

004  
К 21

ПРАСК-2

КАМИЛОВ М.М.,  
БАБОМУРАДОВ О.Ж.,  
ҲАМРОЕВ А.Ш.

**ҚИСМИЙ ПРЕЦЕДЕНТЛИК  
АЛГОРИТМЛАРИГА  
АСОСЛАНГАН  
МАЪЛУМОТЛАРНИ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛ  
ТАҲЛИЛЛАШ  
ТИЗИМЛАРИ**

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ  
РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ

МУҲАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

**КАМИЛОВ М.М.,  
БАБОМУРАДОВ О.Ж., ҲАМРОЕВ А.Ш.**

**ҚИСМИЙ ПРЕЦЕДЕНТЛИК  
АЛГОРИТМЛАРИГА АСОСЛАНГАН  
МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ  
ТАҲЛИЛЛАШ ТИЗИМЛАРИ**

(Монография)

ТОШКЕНТ – 2020

УЎК: 519.216

КБК: 73

К-73

Камилов М.М., Бабомурадов О.Ж., Ҳамроев А.Ш. Қисмий прецедентлик алгоритмларига асосланган маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш тизимлари. Монография. – Т.: «Aloqachi», 2020, 200 б.

ISBN 978-9943-6395-2-2

Монографияда маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш масалалари ва уларни ечишда қисмий прецедентлик алгоритмларидан фойдаланиш ҳамда қарорлар қабул қилишга қўмаклашувчи модулларда норавшан тўпламли ёндашув ҳақида баён этилган. Предмет соҳа объектлари белгилари қийматларининг турли типли белгилар фазоси орқали фойдаланиши, уларни қийматларнинг турли элементар мантикий классификаторларни шакллантириш келтирилган. Қисмий прецедентликка асосланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари параметрларининг мақбул қийматларини аниқлашда анъанавий ҳамда эволюцион усуллардан фойдаланилган. Сушт тузилмалли маълумотларни интеллектуал таҳлиллашда норавшан тўпламлар назарияси ёндашувли тамойиллари ҳамда норавшан тўпламли белгиларга мувофиқ ҳолда тегишлилик функциялари қуриш услубияти ёритилган. Норавшан билимлар базаси ва норавшан ҳулосалаш тизимларига маълумотлар келтирилган. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларга асосланган таниб олувчи дастурий мажмуа – ПРАСК-2 архитектураси, функционал модуллари ҳамда модел ва амалий ечишдаги тажрибавий тадқиқотлар батафсил баён этилган.

Мазкур монография сунъий интеллект, тимсолларни аниқлаш, маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш назариясини ҳамда таниб олиш тизимлари воситасида турли амалий масалаларни ечишни ўрганишни хоҳловчи талабалар, магистрантлар, ўқитувчи ва илмий ходимларга мўлжалланган.

УЎК: 519.216

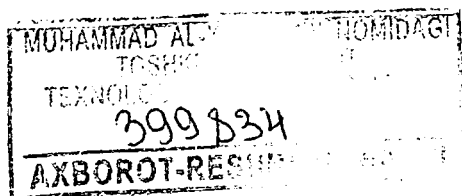
КБК: 73

#### Тақризчилар:

Н.О. Рахимов – ТАТУ ДИ факультети, тизимли ва амалий дастурлаш кафедраси мудири, т.ф.д.;

А.Р. Ахатов – ЎзР ХТВ Халқ таълими соҳасида АКТни ривожлантириш маркази бўлим бошлиғи, т.ф.д.

ISBN 978-9943-6395-2-2



© «Aloqachi» нашриёти, 2020

## ШАРТЛИ БЕЛГИЛАНИШЛАР

АТ - ахборот технологиялари  
НТН – норавшан тўпламлар назарияси  
МИТ – маълумотларни интеллектуал ташлиллаш  
ТА – тимсолларни аниқлаш  
БҲА – баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари  
ПРАСК – дастурий таниб олувчи мажмуа  
ГА – генетик алгоритм  
БТ – бош тўплам  
ЎТ – ўқув танланма  
ЭЖ – эталон жадвал  
НТ – назорат танланма  
ЯФ – яқинлик функцияси  
ТФ – тегишлилик функцияси  
ПС – предмет соҳа  
БО – билим олувчи  
ЭМК – элементар мантиқий классификатор  
СТТ - сунъий тафаккур тизимлари  
СИ - сунъий интеллект  
ИТ - интеллектуал тизимлар  
БАТ - билимларга асосланган тизимлар  
ЭТ - эксперт тизимлар  
ҚҚҚ - қарорларни қабул қилиш  
ҚҚҚШ - қарор қабул қилиш шарти  
ҚҚҚКТ - қарор қабул қилишга кўмаклашувчи тизим  
МҲ - муаммоли ҳолат

## КИРИШ

Турли реал соҳа объектлари (жараёнлари, ходисалари, ҳолатлари ва ш.к.) тўғрисидаги ахборотларнинг кун сайин ортиб бориши улардаги мавҳумлик, ошкормаслик, тўлиқмаслик, норавшанлик каби ҳолатларнинг мавжудлиги маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш (МИТ) масалаларини самарали ечимларини олишга бўлган талабни ошириб бормоқда. МИТ усуллари ёрдамида маълумотларга дастлабки ишлов бериш ҳамда улардаги яширин қонуниятларни аниқлаш каби масалалар ҳал этилади.

Ҳозирги кунда МИТ масалаларини ечишга мўлжалланган кўплаб усул ва алгоритмлар ишлаб чиқилган бўлсада, улар инсоний ақл-идрок ифодасини қисман ёрита олиши мумкин ҳолос. Шунинг учун ҳам инсоннинг ички ҳис-туйғуларига таянган ҳолда таҳлил қилишга асосланган тизимларни ишлаб чиқиш ҳамда уларни такомиллаштириб бориш долзарблигини йўқотгани йўқ. Компьютер технологияларининг ривожланиши ва унда яратилаётдан дастурий воситалар инсоннинг турли фаолиятини енгиллаштириш, ақлий ишларини мукаммал, тезкор бажарилишини таъминлашга олиб келмоқда.

Реал соҳа масаласини ечишда мавжуд усул ва алгоритмларнинг нуқсонларини замонавий усулларнинг самарали имкониятларидан умумий ҳолда фойдаланиш орқали камайтириб бориш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бунинг учун МИТ масалаларини ҳал этишда тимсолларни аниқлаш, норавшан мантиқ, нейрон тўрлар каби “табиий” ёндашувли “юмшоқ” ҳисоблаш ва бошқа йўналишлар усуллари умумлаштириш, бирини бошқасининг имконияти билан бойитиш ёндошувлари таклиф этилади.

Инсон фаолиятининг турли соҳаларида объектлар, жараёнлар ва ходисалар ҳақидаги ахборотлар ҳажмининг кескин ортиб боргани сайин, уларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. Интеллектуал тизимларда тимсолларни аниқлаш ҳамда норавшан тўпламлар назарияси асосида ишлаб чиқиляётган усул ва алгоритмлардан технологик қурилмаларда кенг фойдаланиш бошлаб юборилган. Шу жиҳатдан, жаҳоннинг етакчи ҳорижий давлатларида, жумладан АҚШ, Япония, Германия, Буюк Британия,

Россия, Озарбайжон ҳамда Ўзбекистонда норавшан тўпламлар назариясини амалиётга тадбиқ этилиши борасида олиб борилаётган ишлар муҳим аҳамият касб этмоқда.

Амалиётда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш, тимсолларни аниқлаш каби инсон ақл-идрокига таянадиган йўналишларда норавшан тўпламлар устида ишлайдиган «табiiй» ёндашувли замонавий усулларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга йўналтирилган илмiiй тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан тимсолларни аниқлашнинг қисмiiй прецедентлик тамойилига асосланган эвристик алгоритмлари ҳамда норавшан тўпламлар назарияси элементлари қўлланиладиган таниб олиш усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Ҳозирги кунда республикамизда ахборот-коммуникация технология-ларини ривожлантириш мақсадида дастурий маҳсулотларни ишлаб чиқиш, уларнинг хавфсизлигини таъминлаш, маълумотларга ишлов бериш ва сақлаш учун маълумотлар марказини (Data Centre) яратиш ҳамда уларни амалиётга тадбиқ этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Ушбу йўналишда, жумладан катта ҳажмли ахборотлар (тасвирлар, сигналлар, овозлар ва видео) кўриниши-даги маълумотларни сақлаш, рақамли ишлов бериш ҳамда интеллектуал таҳлил қилишга мўлжалланган дастурий маҳсулотлар ишлаб чиқилмоқда. Шу билан бир қаторда, маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш соҳасида ишлаб чиқилаётган дастурий маҳсулотлар самарадорлигини ошириш мақсадида турли типли белгилар, жумладан норавшан тўпламлар орқали тавсифланадиган объектларни қиёслаш модулларини такомиллаштириш ва тимсолларни аниқлашнинг модификацияланган алгоритмларини ишлаб чиқиш талаб этилмоқда.

2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «Ахборот-коммуникация технологияларини янада ривожлантириш, дастурий маҳсулот ишлаб чиқарувчиларга янада қулай ташкилий, технологик ва иқтисодiiй шароитлар яратиш, ... иқтисодиёт, ижтимоiiй соҳа ва бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур

---

<sup>1</sup> <http://strategy.regulation.gov.uz/ru/document/2>

вазифаларни амалга ошириш, жумладан маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимлари учун норавшан тўпламлар назариясидан фойдаланиб таниб олиш масалаларини ечишга мўлжалланган алгоритмларни ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Сўнгги йилларда тимсолларни аниқлаш йўналишида ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларни МИТ масалаларини ҳал этишда қўлланила бошланди. Бу эса ўз навбатида МИТ ҳамда тимсолларни аниқлашнинг усул ва алгоритмларининг уйғунлашган ёндашувларини ишлаб чиқишга интеллектуал тизимларни ривожлантиришга ҳисса қўшади.

Мазкур монография айнан тимсолларни аниқлашнинг қисмий прецедентлик тамойилига асосланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларига норавшан тўпламлар назарияси элементларини қўллаш асосида маълумотларни интеллектуал таҳлил қилувчи умумлашган алгоритмларни ишлаб чиқишга бағишланади.

Монография доирасидаги тадқиқотларни олиб бориш жараёнида тимсолларни аниқлаш назарияси ва амалиёти, шу жумладан юқорида баён этилган масалаларни ҳал этиш ёндашувлари ҳамда келтирилган усул ва алгоритмлар таҳлилига асосланиб, мантиқий-эвристик алгоритмлар тузилмаларидан келиб чиққан ҳолда уларни “табиий” хусусиятли норавшан ёндашувлар асосида такомиллаштириш орқали самарали натижаларга эришиш мумкинлигини кўрсатиш талаб этилади.

Мазкур монография республика фан ва технологиялар ривожланишининг қуйидаги устувор йўналишларига мос равишда бажарилган: ИТД-17. «Ахборот ва телекоммуникация технологияларини кенг ривожлантириш ва жорий этишни таъминлайдиган замонавий ахборот тизимлари, бошқариш ва ўқитишнинг интеллектуал воситалари, илмий-техникавий маълумотлар базаси ва дастурий маҳсулотларини ишлаб чиқиш»; ИТД-5. «Жамиятни ахборотлаштириш даражасини оширишга йўналтирилган илмий ҳажмдор ахборот технологияларни, телекоммуникацион тармоқларни, аппарат-дастурий воситаларни интеллектуал бошқариш, ўқитиш усулларини ва тизимларини ишлаб чиқиш».

Сўнгги йилларда сунъий интеллект ривожига ҳисса қўшиб келаётган кўплаб соҳаларни ўз ичига қамраб олган – маълумотларнинг интеллектуал таҳлили (МИТ) назариясини

ривожлантириш устида кенг илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу соҳа масалаларини ҳал этишда катта масъулият тимсолларни аниқлаш йўналиши усул ва алгоритмлари зиммасига юкланади. Бу борада маълумотларни интеллектуал таҳлили ҳамда тимсолларни аниқлаш соҳалари усул ва алгоритмларида норавшан тўпламлар элементларидан фойдаланиб “юмшоқ” ҳисоблашларни амалга ошириш борасидаги тадқиқотлар кенг олиб борилмоқда. Албатта, ҳар бир ишнинг ижобий ва сабий оқибатлари реал масалаларни ҳал этиш жараёнида аниқланади.

Ўтган асрнинг 60-йиллари бошларида БҲАни ривожлантиришда Ю.И.Журавлевнинг дастлабки иши қисмий прецедентлик ғояларига таянган тест алгоритмини тақдим этиши бўлди. Бу алгоритм ўқув прецедентлар сони кам бўлган ҳолатда таниб олиш масалаларини самарали еча оладиган мантиқий усул ҳисобланар эди. Кейинчалик шу алгоритм асосида Журавлев баҳоларни ҳисоблашга асосланган янги алгоритмлар синфини ишлаб чиқди. Сўнг бу синф алгоритмларига таниб олишнинг алгебраик назариясини киритди ва тадқиқ этди. Бугунги кунда Журавлев ва унинг мактаби олимлари томонидан БҲА ва унинг негизида ривожлантирилган алгебраик ёндашув назарияси устида кўплаб илмий изланишлар олиб борилди. БҲА тимсолларни аниқлашнинг мантиқий ёндашувларига асосланган мавжуд барча моделлари ғоялари умумлаштирилган ҳолатида назарияси вужудга келган.

Сўнгги йилларда ахборотларга ишлов беришда қуйидаги усул ва ёндашувлардан фойдаланишга бўлган талаб ортиб бормоқда. Уларга мисол сифатида норавшан тўпламли ёндашув моделлари, нейрон тўрлар, гибрид нейрон тўрлари ва бошқа “табiiй” ёндашувли, комбинацияланган моделлари каби бир қатор “юмшоқ” ҳисоблаш усул ва алгоритмларини келтириш мумкин. Норавшан тўпламлар назарияси (fuzzy sets theory) - ўтган асрнинг 60-йилларида норавшан мантиқ масалаларини моделлаштириш асосида Л. Заде томонидан асос солинди. “fuzzy” сўзи – “ноқатъий”, “норавшан”, “аниқ эмас”, “мужмал”, “юмшоқ”, “майин”, “сингиб кетадиган”, “ёйилиб кетадиган” деган маъноларни англатади. Бу йўналиш инсон фикрлашига яқин моделлаштириш, таснифлаш ва маълумотлар таҳлили каби масалаларни ҳал этишни талаб этади. Норавшан моделлар реал ҳаётдаги жараён ва ҳодисаларини лингвистик термлар орқали



табиий тилда баён этади. Ушбу устунликлар илм, техника ва иқтисодиётнинг турли амалий соҳаларини автоматик бошқариш, таснифлаш, башоратлаш ва қарор қабул қилиш каби бир қатор масалаларини ечишда қўллаш имкониятларини яратди.

Тимсолларнинг аниқлашнинг баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари ғоясини Журавлев Ю.И. яратган илмий мактаб томонидан ҳозирги кунга қадар илмий қарашларни янгилаб, ривожлантириб келинмоқда. Турли масалаларни ушбу йўналиш бўйича ҳал қилиш кўпгина давлатларда кенг тарқалган ва уларда фаолият олиб бораётган илмий мактаблар олимлари йўналиш ривожини учун ҳамкорликда илмий тадқиқотлар олиб бормоқдалар (масалан, БХАни параметрлаштириш, тимсолларни аниқлашнинг алгебраик назарияси, белгиларнинг муҳимлигини аниқлаш ва ш.к.). Бу фаолият кўплаб илмий нашрларда, жумладан, кўп сонли журнал мақолаларида, илмий анжуманлардаги маърузалари ва материалларида, диссертациялар ва монографияларда ўз аксини топади.

Шуни алоҳида таъкидлаб ўтиш жоизки, ҳозирги вақтгача қисмий прецедентликка асосланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг турли модификациялари ишлаб чиқилган ва нашр қилинган, аммо  $\Gamma_u(S_j)$  - баҳоларини ҳисоблаш функциясининг қийматларини топишда норавшан тўпламлар назарияси қўлланилмаган.

Монография Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази “Тимсолларни аниқлаш” лабораториясида амалга оширилган ФА-А17-Ф006 “Объект ҳақидаги ахборотни ноаниқ шароитда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш учун мослашувчан тимсолларни таниб олиш тизими алгоритмик таъминоти” ва А-5-004 “Ўсимликларни идентификациялаш ахборот-таниб олувчи тизимининг дастурий-алгоритмик таъминотини ишлаб чиқиш” амалий лойиҳалари, Ф4-ФА-Ф004 “Қисмий прецедентликка асосланган информацион-таниб олиш тизимларининг назарияси ва уларни маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш учун тадбиқ этиш усуллари” ҳамда Ахборот технологияларининг дастурий таъминоти кафедрасида бажарилаётган БВ-М-Ф4-09 “Норавшан муҳитда мураккаб тузилмали ахборотларга ишлов бериш, таниб олиш ва башоратлашнинг баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари мантикий-

эвристик синфига асосланган интеллектуал тизимлари” фундаментал лойиҳалари билан боғлиқ.

Мазкур монографияда бошқарувга йўналтирилган тизимларда суи тузилмали маълумотларни таҳлиллаш, таснифлаш ҳамда башоратлаш орқали қарор қабул қилишга кўмаклашувчи бошқарув қарор муқобилларини шакллантириш усул, модел ва алгоритмлари келтирилган бўлиб, тест ва амалий масалалардаги тадбиғи қараб ўтилган.

# **I БОБ. МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТАҲЛИЛЛАШДА ОБЪЕКТЛАР ҲАҚИДАГИ АХБОРОТЛАРГА ИШЛОВ БЕРИШ ЁНДАШУВЛАРИ**

## **1.1. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш тизимларини қуришнинг назарий асослари**

Сунъий тафаккур тизимлари ахборот технологияларида мутахассис бўлмаган фойдаланувчига қийин шаклландуви, эвристик характерга эга масалаларни компьютер билан чекланган табиий тилда мулоқот орқали натижа олиш имконини яратади.

Сунъий тафаккур объектларини бирлаштирувчи тизимлар сунъий тафаккур тизимлари (СТТ) ёки интеллектуал тизимлар (ИТ) деб аталади. Кейинги атама сўнгги вақтларда кенг қўлланилиб келмоқда. “Сунъий тафаккур” атамасини америкалик олим Жон Мак-Карти 1956 йилда киритди. Йўналиш масалаларини қўйишда ва шакллантирилишида М.Минский, А.Ньюэлл, Ж.Слейгл, О.Рафаэл, Мак-Карти, А.Бобров, Р.Винер, П.Бенержи, Р.Робинсон, Б.Саймон, Т.Бодэн, Тьюринг, Ф.Розенблат, Мак-Калох, У.Питс, Э.Фейгенбаум, Р.Шенк, В.М.Глушков, Г.С.Поспелов, Д.А.Поспелов ва бошқа бир қатор олимларининг ҳиссаси катта [2].

Олинган масалалар синфига тегишлиларнинг асосий белгилари – уларнинг қийин шакллантирилишида. Бу ҳолатда детерминлашган алгоритм усуллари билан бир қаторда эвристик усуллар асосида ечим олиш учун қўлланилиши билан ажралиб туради. Шунинг учун бундай “одам-машина” тизимлари билимларга асосланган тизимлар (БАТ) деб юритилади. Бундай амалий “одам-машина” кўринишидаги кенг тарқалган сунъий тафаккур тизимлари вакили “эксперт тизимлари” ҳисобланади.

