйидагилар киради:

- Менюларни тузувчилар (бош ва ички менюларни яратиш учун);
- Экран формалари конструктори.

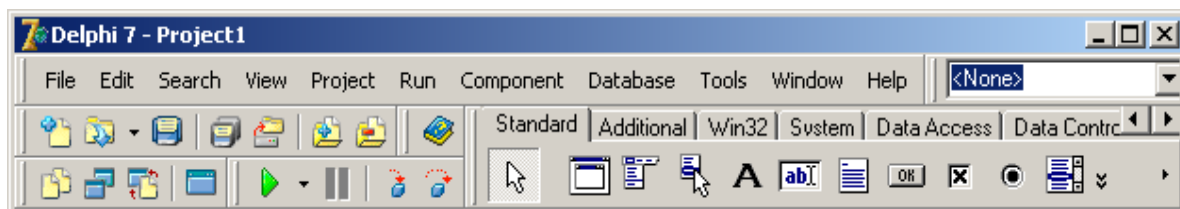
Диалог ойналари қуйидаги бошқариш элементларидан туради:

- Хабар матнларидан;
- Фойдаланувчи киритадиган маълумотлар майданларидан;
- Танлаш учун мумкин бўлган ҳолатлар руйхати;
- Тугмалар, ажратувчилар ва ҳ.к.

Дастурий пакетни яратиш тили. Дастурий қўлланмаларни ишлаб чиқишга асосланган ҳар қил инструментал воситалар ишида Delphi етакчи ўринларни эгаллайди. Delphi ҳар хил стажга эга фойдаланувчилар учун бирдек қизиқиш туғдиради, чунки уни фойдаланиш ҳамма томондан қўлланма ишлаб чиқишда устунлик беради. Delphi ёрдамида жуда кўп сондаги қўлланмалар тузилган, ўнлаган фирмалар ва минглаган дастурчилар унга қўшимча компоненталарни ишлаб чиқмоқда.

Бунга сабаб барчага танилган ошкораликка асосланган ҳолда бошқа дастурий тизимларга нисбатан қўлланмаларга бўлган талабларни тўла

каноатлантиришидир. Ҳақиқатда ҳам , Delphi ёрдамида қўлланмалар тез тузилади, унинг интерактивлик муҳити билан ишлаб чиқарувчининг узаро ҳаракатлари ички зиддиятга учрамайди, аксинча қулайлик туйғусин туғдиради. Ишлаб чиқарувчи белгили қоидаларни сақлаганда Delphi қўлланмалар эффектив ҳисобланади ва улар ишончли, иш ишлашда олдиндан белгили аҳволга эга бўлади.



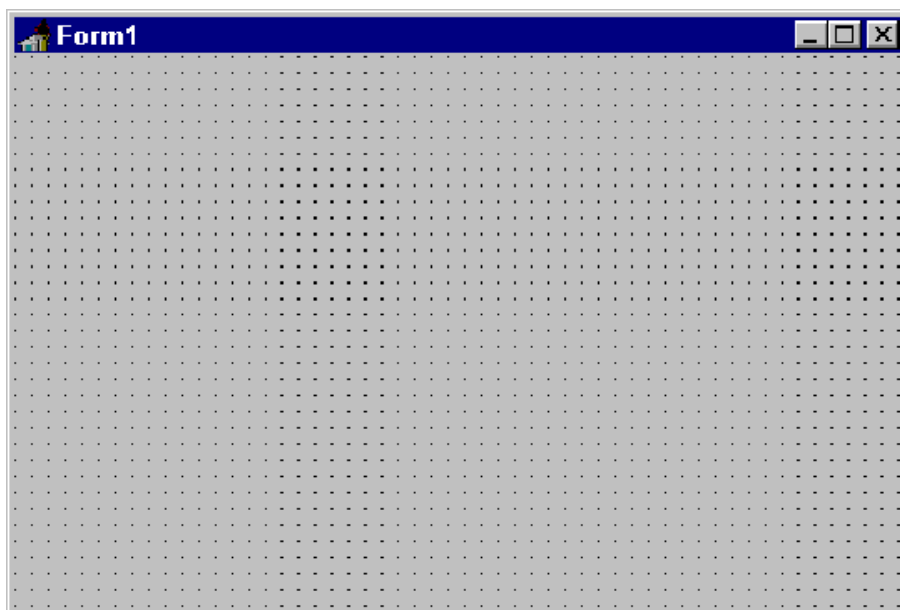
3.2-расм. Бош ойна

Delphi пакети – Borland корпорациясининг Paskal тили компиляторлари йўналишларининг давоми ҳисобланади. Paskal тили оддий бўлиб, ундаги узгарувчиларнинг типларин текшириб туриш имконияти хатоларни эрта топишга имкон беради. Borland корпорацияси доимий турда тилни бойтиб боради. Паскалнинг 4.0 версиясидан бошлаб алоҳида компиляциялаш қуроллари қушилган бўлса, сўнггра 5.5 версиясидан бошлаб объектлар пайдо бўлди, ал 6 версиясидан бошлаб Turbo Vision класслари библиотекаси қўшилди ва у текстли режимда ойналар тизимини ишлаб чиқишга интеграллашган муҳитин ўз ичига олувчи дастурий маҳсулотлардан бири эди.

Delphi да қўлланилиб борилятган Паскаль тили версияси узининг имкониятлари бўйича C++ тилига яқинлашади. C++ га хос бўлган механизимлар деб фақатгина кўп турли касаллик хоссаси Delphi да йўқ.. Паскаль тилин қўлланилиш ортиқмачилиқлари аниқ кўзга ташланади. Биринчидан Visual Basic оралик кодни интерпрацияловчи тил бўлгани учун ва икинчидан C++ тилидан узгачалиги Паскал тилининг синтаксиси жуда тез ишлавчи компиляторларни яратишга имконият беради.

Тизимлаштириш муҳити Visual Basic пакетин эслатади. Фойдаланувчи ихтиёрида бир неча бўлак ойналар бўлиб, улар меню,

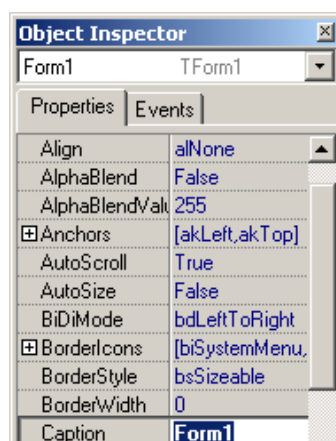
инструментлар панели, объектлик инспектор, объектлик браузер, проектни бошқариш ойнаси ва редактор ҳисобланади.



3.3-расм. Формалар ойнаси.

Delphi Brief манадаги текстли редакторга эга бўлиб, унинг тугмалари Windows стандартига туғри келади ва шегараланмаган бекор этиш амали Undo га эга. Ҳозирги вақтда шарт бўлган тизимларнинг лексик элементларин ранглар билан киритиш амалга оширилади. Қўлланмани тузиш жараёни осон. Формани танлаб хоссаларни аниқлаб, унга тегишли компонентларни: меню, инструменталлик панеллар, ахволлар йўли ва ҳ.з қўйиб, уларнинг хоссаларини ўрнатиб ва ундан сўнг код редактори ёрдамида вақеаларди қайта ишлавчи дастур ёзиш керак бўлади. Объектлик инспектор ёрдамида компоненталар хоссалари ва унга боғлиқ воқеалар ўрнатиладиган бўлса, объектлик браузерда синфларнинг усуллари ва хоссаларин, майдонлари тизимин куришга бўлади.