СТТ қўлланилишига қараб қуйидаги асосий турларга ажратилади:

- а) табиий тилда мулоқотга асосланган тизимлар;
- б) тилни қабул қилиш ва таниб олиш тизимлари;
- в) турли техник қурилмалардан объект ҳақидаги сигнал кўринишидаги маълумотларни қабул қилиш, таниб олиш ва қайта ишлаш тизимлари;
- г) муҳитнинг компьютерли моделлаштириш орқали ишловчи

интеллектуал тизимлари;

д)5-авлод ва ундан кейинги компьютерлар интеллектуал тизимлари;

е)нейрон компьютер тизимлари;

ж)интеллектуал робототехник тизимлар (интеграл роботлар);

з)визуал тасвирларни ва физик ҳисларни қабул қилувчи тизим;

и)адаптив ўқитиш тизимлари;

к)билимларни тўплаш ва қайта ишлаш тизимлари;

л)тизимлаштирилмаган кўринишдаги қарорларни қабул қилишга кўмаклашувчи тизимлар;

м) эксперт тизимлар;

н)норавшан тизимлар (норавшан ахборотларни норавшан мантиқ ва норавшан тўплам усуллари асосида қайта ишлаш тизимлари).

Санаб ўтилган СТТни тўрт гуруҳга бирлаштириш мумкин:

1)табiiй-физик интеллектуал интерфейслар тизими (а, б, в, г типларини);

2)компьютер интеллектуал тизимлари (д, е типлари);

3)интеграл робот тизимлари (ж, з типлари);

4)когнитив тизимлар (муҳандислик билимларига асосланган тизимлар (и,к,л,м,н типлари)) – Cognitive Science Systems.

Ахборот технологиялари (АТ) ривожланишининг асосий омилларидан уларнинг интеллектуаллаштириши ҳисобланади. Интеллектуал АТ янги ва юқори АТнинг замонавий синфларини ифодалайди.

АТни интеллектуаллаштиришнинг мақсади уларнинг хусусиятларини компьютерда ифодалаш ва формал бўлмаган билимларни қайта ишлашдан иборат. “Формал бўлмаган” ибораси қатъий математик воситалар билан ифодалана олмайдиган билимларга қўлланилади.

Эволюцион моделлаштириш ва дастурлаш (Evolution Modelling and Programming), нейрон тўрли моделлаштириш ва ҳисоблаш (Neural Network Modelling and Computing), генетик алгоритмлар (Genetic algorithms), шу билан бирга ДНК–ҳисоблаш (DNA Computing), хужайра автоматлари (Cellular Automata) ва чумоли алгоритмлари (Ant Colony Algorithms) табиий ҳисоблаш (Natural Computing) номини олган синфни ҳосил қилишади [2, 78].

**Интеллектуал АТнинг характеристикаси.** Интеллектуал АТ анъанавий ва замонавийларга бўлинади.

Ахборотни қайта ишлашнинг белгиларга ҳамда биринчи даражали мантиққа асосланган анъанавий СТТ тимсолларни аниқлаш, эксперт тизимлари, табиий тилни тушунувчи тизимлар, теоремаларни автоматик исботлаш тизимлари кўринишидаги тизимларни яратиш имконини берди [49]. Бундай тизимлар *Hard Computing* – Қаттиқ ҳисоблаш технологиясига асосланган ҳолда амалга оширилган. Бу каби тизимларда мақсадга йўналтирилган сунъий интеллект (СИ) процедуралари таъсирида модификацияланмайдиган бошланғич маълумот ва ҳолатларда ноаниқлик ҳамда норавшанлик мавжудлиги ҳисобга олинмайди. Бундан ташқари классик сунъий интеллект ноаниқлик ва норавшанликни ҳисобга олувчи сонли усуллардан фойдаланмаган, шунинг учун юқоридаги чекланишлардан келиб чиққан ҳолда анъанавий интеллектуал тизимлар юқори даражадаги машина интеллектига (*Machine Intelligence Quotient – MIQ*) эга бўла олмаганлар.

Бу муаммони ечиш устидаги изланишлар объект ҳақидаги бошланғич маълумотлар ва ҳолатларда қатнашадиган ноаниқлик ва норавшанликни ҳисобга олувчи ҳисоблашнинг янги назарияси ва усуллари яратишга олиб келди. Бу ёндашувнинг ўзига хос жиҳати жорий ҳолатга мос қийматлар асосида модификацияланувчи ва фаоллашувчи қайишқоқ процедуралар (алгоритмлар) кетма-кетлигини юзага келтирди.

Ушбу технологиянинг яратувчиси 1965 йилда норавшан тўпламлар назарияси (НТН) бўйича амалга оширган наشري (*Fuzzy Sets*) ва ушбу технология процедураларини юмшоқ ҳисоблаш (*Soft Computing*) деб аташни таклиф этган профессор Л.Заде (Беркли университети, АҚШ) ҳисобланади [9,39]. У ўзида норавшан мантиқ, сунъий нейрон тўрлар, эволюцион (генетик алгоритмларни ҳам мужассамлаштирувчи) дастурлаш, хаос назарияси ва ўқитиш назариялари комбинацияларини мужассамлаштиради. Бунинг натижасида кўпгина анъанавий сунъий интеллект (*Hard Computing* технологияси) воситалари ёрдамида реал оламнинг ечиш қийин бўлган масалаларини ечиш имконияти туғилди.

Ушбу технологиянинг асосий тамойили қисман ноаниқлик, норавшанлик ҳамда ҳаққонийликнинг камроқ миқдорида маълум чегарадаги ҳаққонийлик, ифодаланишга (маълум белгили ва

лингвистик кўринишда), ишчанлик қобилияти (қатъийлик, таъсирларга турғунлиги) ҳамда ечимнинг паст баҳолилиги (ҳаражатнинг камлиги) кабилар ҳисобланади. Шунинг учун юмшоқ ҳисоблашлар ечим қидиришнинг аналитик ҳамда аниқ усул ва моделларига қарама-қарши бўлган хусусиятларга эга.

“Юмшоқ ҳисоблашлар” технологияси Computational Intelligence тушунчаларини бирлаштирган “Интеллектуал ҳисоблаш технологиялари” соҳасининг назарий асоси бўлиб хизмат қилди [62]. Бу ҳолатда интеллектуаллик тушунчаси асосида хулосалаш қоидасини генерациялаш ва ахборотни умумлаштириш имконини берадиган ўқитиш жараёнида ҳосил қилинган билимларни келтириш мумкин.

**Интеллектуал АТни қўлланиш соҳалари.** Интеллектуал ҳисоблаш технологияларининг амалий қўлланиши истиқболларига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- Юмшоқ ҳисоблаш технологияларига асосланган билимлар базалари, интеллектуал ва эксперт тизимлари [2,51].
- Суст шакллантирилган қарорларни қабул қилиш тизимига эга ахборот-таҳлилий тизимлар.
- Ноаниқлик шароитида мониторинг, диагностика, ўқитиш ва бошқариш тизимлари [2, 62].
- Маълумотларнинг интеллектуал таҳлили (МИТ) – маълумотлар омборида билимларни қидириш ва ҳосил қилиш. МИТ маълумотларнинг тезкор таҳлили (OLAP) ва интеллектуал маълумотлар базасини бошқариш АТ (Business Intelligence) асосини ташкил этади [58].
- Интеллектуал объект ва синфлар мажмуаси сифатида келадиган ахборот жараёнлари ва тизимларини ифодалаш ва фаоллаштиришга асосланган моделлаштиришнинг, таҳлилнинг, лойиҳалашнинг ва дастурлашнинг объектга йўналтирилган технологиялари [21].
- Ҳосил бўлаётган таҳдид тип ва кўринишлари характеристикасидаги ноаниқликлар шароитида ахборотни ҳимоялаш тизимлари [50,51].

Бундай тизимлардан криптография масалаларини ечишнинг истиқболли йўналиши квант алгоритмлари ҳисобланади.

**Интеллектуал АТни ривожлантиришнинг асосий муаммолари ва йўналишлари.**

1. СИнинг асосий муаммовий йўналиши ҳисобланган ИТларда формаллашган билимларни ифодалаш усулларини такомиллаштириш ва назарияни ривожлантириш.

2. Замонавий технологиялар (объектга йўналтирилган, интеллектуал агент, эволюцион дастурлаш ва бошқалар) асосида дастурлаш тилларини ривожлантириш.

3. Юмшоқ ҳисоблаш интеллектуал технологияларини ривожлантириш ва компоненталарини ўзаро ҳамда анъанавий дастурлашнинг замонавий технологияларини бирлаштирган ҳолда такомиллаштириш.

4. Предмет ва функционал йўналтирилган амалий пакетларни интеллектуал АТ пакетлари билан интеграция қилиш назарияси ва усуллари ривожлантириш.

5. Турли ҳатти-харакатларнинг координациясида асосий оғирлик юклама инсонга тушувчи масалаларни ечишда иш самарадорлигини ошириш имконини берувчи интеллектуал мустақил агентлар технологиясини ривожлантириш.

6. СИ воситаларининг бошқа АТ (CASE, CALS, МББТ, маълумотлар контроллерлари, концентраторлари ва бошқалар) интеграцияси усуллари такомиллаштириш.

7. Реал вақт ўлчамида мониторинг, диагностика, лойиҳалаш ва бошқариш масалаларини самарали ечишни таъминловчи реал вақт эксперт тизимлари технологияларини ривожлантириш.

8. ИТ билан жонли тилда мулоқотни таъминлаш муаммосини ечишга қаратилган сўз ва сўзлашув мазмунини тушуниш назарияси ва усуллари ривожлантириш.

9. ИТларнинг “сезгиларини уйғотиш” усуллари ва тизим воситаларини такомиллаштириш.

10. Янада кучлироқ кўп функционал роботларни, интеллектуал ахборот-таҳлилий марказлар ҳамда реал вақт қарорларни қабул қилишга кўмаклашувчи тизимларни яратишда “Сунъий ҳаёт” (artificial life), виртуал рўёлик кабиларни моделлаштириш воситалари ва усуллари ривожлантириш.

11. Интеллектуал АТ компоненталарини таҳлил ва синтез қилишни формаллаштириш ва автоматлаштириш учун метатизим – алгоритмик тизимларни қуриш масалаларини назарий-услубий тадқиқ қилиш [51, 62].

Юқорида санаб ўтилган асосий муаммо ва йўналишлар бугунги кунда турлича ёндашувли усул ва воситалардан

фойдаланишни талаб этмоқда. Бунга сабаб интеллектуал тизимлар аниқ кутилмали масалалар билан бир қаторда инсон ҳатти-харакатидаги ноаниқликлар, норавшанликлар ва баъзи ҳолатларда физик қонуниятлардан ташқарига чиқувчи масалаларни ечишига тўғри келади. Шу туфайли интеллектуал тизимларни ташкил этишда ноаниқликка, норавшанликка асосланган ёндашувлар кенг кўламда қўлланилмоқда.

Инсон норавшан ва мужмал ҳолатларда фикрлаш, ўқиш ва қарор қабул қилиш имкониятига эга. Бундай масалаларни ҳал этишда замонавий компьютерлар ожиз, бироқ НТНнинг ривожлантирилиши ва қўлланилиши – ушбу воситани ривожлантириш учун қўйилган қадам ҳисобланади.

НТН фикрларнинг ҳаққонийлигининг ихтиёрий тўпламга ўтишни таъминловчи кўпқийматли мантиқ (Лукасевичнинг уч қийматли мантиғи, Постнинг  $k$ -қийматли мантиғи, чексиз мантиқ); тажрибавий маълумотларни таҳлил қилиш ва ноаниқликларни формаллаштириш йўллари кўрсатувчи усулларни мужассамлаштирувчи эҳтимоллик назарияси ва математик статистика (гистограмма ва ажратиш функциялари); амалий масалаларни ечиш учун адекват моделларни шакллантириш воситасини таклиф қилган дискрет математика (матрица назарияси, автомат назарияси, графлар назарияси, грамматика назарияси кабилар) усуллари бирлаштирилишидан ва эришилган натижаларининг қўлланилишидан вужудга келди.

Л.Заде [9] ишларида асослаб берилган норавшан тўплам назарияси классик тўпламлар назариясидаги бирор элемент муайян тўпламга бир қийматли тегишли бўлади ёки тегишли бўлмайди деган ғоядан воз кечилишига олиб келди. Шу қаторда функция тўпламига махсус  $[0,1]$  ораликда қиймат қабул қилувчи тегишлилик функциясининг киритилишига олиб келди. Бу усул концептуал мантиққа олиб келади.

## **1.2. Қарор қабул қилишга кўмаклашишда норавшан тўпламли ёндашув**

Қарор қабул қилиш (ҚҚҚ) жараёни кўп параметрларни ҳисобга олган ҳолда амалга ошириладиган жараён ҳисобланади. Бир нечта муқобиллардан биттасини танлаш ҳисобланган қарор



қабул қилиш жараёни бутун инсония фаолияти асосини ташкил этади. Кўпгина қарорлар ўйлаб ўтирмасдан қабул қилинади, чунки хатти-харакатларни бошқаришнинг амалиётда шаклланган автоматлашган кўриниши мавжуд. Бироқ шундай ҳолатлар борки, унда инсон чуқур ва узоқ фикрлашига тўғри келади. Бундай ҳолатда инсон танлаш учун янги кўринишдаги объект ёки муҳитга дуч келади.

Бироқ ҚҚҚни бошқаришда бу тизимлаштирилган жараён ҳисобланади. Бошқарувда қарор қабул қилиш ўзида муқобиллардан шундай вариантни танлашни англатадики, унинг ёрдамида амалга ошириладиган хатти-харакатда ҳозир ва кейинги вақт оралиғидаги узилиш рўй бермаслиги таъминланади. ҚҚҚ жараёнининг ўзи кўплаб элементларни мужассамлаштиради, бироқ унда ҳамма вақт катнашадиган шундай элементлар мавжуд, улар муаммолар, мақсадлар, муқобиллар ва қарорлардир. Ушбу жараён муассаса фаолиятини режалаштириш асосида ётади, чунки режа – бу муассаса мақсадларини амалга оширишда ресурсларни жойлаштириш ва йўналтириш бўйича қарорлар мажмуаси ҳисобланади [16,17,20].

Шу қаторда бошқарувчининг кундалик ҳаётида барча бошқариш жабҳаларида қарорларни қабул қилиш ўз аксини топади.

ҚҚҚ умумий кўринишда қуйидагича ифодаланади:

$D = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_m\}$  муқобил вариантлар тўплами берилган. Барча  $d_i \in D$  лар учун  $w(d_i)$  - вариант самарадорлиги кўрсаткичи функцияси берилган.

$w(d_{i_0})$  функция қийматларига кўпроқ мос келувчи  $d_{i_0} \in D$  яхшироқ вариант танлаш талаб этилади, яъни

$$d_{i_0} = \arg \max w(d_i), \\ d_i \in D.$$

$w(d_i)$  функцияси турли кўринишдаги қиймат ва математик ифодаланишида бўлиши мумкин. Масалан, уни қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин

$$W(d) = (q(d), c(d), t(d))^1,$$

бунда  $d \in D$  – қандайдир  $d = F(X)$  операторга мос равишда шакллантириладиган қарор (амаллар, бошқариш) ( $X$  – муаммовий ҳолатни акс эттирувчи параметрлар тўплами);  $q(d)$  –  $d$  ни амалга оширишнинг фойдалилик самараси функцияси;  $c(d)$  –  $d$  ни амалга

ошириш учун сарфланадиган ресурс функцияси;  $t(d)$  –  $d$  ни амалга оширишга сарф этиладиган вақт.

Бу функциялар миқдорий баҳо билан бир қаторда сифат баҳога ҳам эга бўлади. ҚҚҚ масаласи мақсад ва шартларига қараб бу функцияларнинг барчаси ёки улардан айримлари ҳисобга олинади.

$d = F(X)$ ,  $q(d)$ ,  $c(d)$  ва  $t(d)$  функцияларнинг аниқ кўриниши, шу ўринда  $W(d)$  функциянинг ўзи ҳам, шу қаторда  $W(d)$  каттароқ бўлган қийматини топишнинг барча ёки алоҳида омиллари мос ечимни топиш усулини танлашни белгилаб беради, бунинг оқибатида қарор қабул қилиш масаласининг кўпқирралилигига олиб келади.

Қарор турли характеристик белгилари асосида синфлаштирилади.

Муаммолар классификациясининг умумлашганининг ўзини Г.Саймон томонидан муаммони уч синфга бўлиш таклиф этилган:

1. яхши тизимлаштирилган ёки миқдорий шакллантирилган муаммолар;

2. тизимлаштирилмаган ёки сифатли ифодаланган муаммолар;

3. суғ шакллантирилган ёки аралаш муаммолар;

Бу синфлаштириш турғун ҳисобланмасада, яъни у вақт ўтиши билан бирор синфга тегишлилигини ўзгартирсада, у кўп нарсани тушуниш имконини беради.

ҚҚҚ масаласини синфлаштиришда турли белгилардан фойдаланилади [119,113,114]. Уларни умумлаштирилган ҳолда қуйидагича келтириш мумкин:

- 1) Муаммоли ҳолат (МХ)нинг хусусияти;
- 2) МХ тизимлаштирилганлигининг типи;
- 3) МХ хусусиятининг баҳоси;
- 4) МХ стратегиясининг хусусияти;
- 5) самаралилик кўрсаткичи, сифат мезони кўриниши;
- 6) ҚҚҚ шартлари хусусиятлари;
- 7) ҚҚҚ иштирокчилари сони;
- 8) ҚҚҚ шартларининг аниқланиш даражаси.

Келтирилган белгилар бўйича таклиф қилинаётган синфлаштириш қуйидаги жадвалда келтирилган.

### 1.1-жадвал. ҚҚҚ масаласини синфлаштириш схемаси

ҚҚҚ масаласи белгилари	ҚҚҚ масаласи типлари
1. МХ хусусияти	1. Статик 2. Динамик
2. МХ тизимлаштирилганлик типи	1. Тизимлаштирилган 2. Суст шакллантирилган 3. Тизимлаштирилмаган
3. МХни баҳолаш хусусияти	1.Объектив: а) статик б) динамик 2. Субъектив: а) статик б) динамик
4. ҚҚҚ стратегияси хусусияти	1. Тизимлаштирилган 2. Суст шакллантирилган 3. Тизимлаштирилмаган
5. Самарадорлик, сифат мезони кўриниши	1. Скаляр 2. Вектор
6. ҚҚҚ шарлари хусусияти	1. Равон 2. Аномал 3. Экстремал
7. ҚҚҚ қатнашчилари сони	1. Индивидуал 2. Жамоавий
8. ҚҚҚ шартларининг аниқлик даражаси	1. Аниқлик шароитида 2. Ноаниқлик шароитида: а) стохастик ноаниқлик; б) стохастик бўлмаган ноаниқлик: • табиий • ўзини тутиши

МХ параметрининг вақтга боғлиқлиги билан статик ва динамик ҚҚҚ масалаларига бўлинади.

Статик модел ҚҚҚ ҳолати кўринишида аниқланади. Вальд мезони асосида оптимал сифатида шундай муқобил танланадики, бу ҳолатда нормаллаштирилган кўрсаткич максимал қийматга эга бўлади:

$$f_{k_0} = \max_{\varphi_k \in \Phi} \min_{\theta_j \in \Theta} f_{jk} .$$

Вальд мезонини қўллаш жараёнида аввало кам қийматли бўлган кўрсаткичлар танлаб олинади ва уларнинг ичидан катгароқ қийматлилари ажратиб олинади.

Гурвиц мезони қуйидаги кўринишга эга:

$$H = \max_{\varphi_k \in \Phi} \{ \lambda \min_{\theta_j \in \Theta} \overline{f_{jk}} + (1 - \lambda) \max_{\theta_j \in \Theta} \overline{f_{jk}} \}.$$

Бунда  $\lambda$  - 0 ва 1 оралиғида ўзгарувчи қийматли коэффициент.  $\lambda = 1$  да Гурвиц мезони Вальд мезонига,  $\lambda = 0$  да эса “чет оптимизация”га айланади”.  $0 < \lambda < 1$  “чет пессимизм” ва “чет оптимизм” ўртаси ҳосил бўлади. Шунини таъкидлаш керакки,  $\lambda$  коэффициентни қарор қабул қилиш шarti (ҚҚҚШ) белгилайди.

Таваккал ҳолатда қарорни танлаш бирор мумкин бўлган хусусий ҳолатлари тўпламидан танлаш орқали натижа келиб чиқади ва ҳар бир натижага келиш маълум эҳтимолликларга эга бўлади. Қарор қабул қилувчига бу эҳтимол маълум деб тасаввур қилинади [3,35,36]. Таваккал ҳолатда ҚҚҚ масаласини ечишда Байес мезони ва энтропия минимуми мезонидан фойдаланишни таклиф этилади.

Байес мезони ўзагини баҳолаш функционали математик кутилмасини максималлаштириш ташкил этади.

Байес мезонига асосан  $\varphi_{k_0} \in \Phi$  оптимал ечим деб баҳолаш функционали математик кутилмасининг мумкин бўлган энг катта қийматга эришиладиган қарор ҳисобланади

$$B = \max_{\varphi \in \Phi} \left[ \sum_{j=1}^n p_j f_{jk} \right].$$

$\varphi_l \in \Phi$  қарор учун баҳолаш функционали математик кутилма энтропиясини қуйидаги кўринишда аниқланади:

$$H(P, \varphi_k) = - \sum_{j=1}^n \frac{p_j f_{jk}}{\sum_{j=1}^n p_j f_{jk}} \ln \left( \frac{p_j f_{jk}}{\sum_{j=1}^n p_j f_{jk}} \right).$$

Номаълум тақсимланиш билан характерланадиган ахборот ҳолати учун

$$P = (P_1, \dots, P_n), \quad \sum_{j=1}^n P_j = 1$$

Бернулли – Лаплас баҳолаш мезони ва Хоменюк мезонини қўлланади.

Хоменюк мезони “эҳтимолларнинг потенциал тақсимланиши” тушунчасига асосланади. Бунда априор эҳтимоллик  $P$  потенциал вектори қуйидаги кўринишда аниқланади:

$$P_j = \frac{\sum_{s=1}^m (\max_{i=1,m} f_{ji} - f_{js})}{\sum_{l=1}^n \sum_{s=1}^m (\max_{i=1,m} f_{li} - f_{ls})}.$$

Статик модел ёки статик тизим модели – ўрганилаётган вақт оралиғида унинг ҳолати ўзгарувчиси ёки координатаси ўзгармасдан қолади деб қабул қилади.

Динамик модел – вақт оралиғида ўзгарувчи тизим модели. Математик жиҳатидан уни вақт оралиғида ўзгарувчи координата орқали ифодалаш қабул қилинган. Ўзгариш жараёни траекториянинг ўзгариши билан характерланади (яъни ҳар бири вақт функцияси ҳисобланган координаталар жамланмаси).

Кўпгина норавшан муҳитда бошқариш масалаларида у ёки бу муқобилни танлашда бошқариш таъсири норавшан сон билан баҳоланади.  $m$ -муқобил мавжуд бўлса,  $m$ -норавшан баҳо-сонлари ҳосил бўлади ва муқобиллардан бирини танлаш масаласи келиб чиқади. Бундай масалаларда баҳоси юқорироқ бўлган муқобилни танлашга келинади. Ҳозирги вақтда бу масалани ечишнинг бир қатор усуллари таклиф этилмоқда [107].

Агар  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)$  тегишлилик функцияси берилган бўлса, у ҳолда қуйидаги кўринишдаги катталикларни қараш мумкин:

$$\{\mu_j / \sum_{s=1}^n \mu_s\}_{j=1}^n \text{ ва } \{f_{jk} / \sum_{s=1}^n f_{sk}\}_{j=1}^n.$$

Келтирилганларда  $\mu$  эҳтимоллик қийматларининг субъектив тақсимланиши - тегишлилик функцияси ва  $\varphi_k \in \Phi$  қарорга  $F$  - баҳолаш функционали.

Шу қаторда норавшан тўплам тушунчалари асосида  $S$  муҳитнинг хатти-харакати модели шакллантирилди, уларни қўллаш  $\{\Phi, A_0, F\}$  кўринишдаги ҚҚҚ ҳолатини шакллантириш имконини берди, бу ерда  $A_0$  -  $\mu_A$  тегишлилик функцияси билан аниқланувчи ва  $S$  муҳит ҳолатини  $P$  эҳтимоллик билан тақсимланувчи норавшан тўплам ёки норавшан тасодифий ҳолат.

$\{\Phi, A_0, F\}$  ҚҚҚ ҳолатида  $\varphi_{k0} \in \Phi$  оптимал қарорни аниқ муҳитда ҚҚҚ мезонларини умумлаштириш орқали топиш масаласи шакллантирилди.

Келтирилган синфлаштиришга мувофиқ ҚҚҚ масаласи характеристикасининг бош хусусиятини ажратиш имконини берди, яъни ҚҚҚнинг охириги нуқтасини ҚҚҚШ (инсон) қўяр экан. Улар томонидан ҚҚҚ олдиндан тайёрланган йўриқлар муқобиллари асосида амалга оширилади. Бундай типдаги ҚҚҚнинг замонавий тизимларини қарор қабул қилишга кўмаклашувчи тизим (ҚҚҚКТ) деб аталувчи тизимларида барча ҳисоб-китоблар мумкин бўлган ҚҚҚ муқобилларини тайёрлашга йўналтирилган бўлади.

Муқобил характеристикасини муваффақиятли амалга ошириш учун ҚҚҚнинг кўп мезонли моделларидан фойдаланиш ўринли.

ҚҚҚ масаласини ечишнинг кўп мезонли моделини қуйидаги элементлар жамланмаси кўринишида ифодалаш мумкин

$$\langle t, \Phi, F, \Theta, P, r \rangle,$$

бунда  $t$  – масала қўйилиши (типи);

$\Phi$  – қарорлар тўплами;

$F$  – баҳолаш функцияси векторлари;

$\Theta$  - ахборот ҳолатлари тўплами;

$P$  – ҚҚҚШ маъқуллашлари тизими;

$r$  – қарорни танлаш қоидаси.

Шу қаторда аниқ берилган элементли бундай модел асосида қарор инвариантларини таққослаш ва уларни формаллаштирилган усуллар ёрдамида тартиблаш мумкин.

Кўп мезонли моделларни ҚҚҚ масалаларида қўллаш масаланинг қўйилишидан бошланади. Мақсад шакллантирилгандан кейин мумкин бўлган қарор вариантлари тузилади, мезонлар рўйхати шакллантирилади, ҳар бир мезон бўйича вариантлар баҳоланади, кейин мақбулликлар тизими аниқланади ва ҳал қилувчи қоида қурилади. Ҳал қилувчи қоида асосига қурилган мумкин бўлган қарорлар тўплами ёрдамида талаб қилинган масаладаги тартибга эришилганлигини аниқланади. Агар бундай тартиблаш олинган бўлса, у ҳолда унинг таҳлили амалга оширилади, акс ҳолда эса модел элементларидан бири танланади. Таҳлилдан кейин олинган тартиблаш ҚҚҚШни қаноатлантириши текширилади ҳамда яқуний ҚҚҚ амалга оширилади.

ҚҚҚ масаласида норавшан ахборотни қайта ишлаш лингвистик ёндашувни қўллашни таъминлайди. Лингвистик ёндашув доирасида ўзгарувчи қиймати сифатида нафақат сонли кўриниш, балки табиий тил сўз ва гаплари ҳам олинishi назарда тутилган, уларни шакллантириш аппарати норавшан тўпламлар назарияси

ҳисобланади. ҚҚҚ моделларини куришда ҚҚҚ масаласи элементларини норавшан ифодалаш имконини берувчи лингвистик ёндашувнинг ўзига хосликларини ва муқобилларни танлаш мақсадида ишлатилишини қаралган.

ҚҚҚ моделларини куришда лингвистик ёндашув куйидаги имкониятларни беради:

- ҚҚҚ масаласи элементларини ифодалаш учун ҚҚҚШнинг норавшан тушунчалар, муносабатлар ва ҚҚҚШ профессионал тилидаги фикрлашлари орқали ифодаланган баҳоларини олиш;
- норавшан тўплам, лингвистик ўзгарувчилар ва норавшан гувоҳликлар ёрдамида норавшан тавсифлашни шакллантириш;
- норавшан тўпламлар назарияси асосида ривожлантирилаётган аппарат ёрдамида олинган формал объектлар орқали амал бажариш;

масаланинг ечими натижаларини ҚҚҚШ профессионал тили тушунчалари ва муносабатларини кўллаган ҳолда норавшан кўринишда ифодалаш.

### **1.3. Предмет соҳа объектларининг турли типли белгилар фазосида ифодаланиши**

Инсон кўриш, эшитиш, ҳис қилиш, ҳид билиш каби сезги органлари воситасида табиий жараён (объект, предмет, ҳодиса, ҳолат, воқеа ва бошқалар) ҳақидаги ахборотларни етарлича тавсифлай олиш хусусиятига эгадир. Ўтган асрнинг ўрталаридан бошлаб, инсоннинг бундай интеллектуал хусусиятлари ЭҲМда кўллашга оид кибернетика фанининг турли илмий йўналишлари ривожлана борди. Замонавий компьютер технологияларининг узвий ривожланиши бу каби муаммоларни ҳал этилишини жадаллаштириб юборди. Шундай бўлсада, инсон модели хатти-ҳаракатлари ва интеллектуал таҳлил қилиш хусусиятлари интеллектуал тизимларга жорий қилиш бугунги кун илм-фанида тадқиқотчилар томонидан чуқур ўрганиш талаб этиладиган ниҳоясиз масалалардан ҳисобланади. Сўнгги йилларда ишлаб чиқариш корхоналари, заводлари, фабрикалари ва шу каби муассалаларда инсон вазифасини енгиллаштиришга хизмат

қиладиган интеллектуал робото-техник қурилмаларни ишлаб чиқариш ва улардан кенг фойдаланиш оммалашиб бормоқда. Замонавий дастурлаш тиллари ва муҳитлари воситасида яратилаётган интеллектуаллаштирилган (интеллектуал) тизимлар бугунги кунда инсоннинг муайян вақтда бажаришга қодир бўлмаган юмушларини бир зумда ҳал этишга хизмат қилмоқда.

Замонавий интеллектуал тизимларнинг янада тараққий эттирилиши учун ўрганилаётган объектлар ҳақидаги ахборотларни чуқур ўрганишда замонавий ўлчов асбобларидан фойдаланиш, уларнинг белгилар фазосини шакллантириш, таҳлил қилиш ва таниб олиш каби масалалар янада аниқликда ҳал этилишини талаб этади. Объект ҳақидаги турли кўринишдаги ахборотларни интеллектуал таҳлил қилиш мақсадида компьютер хотирасига киритиш учун уларни характерловчи белгиларни тўғри ўлчаш ва аниқлаш, қийматлар соҳасини аниқлаш ва шкалалаштириш муаммоларининг ҳал этилиши унинг реал ҳолатини ёритишда муҳим ҳисобланади.

Объектни характерловчи хусусиятлар орқали тавсифланиши – *белгили тавсифлаш* дейилади. Реал соҳа объектларини белгили тавсифлашдаги мураккабликлардан бири – бу уларнинг кўп ўлчовли белгилардан иборатлигидадир. Объектларнинг бундай белгиларига кўп сонли физик хусусиятларини келтириш мумкин. Масалан, биологик объектларни ўрганишда уларнинг географик, физик, морфологик, кимёвий, геномик каби хусусиятларини бир вақтда ҳисобга олиш имконияти мавжуд бўлмайди. Шу боис, бундай объектларнинг математик ва компьютерли моделини шакллантириш қийинчилиги вужудга келади [59].

Кейинги ўринларда мураккаб шаклланувчи объектни – объект деб юритилади. Объектларнинг ноаниқлик ҳолатларини қуйидаги кўринишларда ифодалаш мумкин:

- *кўп жинслилик*, бир турдаги объектнинг турли ўлчамли белгилар билан ифодаланиши ва уларни бир жинсли кўринишга келтириш;

- объектнинг бир белгиси *кўп сонли (икки ёки ундан ортиқ) белгилар билан ифодаланиши* (масалан, турли ўсимлик баргини турли ўлчамли белгилар билан ифодалаш мумкин). Бундай ҳолатларда объектларни қиёслашнинг мураккаблиги ортиб кетади;

- объект белгисининг *кўп қийматлилиги* (белгининг қийматлари икки ёки ундан ортиқ бўлиши);



- *априор маълумотлардаги ноаниқликлар* (объект белгисидаги ахборотнинг мавжуд бўлмаслиги ёки мантиқан хато қийматлар билан берилиши);

- белгилари орасидаги *ўзаро боғлиқликларни аниқлашнинг мураккаблиги*;

- турли шкалаларда *ўлчанадиган ҳам сифат, ҳам миқдор жиҳатдан бўладиган белгилар*;

- танланмада *халақитли ва такрорланувчи қийматли белгилари* мавжуд бўлган объектларнинг тузулмаси ҳақида етарлича билимларга эга бўлмаслик;

- *белгиларининг турли типлилиги* (мантиқий, сонли, норавшан ва.ҳ.к.);

Бир хил турдаги объектлар турли мутахассислар томонидан берилганлиги боис улар бир жинсли ҳамда кўп жинсли бўлиши мумкин. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш, тимсолларни аниқлаш, сунъий интеллект йўналишларида объектларни таҳлил қилиш учун уларнинг таснифий белгилар фазосини аниқлаш ва шакллантириш талаб этилади. Бир турга оид объектларни интеллектуал таҳлил қилиш, фарқлаш, қиёслаш масалаларида уларни тавсифловчи бир хил ўлчовли, мантиқан мос келувчи белгилар фазосидан фойдаланилади ва бундай объектлар *бир жинсли* деб юритилади. Кўп жинсли объектларни бир жинсли кўринишга келтириш уларни таҳлил қилиш масалаларни ечиш мумкин.

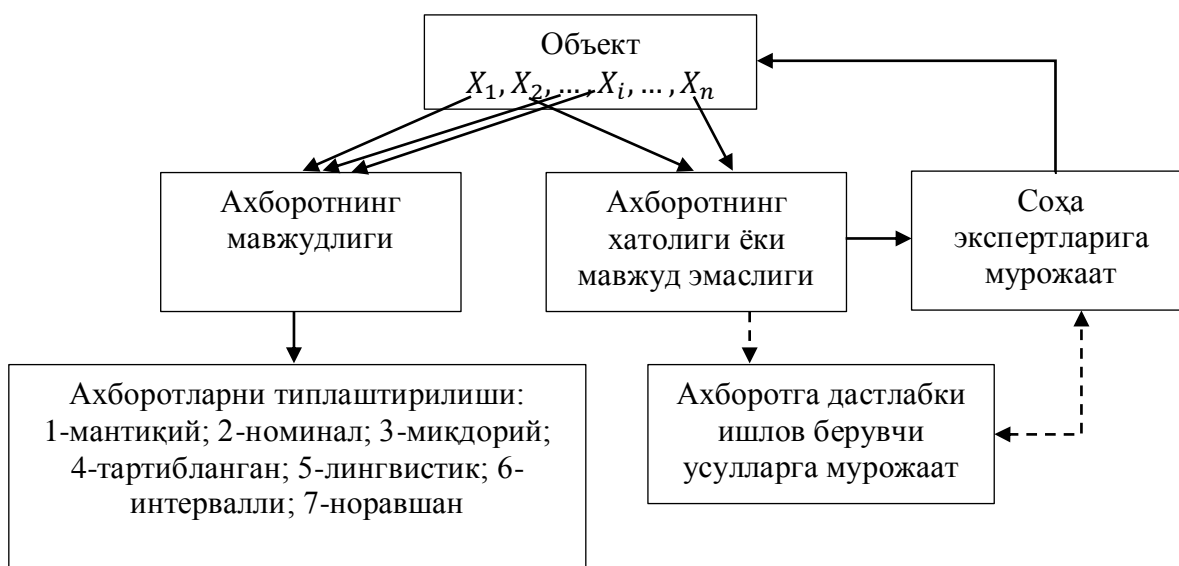
Яна бир мураккаблик сифатида объектни тавсифловчи белгилар бир қийматли ва кўп қийматли гуруҳга бўлинишини келтириш мумкин. Классик математик усуллар асосан, бир қийматли ахборотларни таҳлил қилишга мўлжалланган эди. Ҳозирги кунда кўп қийматли ахборотларни таҳлил қилиш замонавий таҳлиллаш усулларининг алоҳида ёндашуви асосида олиб борилади.

XX аср охирларида статистикадаги асосий ҳаракатлар – бу сонли бўлмаган статистикани яратишдан иборат бўлди. Уни сонли бўлмаган маълумотлар статистикаси ёки сонли бўлмаган табиат объектларининг статистикаси ҳақида тушунчалар [81]да келтирилади.

Ушбу тадқиқот ишида бир жинслик объектларнинг ноаниқлик ҳолатлари бўйича турли типлилик муаммоларини бартараф этишнинг баъзи йўллари қараб ўтилади. Объектларни тавсифлашда

турли типли белгилар асосан икки гуруҳга ажратилади: миқдорий (сонли) ва сифатий (сонли бўлмаган).

Объектни характерловчи белгиларни аниқлиги, ишончилиги бўйича икки гуруҳга ажратилади. Биринчиси, тажрибавий тадқиқотлар натижасида олинган ишончилик даражаси юқори бўлган аниқ ахборотлар, иккинчиси объект белгисидаги хато ёки ахборотнинг умуман мавжуд бўлмаслиги (1.1-расмга қаранг).



1.1-расм. Объект ҳақидаги ахборотларнинг ифодаланиши

Тимсолларни аниқлашнинг классик усулларида амалий соҳалар объектларидаги сифатий белгиларни миқдорий кўринишларда фойдаланиб келинган. Бу жараён қуйидаги 1.2-жадвалда ўз аксини топган.

1.2-жадвал. Объект белгиларининг баъзи типлари

	<b>Миқдорий (сонли) белгилар</b>	<b>Сифатий белгилар</b>
Мантиқий (binary)	{0, 1}	{true, false}
Дискрет сонлар	аниқ натурал ёки ҳақиқий сонлар	$k$ тартибли миқдорлар
Узлуксиз миқдорлар	(датчик ёки ўлчов асбоблари томонидан олинган қийматлар)	оралиқли қийматлар, норавшан сонлар

Номланиш	-	атамалар, ранглар ва ҳ.к. номи
Лингвистик	-	Норавшан тўпламлар (сўзлар, жумлалар)

Аксарият мавжуд тимсолларни аниқлаш усуллари сонли маълумотлар кўринишида берилган объектлар устида масалалар ечишга мўлжалланган. Бунга кўплаб муаллифларнинг (Журавлев Ю.И., Миркин Б.Г., Айвазян С.А. ва ҳ.к.) ишларини келтириш мумкин. Бундай усулларда сифатий белгилар миқдорий кўринишда ифодаланиши ва ўлчанадиган метрикалар ёрдамида миқдорий белгилар сингари қиёсланиши келтирилади [2, 15, 44].

#### **1.4. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллада тимсолларни аниқлаш масалалари, усуллари ва алгоритмлари**

Интеллектуал тизимларнинг яратилишида инсон қабул қиладиган қарорларга мос бўлган МИТ тизимларини ишлаб чиқишда муҳим аҳамият касб этади. Мураккаб шаклландувчи масалаларда объектни тавсифловчи белгилар тўлиқ шакллантирилмаганлиги ва қарор қабул қилишга кўмаклашувчи воситалар айнан белгиланган соҳага мос шакллантирилмаганлиги каби ҳолатларда МИТ усул ва алгоритмларини амалга оширишда хатоликларни юзага келтиради. Ахборотларга ишлов бериш ва бошқарувда асосий қийинчилик ва мураккабликлар, асосан, қарорлар қабул қилиш ҳамда ноаниқлик шароитида ёки ҳодисаларни тадқиқ қилиш ҳақидаги билимларнинг етарли бўлмаслигида вужудга келади. Ахборотларнинг бундай мураккаб ҳолатларидан қандай қутилиш, улардаги ноаниқликларни қай даражада камайтира олиш ҳамда қонуниятларини аниқлаш каби саволлар – МИТ усуллари орқали “ақлан” ҳал этилиши лозим [1].