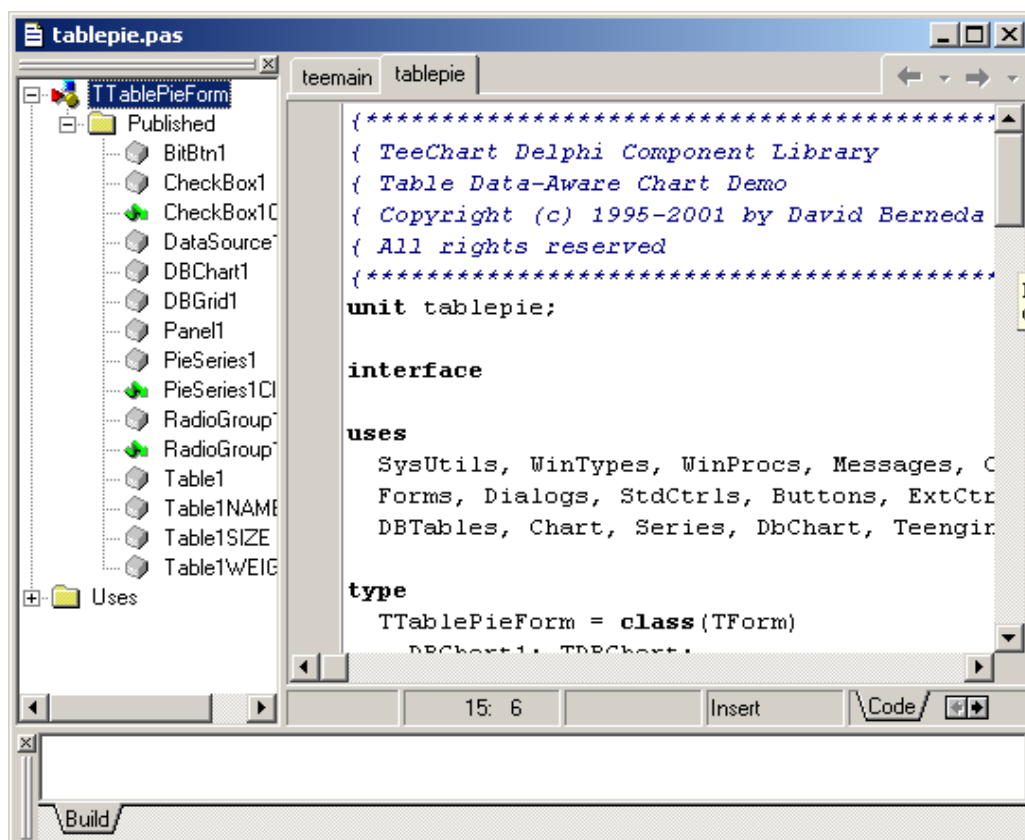
Формалар дизайнеридан чап томонда сиз объектлар инспекторини кўришингиз мумкин. Бу ойнадаги маълумотлар формада танланган объектнинг типига қараб, ўзгариб боришига эътибор беринг. Ҳар бир компонент бу объектдир, ва унинг кўриниши ҳамда ҳаракатини объектлар инспектори ёрдамида ўзгартириш мумкинлигини унутманг!



3.4-расм. Объектлар инспектори.

Объектлар инспектори жорий объектнинг ҳаракатларини аниқлаш учун икки саҳифадан ташкил топган. Биринчи саҳифа – хусусиятлар рўйхати бўлса, иккинчиси объектнинг ҳолатлари рўйхатидир. Жорий объектнинг бирор томонини ўзгартириш керак бўлса, сиз албатта Объектлар инспекторига мурожаат қилишингиз керак. Мисол учун сиз TLabel элементининг номини ўзгартиришингиз, ёки унинг Caption, Left, Top, Height, ва Width каби хусусиятлари ёрдамида жойлашишини ўзгартиришингиз мумкин.

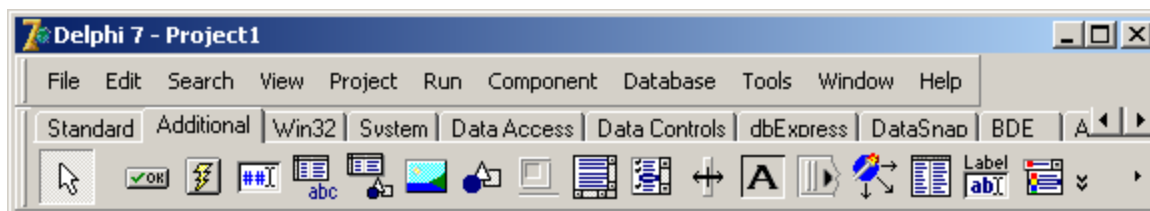
Объектлар инспектори ойнасининг қуйи қисмидаги саҳифа номларидан объектларнинг хусусиятлари ва ҳолатлари ойнасига ўтиш мумкин. Ҳолатлар саҳифаси дастур матни муҳаррири билан бевосита боғлиқ бўлиб, ундаги ҳолатларнинг ихтиёрийсига сичқончани икки марта боссак, объектнинг шу ҳолатига тегишли дастур сарлавҳаси муҳаррирда пайдо бўлади ва сизга шу ҳолатда бажариладиган ишларни дастур кўринишида ёзиш имконияти берилади.



3.5-расм. Кодлар ойнаси.

Project Manager бўлак ойна бўлиб, унда проектни тузувчи модулар ва формалар бўлади. Ҳар бир модулда дастурнинг коди жойлашган каталогга йўл курсатилган бўлади. Қалин шрифт билан проектнинг ўзгартилган ва сақлонмаган бўлаги ажратилади. Ойнанинг юқори томонида тугмалар йиғини мавжуд бўлиб, ўлар кўшиш, олиб ташаш, берилган матнни кўрсатиш, формани кўрсатиш, опцияларни аниқлаш, проект файли ва матни билан ойна мазмуни орасида алоқа ўрнатиш амалларини бажаради. Компиляция режимини ўз ичига олувчи амаллар проект учун тўла берилган бўлади.

Visual Component Library (VCL) компоненталар палитраси бўлиб, ўнда ҳар хил компоненталарни ўз ишига олувчи саҳифалар жойлашган.



3.6-расм. Компоненталар палитраси.

Фойдаланувчи интерфейсини тузиш учун берилган объектлар палитрасининг бой бўлиши - визуал дастурлаштириш инструментларини танлашда асосий факторлардан ҳишобланади. Бунда фойдаланувчи учун муҳитка киритилген компоненталарнинг сони билан дастурлаш инструменти танлашда асосий факторларнинг бири ҳисобланади. Бунда фойдаланувчи учун орталыққа киритилген компонентлар саны билан бирга уларнинг мос турларининг бозарда бор бўлиши ва олиш мумкинлиги катта аҳамиятга эга.

Borland корпорациясининг Paskal тили компилятори ишлаб чиқувчилар фикринча ҳозирги вақтдаги компиляторлар ишида энг тези ҳишбланади. Проект тузиш маъносида Delphi бошқа интеграллашган муҳитлардан оз фарқ қилгани билан компиляциядан кейин интерпретаторга таққослаганда 10-20 карра тез бажариладиган кодти оламиз. Шу билан бирга Delphi компиляторининг яна бир хусусияти компиляциянинг туғридан туғри машина кодига ўтказилиши. Бу қўлланманинг баажариш тезлигини оширади. Delphi нинг стандарт таъминотида 270 базавий синфлар иеархиясынан иборат асосий киради.

Delphi да қўлланмаларни корпоратив маълумотлар базаси ва ўйинлар учун ҳам бирдек яхши дастурлар яратиш мумкин. Кўпчилик томанидан бунинг сабабини Delphi нинг Windows муҳитида фойдаланувчи интерфейсини тузиш ни амалга оширувчи восита бўлиб келгани билан тушунтириш мумкин. Воқеаларга боғлиқ модел Windows муҳитида мураккаб ва тушуниш қийин бўлди. Аксинча Delphi да интерфейсни ишлаб чиқиш дастурчи учун осон бўлиб қолди.