Аксарият интеллектуал тизимларда маълумотларга ишлов беришнинг турли усулларида фойдаланилса ҳам, уларнинг аксарияти маълумотларнинг бир хил типлилигига ва маълумотлар тузилмасининг аниқлигига асосланган. Бундай мураккабликни ўзида акс эттирувчи интеллектуал тизимлар инсон фаолиятига интеллектуал кўмак беришга йўналтирилган фан соҳалари усулларида фойдаланишга тўғри келади. Уларга маълумотларни

интеллектуал таҳлиллаш, тимсолларни аниқлаш, сунъий интеллект, ахборот (тасвир, овоз)ларга рақамли ишлов бериш, статистика, алгоритмлаштириш, визуаллаштириш, маълумотлар ва билимлар базаси каби фан йўналишларини келтириш мумкин [19]. Ҳар бир фан йўналиши бўйича ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларнинг ўзаро интеграциясидан ҳосил қилинадиган гибрид усулларни ишлаб чиқиш ҳамда интеллектуал тизимларда улардан унумли фойдаланиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Бундан ташқари яратилаётган усул ва алгоритмлар кирувчи ахборотлар оқимининг замонавий услубда ишлаб чиқиладиган мураккаб тузилмали маълумотлар базаси билан ишлашга мўлжалланиши муҳим аҳамият касб этади. 1.2-расмда интеллектуал тизимнинг умумий жараёни келтирилган бўлиб, мазкур ишда МИТ усулларини такомиллаштириш вазифаси қўйилади.



1.2-расм. Предмет соҳа объектларини МИТ усуллари орқали таҳлил қилиш

*МИТ йўналишининг ривожланиш босқичлари.* Маълумотларни сақлаш ва қайта ишлаш технологияси ривожланиши илк бора ҳисоблаш машиналарида маълумотларни сақлаш имконияти яратилганидан бошланди (XX асрнинг 50 йиллари охири 60 йиллар бошлари). Унда маълумотлар файл ва файл архивлари кўринишида сақланган ва қайта ишланган [19,23].

60-йилларда илк маълумотлар базасини бошқариш тизимлари (МББТ) истеъмолга киритилиб, бир қатор маълумотлар моделлари, жумладан иерархик, тармоқли ва шу кабилар.

70-йилларда маълумотларнинг реляцион моделлари ва реляцион МББТлар истеъмолга киритилган.

80-йилларда МББТларнинг ривожлантирилган реляцион-объектга йўналтирилган, кенгайтирилган реляцион, дедуктив каби

кўринишлари, шу қаторда МББТларнинг махсус йўналишларга “йўналтирилган” турлари вужудга келди.

90-йилларда мультимедиали маълумотлар базаси (МБ), www серверлари, OLAP ва ниҳоят Data Mining каби ривожланган илғор технологиялар жорий этила бошлади. Data Mining (МИТ) термини одатда катта ҳажмдаги ахборотлар тўпламидан керакли маълумотлар ҳамда қонуниятларни излаб топиш мазмунини англатади.

МИТ технологияси йўналишининг асосчиси – Григорий Пиатецкий-Шапиро шундай фикр билдирган: “МИТ бу – инсон фаолиятининг турли хил соҳаларида қарор қабул қилиш учун зарурий, аввалдан номаълум бўлган, амалий фойдали, ишлов берилмаган маълумотларни ошкор этиш жараёнидир”. Бу таърифда, тушунарсиз ва тизимлашмаган ахборотларни маълумотлар тўпламидан ажратиб олиш, улардан яширин қонуниятларни излаб топиш ва ундан фойдаланиш учун яроқли ҳолда тақдим этиш жараёни эканлиги уқтирилган [1,18,19,65,79,80].

Баъзи манбаларда Data Mining – маълумотлар базалари, матнлар, расмлар, видео ва ҳ.к. кўринишдаги турли маълумотлар манбаларидан билимлар (қонуниятлар)ни излаб топиш жараёнидир. Олинган билимлар ишончли, фойдали ва тадбиқ этиладиган бўлиши керак деб келтирилган.

МИТнинг энг асосий тамойилларидан бири улкан ҳажмли ахборотларни таҳлил қилишда харажатни минималлаштириб юқори аниқликка эришишдан иборат. Кенг ҳажмли амалий масалаларда бундай муаммолар устида ишлаш ҳозирги кунда ҳам долзарблигини йўқотмаган.

Сўнгги ўн йилликда маълумотларнинг кескин ортиб бориши катта ҳажмли маълумотлар устида ишлаш муаммосини тобора кучайтириб борди. 2008 йилда “Big data” (“Улкан маълумотлар”) термини пайдо бўлди [115] ва унда вужудга келадиган муаммоларни ҳал этиш бошланди. Булар, маълумотларни йиғишнинг автоматик воситалари, МББТни кенг қамровли қўлланилиши, электрон ҳужжат алмашинуви, www, мультимедиали архивлар ва бошқалар. Буларнинг барчаси ҳажмнинг ўсишига ва сақланаётган ахборот тузилмасини мураккаблашишига олиб келмоқда. Анаъанавий воситалар маълумотларни қидиришда, статистик таҳлилда кўп маълумотлар талаб қилади. Тузилма мураккаб бўлиб, нимани қидириш аниқ бўлиши шарт бўлади. Бу

эса маълумотларнинг кўплигига қарамай, таҳлилчи учун ахборот танқислигини юзага келтиради.

МИТнинг қўйилган масаласи турли йўналишларнинг махсус усуллари воситасида бир вақтда, умумлашган ҳолда ҳал этилади. Шунинг учун МИТда барча фан йўналишлари узвий боғланади. Уларнинг асосий масалалари қуйидаги келтирилади:

- Таснифлаш (Classification)
- Кластерлаш (Clustering)
- Башоратлаш (Forecasting)
- Баҳолаш (Estimation)
- Ассоциатив қоидаларни излаш (Association Rule Mining)
- Регрессия (Regression)
- Визуаллаштириш (Visualization, Graph Mining)
- Web Mining, Text Mining
- ва ҳ.к.

МИТнинг энг кенг тарқалган масалаларидан бири **классификация** (таснифлаш, ўқитувчи ёрдамида ўқитиш, гуруҳларга ажратиш) масаласидир. Унинг ёрдамида янги, назоратдаги объектни аввалдан маълум бўлган у ёки бу синфга тегишлилиги аниқланади. **Кластеризация** (автоматик классификация, таксономия, ўқитувчисиз ўқитиш) масаласида объектларнинг ўзаро яқинлиги бўйича автоматик равишда кластерларга ажратилади ва улар ажратилган кластерига (синфига) тегишли деб олинади. Кластеризация усуллари билан аксарият ҳолларда катта ҳажмли турли типли маълумотларни тадқиқ қилиш билан боғлиқ масалаларни ечиш учун хизмат қилади. **Регрессион таҳлил** ўзгарувчилар ўртасидаги муносабатлар миқдорий ифодаланган ҳолда уларнинг айрим комбинациялари кўринишида ишлатилади. Унда асосан, стандарт статистик усуллар қўлланилади. Булардан бири чизикли регрессиядир. Вақт кетма-кетликларини **башорат қилиш** бошланғич маълумотларни ёки ярим қайта ишланган маълумотларни таҳлил қилиш асосида бўлғуси башорат ўзгарувчилари қийматини баҳолаш имконини беради. **Ассоциация** бир нечта ҳодиса ва фактларнинг боғлиқлигини топиш усули ҳисобланади. Тартибни келтириб чиқариш таҳлил қилинаётган маълумотларни вақт тартиби занжирини аниқлаш ҳамда сочилиб ётган вақт тартибларини гуруҳлаштиришни амалга оширади. Яъни қўйилган мақсад ёки олдиндан кутилган ечимдан хатолик оғиши аниқланади. Булардан

ташқари сўнгги вақтларда визуаллаштириш, Web Mining, Text Mining каби йўналишлар ҳам ривожланиб бормоқда [19].

МИТнинг асосий масалаларидан ҳисобланаган классификация ва кластеризация масалаларини ечишга мўлжалланган усул ва алгоритмлар ўтган асрнинг 60 йилларидан бошлаб *тимсолларни аниқлаш* йўналиши орқали ишлаб чиқилган ҳамда такомиллаштирилиб келмоқда [2,15,31,33,34,43,46,66, 73,76].

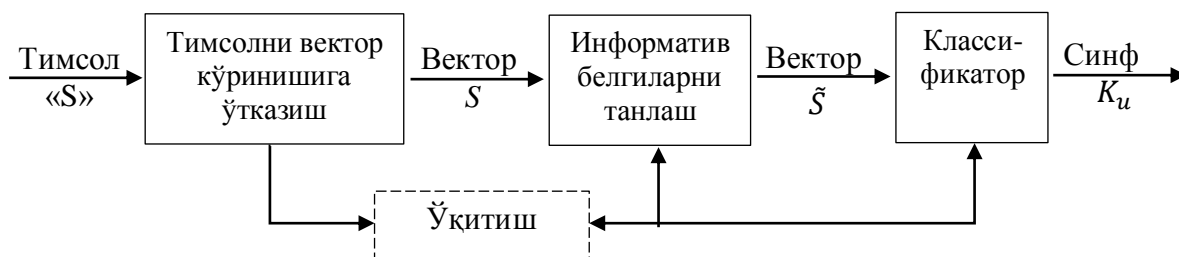
**Тимсолларни аниқлаш (ТА)** – бу турли табиатли объектларни таснифлаш усуллари ва алгоритмлари ҳақидаги фандир. Тирик мавжудот борки, у ҳаётининг ҳар дақиқасида таниб олиш масаласини ҳал этади. Масалан, инсон сезги органлари орқали ўзига маълум бўлган предмет, жараён ёки ҳолатларни аниқлайди. Инсон таниб олиш масалаларини ҳал этиши учун у ташқи муҳит ҳақидаги зарурий маълумотларга эга бўлиши талаб этилади. Шу жумладан, ҳисоблаш техникаларини интеллектуаллаштириш жараёни ҳам кўп босқичли ўқитиш жараёнини босиб ўтишни талаб қилади.

ТАнинг дастлабки ишланмаси АҚШда ўтган асрнинг 60-йиллари бошларида конверт символларини таниб олувчи тизим сифатида яратилди ва у узоқ йиллар фойдаланилди. Сўнгги йигирма йилликда эса ҳисоблаш техникалари воситалари ёрдамида таниб олишнинг турли масалаларини ечишга уринишлар бўлди. Ҳисоблаш техникалари воситаларининг ривожланиши билан авваллари ҳал этиш мумкин бўлмаган бундай масалаларни ҳал қилиш имконияти вужудга келди [7, 24, 25, 26, 61, 82, 114].

Тимсолларни аниқлаш усулларида кенг фойдаланувчи интеллектуал тизимларнинг ривожланишида энг муҳим йўналишлар бўлиб ҳисобланувчи қуйидагиларни келтириш мумкин:

- символлар (қўлёзма ва босма матнлар, банк чеклари ва пулкупюралари)ни таниб олишда;
- тасвирларни таниб олишда;
- нутқни таниб олишда;
- тиббиёт диагностикасида;
- хавфсизлик тизимларида;
- таснифлаш, кластеризация ҳамда маълумотлар ва билимлар базасидан қонуниятларни излаш масалаларида;
- ва ҳ.к.

Қуйидаги тимсолларни аниқлашнинг асосий босқичлари келтирилган умумий схема келтирилади (1.3-расмга қаранг):



1.3-расм. Танинг умумий схемаси

1.3-расмда келтирилган босқичларда тимсолларни аниқлаш масалаларини ҳал этиш учун жуда кўплаб усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилган. Уларнинг асосини прецедентга (ўқув танланмага) асосланган эвристик-мантиқий таниб олувчи алгоритмлар ташкил этади [44]. Қуйида прецедентлар ва қисмий прецедентлик тамойилларига асосланган усулларга мисоллар келтирилади.

*Прецедентлар бўйича таниб олиш усуллари:*

- Статистик алгоритмлар (*Statistical pattern recognition*) (*k*-яқин кўшнилар усули, кўп ўлчовли нормал тақсимот ёрдамида аппроксимация қилиш, Фишернинг чизикли дискриминанти) [5,25];
- Ажратувчи текисликларни қуришга асосланган алгоритмлар [73];
- Потенциал функциялар усули [15];
- Нейрон тармоқлар моделлари [8,66,71];
- Ҳал қилувчи дарахтлар [25] ва б.

*Қисмий прецедентликка асосланган таниб олиш усуллари:*

- Тест алгоритми [76];
- Вакиллар жамланмаси ёрдамида таниб олиш алгоритмлари [61];
- Баҳоларни ҳисоблашга асосланган таниб олувчи алгоритмлар [38,42,43];
- Статистик ўлчаб (чамалаб) овоз бериш [25].

Булардан ташқари тимсолларни аниқлашда кенг қўлланилаётган нейрон тармоқлар (Neural networks), тимсолларни аниқлашнинг тузилмавий (лингвистик) усуллари (Structural pattern recognition), тимсолларни аниқлашнинг синтактик усуллари



(Syntactic pattern recognition), тимсолларни аниқлашга яқинлашувчи мулоҳазали ёндашув (Approximate reasoning approach to pattern recognition), таянч векторлар машинаси (Support Vector Machine – SVM), Норовшан тўпламлар иловалари (The application of fuzzy sets) ва ҳ.к. усуллари [82] манбада келтирилган.

Қуйидаги параграфларда қисмий прецедентлик тамойилларига асосланган алгоритмлар синфининг типик вакили баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари (БҲА) ва унинг классик босқичлари ҳақида мулоҳаза юритилади.

### **1.5. Қисмий прецедентликка асосланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари**

БҲА тамойили назорат (таниб олинадиган) объектлари ва эталон (аввалдан синфларга ажратилган) объектларнинг яқинлик даражаларини акслантирувчи баҳоларини аниқлашдан иборат. Тизимда овоз берувчи тўплам ўзида берилган белгилар тўпламини ифодалайдиган тўпламни акс эттиради. Таниб олишнинг кўпгина масасаларини ечишдаги тажрибалар шуни акслантирадики, кўп ҳолларда асосий “ажратилувчи” ахборотлар фақат бир белги билан эмас, балки белгиларнинг турли бирикмалари, комбинациялари ёрдамида қиёсланади. БҲА синфи ҳозирда айнан белгиларнинг комбинациясидан мантиқий якунигача фойдаланиш ғоясини ривожлантириш босқичида, яъни объектларнинг яқинлик даражаси объектлар тавсифида келтирилган белгилар бирикмаларининг мумкин бўлган барча қиёслаш жараёнида аниқланади.

Унда алгоритмлар берилган олти босқичларда аниқланган конструктив шаклда тавсифланган. БҲА ёрдамида ўтказиладиган ечимларда математик символлардан фойдаланиб терминология аниқланган, асосий таърифлар ва масаланинг қўйилиши мазмунан ва формал тавсифланган [38,42].

Таниб олиш масаласининг формал қўйилиши. Бир жинсли объектлардан (векторлардан) иборат  $U$  бош тўплам берилган бўлсин. Фараз қилайлик,  $U$  тўпламда  $M$  ( $M \in U$ ) ўқув танланма (эталон) ва  $D$  ( $D \in U$ ) назорат танланма ажратилган бўлсин.

Объектлар  $\{S\}$  тўпламини  $X_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) тавсифий белгилари орқали қуйидаги (1.1) кўринишда ифодаланади:

$$\{S\} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1.1)$$

бу ерда  $m$  – объектлар сони,  $n$  – белгилар сони ва ҳар бир  $S_j$  объект  $x_{ij} \in X_i$  ( $X_i \in U$ ,  $i = \overline{1, n}$ ) элементлардан иборат бўлиб,  $S_j = (x_{1j}, x_{2j} \dots x_{nj})$ ,  $S_j \in \{S\}$  кўринишда ёзилади. (1.1) кўринишидаги массив  $D$  назорат танланма сифатида қабул қилиш мумкин.

$\{S\}$  объектлар тўплами эталон объектлардан иборат  $M$  ўқув танланмани ташкил этсин.  $M$  ўқув танланманинг  $S_j$  объектлари куйидаги кўринишда синфларга ажратилган бўлсин:

$$\begin{aligned} S_1, S_2, \dots, S_{m_1} &\in K_1 \\ S_{m_1+1}, S_{m_1+2}, \dots, S_{m_2} &\in K_2 \\ &\dots\dots\dots \\ S_{m_{l-1}+1}, S_{m_{l-1}+2}, \dots, S_{m_l} &\in K_l \end{aligned}$$

бу ерда  $S_j$ ,  $j = \overline{1, m}$  - объектлар,  $K_u$ , - синфлар ( $K_u \cap K_g = \emptyset$ ,  $u \neq g$ ,  $u = \overline{1, l}$ ,  $g = \overline{1, l}$ ),  $m_0 = 1$ ,  $m_l = m$ .

Куйида қисмий прецедентликка асосланган БХАнинг 6 босқичи ва параметрлари ҳақида келтирилади:

**1. Таянч тўпламлар тизими.**

$\Omega$  –  $\{1, 2, \dots, n\}$  белгилар тўплами мавжуд бўлган барча қисм тўпламлар тизими. Бу қисм тўпламлар сони -  $\sum_{i=1}^n C_n^i$  га тенг.

$\Omega_A$  –  $A$  алгоритмнинг  $\{1, 2, \dots, n\}$  белгилар тўпламидан танлаб олинган **таянч тўпламлар тизими**,  $\Omega_A \subseteq \Omega$ .  $A$  алгоритмга мисоллар:

- Барча тупик тестлар тўплами;
- $k$  ( $1 \leq k \leq n - 1$ ) миқдордаги барча қисм тўпламлар тизими.

$k$  параметри – таянч тўпламлар тизимида овоз берувчи белгилар сонини билдиради;

- $\{1, 2, \dots, n\}$  тўпламнинг барча бўш бўлмаган қисм тўпламлари тизими.

Қисм тўпламни аниқлаш учун  $\tilde{\omega} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  вектор шакллантирилади. Унинг  $a_i$  элементларининг қиймати 1 ёки 0 га

тенг бўлиб,  $a_i$  қиймат  $i$ -белгини қисм тўпламда мавжуд ёки мавжуд эмаслигини билдиради.

**2. Яқинлик функцияси.**  $S$  ва  $S_q$  объектларнинг  $\tilde{\omega}$ -қисмини ифодалаш учун  $\tilde{\omega}S$  ва  $\tilde{\omega}S_q$  кўринишда ёзиб олинади ва уларнинг  $\tilde{\omega}$ -қисмининг яқинлиги қуйидаги  $r$  яқинлик функция орқали аниқланади:

$$r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \sum_{i=1}^k \rho_i(x_i, x_{iq}) \leq \varepsilon \\ 0, & \text{бошқа ҳолатларда.} \end{cases}$$

Бу ерда  $\rho_i(x_i, x_{iq})$  – объектларнинг мос  $i$ -белгисини қиёслаш функцияси. Бу функция элементар мантиқий классификатор деб ҳам аталади. У ҳақида кейинги параграфларда батафсил фикр юритилади.

**3. Фиксирланган таянч тўплам қаторлари бўйича баҳоларни ҳисоблаш.** Бу босқичда  $\tilde{\omega}S$  барча  $\tilde{\omega}S_q$  ( $q = 1, 2, \dots, m$ ) қаторлар бўйича яқинлик функциялари қийматлари орқали  $\Gamma_{\tilde{\omega}}$  баҳо аниқланади. Баҳони ҳисоблашда қаторлар учун ўрнатилган “ташқи параметрлар”дан ҳам фойдаланиш мумкин. Масалан, бундай ташқи параметрлар “муҳимлик даражаси” ёки  $S_q$  қаторларнинг ишончилигини оширишни ифодалаш мумкин:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_q) = \gamma_1(S_q) \gamma_2(S_q) r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q)$$

$\gamma_1(S_q), \gamma_2(S_q)$  –  $S_q$  объект учун ташқи параметрлар. Баъзан бу параметрларнинг қийматларини аниқлаш мумкин бўлмаса, улардан фойдаланмаслик ҳам мумкин.