Ушбу сабабдан Delphi ёрдамида тузилган қўлланмалар ишончли ва турғун ишлайди. Delphi мавжуд объектларни: DLL библиотекаларини, C ва C++ та тузилган объектларни , OLE серверни, VBX объектларини фойдаланишни қўллайди. Таёр компонентлардан ишлаб турган қўлланмани тез йиғиш мумкин ва ишлаб чиқишга юбориладиган чиқимларни камайтириш учун объектлардан қайта фойдаланиш мумкин.

Визуал компоненталар библиотекаси. Delphi да қўлланмалар яратишда фойдаланиладиган компоненталар қўлланмаларни яратиш муҳитига киритилган бўлиб, уларни тузишда фундамент ролини бажарувчи объектлар типлари йиғинидан ибарат бўлади. Бу объектлар йиғинига Visual Component Library деб аташади.

Delphi дастурлаш муҳитининг ташқи кўриниши Windowsда кўриш мумкин бўлган бошқа дастурлаш муҳитлари кўринишидан фарқ қилади. Масалан, Borland Pascal for Windows 7.0, Borland C++ 4.0, Word for Windows, Program Manager – буларнинг барчаси MDI дастурлари ҳисобланади ва Delphiга ўхшамайди. MDI (Multiple Document Interface) – битта асосий ойнанинг ичида бир нечта қуйи типдаги ойналарни бошқаришни билдиради.

Delphi муҳити эса, Single Document Interface (SDI) деб номланувчи бошқа хусусиятга амал қилади ва алоҳида жойлашган бир нечта ойнадан иборат.

Агар сиз Delphiга ўхшаш SDI дастурлардан фойдалансангиз, бошқа дастурлар ойналари уни ёпиб қўймаслиги учун уларни пастга тушириб қўйиш керак. Агар бошқа дастурга ўтиш зарурияти туғилиб қоладиган бўлса, Delphi дастури бош ойнасидаги кичрайтириш тугмасини босиш кифоя.

Дастурлаш муҳитининг асосий ташкил этувчилари.

Қуйида Delphiнинг асосий ташкил этувчилари келтирилган:

Формалар дизайнери (Form Designer)

Дастур матни муҳаррири (Editor Window)

Компонентлар тўплами (Component Palette)

Объектлар инспектори (Object Inspector)

Ёрдам тизими (On-line help)

Delphi'ning булардан ташқари сизга дастурлаш муҳити ва дастурни созлаш учун хизмат қилувчи тизим менюси, ускуналар чизгичи каби бошқа воситалари ҳам бор.

3. Чизикли кўп критериялик масалаларни сонли ечишнинг дастурий комплексини ишлаб чиқиш

Дастурий комплекс таркибига дастурий таъминотнинг тўртта блок-модуллари киради.

Ҳар бир блок-модулни алоҳида қараймиз:

1. Блок «Дастлабки маълумотлар» икки модулдан туради:

- масала матричасини файлдан ўқиш модули- ушбу модул масаланинг чегаравий шартлар матричаси A ни ($n \times m$ –ўлчовли), унги томонидаги вектор B ни (m - ўлчовли) ва мақсад функциялар матричаси C ни ($p \times n$ - ўлчовли) .dat кенгайтпали текстли файлдан ўқиш учун зарур.

Ушбу модул дастлабки маълумотларни фойдаланувчи модулидан юклашга мумкинлик беради, бу фойдаланувчининг дастур билан ишлашини осонлаштиради ва уни бирдек маълумотларни такроран киритишдан озод этади;

- файлга ёзиш модули – бу модул дастурий комплекс ойнасидан киритилган маълумотларни .dat файлига ёзиб қуйиш учун ва масалани симплекс усул менен ечиш модулига бериш учун зарур.

2. Блок «Масалани ечиш усуллари» - самарали ечимларни топишнинг сонли усуллари асосидаги диалог процедурани ишга туширади. У икки модулдан иборат:

- масалани ечиш усуллари модули – чизикли кўп критериялик масалани ечишнинг сонли усуллари фойдаланувчи томонидан танланади;

- ташқи дастурни ишга тушириш модули – бир критериялик чизикли программалаштириш масаласини ечишнинг симплекс усули модули.

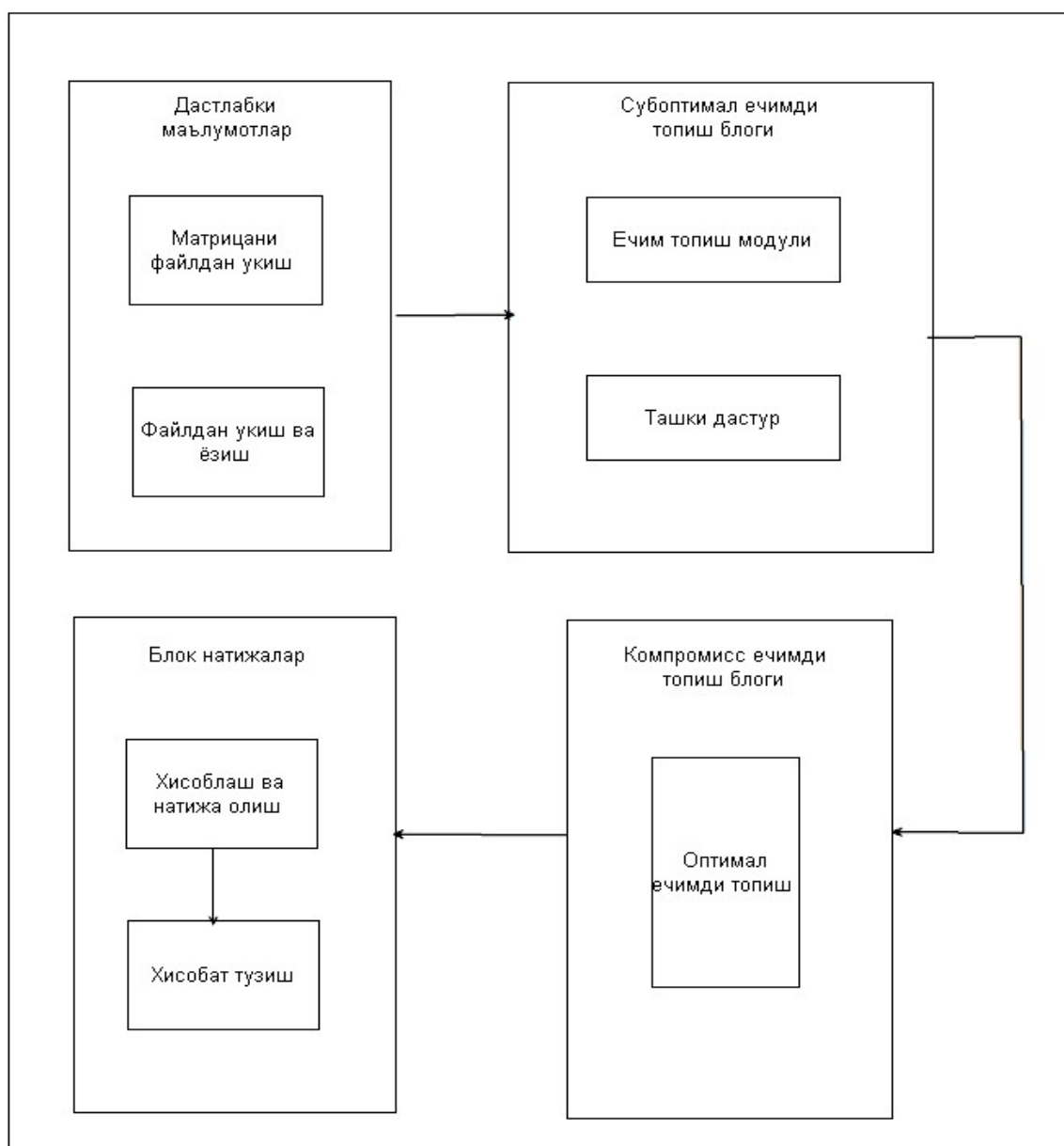
3. Блок «Суб оптимал ечимларни топиш» - берилган масалани ҳар бир критериялар учун оптимал ечимларини топиш учун тузилган модулдан иборат.

4. Блок «Натижалар» - икки модуллардан иборат:

ҳисоблаш ва натижани чиқариш модули – охириги компромисс ечимни аниқлаш ва экранга чиқариш модули;

Word процессорида ҳисобат тузиш модули – ушбу модуль Word процессорида ҳисобат тузишга мумкинлик беради. Ҳисобат дастлабки маълумотлар ва олинган натижани ўз ичига олади.

1-расмда дастурий комплекснинг умумий тузулиш схемаси келтирилган.



3.7-расм. ДК тузилиши схемаси.

Дастурий комплекс интерфейсини лойихалаш

Фойдаланувчи интерфейсини яратишдан мақсад бошқариш элементларини самарали жойлаштириш ва танлаш, интерфейснинг бир бутунлиги ва унинг интуитив тушунарлиги. Фойдаланувчи интерфейси архитектураси тушунчаси интерфейснинг умумий тузилишига таъллуқли бўлиб, унинг майда элементлерига тегишли эмас.

ДК интерфейси архитектурасини лойихалаштириш Microsoft Office Visio редактори ёрдамида амалга оширилди. Биринчи навбатда ДК нинг асосий интерфейсга диққат берилди.

ДК содда, қулай, осон ўзлаштириладиган интерфейсга эга бўлиши ва фойдаланувчига ишлаши учун барча зарур функцияларни бериши ва у билан бирга кераксиз ҳаракатларни бажаришга йўл қўймаслиги лозим.

Фойдаланувчи қулайлиги учун ДК да маълумотларни файлдан юклаш мумкинлиги бўлиши зарур. Дастлабки маълумотлар бош формада жадвал кўринишида аксланиши зарур.

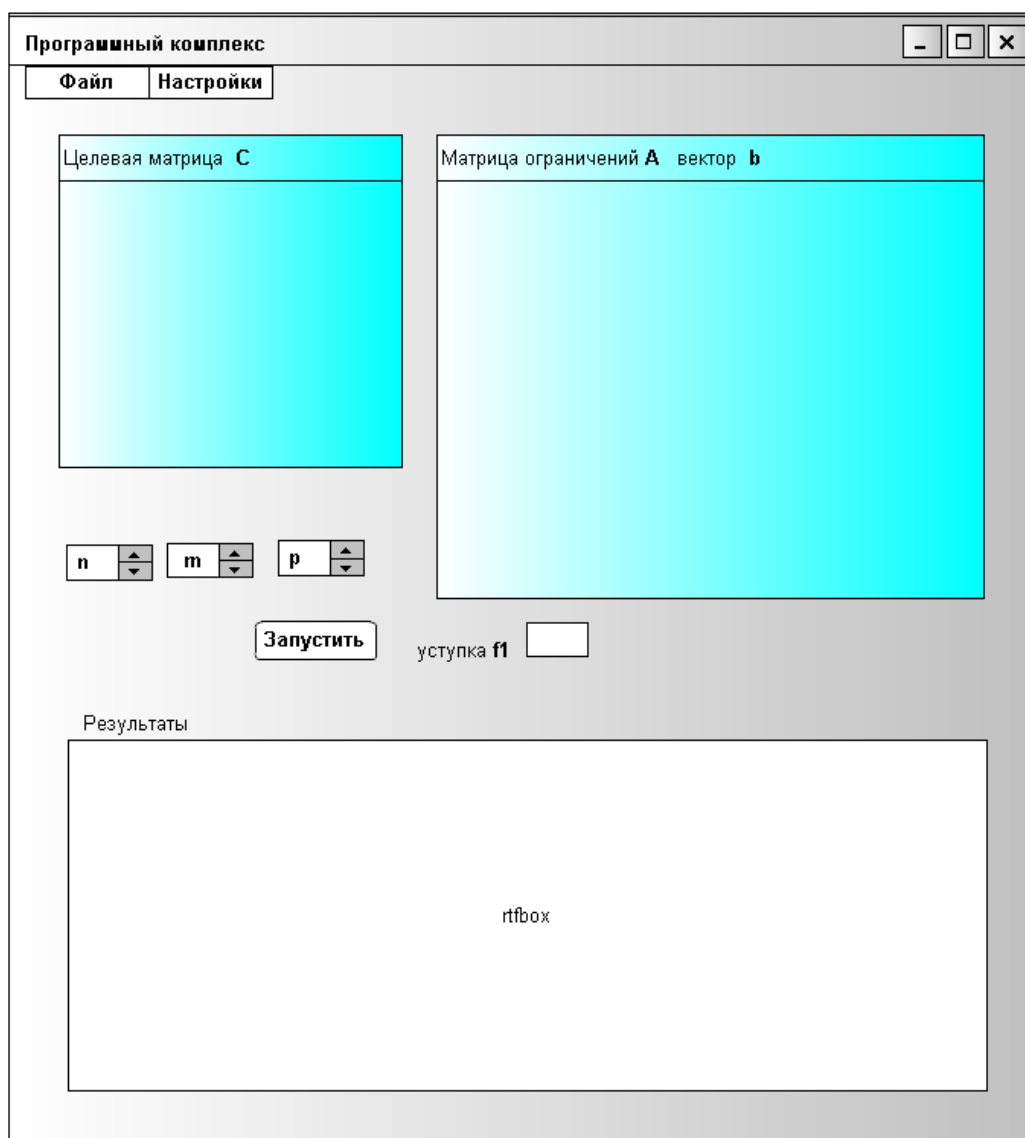
Фойдаланувчига масаланинг шартларига биноан унинг ўлчамларини, максимум ёки минимум топишни ва чегаравий шартларда тенгсизлик ёки тенглик белгиларини танлаш имкони берилиши керак.

Натижаларни чиқариш ва кўриш учун махсус майдон тузилади ва уни зарур бўлганда тозалаш мумкин. Матрицалар қийматларини тозалаш ва ҳисобатни шакллантиришни менюга киритиш қулай бўлади. Бош формада матрицалар ўлчамларини бериш ва дастлабки маълумотларни киритиш мумкин бўлади. Жадвалга маълумотларни киритиш учун сичқоннинг чаб тугмасини икки марта мос катакта босиш зарур.

Берилган дастлабки маълумотларга боғлиқ масалани ечиш жараёни бир мунча вақт олиши мумкин. Қулайлик учун жараённинг ўтишини акслантирувчи компонент тузиш зарур.

Фойдаланувчи дастлабки маълумотларни киритканидан кейин масалани ечиш усулини танлайди ва уни ишга туширади ва диалог режимда компромисс ечимни топиш учун ҳаракат қилади.

Шундай қилиб, 2-расмда ДК интерфейси макети келтирилган.



3.8-расмда – ДК интерфейси макети

ДК ишлаш функцияларини лойихалаштириш

Дастурнинг ишлаш алгоритми кўп критериялик масаланинг дастлабки маълумотларини киритиш ва уларни чизиқли программалаштириш масаласи ёзилишининг стандарт шаклига келтиришни таъминлаши зарур. Кўп критериялик масалани ечиш усулига II-бобнинг 2 параграфида келтирилган кетма-кет ён беришлар усулининг диалог процедурасини қараймиз. Дастлабки маълумотлар киритилганидан кейин субоптималь ечимлар топилади. Кейин фойдаланувчи ёки ҚҚШ компромисс ечимни топиш учун биринчи критерий учун ён бериш

миқдорини аниқлайди ва ўни тегишли катакга киритади. Кейин ҳисоблашни бажаради ва унинг натижасини экранда кўради, агар топилган ечим уни қаноатлантирса ҳисоблашни тугатади.