**4. Фиксирланган таянч тўплам бўйича синф учун баҳоларни ҳисоблаш.**  $\tilde{\omega}$ -қисми бўйича  $K_u$  синфга берилган баҳони ҳисоблаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S) = \psi \left( \Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_{j_1}^u), \Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_{j_2}^u), \dots, \Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_{j_t}^u) \right)$$

$$S_{j_i}^u \in K_u, i = \overline{1, t}, t - K_u \text{ синфдаги объектлар сони}$$

**5. Таянч тўпламлар тизими бўйича  $K_u$  синф учун баҳоларни ҳисоблаш.** Барча таянч тўпламлар тизими бўйича  $S$  объектнинг  $K_u$  синфга берган овозларининг жамланмаси қуйидагича ҳисобланади:

$$\Gamma_u(S) = \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S),$$

ёки баҳоларни нормаллаштириш учун:

$$\Gamma_u(S) = \frac{1}{N} \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S).$$

**6. А алгоритми учун ҳал қилувчи қоида.** Ушбу якуний босқичда синфларга берилган  $\Gamma_u(S)$  ( $u = 1, 2, \dots, l$ ) овозлар орқали  $S$  объектни қайси синфга тегишлилиги қуйидаги формулалар кўринишида аниқланади:

$$F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = u, \quad 1 \leq u \leq l$$

$$F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, & \text{агар } \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1 \\ 0, & \text{қолган барча ҳолатларда} \end{cases}$$

$$F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, & \text{агар, } \begin{cases} 1^0 \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1 \\ 2^0 \frac{\Gamma_u(S)}{\sum_{j=1}^l \Gamma_j(S)} \geq \delta_2 \end{cases} \\ 0, & 1^0 \text{ ёки } 2^0 \text{ шартлардан бири бажарилмаса} \end{cases}$$

Юқорида БХАнинг 6-босқичли классик кўриниши келтирилди [42]. Академик Ю.И.Журавлев томонидан аниқланган ушбу классик БХА устида кўплаб илмий ишлар қилинган бўлсада, объектлар ҳақидаги ахборотларнинг норавшан қийматлар орқали тавсифланган ҳолатларда норавшан тўпламлардан фойдаланилмаган. Монографияда БХА босқичларида белгиларнинг норавшанлик ҳолатларига алоҳида эътибор қаратилади.

## **1.6. Тимсолларни аниқлашда норавшан тўпламлар назариясига асосланган усуллар таҳлили**

Реал соҳа объектларини компьютер технологиялари орқали тавсифлаш энг мураккаб масалалардан ҳисобланиб, ҳанузгача соҳа мутахассислари объект моделини қуриш орқали унинг реал ҳолатини етарли даражада ифодалаш, тавсифлаш масалалари устида иш юритиб келадилар.

Инсон фикрлаш, мулоҳаза юритиш, қиёслай олиш қобилиятлари орқали маълум соҳадаги объектларни бошқа турдаги объектлардан фарқлай олади. Унинг вазифалари интеллекталлаштирилган техник тизимларга юклатилаётган бир вақтда амалий математиканинг бир қатор илмий йўналишлари, жумладан алгоритмизация, математик моделлаштириш, математик

статистика, тимсолларни аниқлаш, сунъий интеллект, маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш каби йўналишларни норавшан тўпламлар назарияси, эволюцион алгоритмлар, нейрон тўрлар сингари “юмшоқ ҳисоблаш” усуллари ёрдамида такомиллаштириш бугунги куннинг долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Баъзи амалий масалаларда бир жинсли объектлар турли типдаги *таснифий белгилар* фазоси орқали ифодаланади. Турли типли белгилар асосан, миқдорий ва миқдорий бўлмаган (сифатий) кўринишда бўлади. Уларга мантикий қийматлар, бутун ёки ҳақиқий сонлар, дискрет ёки узлуксиз миқдорлар, символлар, сўз ёки жумлалар ва ҳ.к.ларни мисол келтириш мумкин.

Маълумотларни таҳлил қилувчи классик усулларда объектларни тавсифловчи белгилар аксарият ҳолларда миқдорий кўринишда ифодаланар эди. Миқдорий белгили объектларни таҳлил қилиш ишлари математик амаллар, ифодалар ва функциялар ёрдамида осонгина бажариш мумкин бўлсада, реал объектнинг баъзи белгилари қийматларини конкрет аниқлаш имкони бўлмаган ҳолатларда нотўғри қарорлар қабул қилиш ҳолатларининг юзага келиши табиий. Объектнинг миқдорий белгиларини тўғри ўлчаш ва аниқлаш унинг реал моделини акс эттиришда муҳим омил ҳисобланади.

Аксарият ҳолларда объектнинг белгилари аниқ миқдорий қийматлар билан эмас, балки сифатий қийматлар билан ифодаланади. Бугунги кунда сифатий белгилардан ҳисобланган сўзлар, жумлалар орқали тавсифланадиган норавшан тўпламлар назарияси (Fuzzy sets theory) ривожланиб бормоқда. Норавшан тўпламлар назарияси (НТН) тушунчаси дастлаб АҚШнинг Беркли университети олими Л.Заде томонидан киритилган. Унда НТН жараён, ҳолат, предмет ва объектларни инсон томонидан ифодаланишида норавшан ва тахминий фикрларнинг мавжудлигини асослайди [9,10].

Сўнгги йилларда амалий масалаларни ечишда НТНдан фойдаланишнинг самарадорлиги кўпгина тадқиқотчиларни ўзига жалб этмоқда. Шундай бўлсада, объектларни НТ орқали ифодаланиши ҳамда норавшан маълумотларни таҳлиллашнинг ўта мураккаблиги унинг ривожланишига катта тўсқинлик қилади. Предмет соҳанинг малакали мутахассислари кўмагида бундай

мураккабликларни бартараф этиш ҳамда НТН ёрдамида равшан усулларни ривожлантириш долзарб ҳисобланади.

Норавшан тўпламлар иловаларида реал объект ҳолатини ифодалашда инсон ҳар доим ҳам тўлиқ жавоб бериш ва таснифлашни амалга ошира олмайди, шунингдек берилган масаланинг дастлабки маълумотлари тўлиқ бўлмаган ҳамда сонли эмас, балки лингвистик кўринишда берилган ҳолларда норавшан тўпламлар назариясига мурожаат қилинади. Ушбу назария анъанавий классик математикани тўлдириш мақсадида юзага келган.

Норавшан тўпламни таниб олиш соҳасида қўлланилиши Бельман (Bellman) ва бошқалар томонидан икки масала – абстрактлаштириш ва умумлаштиришни ҳал этиш орқали 1966 йилдан бошланган [113]. Бу икки тамойил Марр (Marx, 1982) ва Келлер (Keller, 1995)нинг тамойиллари орқали тимсолларни аниқлашда норавшан тўплам аҳамиятини юқори даражага кўтаришда муҳим рол ўйнади. НТНга асосланган тимсолларни аниқлаш тизимларида инсоннинг фикрлаш жараёнига мувофиқлаштиришни кенг ва чуқур тадқиқ этиш мақсадга мувофиқ бўлади.

НТНнинг ривожланишини уч даврга ажратиб кўрсатиш мумкин. *Биринчи давр* (60-йилларнинг охири – 70-йилларнинг бошлари) норавшан тўпламлар назарий аппаратининг ривожланиши билан тавсифланади (Л. Заде, Э. Мамдани, Беллман) [112]. *Иккинчи даврда* (70-80-йиллар) мураккаб техник тизимларни норавшан бошқариш соҳасидаги дастлабки амалий натижалар пайдо бўлди (норавшан бошқарувли буғда ишловчи генератори). Шу билан бир вақтда норавшан мантиқ асосида эксперт тизимларни қуриш, норавшан назоратчиларни ишлаб чиқиш масалаларига катта эътибор қаратила бошланди. Қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлаш учун норавшан эксперт тизимлар тиббиёт, иқтисодиёт ва техникавий ташхисда кенг қўлланила бошланди [113].

Ва ниҳоят 80-йилларнинг охиридан бошланган ва ҳозирда ҳам давом этаётган *учинчи даврда* норавшан эксперт тизимларни қуриш учун дастурлар мажмуалари пайдо бўлмоқда, норавшан мантиқнинг қўлланилиши соҳалари эса сезиларли равишда кенгаймоқда. У автомобил, аэрокосмик ва транспорт саноатида, маиший техника маҳсулотлари соҳасида, молия соҳасида, бошқарув

қарорларини таҳлил қилиш ҳамда қабул қилиш ва бошқа кўпгина соҳаларда қўлланилади.

Норавшан мантиқ назарияси ўзининг иккинчи туғилишини XX асрнинг 80 йилларида бошидан ўтказди, у пайтда бир нечта тадқиқотчилар гуруҳи (асосан АҚШ ва Японияда) норавшан бошқарув алгоритмларини қўлловчи ҳар хил мақсадларга йўналтирилган электрон тизимларни яратишга жиддий киришдилар. Ушбу ҳаракатлар учун назарий асосларига Б.Косконинг норавшан мантиққа оид, Д.Дюбуа ва А.Праданинг имкониятлар назариясига оид, Р.Ягернинг норавшан операторлар назариясига оид, М.Сугенонинг норавшан ўлчов ва норавшан интегралларга оид, Е.Мамдани ва Е.Санчеснинг норавшан муносабатлар назариясига оид ишларида замин яратилди [109].

1982 йили Холмблад ва Остергад (Holmbland and Osregaad) биринчи саноатга оид норавшан ҳисоблагични ишлаб чиқишган бўлиб, у Даниядаги заводларнинг бошқарувларидан бирида қўлланилган.

“Агар-у ҳолда” норавшан лингвистик қоидаларга асосланган биринчи саноат ҳисоблагичининг муваффақияти математиклар ва инженерлар ўртасида норавшан тўпламлар назариясига катта қизиқиш уйғотди. Бир оз вақтдан сўнг Барт Коско (Bart Kosko) томонидан норавшан аппроксимация теоремаси (Fuzzy Approximation Theorem) исботланган бўлиб, унга кўра ҳар қандай математик тизим норавшан мантиққа асосланган тизим орқали аппроксимацияланиши мумкин. Бошқача сўз билан айтганда, табиий тилдаги “Агар-у ҳолда” кўринишидаги мулоҳазалар-қоидалар, уларнинг норавшан тўпламлар назарияси воситалари ёрдамида келгусидаги баёноти ёрдамида бошқарув ва идентификацияларда қўлланилган анъанавий дифференциал ва интеграл ҳисоблашларнинг мураккаб аппаратидан фойдаланмасдан туриб, ихтиёрий “киришлар-чиқиш” боғланишни хоҳлаган даражада аниқ акслантириш мумкин.

Норавшан тўпламларга асосланган тизимлар технологик жараёнларни бошқариш, транспортни бошқариш, тиббий ташхис, техник ташхис, молиявий менежмент, биржавий башорат, тасвирларни аниқлаш каби соҳаларда ишлаб чиқилган ва қўлланилган. Норавшан мантиқий чиқариш тизимларини ишлаб чиқишга оид амалий тажриба уларни лойиҳалаштиришга кетган вақт ва харажатлар анъанавий математик аппаратдан фойдаланишга

нисбатан анча кам эканлиги тўғрисида далолат беради, жумладан бунда моделларнинг зарурий даражадаги ишчанлигига ва шаффофлигига эришилади.

Сўнги йилларда НТН маиший техникаларда, авиасозликда, автомобилсозлик, работотехникада, электроника ва бошқа ишлаб чиқариш соҳаларида жадал суръатларда фойдаланилмоқда.

Мураккаб бўлган тизимлар оддий тизимларга нисбатан аниқ ахборотлар бериш билан бирга уларнинг характери ҳақидаги муҳокаманинг амалий мазмуни мавжуд бўлади. Қандайдир бўсағани оширувчи мураккабликка эга бўлган тизимлар учун даража, аниқлик ва мазмун тушунчалари инкор этилади.

Таснифлаш масалаларини ечишда норавшан тўпламлар назарияси элементларини (норавшан ёндашувларни) қўллаш мумкинлиги ва афзалликларини норавшан тўпламлар назарияси асосчиси Лутфи Заде исботлаб берган [8].

Ҳозирги кунда норавшан ёндашувлар ёрдамида таснифлаш юзасидан бир қатор илмий изланишлар амалга оширилмоқда, хусусан, уларнинг аксарияти норавшан  $k$  -ўртача, норавшан нейрон тўрлари, генетик алгоритмларнинг норавшан моделларда қўлланилиши, норавшан дарахт кабиларни келтириш мумкин. Норавшан  $k$  - ўртача борасида қилинган дастлабки тадқиқот иши сифатида [64]ни олиш мумкин. Унда полимер моддалар намуналарини инфра қизил спектрлар ёрдамида аниқлаб олиш усули келтирилган бўлиб, тоза полимер ва аралашган полимерларни ажратиш масаласини ечиш муваффақиятли амалга оширилган.

Норавшан моделларни яна бир кенг тарқалган вакили бу нейро-норавшан ёндашув ҳисобланади. [5] ишда нейро-норавшан тизим билан боғлиқ бўлган классификация усули таклиф этилган. Унда норавшан тўплам ва норавшан қоидаларни аниқлаб олиш учун локал ўқитиш стратегиясидан фойдаланилган. Нейро-норавшан ёндашувнинг ишлатилиши норавшан созлагич ва норавшан классификаторларнинг иш самарадорлигини ошириш мақсадида қўлланилган. Ушбу ишда классификация масаласини ечиш учун норавшан қоидаларни ўқитиш усули ишлаб чиқилиб, унинг ёрдамида тегишлилик функцияси параметрларини ўзгартириш оркали норавшан қоидаларни ўқув маълумотларидан тезда чиқиши ва шу билан бирга аниқликни камайтирмасликка



эришиш кўрсатиб берилган. Ушбу алгоритм ҳам эвристик алгоритмлар жумласига киради.

Қараб ўтилган норавшан ёндашувли алгоритмларда модел самарадорлигини ошириш учун турли кўринишдаги “юмшоқ” ёндашувли ҳисоблаш комбинациялари ва аралашмасидан фойдаланиш мақсадга мувофиқлиги кўрилган.

Бундай ишланмалардан олинган натижаларга таянган ҳолда детерминаллашган алгоритм ҳисобланган БҲАни янги модификациясини комбинацияланган кўринишда ишлаб чиқиш мақсадга мувофиқ деб ҳисоблаймиз. Бунинг учун БҲА тузилмасида норавшан ёндашув элементларини қўллаш орқали алгоритм иш самарадорлигини ошириш ёндашуви таклиф этилади. Мазкур ёндашувда БҲА яқинлик функцияси қийматларини аниқлашда НТНнинг тегишлилик функциясидан фойдаланиш асос бўлади.

Энди норавшан тўпламлар назариясига оид баъзи тушунчалар, тавсифлар ҳақида келтирилади.

*Норавшан тўплам* –  $U$  универсал тўпламнинг  $X$  қисм тўплами ҳисобланиб, унга тегишлилик даражаси  $\mu(x)$  орқали ифодаланади.

Ишлаб чиқарилаётган техник қурилмалар ва яратилаётган дастурий маҳсулотларда объектларнинг сифатий миқдорлар (сўзлар, жумлалар, лингвистик термлар, ҳар хил белгиланишлар) орқали ифодаланиши ва уларни интеллектуал таҳлил қилиш учун объектлар орасида таҳлиллаш, қиёслаш, ажратиш, вазифалари амалга оширилади. НТНда бу вазифа тегишлилик функцияси (Membership Function) деб номланувчи тушунча орқали амалга оширилади. Тегишлилик функцияси (ТФ)  $\mu_A(x)$  кўринишида ёзилади ва  $x$  элементнинг  $A$  норавшан тўпламга тегишлилик даражасини  $[0, 1]$  оралиқдаги қийматлар орқали ифодалайди. Бу ерда  $A$  норавшан тўпламни қуйидаги кўринишдаги жуфтликлар орқали ифодлалаш мумкин:

$$A = \{\mu_A(x)/x\}, \mu_A(x) \in [0, 1],$$

бу ерда  $\mu_A(x)$  функциянинг 0 қиймати тўпламга тегишлиликнинг мавжуд эмаслигини, 1 қиймати эса тўла тегишлиликни билдиради.

*Масаланинг қўйилиши.* Юқоридаги параграфларда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ҳамда тимсолларни аниқлаш усул ва алгоритмлари тизимли таҳлил этилди. Таҳлилларда ишнинг асосини ташкил этувчи таснифлаш масаласини ҳал этиш самарадорлигини ошириш йўлида кенг илмий изланишлар олиб борилаётганлиги кўрсатилди. Мазкур тадқиқот

ишида юқоридагиларни эътиборга олган ҳолда таниб олиш масалаларини ҳал этиш учун БҲА модели ёрдамида таниб олиш самарадорлигини оширишга хизмат қилувчи ёндашувларни киритиш мақсад қилиб олинди.

- Белгилар фазоси турли типли бўлса, унда қиёсланаётган объектлар мос белгиларининг “ўхшашлиги” ёки “ўхшаш эмаслиги”ни аниқлаш учун  $\rho_i(x_{ij}, x_{iq})$  элементар мантиқий классификаторларни куриш;
- норавшан тўпламли белгиларда  $\rho_i$  элементар мантиқий классификаторнинг коррект қийматини олиш учун мувофиқ келувчи  $\mu_A(x_i)$  ( $A \subseteq K_u$ ) тегишлилик функциясини куриш;
- норавшан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланилган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг якуний модификацион тузилмасини ишлаб чиқиш;
- БҲАнинг классик ва модификацияланган версиялари бўйича самарадорликни  $\Psi(A, A') = (\varphi(A), \varphi(A'))$  аниқлаш алгоритминини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот ишининг дастлабки таҳлилий бобида илмий йўналиш муаммолари ва уни бартараф этишга бағишланган таҳлилий фикрлар ўрин олган. Келтирилган назарий ва тизимли таҳлиллар асосида қуйидаги натижаларга эришилди:

1. Объектлар ҳақидаги ахборотларга эга бўлишда муаммоли ҳолатлар таҳлил қилинди;
2. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллашнинг ривожланиш босқичлари, масалалари ва усуллари ҳамда унда тимсолларни аниқлаш йўналишининг ўрни ҳақида таҳлиллар келтирилди;
3. Қисмий прецедентликка асосланган БҲА синфида НТНдан фойдаланиш афзалликлари очиб берилди;
4. Тадқиқот ишининг масаласи қўйилди ва уни ечиш учун вазифалар шакллантирилди.

## II БОБ. ҚИСМИЙ ПРЕЦЕДЕНТЛИККА АСОСЛАНГАН АЛГОРИТМЛАРДА ПАРАМЕТРЛАШТИРИШ МАСАЛАЛАРИ

### 2.1. Тимсолларни аниқлашда асосий тушунчалар ва белгиланишлар

Таниб олиш соҳасининг прецедентлик ва қисмий прецедентлик тамойилларига асосланган усуллар учун дастлабки маълумотлар сифатида фақатгина объектлар, предметлар, ҳолатлар ва жараёнлар (прецедентлар танланмаси)нинг тавсифий-кузатув жамланмаси тўпламидан фойдаланади. Бунда ҳар бир алоҳида кузатув-прецедент вектор қийматлари кўринишида унинг алоҳида хосса-белгилари орқали ифода этилади. Ҳар бир вектор – объект сифатида қаралади.

**Бош тўплам ва унинг элементлари.** Турли предмет соҳанинг объектлар (жараёнлар, ҳолатлар, ҳодисалар, предметлар) маълум муддатда ўтказилган текширувлар, кузатувлар асосида жамланиб боради ва улар умумий ҳолда *бош тўпламни* ( $U$ ) ифодалайди.

Қўйилган масала учун бош тўпламдан ажратиб олинган объектлар тўпламига оид ҳал қилувчи қоида қурилади. Бундай объектлар тўплами *ўқув танланма* ( $M \in U$ ) ёки *назорат танланма* ( $D \in U$ ) бўлиши мумкин.

Танланмаларнинг ҳажми уларни ташкил қилувчи объектлар сонига боғлиқ бўлади, ўлчови эса шу объектларнинг белгилари сонини билдиради.