Компромисс ечимни топиш дастурда ушбу қадамларда бажарилади:

ҚҚШ томанидан аниқланадиган ён бериш миқдори фақат биринчи критерий эмас бошқа критерийлардан бири олиниши мумкин ва процедура давом эттирилиши мумкин;

Ишлаб чиқиш воситаларини танлаш

ДК катта ҳажмдаги ахборотлар билан ишлашга ва бир фойдоланувчи режимида ишлашга мулжалланган.

Дастур билан ишлашнинг қулай усулини ташкиллаштириш учун ахборотни киритиш ва натижаларни тушунтириш блоки интерфейс қисми хизмат қилади. У қулай ва тушунарли интерфейсга эга бўлиши керак. Шу сабабдан уни амалга ошириш учун Delphi визуал моделлаштириш мухитига тухталамиз. Бу дастур учун максимал қулай ва тушунарли, ахборотни киритиш ва чиқаришни ўқишга қулай кўринишда таъминлайди. Ушбу қуролни фойдаланиш дастур ҳажмини қисқартиришга ва параметрларни етказиш жараёнини соддалаштиришга имконият беради. Delphi – ишлаб чиқаришнинг ишончли қуроли унинг сифати кўпгина амалга оширилган ва жорий қилинган дастурий маҳсулотлар кўплиги билан исбот қилинади [9].

ДК нинг дастурий амалга оширилиши

Дастлабки маълумотлар

ДК билан ишлашни бошлаш учун фойдаланувчига дастлабки маълумотларни киритиш зарур. Буни икки усул билан бажарса бўлади:

- Маълумотлар ёзилган файлни танлаш;
- Маълумотларни дастур ёрдамида бевосита киритиш.

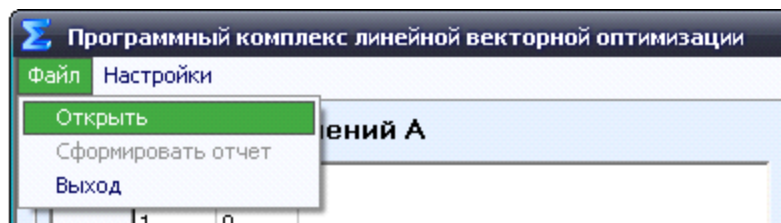
Биринчи вариантни кўрамыз. Дастлабки маълумотлар ёзилган файл текстли файл *.dat кенгайтмаси билан, қаралаётган масаланинг

матрицалари ва унинг ўлчамларини ўзида сақлайди. Файлга қуйиладиган талаблар:

- Биринчи икки йўлда чегаравий шартлар матричасининг йўллар ва устунлари сони киритилади, кейин мақсад функцияси матрицаси қийматлари, чегаравий шартлар матричасининг қийматлари, чегаравий шартлар унги томони вектори қийматлари;
- Ҳақиқий сонлар учун бутун қисми каср қисмидан нуқа билан ажратилади □.

Кўпчилик иловаларда фойдаланувчи интерфейси элементлари ҳар хил функционал қийматга эга бўлади. ДК да интерфейс элементлари аҳамиятлилари биринчи навбатта фойдаланувчига кўзга ташланадиган этиб жойлаштирилган. Шундай қилиб, дастурнинг чап юқори бурчагида Delphi мухити компонентаси MainMenu ёрдамида дастурнинг бош менюси жойлашган.

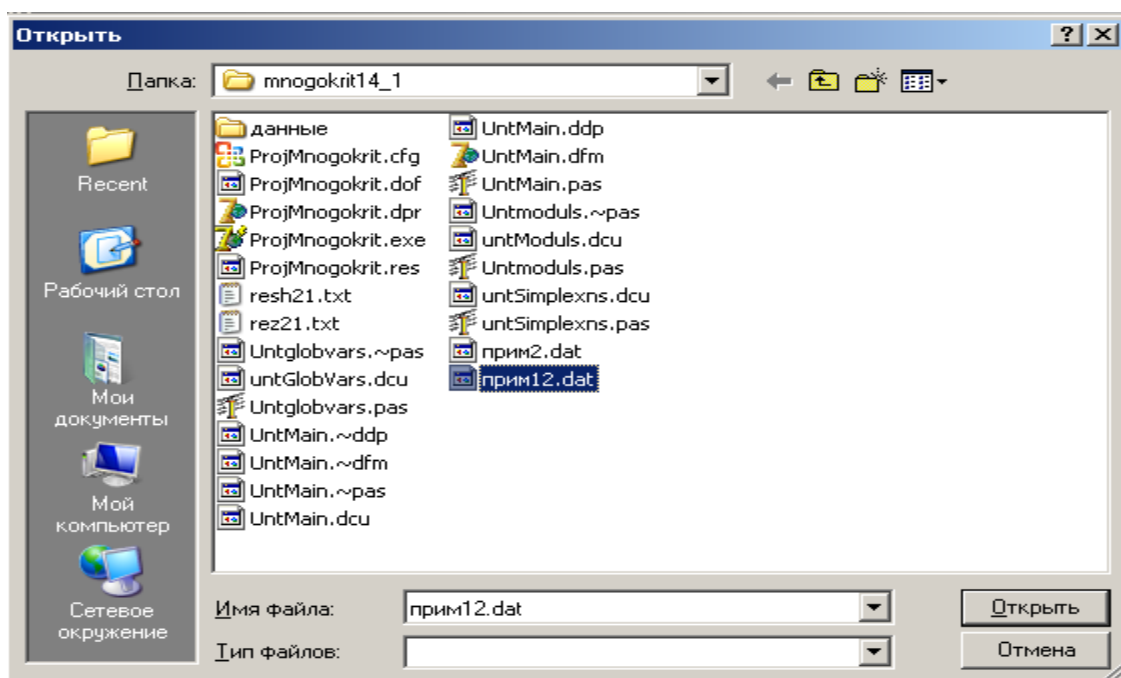
Дастлабки маълумотлар ёзилган файлни танлаш учун бош менюда «Файл» тугмасини босиш ва очилган руйхатдан «Открыть» пунктини танлаш керак (3-расм).



3.9-расм – Дастур бош менюси

«Открыть файл» диалогини амалга ошириш учун файллар билан ишловчи компонент қўлланилди- OpenFileDialog[10].

Менюнинг «Открыть» пунктини босишда 4-расмда кўрсатилган диалог ойна очилади .



3.10-расм – Диалог ойнаси

Дастлабки маълумотлар ёзилган файл очилганидан кейин унинг кийматлари дастурнинг бош формасида экранда жадвалларда аксланади: 5-расмни қаранг.

Иккинчи ҳолда фойдаланувчига дастлабки маълумотларни дастур ёрдамида киритишга мумкинлик берилади. Маълумотларни киритиш ойнаси 6-расмда кўрсатилган.

3.11-расм – Маълумотлар киритилмасдан олдин бош ойна.

Маълумотлар киритилганидан кейин бош ойна қуйидаги кўринишда бўлади:

	1	2	3	4	5	6	7	Belgi	bi
1	1	2	1	1	2	1	2	<=	16
2	-2	-1	0	1	2	0	1	<=	16
3	-1	0	1	0	2	0	-2	<=	16
4	0	1	2	-1	1	-2	-1	<=	16

3.12-расм - Маълумотлар киритилганидан кейин бош ойна.

Дастлабки маълумотлар массивлар бўлгани учун уларнинг қиймаларини киритишда қулайлик туғдириш учун компонент StringGrid [10] фойдаланилди. Компонент катакларига символлар жойлашган жадвални билдиради.

Матрица қийматларидан жадвал катакларини тозалаш учун меню «Настройки» дан «Очистить матрицы» пунктини танлаш керак.

Кўп критериялик масалани ечиш босқичлари

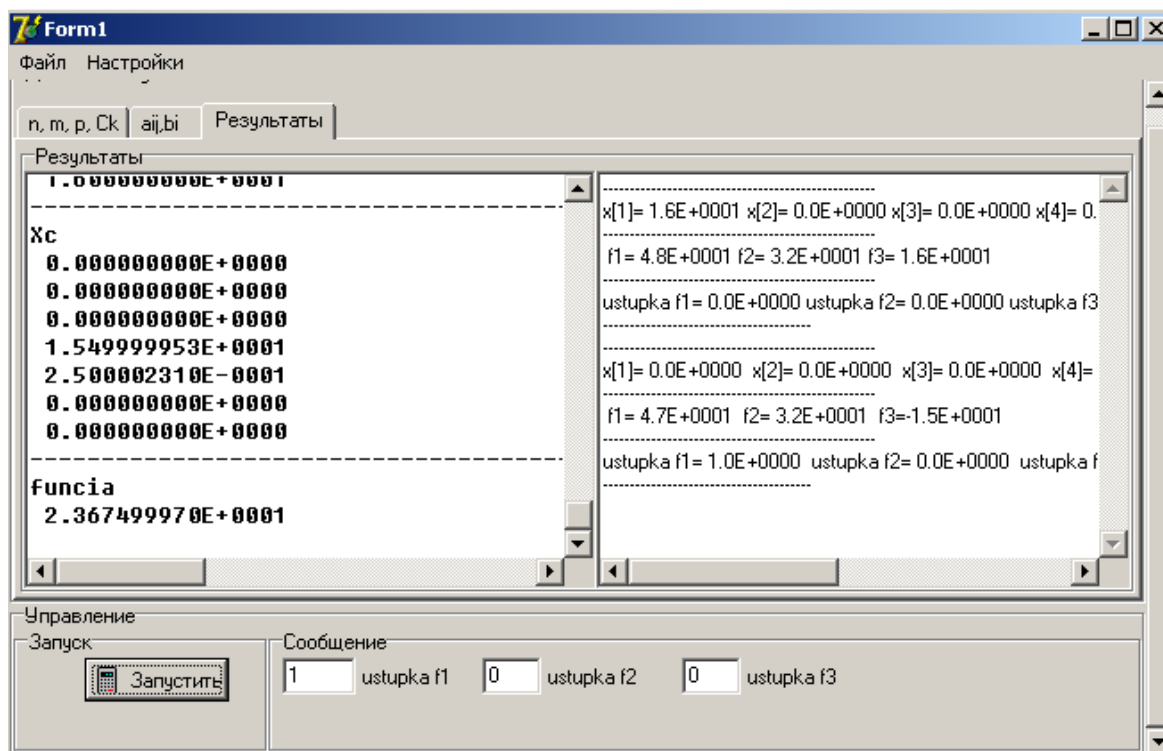
Дастлабки маълумотларни киритганимиздан кейин мақсад функциясининг экстремумини танлаш зарур: max ёки min.

Бунинг учун пастга очилувчи руйхатдан мос шартни танлаш зарур (8-расм).

3.13-расм – Масала шартини танлаш.

Ушбу қадамларни бажарганимиздан кейин «Запустить» тугмасини босганимизда дастур кўп критериялик масаланинг субоптимал ечимларини топади ва олинган ҳар бир критерияларнинг оптимал қийматларини мақсад функциялари матрицасининг охириги устунига ёзиб қуяди. Кейин иккинчи босқичда компромисс ечимни топиш процедураси бошланади. Бош критерийдан ён бериладиган миқдор аниқланиб «Запустить» тугмаси яна босилади ва янги ечимлар экранга чиқарилади. Агар олинган самарали ечимлар фойдаланувчини қаноатлантирса процедура тугайди ва аксинча бўлса давом эттирилади.

9-расмда ечим олингандан кейинги ДК бош ойнаси кўрсатилган.



3.14-расмда – Масала ечилгандан кейинги бош ойна.

3. Сонли мисоллар ечиш.

1. -Мисол. 2-боб даги ушбу мисолни кўрайлик:

$$f_1(x) = 3x_1 - x_2 \rightarrow \max$$

$$f_2(x) = x_2 \rightarrow \max$$

$$x_1 \leq 2 \quad x_2 \leq 4 \quad 2x_1 + x_2 \leq 6 \quad x_j \geq 0 \quad j=1,2;$$

Масаланинг самарали ечимлари қуйидаги жадвалда келтирилган

Жадвал-1

$X \in D$	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Эслатма	Ечим хоссаси
$A(2,2)$	4	2	Яхшиланмайдиган нукталар	$\in P(D)$
$B(1,4)$	-1	4	-“-	$\in P(D)$
$G(1,5,3)$	1,5	3	-“-	$\in P(D)$
$E(2,0)$	6	0	-“-	$\in P(D)$
$C(0,4)$	-4	4	1-чи критерий буйича яхшиланади	$\in S(D)$ $\notin P(D)$
$K(0,0)$	0	0	Икки критерий буйича баравар яхшиланади	$\notin P(D)$, $\notin S(D)$
$L(1,1)$	2	1		

Ушбу мисолни бош критерий асосидаги ён беришлар усули билан ечамиз ва дастлабки маълумотлар киритилган дастур ойнаси қуйидаги расмда келтирилган:

The screenshot shows a software window titled "Form1" with a menu bar containing "Файл" (File) and "Настройки" (Settings). Below the menu bar are three tabs: "n, m, p, Ck", "aij, bi", and "Результаты". The "aij, bi" tab is active, displaying a table with 5 columns: "T, t", "1", "2", "Belgi", and "bi". The table contains 3 rows of data:

T, t	1	2	Belgi	bi
1	1	0	<=	2
2	0	1	<=	4
3	2	1	<=	6

Below the table is a "Управление" (Management) section with a "Запуск" (Start) button. To the right of the button is a "Сообщение" (Message) section with three input fields labeled "ustupka f1", "ustupka f2", and "ustupka f3". The values in these fields are 1, 0, and 0 respectively.

3.15-расм. Мисол маълумотлари киритилган ойна.

Олинган натижаларни келтирамиз:

$x[1]= 2.0E+0000$ $x[2]= 1.0E+0000$ $f1= 5.0E+0000$ $f2= 1.0E+0000$

$ustupka f1= 1.0E+0000$ $ustupka f2= 0.0E+0000$

$$x[1]= 2.0E+0000 \quad x[2]= 2.0E+0000 \quad f1= 4.0E+0000 \quad f2= 2.0E+0000$$

$$ustupka \ f1= 2.0E+0000 \quad ustupka \ f2= 0.0E+0000$$

$$x[1]= 1.8E+0000 \quad x[2]= 2.4E+0000 \quad f1= 3.0E+0000 \quad f2= 2.4E+0000$$

$$ustupka \ f1= 3.0E+0000 \quad ustupka \ f2= 0.0E+0000$$

$$x[1]= 1.6E+0000 \quad x[2]= 2.8E+0000 \quad f1= 2.0E+0000 \quad f2= 2.8E+0000$$

$$ustupka \ f1= 4.0E+0000 \quad ustupka \ f2= 0.0E+0000$$

$$x[1]= 1.4E+0000 \quad x[2]= 3.2E+0000 \quad f1= 1.0E+0000 \quad f2= 3.2E+0000$$

$$ustupka \ f1= 5.0E+0000 \quad ustupka \ f2= 0.0E+0000$$

$$x[1]= 1.2E+0000 \quad x[2]= 3.6E+0000 \quad f1= 0.0E+0000 \quad f2= 3.6E+0000$$

$$ustupka \ f1= 6.0E+0000 \quad ustupka \ f2= 0.0E+0000$$

$$x[1]= 1.0E+0000 \quad x[2]= 4.0E+0000 \quad f1=-1.0E+0000 \quad f2= 4.0E+0000$$

$$ustupka \ f1= 7.0E+0000 \quad ustupka \ f2= 0.0E+0000$$

Олинган ечимларни таҳлил қилганимизда, шуни кўрамиз 1-жадвалдаги барча самарали ечимларнинг топилганини ва ундан ташқари Парето кўплигига ётувчи бошқа ечимларнинг ҳам топилганини кўрамиз. Бу усулнинг самарадорлигини билдиради.