**Ўқув танланма.** Тажрибавий-кузатувлар натижасида олинган объектлар жамланмасини ифода этувчи бош тўпламдан эталон жадвални ажратиб олиш учун мутахассисларнинг кўрсатма ва хулосалари асосида амалга оширилади. Ажратиб олинган жадвалнинг эталон бўлиши асосий хусусиятларидан бири – бу жадвалдаги бир синф объектлари ўз синфи объектларига жуда яқин ва бошқа синфлар объектларига эса жуда узоқ бўлишидир. Эталон жадвални ўқитиш жараёни асосида танланган таниб олиш алгоритми ва уларнинг параметрларининг оптимал қийматлари аниқланади.

Ўқув танланма  $M = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$  объектлари тўплами эталон бўлиш шартидан ўтказилади. Ўқитиш жараёнида ҳар бир эталон  $S_j$  объект фақат битта  $K_u$  синфга тегишли бўлишлиги текширилади.

Шунингдек, ўқув танланмадаги барча объектлар ўзаро “яқинликлари”, “ўхшашликлари” ҳисобига мантиқан бир-бирига ўхшамайдиган синфларга (гуруҳларга) ажратилган бўлади. Демак, ўқув танланмани синфлар кўринишадаги чекли қисм тўпламларга бўлинган деб қараймиз ва синфларни  $K_1, K_2, \dots, K_l: M = \bigcup_{i=1}^l K_i$  кўринишида ёзамиз. Ўқув танланмада синфларнинг ўзаро кесишмайдиган ҳолати қаралади, яъни  $K_u \cap K_q = \emptyset, u, q = \overline{1, l}$ . Баъзи амалий масалаларда синфларнинг ўзаро кесишишини ҳам кузатиш мумкин бўлади. Бундай ҳолатларда алгоритмни амалий масалага сошлаш талаб этилади. Синфлар ҳақидаги ахборотлар  $I_0(K_1), \dots, I_0(K_l)$  ва объектлар ҳақида ахборотлар  $I(S_1), \dots, I(S_m)$  кўринишда ифодаланади.

Тимсолларни аниқлашда “ўқитувчи” ёрдамида таснифлаш масалаларини ҳал этиш прецедентли ўқув танланма (эталонлар) жадвалида келтирилган объектлар тўплами асосида амалга оширилади (2.1-жадвалга қаранг). Бу тамойилда таниб олинаётган  $S$  объект ўқув танланма жадвалидаги ҳар бир  $S_j$  объект билан барча  $n$  белгилари бўйича яқинлигини аниқлаш амалга оширилади.

**Прецедент** – аввал содир бўлган бирор воқеа, ҳодиса ёки жараённинг айнан шу турдаги ҳолатларига намуна бўла оладиган кўринишда акс эттирилиши тушинилади. Бу ерда таниб олинаётган тимсол прецедент-намунанинг барча тимсоллари билан ўзаро қиёсланиши ва унинг қайси прецедент синфига “яқинлиги” даражасини аниқлаш, ғояси ётади. Тимсолларни аниқлашда прецедентлар жадвалидан асосан “ўқитувчи ёрдамида” ўқитиш яъни таснифлаш масалаларида ўқув (эталон) жадвал сифатида фойдаланилади.

Одатда, ҳар бир объект ўзига хос белгилар тўплами билан тавсифланади. Белгилар сифатида объектнинг турли хил хусусиятларини тавсифловчи микдорий, сифат кўрсаткичлари, баъзан функционал боғлиқликни олиш мумкин. Одатда, объектлар белгилари қийматларининг микдорий кўринишларидан фойдаланилади. Бунинг асосий сабаби уларни ҳисоблаш техникалари ёрдамида таҳлил қилишни осонлаштиришдир.

Ўқув танланма объектлари  $n$ -ўлчовли белгилар билан характерланади ва улар  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}), x_{ij} \in X_i, X_i \in X, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$  кўринишда ёзилади. Бу ерда  $n$  - белгилари сони,  $m$  – эса ўқув танланмадаги объектлар сони.

Объектларни характерловчи белгилар тўплами  $x_{ij} \in X_i, i = \overline{1, n}$ , турли алифбодан олиниши мумкин. Белгилар бинар, натурал, ҳақиқий, лингвистик ва бошқа кўринишда бўлиши мумкин. БҲАда объектни тавсифловчи белгилар фақат метрик (орасидаги масофалари ўлчанадиган) фазодан олингандагина  $\varepsilon_i$  –бўсағалардан фойдаланилади.

2.1-жадвал. Стандарт ўқув танланманинг формал кўриниши

	$X_1$	...	$X_n$	Синфлар
$S_1$	$x_{11}$	...	$x_{n1}$	$K_1$
...	...	...	...	
$S_{m_1}$	$x_{1m_1}$	...	$x_{nm_1}$	
...	...	...	...	...
$S_{m_{l-1}+1}$	$x_{1 m_{l-1}+1}$	...	$x_{n m_{l-1}+1}$	$K_l$
...	...	...	...	
$S_m$	$x_{1m}$	...	$x_{nm}$	

2.1-жадвалдан кўришиб турибдики,  $S_1, \dots, S_{m_1}$  объектлари  $K_1$  синфга,  $S_{m_{j-1}+1}, \dots, S_{m_j}$  объектлари  $K_j$  синфга ва ниҳоят  $S_{m_{l-1}+1}, \dots, S_m$  объектлари  $K_l$  синфга тегишли бўлади.

Қисмий прецедентлик тамойилида эса бу объектларнинг яқинлиги белгиларнинг  $k$  ( $1 \leq k < n$ ) қисми бўйича аниқланади. Бу икки тамойилда ҳам табиий, эвристик ғоялар асосида олинган [42].

**Қисмий прецедентлик** тушунчаси – тимсолларни аниқлашда прецедент сифатида келтирилган ахборотларни бир-бири билан қиёслаш жараёнини уларнинг белгилар фазосининг турли қисмлари бўйича амалга ошириш тушунилади.

Стандарт ўқув танланмасининг қисми.  $S_1, \dots, S_m$  объектлар тўпламидан  $S_{i_1}, \dots, S_{i_k}$  қисм тўплам ажратилган бўлсин. Мос равишда  $1, 2, \dots, n$  белгилар тизимида белгиларнинг қисм тўплами  $u_1, \dots, u_t$  ажратилади.

$I_0(K_1, \dots, K_l)$  да фақат  $I(S_{i_1}), \dots, I(S_{i_k})$  тавсифларни қолдирамиз, бу тавсифларда эса фақат –  $u_1, \dots, u_t$  рақамли координаталарда бўлади. Информацион вектор ўзгаришсиз қолади. Олинган бундай кўринишдаги информация **стандарт информация** деб аталади. Бундан кўринадикки, стандарт информациянинг қисми ҳам стандарт информация бўлади.

Стандарт информацияларнинг ташкил этилиши таниб олишда махсус шаблонларни шакллантирилишига олиб келади.

**Назорат танланма.** Бош тўпланда синфлари номалум бўлган объектлар тўплами ажратиб олинса, бундай объектлар тўплами **назорат танланма** (таснифланиши лозим бўлган) жадвалини ташкил этади (2.2 жадвалга қаранг).

Одатда, таснифлаш масалаларида ҳал қилувчи қонидани аниқлаш жуда катта ҳажмда ҳисоблашлар ўтказишни талаб қилади. Бундай ҳисоблашлар ҳозирги замон компьютерларида ҳам сезиларли даражада ортиқча вақт сарфланиши муаммосини пайдо қилади. Албатта, ҳисоблашларга сарфланадиган машина вақти ўқув танланмаси ҳажми ва ўлчовига полиномиал равишда боғлиқ бўлади. Ҳажм ва ўлчовлар катта бўлиши кўрсатилган сарф-харажатларни ҳамда қийинчиликларни ортишига сабаб бўлади.

2.2-жадвал. Назорат танланманинг кўриниши

	$X_1$	...	$X_n$	Синфлар
$S_1$	$x_{11}$	...	$x_{n1}$	-
$S_2$	$x_{12}$	...	$x_{n2}$	-
...	...	...	...	-
$S_g$	$x_{1g}$	...	$x_{ng}$	-

**Объектлар орасидаги яқинлик тушунчаси.** Таниб олиш масалаларининг асосий мақсади назорат танланма объектларини у ёки бу синфга тегишлилигини аниқлашдан иборатдир. Аксарият ҳолларда таниб олиш масалаларини ечишда метрик классификаторлардан фойдаланиб келинган. Уларга  $k$ -яқин қўшнилар, потенциал функциялар, ажратувчи функциялар, ечимлар дарахти, баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари (БҲА) ва ҳ.к. Бу усулларда объектлар орасидаги яқинликни аниқлаш учун масофа (яқинлик, ўхшашлик) функциялари (метрика) тушунчаси киритилган.

Амалиётда таниб олиш муаммоларини ечиш мобайнида объектларни ўзаро ўхшашлигини қиёслаш уларнинг белгилари орасидаги яқинлик муносабатларини аниқлаш орқали амалга оширилади. Бу белгининг хусусиятига кўра турли хил метрикаларни қўллаш мумкин. Таниб олиш тизимларида миқдорий

белгилар учун евклид, минков, хэмминг, хаусдорф ва х.к. метрикалардан фойдаланилади [75].

Метрика асосан,  $S_j$  ва  $S_q$  объектларнинг мос миқдорий белгилари орасидаги яқинлик муносабатлари орқали улар орасидаги масофа функцияси аниқланади. Бу масофа  $r(S_j, S_q)$  кўринишда белгиланади ва таниб олишда бу функция куйидаги шартларни қаноатлантириши зарур:

$$r(S_j, S_q) = 0 \Leftrightarrow S_j = S_q \text{ (айниятлар аксиомаси);}$$

$$r(S_j, S_q) = r(S_q, S_j) \text{ (симметрия аксиомаси).}$$

Ўз навбатида масофа функцияси метриканинг барча аксиомаларини ҳам қаноатлантирмайди, масалан учбурчак аксиомаси бундан мустасно. Бу аксиомалар ораликларнинг мувофиқлик тушунчаларидан пайдо бўлади.

Одатда, таниб олинувчи объектларнинг белгилари асосида метрикаларни танлаш алгоритмини ишлаб чиқиш зарур бўлиб келган. Ҳар бир белгига ўзига хос бўлган метрикаларни қўллаш мумкин. Бу белгиларнинг қабул қилувчи қийматлар соҳасига боғлиқ бўлади. Объектлар белгиларининг миқдорий қийматлари учун мос метрикалардан бирини танлаш алгоритми [57,75] да батафсил ёритилган.

Юқорида метрик белгилар фазоси учун метриканинг қўлланилиши ҳақида фикр юритилди. Метрик бўлмаган фазода объектлар орасидаги масофа тушунчасидан фойдаланиш ноўрин бўлиши мумкин.

**Таниб олиш масаласи.** Объектларни таниб олишнинг асосий  $Z$  масаласи  $K_1, K_2, \dots, K_l$ ,  $I_0(K_1, \dots, K_l)$  синфлар ҳақидаги  $I_0$  информация ва фараз қилинган  $S$  объектнинг бирор бир  $I(S)$  тавсифи бўйича  $P_u(S)$  предикатларнинг қийматларини ҳисоблашдан иборатдир.  $P_u(S)$  предикат – “ $S \in K_u$ ”,  $u = 1, 2, \dots, l$  эканлиги баҳоси ҳисоблашда хизмат қилади.  $I_0$  информация ўқув танланма ва  $P_u(S)$  предикатларни эса *элементар предикатлар* деб аталади.

$Z$  масаланинг бошқача талқини куйидагича ифодаланади. Икки  $\{I_0\}$ ,  $\{I(S)\}$  тўпламлар берилган бўлсин. Улардан бири  $I_0(K_1, \dots, K_l)$  фараз қилинган ўқув танланмалар тўплами, иккинчиси фараз қилинган  $S \in M$  нинг  $I(S)$  тавсифлар тўпламидир.

**Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари.** БҲА тамойили – берилган белгилар тўпламидан ажратиб олинган қисм белгилар

тўплами бўйича таниб олинувчи ва эталон объектларининг ўзаро “яқинлиги”ни характерловчи баҳоларни ҳисоблашга асосланади [38].

Прецедентлар асосида таниб олишга мўлжаллаган алгоритмлар орқали таснифлаш масалаларини икки босқичда ҳал этилади [11,12]:

- биринчи босқич  $R_A$  - таниб олиш операторини шакллантириш;
- иккинчи босқич эса  $r_A$  - ҳал қилувчи қонидани куриш.

БХА синфида янги  $S$  объектни синфларга ажратиш жараёнида  $T_{nml}$  жадвал эталон жадвали (ўқитувчи ёрдамидаги алгоритм сифатида таъминланадиган қўшимча ахборот;  $K_1, K_2, \dots, K_l$  синфлари ҳақидаги дастлабки ўқув ахбороти алгоритми) ролида фойдаланилади. Агар қиёсланувчи объектларнинг яқинлиги баҳоларини ҳисоблаш қонидалари алгоритмнинг модели (таянч тўпламлар тизими – овоз берувчи жамланма деб аталадиган) танланса, бу ерда метрикани танлаш муҳим аҳамият касб этади, унда таниб олиш масаласи берилган  $S$  назорат объекти ва синфлар ҳақидаги ўқув ахборотга эга бўлган  $K_1, K_2, \dots, K_l$  синфлар жамланмаси ва бу назорат объектининг тавсифи орқали унинг синфларга берадиган миқдорий баҳолари ҳисобланади. Шундай қилиб,  $S$  объектнинг у ёки бу синфга тегишлилигини ифодаловчи сонли қаторлар  $\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)$  кўринишда курилади.

Бу параграфнинг якунида яна қуйидагиларни келтириш мумкин. БХА конструктив босқичлари вазифалари шуни кўрсатадики, уларни қўллаш самаралиги кўпгина ҳолларда  $\Gamma_u(S)$ ,  $u = \overline{1, l}$  баҳоларни, овозларни ҳисоблашга боғлиқ бўлади. Бу масалани муваффақиятли ҳал этишга қаратилган теоремалар баёни [38,42] манбаларда кенг ёритилган.

**Алгоритм.** Баҳоларни ҳисоблашнинг умумлашган алгоритмлари тўплами  $\{A\}$  кўринишда белгиланади ва унинг элементлари  $A_q \in \{A\}$  кўринишда ёзиб оламиз. Ундаги асосий масала  $\{A\}$  тўпламдан экстремал алгоритмни аниқлашдан иборатдир. Бу масалани ҳал этиш учун  $T_{nml}$  ўқув танланма объектларини қайта синфларга ажратиш жараёнини ўтказиш ва ҳар бир жараёнда  $A$  алгоритмнинг сифатини аниқлаб бориш билан боғлиқ. Таниб олинувчи объект синфини тўғри аниқлаб берувчи экстремал алгоритмни топиш назоратдаги объектларни синфларга ажратишдаги сарф-ҳаражатни камайтиришга олиб келади.



А алгоритмни ўқитиш жараёнида  $T_{nml}$  ўқув танланма объектлари битталаб ўқитишиши ёки ўқув танланманинг бир қисми (мас. 10%) назорат танланма сифатида олиниб, уларни ўқитиш орқали амалга ошириш мумкин.

Ҳар бир алгоритм таниб олинувчи  $S$  объект учун қуйидаги формал кўринишда берилади:

$$A(S) = (\alpha_1^A(S), \alpha_2^A(S), \dots, \alpha_l^A(S)), \alpha_u^A(S) \in \{0, 1, \Delta\}, i = 1, 2, \dots, l. \quad (2.1)$$

Бу ерда  $\alpha_u^A(S) = 1$  бўлса, алгоритм  $S$  объектни  $K_u$  синфга киритади,  $\alpha_u^A(S) = 0$  бўлса алгоритмнинг қарори “ $S$  объект  $K_u$  синфга тегишли эмас” бўлади,  $\alpha_u^A(S) = \Delta$  бўлганда эса, ушбу алгоритм  $S$  объектни  $K_u$  синфга нисбатан синфлаштиришни бекор қилади [41]. Қуйида алгоритмларнинг сифатини аниқлаб берувчи сифат функцияси ва уларни ташкил этувчи параметрлар ҳақида маълумотлар ҳамда умумлашган алгоритмларнинг параметрларини аниқлашга асосланган схемаси ва босқичлари келтирилади.

**Сифат функционали.**  $\{A\}$  тўпламнинг  $A_q \in \{A\}$  элементлари алгоритмлар,  $Z$  масалани ҳал этишга қаратилади [44].

$\{A\}$  тўпламнинг ҳар бир  $A$  алгоритми учун  $Z$  масалани ҳал этишнинг сифатини аниқлаш функционали мавжуд ва у  $\varphi_A(Z)$  кўринишда белгиланади,  $\varphi_A(Z) \geq 0$  бўлади.

$A \in \{A\}$  параметрли алгоритмнинг миқдорий  $\varphi(A)$  сифат функционали қийматлари топиш орқали, шундай  $A^* \in \{A\}$  алгоритмни аниқлаш талаб этиладики, у  $\varphi(A^*) = \text{extr}_{A \in \{A\}} \varphi(A)$  функционалнинг қиймати минимумга эришсин.

Агар  $\varphi(A)$  хатоликлар сонига нисбатан олинса  $\varphi(A) \rightarrow \min$ , ўқитиш сифати бўйича (фоизда) ифодаланса  $\varphi(A) \rightarrow \max$  бўлади.

Тимсолларни аниқлашнинг стандарт функционал сифати

$$\varphi(A) = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |\alpha_{ij} - \alpha_{ij}^A| \quad (2.2)$$

кўринишда ёзилади. Баъзи адабиётларда уни ҳисоблашнинг бошқа усуллари ҳам келтириб ўтилган [42,44].

А алгоритмни қуйидагича қуриш талаб этилади (2.3):

$$A(I_0(K_1, \dots, K_l), I(S)) = (\alpha_1^A(S), \dots, \alpha_l^A(S)), \quad (2.3)$$

бу ерда  $\alpha_u^A = P_u(S)$ ,  $u = 1, 2, \dots, l$  бўлади.

ёки, фараз қилинган объектлар йиғиндисига қўлланилиши бўйича,

$$A(I_0(K_1, \dots, K_l), I(S'_1), \dots, I(S'_q)) = \{\alpha_u^A(S'_j)\}_{q \times l}, \alpha_u^A(S'_j) = P_u(S'_j) \quad (2.4)$$

$$j = 1, 2, \dots, q, u = 1, 2, \dots, l.$$

Шунингдек  $Z$  масалани ечиш мобайнида  $A$  коррект бўлмаган алгоритм  $\alpha_j^A(S'_j) \in \{0, 1\}$  тарзида қаралади, аммо  $\alpha_j^A(S'_j) = P_j(S'_j)$  бўлиши шарт эмас. Энди  $S'_j$  учун  $P_j(S'_j)$ ,  $1 \leq j \leq l$  қийматини ҳисоблашни инкор этувчи алгоритмлар қаралади. Бу далилни қуйидагича белгиланади:  $\alpha_j^A(S'_j) = \Delta$ .

$Z$  масалани ечишда коррект бўлмаган алгоритмлар синфи бўйича  $A$  алгоритмда бир қатор қўшимча талабларни ўз ичига олади. Берилган  $\{A\}$  алгоритмлар тўплами қуйидагича бўлсин:

$$A(I_0(K_1, \dots, K_l), I(S)) = (\beta_1^A(S), \dots, \beta_l^A(S)), \beta_i^A(S) \in \{0, 1, \Delta\}. \quad (2.5)$$

Бундай  $\{A\}$  алгоритмлар тўпламида  $\varphi(A)$  миқдорий функционал –  $A$  алгоритмнинг функционал сифати ёки сифат функцияси деб юритилади.

Аниқлик киритилган асосий масала ( $Z$  масаласи): (2.5) да аниқланган алгоритмлар муҳитидан  $A^*$  алгоритмни қуйидагича топиш керак:

$$\varphi(A^*) = \sup_{A \in \{A\}} \varphi(A) \quad (2.6)$$

Кейинги параграфларда БХА ёрдамида таниб олиш масалаларини самарали ҳал этилиши учун зарурий ишланмалар келтирилади.