2.-Мисол. Бу ерда биз уч критериялик масалани қараймиз [7].

Дастлабки маълумотлар:

Чегаравий шартлар матрицаси А:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ -2 & -1 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 2 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & 2 & -1 & 1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

Вектор b:

$$b = \begin{pmatrix} 16 \\ 16 \\ 16 \\ 16 \end{pmatrix}$$

Мақсад функциялари матрицаси С:

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 & 3 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & -1 & 0 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Ушбу масалани дастурий комплекс ёрдамида ечганимизда қуйидаги натижаларни оламиз:

x[1]= 1.6E+0001 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 0.0E+0000

x[5]= 0.0E+0000 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000

f1= 4.8E+0001 f2= 3.2E+0001 f3= 1.6E+0001

ustupka f1= 0.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000

x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.5E+0001

x[5]= 2.5E-0001 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000

f1= 4.7E+0001 f2= 3.2E+0001 f3=-1.5E+0001

ustupka f1= 1.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000

.....

x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 1.6E+0001 x[4]=-1.9E+0001

x[5]= 0.0E+0000 x[6]= 1.9E+0001 x[7]= 0.0E+0000

f1=-7.2E+0001 f2=-2.7E+0000 f3= 1.6E+0001

ustupka f1= 1.2E+0002 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000

Олинган ечимлардан кўриниб турибди, уларнинг барчаси Парето кўплигининг элементлари ва самарали ечимлар бўлади, чунки бир критериялик масаламизда мақсад функцияси критерияларнинг оддий сверткаси ҳисобланади.

ХУЛОСА

Диссертация ишида детерминирланган кўп критериялик масалаларни ечиш усулларининг математик таъминоти ва дастурий воситалари назарий ва амалий тамондан ўрганилди ва тадқиқ қилинди. Ишда қуйидаги асосий илмий назарий ва амалий натижалар олинди.

1. Детерминирланган кўп критериялик масалаларнинг сифат тадқиқоти ўтказилди ва унинг асосида масаланинг оптималлик шартлари ҳақидаги теорема исбот қилинди.
2. Икки критериялик масаланинг умумлашган мақсад функциясининг чегаравий шартларнинг ўнг томонидан узликсиз боғлиқлиги ўрганиб чиқилди.
3. Детерминирланган кўп критериялик масалаларни ечиш усуллари ўрганилди ва бош критерийлар ва кетма-кет ён беришлар усули асосида диалог процедура ишлаб чиқилди.
4. Детерминирланган кўп критериялик масалаларни ечиш усулларини компьютерда амалга оширишнинг дастурий воситалари ўрганиб чиқилди.
5. Детерминирланган кўп критериялик масалаларни ечиш усуллари бўйича ҳисоблашлар ўтказиш учун дастурий комплекс тузилди ва мисоллар ечилиб натижалар олинди.

Диссертация иши натижаларини амалий масалаларни ечишда ва кўп критериялик масалаларни ечиш усулларини ўрганишда ушбу соҳа талабаларига услубий қўланма сифатида тавсия қилиш мумкин.

Адабиётлар руйхати

1. Ляшенко И.Н., Михалевич М.В., Утеулиев Н.У. Методы эколого-экономического моделирования. -Нукус:Билим. 1994. 236с.
2. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования. - М.:Наука.1976.176с.
3. Ермольев Ю.М., Ястремский А.И. Стохастические модели и методы в экономическом планировании. -М.:Наука.1979. 256с.
4. Ястремский А.И. Стохастические модели математической экономики. - Киев: Вища школа, 1983. - 127с.
5. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М., Наука, 1982.
6. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос,2000.
7. Р.Л.Кини, Х.Райфа. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М.: Радио и связь, 1981.
8. Ляшко И.И.,Тюптя В.И.,Кигель В.Р. Диалоговые процедуры многокритериальной оптимизации.Киев, КГУ, 1985.
9. Ногин В.Д., Протодяконов И.О.Евлампиев И.И. Основы теории оптимизации.-М.:Высшая школа, 1986.
- 10.Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. М.: Знание, 1985.-32 с.
- 11.Н о г и н В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с.
12. Ногин В.Д. Принятие решений при многих критериях. Учебно-методическое пособие.–СПб. Издательство «ЮТАС», 2007. – 104 с.
- 13.Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений.- М.: Наука. Физматлит, 1996.-208 с.
- 14.Лотов А.В., Поспелов И.И. Многокритериальные задачи принятия решений. Учебное пособие.-М.: МАКС Пресс, 2008.-197 с.

- 15.Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1992. 504 с.: ил.
- 16.Вилкас Э. И., Майминас Е. Решения: теория, информация, моделирование. М.: Радио и связь, 1981.
- 17.Михалевич В. С., Волкович В. Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982.
- 18.Соболь Н. М., Статников Р. Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Наука, 1981.
- 19.Джоффрион А., Дайер Дж., Файнберг А. Решение задачи оптимизации при многих критериях на основе человеко.машинных процедур//Вопросы анализа и процедуры принятия решений. Сб. переводов под ред. И. Ф. Шахнова. . М.: Мир, 1976. 498 с.
- 20.Гольштейн Е.Г. Теория двойственности в математическом программировании и ее приложения. М.,Наука, 1971,351 с.
21. Михалевич М.В. Стохастические методы поиска наиболее предпочтительного элемента и некоторые диалоговые процедуры принятия наилучшего решения.- Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Киев, 1981.
- 22.Лоран П.-Ж. Аппроксимация и оптимизация. - М.: Мир, 1975. 496 с.
- 23.Шохамидов Ш.Ш. Амалий математика унсурлари.Тошкент Узб-н 1997.
- 24.Абдукодиров А.А. «ЭХМ, алгоритм, дастур.» Тошкент «Ўқитувчи»1992 г.
- 25.Чернев Д.А. Технология разработки программного обеспечения. Уч.пос. для вузов, Ташкент: Мехнат 2004.
- 26.Иванова Г.С., Ничушкина Т.Н., Пугачев Е.К. Объектно-ориентированное программирование: Учеб. для вузов. - М.: МГТУ им. Баумана, 2001.

27. Могилев А.В., Пак Н.И., Хеннер Е.К. Информатика. -М.: Академия, 2001.
28. Кальтин Н.Б. Самоучитель. Программирование в Turbo Pascal 7.0 и Delphi. 2-изд. СПб.:БХВ-Петербург, 2001.-416с.
29. А.А.Дарханов “МАГИСТРЛАРДЫҢ ИЛИМИЙ МИЙНЕТЛЕРИ ТОПЛАМЫ” Бердақ атындағы Қарақалпақ Мамлекетлик Университети, “О ЧИСЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ” Нөкіс қаласы, 2014 ж.
30. А.Дарханов, М.Нодирбеков “2014-жыл-Саламат бала жылына бағышланған ЖАС ИЛИМПАЗЛАРДЫҢ ИЛИМИЙ МАҚАЛАЛАРЫ ТОПЛАМЫ” “ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ” НМПИ, 2014-ж.
31. А.Дарханов, Ш.Бурханов “НАУКА И СОВРЕМЕННОСТЬ – 2013 СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ, XXV Международной научно-практической конференции, “О теореме оптимальности для многокритериальной задачи линейного программирования” Новосибирск, 2013 г. часть 2, Новосибирск, 2013 г.
32. <http://www.searchengines.ru/>
33. <http://www.tuit.uz/>
34. WWW.bdn_borland.com
35. <http://microsoft.com>

И Л О В А

Олинган натижалар:

```
-----
x[1]= 1.6E+0001 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 0.0E+0000
x[5]= 0.0E+0000 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.8E+0001 f2= 3.2E+0001 f3= 1.6E+0001
-----
ustupka f1= 0.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.5E+0001
x[5]= 2.5E-0001 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.7E+0001 f2= 3.2E+0001 f3=-1.5E+0001
-----
ustupka f1= 1.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.5E+0001
x[5]= 5.0E-0001 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.6E+0001 f2= 3.1E+0001 f3=-1.5E+0001
-----
ustupka f1= 2.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.4E+0001
x[5]= 7.5E-0001 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.5E+0001 f2= 3.1E+0001 f3=-1.4E+0001
-----
ustupka f1= 3.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.4E+0001
x[5]= 1.0E+0000 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.4E+0001 f2= 3.1E+0001 f3=-1.4E+0001
-----
ustupka f1= 4.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.3E+0001
x[5]= 1.3E+0000 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.3E+0001 f2= 3.1E+0001 f3=-1.3E+0001
-----
ustupka f1= 5.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.3E+0001
x[5]= 1.5E+0000 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.2E+0001 f2= 3.0E+0001 f3=-1.3E+0001
-----
ustupka f1= 6.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.2E+0001
x[5]= 2.0E+0000 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.0E+0001 f2= 3.0E+0001 f3=-1.2E+0001
-----
ustupka f1= 8.0E+0000 ustupka f2= 0.0E+0000 ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000 x[2]= 0.0E+0000 x[3]= 0.0E+0000 x[4]= 1.1E+0001
x[5]= 2.5E+0000 x[6]= 0.0E+0000 x[7]= 0.0E+0000
-----
```

```

f1= 3.8E+0001  f2= 2.9E+0001  f3=-1.1E+0001
-----
ustupka f1= 1.0E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 1.0E+0001
x[5]= 3.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 3.6E+0001  f2= 2.9E+0001  f3=-1.0E+0001
-----
ustupka f1= 1.2E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 9.0E+0000
x[5]= 3.5E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 3.4E+0001  f2= 2.8E+0001  f3=-9.0E+0000
-----
ustupka f1= 1.4E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 8.0E+0000
x[5]= 4.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 3.2E+0001  f2= 2.8E+0001  f3=-8.0E+0000
-----
ustupka f1= 1.6E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 7.0E+0000
x[5]= 4.5E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 3.0E+0001  f2= 2.7E+0001  f3=-7.0E+0000
-----
ustupka f1= 1.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 6.0E+0000
x[5]= 5.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 2.8E+0001  f2= 2.7E+0001  f3=-6.0E+0000
-----
ustupka f1= 2.0E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 5.0E+0000
x[5]= 5.5E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 2.6E+0001  f2= 2.6E+0001  f3=-5.0E+0000
-----
ustupka f1= 2.2E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 4.0E+0000
x[5]= 6.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 2.4E+0001  f2= 2.6E+0001  f3=-4.0E+0000
-----
ustupka f1= 2.4E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 3.0E+0000
x[5]= 6.5E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 2.2E+0001  f2= 2.5E+0001  f3=-3.0E+0000
-----
ustupka f1= 2.6E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 2.0E+0000
x[5]= 7.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000

```

```

-----
f1= 2.0E+0001  f2= 2.5E+0001  f3=-2.0E+0000
-----
ustupka f1= 2.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 1.0E+0000
x[5]= 7.5E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 1.8E+0001  f2= 2.4E+0001  f3=-1.0E+0000
-----
ustupka f1= 3.0E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 0.0E+0000  x[4]= 0.0E+0000
x[5]= 8.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 1.6E+0001  f2= 2.4E+0001  f3= 0.0E+0000
-----
ustupka f1= 3.2E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 8.5E+0000  x[4]= 7.5E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 1.4E+0001  f2= 2.3E+0001  f3= 1.0E+0000
-----
ustupka f1= 3.4E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 9.0E+0000  x[4]= 7.0E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 1.2E+0001  f2= 2.3E+0001  f3= 2.0E+0000
-----
ustupka f1= 3.6E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 9.5E+0000  x[4]= 6.5E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 1.0E+0001  f2= 2.2E+0001  f3= 3.0E+0000
-----
ustupka f1= 3.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.0E+0001  x[4]= 6.0E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 8.0E+0000  f2= 2.2E+0001  f3= 4.0E+0000
-----
ustupka f1= 4.0E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.0E+0001  x[4]= 5.5E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 0.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 6.0E+0000  f2= 2.1E+0001  f3= 5.0E+0000
-----
ustupka f1= 4.2E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.0E+0001  x[4]= 4.9E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 3.1E+0001  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 4.0E+0000  f2= 2.1E+0001  f3= 5.5E+0000
-----
ustupka f1= 4.4E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.0E+0001  x[4]= 4.3E+0000

```

```

x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 7.7E-0001  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1= 2.0E+0000  f2= 2.0E+0001  f3= 5.8E+0000
-----
ustupka f1= 4.6E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.1E+0001  x[4]= 3.7E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 1.2E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-1.3E-0007  f2= 2.0E+0001  f3= 6.2E+0000
-----
ustupka f1= 4.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.1E+0001  x[4]= 3.1E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 1.7E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-2.0E+0000  f2= 1.9E+0001  f3= 6.5E+0000
-----
ustupka f1= 5.0E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.1E+0001  x[4]= 2.5E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 2.2E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-4.0E+0000  f2= 1.8E+0001  f3= 6.8E+0000
-----
ustupka f1= 5.2E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.1E+0001  x[4]= 1.8E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 2.6E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-6.0E+0000  f2= 1.8E+0001  f3= 7.1E+0000
-----
ustupka f1= 5.4E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.1E+0001  x[4]= 1.2E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 3.1E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-8.0E+0000  f2= 1.7E+0001  f3= 7.4E+0000
-----
ustupka f1= 5.6E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.1E+0001  x[4]= 6.2E-0001
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 3.5E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-1.0E+0001  f2= 1.7E+0001  f3= 7.7E+0000
-----
ustupka f1= 5.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.2E+0001  x[4]= 3.0E-0008
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 4.0E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-1.2E+0001  f2= 1.6E+0001  f3= 8.0E+0000
-----
ustupka f1= 6.0E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.2E+0001  x[4]=-2.5E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 5.8E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-2.0E+0001  f2= 1.3E+0001  f3= 9.2E+0000
-----
ustupka f1= 6.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----

```

```

-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.3E+0001  x[4]=-5.5E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 8.2E+0000  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-3.0E+0001  f2= 1.0E+0001  f3= 1.0E+0001
-----
ustupka f1= 7.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.4E+0001  x[4]=-8.6E+0000
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 1.0E+0001  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-4.0E+0001  f2= 7.4E+0000  f3= 1.2E+0001
-----
ustupka f1= 8.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.4E+0001  x[4]=-1.1E+0001
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 1.2E+0001  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-5.0E+0001  f2= 4.3E+0000  f3= 1.3E+0001
-----
ustupka f1= 9.8E+0001  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.5E+0001  x[4]=-1.2E+0001
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 1.3E+0001  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-5.2E+0001  f2= 3.7E+0000  f3= 1.4E+0001
-----
ustupka f1= 1.0E+0002  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.5E+0001  x[4]=-1.5E+0001
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 1.5E+0001  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-6.2E+0001  f2= 6.2E-0001  f3= 1.5E+0001
-----
ustupka f1= 1.1E+0002  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----
x[1]= 0.0E+0000  x[2]= 0.0E+0000  x[3]= 1.6E+0001  x[4]=-1.9E+0001
x[5]= 0.0E+0000  x[6]= 1.9E+0001  x[7]= 0.0E+0000
-----
f1=-7.2E+0001  f2=-2.7E+0000  f3= 1.6E+0001
-----
ustupka f1= 1.2E+0002  ustupka f2= 0.0E+0000  ustupka f3= 0.0E+0000
-----

```