## 2.2. Объектларни тавсифловчи турли типли белгилар фазосида элементар мантиқий классификаторларни шакллантириш

Табий шароитда турли соҳага оид объектларни тавсифлаш, идентификациялаш каби масалалар мураккаб шаклланивчи масалалардан ҳисобланади. Бундай масалаларнинг мураккаблик сабабларидан бири объект белгиларини турли типли қийматлар билан ифодаланишидир. Уларга мисол сифатида мантиқий, бутун сонли, узлуксиз миқдорлар, сўзлар, жумлалар ва ҳ.к. кўринишдаги белгилар фазоси келтириш мумкин. Миқдорий кўринишдаги

маълумотлар устида МИТ масалаларини ечиш бўйича жуда кўплаб статистик ҳамда эвристик усуллар ва алгоритмлар ишлаб чиқилган.

МИТнинг таниб олиш масалаларини ечишда турли типли белгилар устида ишлашга мўлжалланган мукамал усулларга бўлган талаб ханузгача мавжуд. Бунга сабаб турли амалий соҳалар объектларини тадқиқ этишда вужудга келадиган мавҳум тушунчаларни бартараф этиш, реалликка, аниқликка интилишнинг мураккаблигини эътироф этиш мумкин. Тимсолларни аниқлаш (таснифлаш, кластерлаш) масалаларини ечишда медицина, геология, биология, иқтисодиёт ва бошқа амалий соҳаларда турли типли ахборотларни жуда кўп учратиш мумкин.

Амалий соҳаларда таниб олиш масалаларини ҳал этишда кўп йиллар давомида ўтказилган тажрибавий тадқиқотлар асосида олинган маълумотлар жадваллари келтирилади. Баъзан бундай тажрибавий жадвалларнинг маълумотларини таниб олишнинг классик усуллари ёрдамида таҳлил қилиш имконияти мавжуд эмас. Идеал шароитда объектнинг белгилари миқдорий ва сифатий кўринишдаги муайян қийматларга эга. Аммо ҳар қандай ўлчаш воситаси хатоликка эга. Шунинг учун амалда маълум бир белгининг реал қийматини аниқлаб олиш мушкул.

Объект белгиларида юз берадиган хатоликларни инобатга олган ҳолда, қуйидагиларни мисол сифатида келтириш мумкин:

- турли шкалаларда ўлчанадиган сифатий ҳам, миқдорий ҳам бўладиган белгилар;
- априор маълумотлардаги ноаниқликлар (белгининг қийматининг мавжуд бўлсамлиги, мантиқан нотўғри қийматларнинг мавжудлиги ва ҳ.к.);
- ҳалақитли ва такрорланувчи қийматлар мавжуд бўлган белгили объектларнинг тузилмаси ҳақида етарлича билимларга эга бўлмаслик;
- объект белгиларининг аниқланмаган қийматларининг мавжудлиги.

Аксарият ҳолларда объектлар тўпламидаг хатоликларни бартараф этиш учун тақрибий яқинлашиш усулларидан фойдаланиб, қандайдир аниқ миқдорий қийматлар аниқланган ҳамда таниб олиш масалаларини ечишда метрик классификаторлардан фойдаланиб келинган. Уларга  $k$ -яқин кўшнилар, потенциал функциялар, ажратувчи функциялар, ечимлар дарахти, баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари ва ҳ.к. Бу усулларда

объектлар орасидаги яқинликни аниқлаш учун масофа (яқинлик, ўхшашлик) функцияларидан (метрикасидан) фойдаланилади. Одатда БХА ҳам миқдорий кўринишда тақдим этилган объектларни таҳлил қилишга мўлжалланган.

Тадқиқ қилинаётган объектларни тавсифловчи белгилар қийматлари турли типли бўлганда таниб олиш усулларининг яқинлик функцияси қийматларини янада аниқ ҳисоблашга хизмат қилувчи элементар мантикий классификаторлар(ЭМК)дан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Объектлар белгилари қийматларини қиёслашда сонли (евклид ва хемминг) метрикаларидан фойдаланган бўлса, унга қўшимча равишда норавшан сонлар, лингвистик сўзлар, жумлалар кўринишидаги норавшан тўпламлар билан ифодаланган белгилар (норавшан белгилар) қийматларини ўзаро қиёслашда НТНдан фойдаланилади. Норавшан белгилар учун НТН элементларидан  $\mu$  тегишлилик функциялари қўлланилади.

Юқорида келтирилган ЭМК ҳақидаги мулоҳазаларни эътиборга олиб таснифлаш масаласи куйидагича қўйилади:

Бош тўплам ( $U$ ) таркибидан  $D$  ( $T_{nm}$ ) назорат танланма жадвали берилган бўлсин. Унинг қаторлари  $S_j$  объектларни, устунлари эса  $S_j$  объектларни характерловчи  $X_1, X_2, \dots, X_n$  турли типли белгилар мажмуасидан иборат ва  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$ ,  $x_{ij} \in X_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m_k}$  бўлсин.  $T_{nm}$  жадвал объектлари ўзаро “ўхшашлиги” (“яқинлиги”)га кўра гуруҳларга ажратиш (таснифлаш, кластерлаш ва башоратлаш) масаласи ишнинг асосий қисми ҳисобланади.

Объектларни жуфтлаб қиёслаш учун уларнинг ўзаро мос белгилари қиёсланади. Турли типли белгиларни қиёслаш учун  $\rho_i(x_{ij}, x_{iq})$ ,  $\rho_i \in D$  ЭМКларни куриш таклиф этилади.

Қаралаётган масалани тестлаш учун  $U$  тўпламдан  $M$  ( $T_{nml}$ ) кўринишидаги якуний ўқув танланма зарур бўлади. Ўқув танланма  $S_q = (\alpha_{1q}, \alpha_{2q}, \dots, \alpha_{nq})$ ,  $\alpha_{iq} \in X_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $q = \overline{1, m_e}$ , эталон объектлари аввалдан маълум  $K_1, K_2, \dots, K_l$  ( $K_u \cap K_g = \emptyset$ ,  $u \neq g$ ,  $u, g = \overline{1, l}$ ) синфларга қуйидаги кўринишда ажратилган бўлади:  $S_1, \dots, S_{m_1} \in K_1$ ;  $S_{m_1+1}, \dots, S_{m_2} \in K_2$ ;  $\dots$ ;  $S_{m_{l-1}+1}, \dots, S_{m_l} \in K_l$ ,  $m_l = m$ .

Турли типли белгилар билан берилган ўқув танланманинг эталон объектларини ўқитиш (қайта таснифлаш) жараёни орқали

шундай  $\rho_i$  ЭМКларни куриш керакки,  $T_{nml}$  ўқув танлангани ўқитишда самарадорлиги юқори бўлсин.

Энди турли типли белгиларда ЭМКнинг бир нечта кўринишлари келтирилади.

Бош тўпلامдан танлаб олинган ўқув ва назорат жадвалларида белгилар типлар бўйича гуруҳланади. Агар тип гуруҳларнинг сони  $t$  та бўлса, уларни  $Y_1, Y_2, \dots, Y_t$  кўринишда белгилаб олсак,  $\rho_i \rightarrow Y_\nu, i \geq \nu$  бўлади.  $\rho_i$  функциялар  $Y_\nu$  типли белгилар гуруҳининг тамойилларига мос равишда курилади.

БХАда белгиларнинг турли типда берилганда куриладиган  $\rho_i$  функцияларга баъзи мисоллар келтирилади:

а) Объект белгисининг қиймати икки элементдан иборат бўлса, улар дихотомик дейилади. Дихотомик белгилар қийматларини қиёслаш қуйидаги кўринишга бўлади:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x_{ij} = x_{iq} \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } x_{ij} \neq x_{iq} \text{ бўлса;} \end{cases} \quad (2.7)$$

б) агар белги миқдорий бўлиб, узлукли ва узлуксиз қийматлардан иборат бўлса, унда қиёслаш функцияси қуйидаги бўлади:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } |x_{ij} - x_{iq}| \leq \varepsilon_i \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } |x_{ij} - x_{iq}| > \varepsilon_i \text{ бўлса,} \end{cases} \quad (2.8)$$

бу ерда  $\varepsilon_i$  –  $i$ -миқдорий белги учун ўрнатилган бўсаға қиймати;

с) агар белги тартибланган тўпلامдан иборат бўлиб, унинг қиймати бирор  $\tilde{X}_i \in X_i$  қисм тўпلامда мавжуд бўлиши  $\rho_i$  функция орқали қуйидагича ёзилади:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x_{ij} \in \tilde{X}_i \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } x_{ij} \notin \tilde{X}_i \text{ бўлса;} \end{cases} \quad (2.9)$$

д) агар белги норавшан қийматлар, норавшан термлар ёки лингвистик катталиклар ёки  $A_1, A_2, \dots, A_t$  норавшан тўпلامлар орқали (масалан, баландликни: “қуйи”, “ўрта”, “юқори” ёки тезликни: “жуда секин”, “секин”, “ўртача”, “тез”, “жуда тез” ва ҳ.к.) ифодаланганда  $\rho_i$  қиёслаш функцияси  $\mu_{A_u}(x_{ij}), u = \overline{1, t}$  тегишлилик функциянинг натижасига асосан аниқланади [91]. Иккита норавшан

белгилар қийматларининг бир-бирига яқинлигини уларнинг мос равишда энг катта қиймат олувчи терм тўплари бир хиллиги билан аниқлаш мумкин:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \mu_{A_u}^*(x_{ij}) = \mu_{A_u}^*(x_{iq}) \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } \mu_{A_u}^*(x_{ij}) \neq \mu_{A_u}^*(x_{iq}) \text{ бўлса,} \end{cases} \quad (2.10)$$

бу ерда  $\mu_{A_u}^*(x_{ij}) = \max_{u=\overline{1,t}} \mu_{A_u}(x_{ij})$ ,  
 $\mu_{A_u}^*(x_{iq}) = \max_{u=\overline{1,t}} \mu_{A_u}(x_{iq})$ .

Белгиларни қиёслаш учун  $\rho_i$  функциянинг жуда кўплаб кўринишларини келтириш мумкин. Бундай турли типли белгилар амалий соҳа масалаларини тадқиқ этиш давомида аниқлаб борилади.

### 2.3. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари тузилмавий босқичларини шакллантириш

Ушбу параграфда БХАнинг ҳар бир параметрлардан фойдаланиш ҳолатлари ва натижавийлиги, тузилмаси келтирилади. Параметрларда мавжуд бўладиган норавшанлик ҳолатлари очиб берилади.

БХАнинг кўпгина моделларида сонли параметрларнинг (бўсағавий параметрлар ҳамда белгилар, синфлар, объектлар ва таянч тўпларнинг информацион салмоғини) оптимал қийматларини аниқлаш талаб этилади [4,57]. Уларни ҳисоблашдаги асосий ёндашув моделни ўқитиш ёки оптималлашдан иборат бўлади. Параметрларнинг энг яхши ёки оптимал қийматларини топиш учун таниб олиш сифатини оширишга хизмат қилувчи сифат функционали қийматларидан фойдаланилади.

БХА параметрлари қийматларини аниқлаш учун овозларни ҳисоблаб бориш ўқитишда амалга ошириладиган кўп ҳажмли циклик жараёнларни талаб этади. Бу ҳолат техник ва вақт сарф-ҳаражатларини ошишига олиб келади. Шу боис, алгоритмлар оиласида вужудга келадиган ортиқча сарф-ҳаражатни камайтиришга қаратилган ёндашувларни ишлаб чиқиш талаб этилади. Параметрлар қийматларини ҳисоблашга бўлган асосий ёндашув ўқитиш ёки оптималлаштириш жараёнига қаратилади ва

олинган натижалар таниб олиш сифатини юқори аниқликки эришишига хизмат қилиши лозим.

БҲА ёрдамида таниб олиш сифатини оширувчи параметрларни танлаш ва уларнинг қийматларини аниқловчи усуллар учун қуйидаги масалалар ҳал этилиши лозим:

- белгилар учун мос метрик ўлчовни танлаш;
- зарурий параметрларни аниқлаш;
- мавжуд параметрларнинг оптимал қийматларини топиш.

**БҲА параметрлари.** БҲАнинг барча параметрларини аниқлаш унинг  $b$  босқичида кетма-кет амалга оширилади. Ҳар бир босқичда қўлланиладиган параметрлар ва улардан алгоритмларда фойдаланиш тартиблари ҳақида сўз юритилади [42].

1-босқичда таянч тўпламлар тизимини шакллантириш бир неча кўринишларда амалга оширилиши мумкин.  $k$  параметри – таянч тўпламлар тизимида овоз берувчи белгилар сонини билдиради. Унинг энг оддий кўриниши  $k$  параметрининг фиксирланган қийматини аниқлашдир. Мураккаб кўринишлари  $1 < k < n$  бўлган ҳолларда акс этади. Энг тўғри алгоритм учун  $k$  нинг қийматини аниқлаш овозларнинг қийматларини ҳисоблаш қулайлигини яратади.

2-босқичда объектларнинг ҳар бир белгилари қийматлари бўйича яқинлик функцияси аниқлаш учун  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  бўсағалар киритилади. Уларни ўқув танланма ёрдамида ҳам турли усуллар орқали ҳисоблаш мумкин. Икки объектнинг қиёсланаётган белгиларидан ўзаро яқин бўлганларини аниқлаш ва бу олинган сон объектларни ўхшашлигини чегараловчи умумий  $\varepsilon$ -бўсаға қиймати киритилади. Бу босқичда умумий параметрлар сони  $n + 1$  га тенг бўлади.

3-босқичда фиксирланган таянч тўплам каторлари бўйича баҳоларни ҳисоблаш босқичида таянч тўпламнинг информацион салмоғи  $w_{\tilde{\omega}}$  ( $\tilde{\omega} \Leftrightarrow k$ ) ва объектнинг муҳимлик даражаси  $\gamma_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  параметрлари қўлланилади. А алгоритм бўйича таянч тўпламлар сони  $C_n^k$  га тенг.

4-босқичда фиксирланган  $\tilde{\omega}$ - қисм тўплам бўйича  $K_u$  синф баҳоларини ҳисоблаш босқичида  $r$  параметрни киритилади. У синфдаги объектларнинг  $\tilde{\omega}$ -қисм бўйича баҳолари йиғиндисига ўрнатиладиган бўсаға ҳисобланади.

5-босқичда таянч тўпламлар тизими бўйича  $K_u$  синфи бўйича баҳолар босқичида киритилган  $v_u$  параметри синфларнинг салмоғини ифодалайди. Унинг қиймати синфлардаги объектлар, белгиларнинг информатсион салмоғига боғлиқ бўлади.

6-босқичда ҳал қилувчи қоида босқичида  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  параметрлардан фойдаланилади. Улардан фойдаланиш синфларга ажратишнинг қатъийлигини оширади.

Юқорида келтирилган параметрларнинг умумий сони 2.3-жадвалда келтирилган:

2.3-жадвал. БХАнинг умумий параметрлари

БХА босқичлари	1	2	3	4	5	6
параметрлар номи	$k$	$\varepsilon, \varepsilon_i$	$p_i, w_{\tilde{\omega}} \gamma(S_j)$	$r$	$v_u$	$\delta_1, \delta_2$
параметрлар сони	1	$n+1$	$n+m$	1	$l$	2

БХАда 1-жадвалга кўра жами параметрлар сони  $2n + m + l + 5$  га тенг. Параметрлар иштирок этиш ёки этмаслигидан  $A_q$  алгоритмлар оиласи ташкил этилади ва у  $\{A_q(k, w_{\tilde{\omega}}, \varepsilon, \varepsilon_i, p_i, \gamma(S_j), r, v_u, \delta_1, \delta_2)\}$  кўринишда акс этади. Барча параметрлардан фойдаланиш таниб олиш сифатини оширишга хизмат қилиши мумкин, аммо дастурий ва техникавий воситалардан кўп амаллар бажариш ва кўп вақт сарфини талаб қилади. Бу эса уларнинг фойдалилик коэффициентининг пасайишига олиб келади. Шу боис, юқоридаги параметрлар сонини таниб олиш сифатига таъсир этмайдиган даражада камайтириш, яъни улардан зарурий ҳолларда фойдаланиш ёндашувларини ишлаб чиқиш мақсадга мувофиқдир.

Аксарият ҳолларда юқорида келтирилган параметрларнинг қийматлари соҳа мутахассисларининг мазмунан ёки эвристик мулоҳазалари орқали танланади, яъни кўпгина параметрлар қийматлари тажрибавий-табиий жараёнларда аниқлашиб боради. Баъзи ҳолларда эса, параметрлар қийматларини мос усуллар ёрдамида ҳисоблашга тўғри келади.

БХАда экстремал алгоритмни аниқлаш учун қуйидаги вазифалар ҳал этилиши лозим:

- таниб олиш сифатини максимумга эриштирувчи, параметрлари сони минимал бўлган алгоритмни аниқлаш;



- параметрни ҳисобловчи усуллардан фойдалисини аниқлаш;
- параметрларнинг ўзгариш оралиқлари бўйича энг мақбул қийматларини аниқлаш.

Юқоридаги вазифаларни амалга ошириш учун параметрларнинг дастлабки қийматларини аниқлаш керак бўлади. Ўқув танланмада жойлашган (синфи аввалдан маълум) объектларни ўқитиш жараёни амалга оширилади. Ўқув танланмани ўқитишда алгоритмни сифатини текшириш учун овозларни ҳисоблаш функцияси  $\Gamma_u(S_j)$  қийматларини топиш билан боғлиқ. [42]да бу функциясини аниқлаш учун бир нечта теоремалар келтирилган.

Энди БХА босқичларида келтирилган параметрлар ва уларни аниқлаш ҳақида сўз юритилади.

$k$  ва  $w_{\tilde{\omega}}$  параметри.  $k$  ( $1 \leq k \leq n$ ) параметри БХАда таянч тўпламлар тизимини шакллантиришда овоз берувчи белгиларнинг сонини ифодалайди. Параметрнинг овозларни ҳисоблашдаги энг яхши қийматини аниқлаш алгоритмнинг кейинги босқичларида ҳам муҳим ўрин тутди.

Қисмий прецедентлик тамойилида белгилар фазосининг қисмларидан фойдаланиб объектларнинг “ўхшашлиги” аниқланади. БХА да жадвалнинг  $\tilde{\omega}$ -қисми сифатида  $n$  узунликдаги барча  $\tilde{\omega}$  буль (қийматлари 0 ва 1 дан иборат) векторлар тўплами қаралади. Унинг барча 1 қийматли координаталари – шу тартиб рақамли белгиларни ажратиб олиб, қолганларини ташлаб юбориш тушунилади. Олинган жадвал  $T_{nm}$  жадвалининг  $\tilde{\omega}$ -қисми деб атаймиз. Янги жадвал қаторларини  $\tilde{\omega}S_1, \tilde{\omega}S_2, \dots, \tilde{\omega}S_m$  каби белгилаймиз.  $T_{nm}$  жадвалида бундай қисмларнинг максимал сони  $\sum_{k=1}^n C_n^k$  га тенг бўлади. Белгилар миқдорининг кўплиги алгоритмнинг операциялари сонининг кескин ортиб кетишига саба бўлади ва унинг ишлашини мураккаблаштиради. Бу операцияларни сонини камайтириш учун  $T_{nm}$  жадвали  $\tilde{\omega}$ -қисмининг информацион салмоғини аниқлаш ва синфлаштиришга таъсир этмайдиган қисмларидан фойдаланишга олиб келади.

Овозларни ҳисоблашда  $k$  параметрининг дастлабки қийматини 1 ва  $n$  сонига тенг деб киритиш дастлабки ҳисоблаш жараёнини енгиллаштиради, таниб олиш сифатини ошириш учун эса 2 дан  $n - 1$  гача бўлган яхши натижа берувчи қийматини топиш керак бўлади [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

$\varepsilon_i$  ва  $\varepsilon$  бўсағалар. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг муҳим параметрларидан бири  $\varepsilon$  - бўсағалар ҳисобланади. Уни гипершарларнинг радиуси ёки бир белгининг яқинлик фарқи сифатида қараш мумкин ва  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n, \varepsilon$  каби белгилаб олинади.  $\varepsilon$  - бўсағаларни ҳисоблашнинг жуда кўплаб усуллари мавжуд, уларнинг энг яхшисини танлаш эса таниб олиш аниқлигини оширишга хизмат қилади [50,57].

Иккинчи босқичда  $A$  алгоритмни аниқлаш  $\tilde{\omega}S_j$  ва  $\tilde{\omega}S_q$  қаторлар орасидаги яқинлик функцияси билан берилади. Бу функция  $r(\tilde{\omega}S_j, \tilde{\omega}S_q)$  орқали белгиланиб қаторларнинг мос қисмларини «ўхшашлик» даражаси ёки яқинлик функцияси деб юритилади. Белгилар мантиқий қийматларида  $\varepsilon_i = 0$  бўлади ва яқинлик функциясининг қиймати шундай белгиларнинг ўзаро тенг бўлишида 1 га, акс ҳолда 0 га тенг бўлади.

Белгиларнинг ихтиёрий қийматларида яқинлик функцияси куйидача аниқланади:

$$r(S_j, S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \tilde{\rho}(S_j, S_q) \leq \varepsilon \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } \tilde{\rho}(S_j, S_q) > \varepsilon \text{ бўлса,} \end{cases}$$

Объектлар ва уларнинг белгиларини “ўхшашлик” муносабатлари учун  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k, \varepsilon$  бўсағавий қийматлар киритилади.  $\tilde{\rho}(S_j, S_q)$  - куйидаги тенгсизликнинг бажарилмаганлари миқдорини аниқлайди:

$$|x_{1j} - x_{1q}| \leq \varepsilon_1, |x_{2j} - x_{2q}| \leq \varepsilon_2, \dots, |x_{kj} - x_{kq}| \leq \varepsilon_k.$$

$\tilde{\rho}(S_j, S_q)$  миқдорининг  $k$  га яқинлашиши объектларнинг ўзаро яқин эмаслигига олиб келади. Агар  $\varepsilon$  бўсағаси  $k$  координатаси етарлича яқинроқ бўлса, бундай қаторларнинг қисмлари ўхшаш ҳисобланади.

$\varepsilon_i$ -бўсағалар қийматларини ҳар ҳисоблашнинг усуллари ёрдамида аниқлаш мумкин ва улардан энг яхши усулни танлаш таниб олиш сифатини оширишга хизмат қилади.

$p_i, \gamma_j$  ва  $v_u$  параметрлари. Бу параметрлар  $T_{nml}$  эталон жадвалида акс этувчи  $n$  та белгиларнинг –  $p_i (i = \overline{1, n})$  информацион салмоғи,  $m$  та объектларнинг –  $\gamma_j (j = \overline{1, m})$  информацион салмоғи ва  $l$  та синфлари учун –  $v_u (u = \overline{1, l})$  информацион салмоғини ҳисоблаш учун киритилади. БХАда уларни кўп параметрли алгоритмларда

фойдаланилади. Информацион белгилар, объектлар ва синфлар овозларни ҳисоблаш жараёнида муҳим ўрин тутди. Уларнинг информацион қийматлари синфларга бериладиган овозлар миқдорини сезиларли кўпайишига ва таниб олиш сифатини оширишга хизмат қилади.

Дастлаб  $p_i$  параметрни ҳисоблаш талаб этилади ва унинг иштироки билан  $\gamma_j$  ва  $v_u$  параметрларини аниқлаш мумкин.  $p_i$  ва  $\gamma_j$  параметрини ҳисоблашда кўплаб усуллардан фойдаланиш мумкин. БҲА ёрдамида бу параметрларни ҳисоблаш алгоритм ишлаб чиқилган ва [38, 42] да кенг ёритилган.

$\delta_1$  ва  $\delta_2$  параметрлари. Ушбу параметрлар қарорлар қабул қилишда қўлланилади, яъни олинган  $\Gamma_u(S_j)$  ( $u = \overline{1, l}, j = \overline{1, m}$ ) овозларнинг қийматларини  $K_u$  синфдан бирига тегишлилигини аниқлашда ўрнатиладиган бўсағалар ҳисобланади. Бу параметрлар синфларнинг ўзаро чегараларини узоқлаштириб, уларга киритилувчи объектларнинг компактлигини оширади.

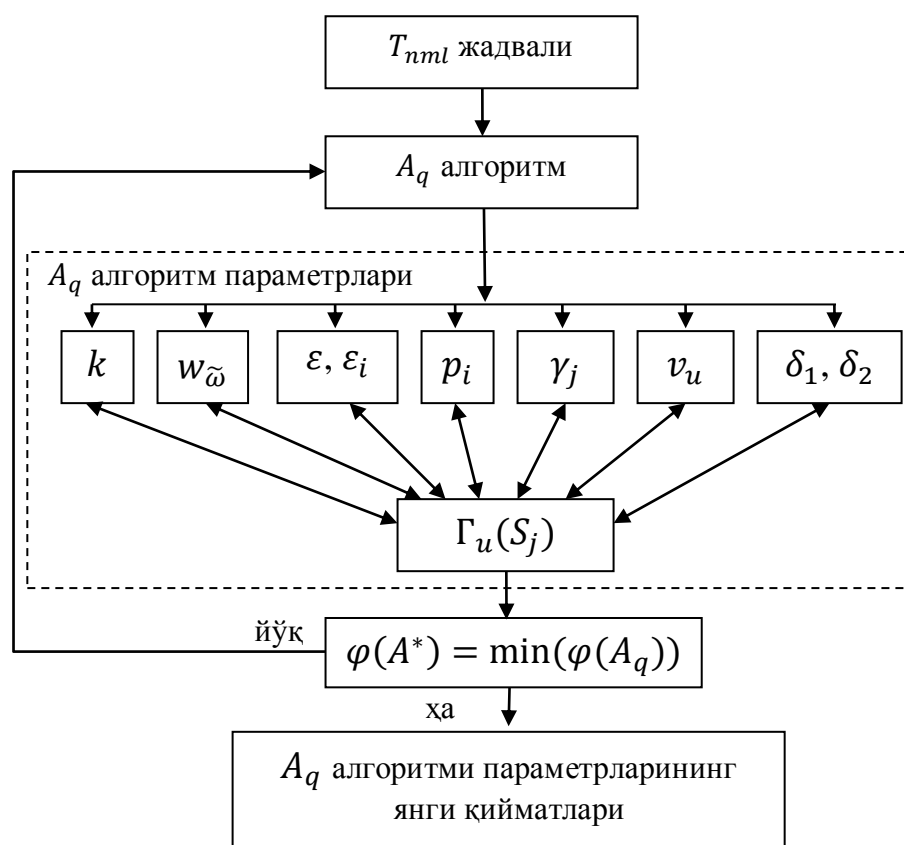
$S$  объектини синфга киритиш учун энг оддий қарор – бу  $\delta_1, \delta_2$  параметрларини иштирок этмаслигидир. Агар бу параметрлар алгоритмда иштирок этмаса, унда объектнинг синфларга берган энг катта овозига қараб синфга ажратилади.

Бу параметрларнинг қарор қабул қилишдаги иштироки синфларга ажратиш сифатини яхшилайти, яъни «эҳтиёткор» қарорларни қабул қилишни таъминлайди.

Бу параметрлар мутахассислар томонидан берилади. БҲАда  $\delta_1, \delta_2 \geq 0$  бўлиб,  $\delta_1$  – овозларнинг фарқини аниқловчи бўсаға сифатида бутун қийматларни қабул қилади.  $\delta_2$  эса синф бўйича жамланган овозларнинг шу синф объектлари нисбати учун ўрнатилган бўсаға ҳисобланади.

Бу босқич ўқув танланма объектларини текширувдан ўтказиш, мақбул параметрларни аниқлаш жараёнида амалга оширилади [38,40,42].

*Алгоритмни аниқлаш босқичлари.* Қуйида  $A$  алгоритмлар параметрларини аниқлаш схемаси келтирилган:



2.1-расм. Эталон жадвал асосида  $\varphi(A^*)$  алгоритми аниқлаш жараёни

Умумлашган алгоритм баҳоларни ҳисоблашга асосланган параметрли алгоритмлар тўпламида энг яхши алгоритмни аниқлаш жараёнидан иборат. 2.1-расм схемасида  $T_{nml}$  эталон жадвалини ўқитиш жараёни орқали алгоритмлар, уларнинг параметрлари ҳамда параметрларнинг мақбул қийматларини аниқлаш жараёни акс эттирилган. Қуйида бу жараённи бир неча босқичларда келтириб ўтилади.

Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини ташкил этиш учун иштирок этиши мўлжалланган параметрларни кетма-кет қўшган ҳолда уларнинг энг яхши қийматларини аниқлаб борилади. Алгоритмнинг таркибига янги параметрнинг қўшилиши бошқа алгоритмни вужудга келишига олиб келади. [42] да БХАнинг параметрлари сонига кўра уни “кам параметрли”, “ўрта параметрли” ва “кўп параметрли” моделлари келтирилган.

Дастлаб  $\{A\}$  алгоритмлар тўплами элементлари  $A_q \in \{A\}$  аниқланиши керак. Алгоритмларни параметрлар комбинациясидан ташкил этиш нотўғри. Агар алгоритмда бирор параметр

катнашмаса, ушбу параметрга бевосита боғлиқ бўлган бошқа параметрлардан ҳам фойдаланиб бўлмайди. Масалан,  $k$  параметридан сўнг  $w_{\omega}$ ни,  $p_i$  дан сўнг  $\gamma_j$  ҳамда  $v_u$  ларни ва х.к.

Алгоритмларни параметрлар орқали ташкил этиш босқичлари қуйидаги босқичларда аниқланади:

1-босқич. Алгоритмни аниқлашнинг дастлабки ҳолатида энг кам параметр иштирок этадиган алгоритм яъни  $A_1$  олинади. Баҳоларни ҳисоблаш учун дастлабки зарурий параметрлар сифатида  $k, \varepsilon, \varepsilon_i$  танлаб олинади. Агар  $i$ - белги бинар (0 ёки 1) қийматлардан иборат бўлса, у ҳолда  $\varepsilon_i = 0$  ёки  $\varepsilon_i$ - параметри алгоритмда қатнашмаслиги мумкин. Албатта, олинган параметрлар учун дастлабки қийматларни киритиш лозим, масалан:  $k = 1, \varepsilon = \frac{n}{2}$  ва  $\varepsilon_i = \frac{\max(X_i) - \min(X_i)}{2l}$ .

2-босқич.  $A_q$  алгоритмнинг берилган параметрлари қийматлари орқали  $\Gamma_u(S_j)$  ҳисобланади. Бу жараён БХАнинг олти босқичи ёрдамида амалга оширилади [42].

3-босқич.  $\Gamma_u(S_j)$  функцияси қийматларидан фойдаланиб,  $\varphi(A_q)$  сифат функциясининг қийматлари қуйидагича ҳисобланади:

$$\varphi(A_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } S_j^u \notin K_u \\ 0, & \text{агар } S_j^u \in K_u \\ 0,5, & \text{агар } S_j^u \notin K_u \text{ ва } S_j^u \notin K_g \end{cases}$$

бу ерда  $S_j^u$  –  $u$ -синфга тегишли объектлар,  $u, g = \overline{1, l}$  ( $m_0 = 0, m_l = l$ ). Дастлабки алгоритм учун  $\varphi(A_q)$  ҳисобланди. Агар  $A_q$  алгоритм сифат функцияси барча  $S_j$  объектларни ўз синфига тўғри ажратса, у ҳолда  $\varphi(A_q)$  бўлиб, бу алгоритм параметрлари ва уларнинг қийматлари тўғри танланган бўлади.

4-босқич. Бу алгоритмнинг параметр  $k$  ни аниқлаш 2 дан  $n$  гача бўлган қийматларида  $\varphi(A_q)$  сифат функциясининг қиймати минимумга эришса,  $k$  нинг қиймати фиксирланади.

5-босқич.  $\varepsilon$  қийматлари 1 дан  $k$  гача аниқликда олинishi мумкин.

6-босқич. 2-босқичда  $\varepsilon_i$  бўсағаларнинг дастлабки қийматларидан фойдаланилган бўлса, бу босқичда уларни аниқлаш учун мавжуд усуллардан фойдаланилади ва улардан энг яхши

натижага берган усул асосида олинган  $\varepsilon_i$  қийматлари фиксирланади.

7-босқич.  $A_q$  алгоритмда танланган параметрлари қийматлари аниқлангандан сўнг кейинги алгоритмларни аниқлаш жараёни давом этади. Масалан,  $A_{q+1}$  алгоритм учун  $A_q$  нинг параметрларига кўшимча  $\delta_1$  параметри кўшилади ва 2-босқичдан жорий босқичгача  $\varphi(A_{q+1})$  нинг қиймати ҳисобланади ва ҳ.к  $\delta_2, p_i, w_{\tilde{\omega}}, \gamma_j, \nu_u$  параметрлари янги алгоритмлар ташкил этиш учун кўшилиб бораверади. Кўшилган ҳар бир параметр учун дастлабки қиймат берилади ва барча  $A_{q+1}$  алгоритмлар учун  $\varphi(A_q)$  ҳисоблаб чиқилади.

8-босқич. Олинган  $\varphi(A_q)$  сифат функцияси қийматларидан  $\varphi(A^*) \rightarrow \min(\varphi(A_q))$  минимуми энг яхши алгоритмни аниқлаб беради. Бу эса  $T_{nml}$  эталон жадвали асосида параметрларнинг қийматлари аниқлаш масалани ҳал этиш учун  $A^*$  алгоритмидан назоратдаги объектларни синфга ажратишда фойдаланиш имконини яратади.

Юқорида келтирилган босқичлар ёрдамида умумлашган алгоритмлар қуриб олинди. Кўриниб турибдики, унинг баъзи босқичларида кўп ҳажмли циклик амаллар бажарилади ҳамда БҲА асосида таниб олиш тизимларининг функционал жараёнларини тартиблашга хизмат қилади. Параметрларнинг кетма-кетлиги ва қийматларини самарали танланиши ҳисоблаш амалларини камайтириш имкониятини яратади.

Кўйилган масалада умумлашган алгоритмларнинг ҳар бир босқичида ҳисобга олинган параметрларнинг оптимал қийматларини аниқлаш учун зарур бўлган турли ёндашувларни ишлаб чиқиш кейинги ишларда амалга оширилади.

#### **2.4. Қисмий прецедентлик асосида белгилар қисм тўпламини шакллантириш алгоритмини ишлаб чиқиш**

Қисмий прецедентлик тамойилига асосланган алгоритмлар синфидаги асосий ғоя –  $S$  таниб олинаётган объектни  $u$  ёки бу синфга тегишлилигини эталон объектларнинг кўп сонли “информатив” қисмлари билан шу объектнинг мос қисмларининг тахминий яқинлигини аниқлаш орқали амалга оширилади. БҲАда бундай мос қисмлари (танланган белгилар қисми) яқин деб топилса

1, акс ҳолда 0 қиймат берилади. Бу яқинлик (“овоз”) ўлчовлари синф эталонлари сони бўйича бир неча босқичларда йиғилади. Натижада  $S$  объектнинг  $K_u$  синфга берган баҳоси  $\Gamma_u(S)$  каби белгиланади ва у  $S$  объектнинг  $K_u$  синфга яқинлигининг эвристик даражаси дейилади. Объектнинг ҳар бир синфга берган баҳоларини ҳисоблагандан сўнг уни бўсағавий ҳал қилувчи қоида ёрдамида синфлардан бирига тегишлилигини аниқлаш амалга оширилади.

Бу ёндашув дастлаб тест алгоритми асосида таклиф этилган. Қуйида тест алгоритми ҳақида тавсифий маълумотлар келтирилади.

$T_{nml}$  жадвалининг тести унинг  $\{i_1, i_2, \dots, i_k\}$  устунлари йиғмасини англатади, яъни  $T_{nml}$  жадвалидан  $\{i_1, i_2, \dots, i_k\}$  рақамли устунлардан бошқа барча устунларининг ўчирилганидан кейин олинган  $T_{n-k, m, l}$  жадвалда турли синфларга тегишли барча жуфтликлар ўзаро фарқланиши лозим. Ажратилган  $\{i_1, i_2, \dots, i_k\}$  тестнинг бирорта ҳам қисми тест бўла олмаса, у ҳолда у берк тест деб аталади [44,76].

$T_{nml}$  жадвалининг  $\{\Omega\}$  тестлари тўплами  $\Omega = \{i_1, i_2, \dots, i_k\} \in \{\Omega\}$  кўринишида ёзиш мумкин. Ҳар бир тестда объектлар  $S_j = (x_{i_1j}, x_{i_2j}, \dots, x_{i_kj})$  ва таниб олинувчи объект  $S = (x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k})$  кўринишда ёзиб оламиз.  $T_{nml}$  жадвалининг барча  $S_j, j = \overline{1, m}$  объектларининг мос  $(x_{i_1j}, x_{i_2j}, \dots, x_{i_kj})$  қисмлари билан  $S$  янги назоратдаги объектнинг  $(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k})$  мос қисми ҳар бир  $K_u$  синф учун таққосланишлар сони  $j = m_{u-1} + 1, m_{u-1} + 2, \dots, m_u$  ( $u = 1, 2, \dots, l, m_0 = 0, m_l = m$ ) бўлади ва уни  $G_u(\Omega)$  деб белгилаймиз. Бу ерда  $S$  объектнинг  $K_u$  синфга берган овози  $\Gamma_u(S) = \frac{1}{m_u - m_{u-1}} \sum_{T \in \{T\}} G_u(\Omega)$  ёрдамида аниқланади.  $S$  объектнинг бирор синфга тегишлилиги турли ҳал қилувчи қоидалар асосида осонгина ҳал қилинади.

Бу ерда асосий муаммо қандай қилиб, юқорида келтирилган қисм тўпламлар бўйича овозлар қийматларини аниқлашда хизмат қилувчи белгиларнинг қисм тўпламларидан информатив бўлган қисм тўпламларни ажратиб олишдан иборат бўлади.

Тестлар ва берк тестлар белгиларнинг муҳимлик (информативлик) даражасини аниқлашда кенг фойдаланилади.  $i$ -белгининг муҳимлик даражаси  $p_i = \frac{N_i}{N}$  формула ёрдамида ифодаласак,  $N_i$  -  $T_{nml}$  жадвалнинг берк тестлари сони,  $N = |\{T\}|$  - жадвал берк тестларининг умумий сони. Муҳимлик миқдори

қанчалик катта бўлса, объектларни тавсифловчи  $i$ -белги шунчалик муҳим ҳисобланади.

БҲА нинг биринчи босқичи белгиларнинг қисм тизимлари тўпламини аниқлашдан иборат.  $A$  алгоритмнинг таянч тўпламлари тизими деб,  $\{1, 2, \dots, n\}$  тўпламнинг шундай  $\Omega_A$  қисм тўпламларига айтиладики, уларнинг элементлари  $\Omega = \{i_1, i_2, \dots, i_k\} \in \Omega_A$  бўлади. Ҳар бир  $\Omega = \{i_1, i_2, \dots, i_k\}$  қисм тўпламни мос равишда хусусий буль вектори  $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$  кўринишда ифодаб, ажратилган белгилар  $j$ -элементлари 1, яъни  $\omega_j = 1, j = i_1, i_2, \dots, i_k$ , қолганлари эса 0 қийматга тенг бўлади. Масалан,  $\omega = \{0, 1, 1, 0, \dots, 1, 0\}$ . Бизнинг мисолимизда  $\Omega \leftrightarrow \omega$  белгилар мавжудлиги учун тенг қийматли ҳисобланади.

Барча  $n$  ўлчовли буль векторлари тўплами дискрет бирлик куб  $\omega = E^n = \{\omega: \omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)\}, \omega_i \in \{0, 1\}$ , каби аниқланади. Кубнинг элементлари сони  $2^n$  га тенг бўлади. Бу эса  $k$  узунликдаги  $\{1, 2, \dots, n\}$  тўпламнинг мумкин бўлган барча қисм тўпламлари сифатида олинган  $\Omega_A$  тўпламлардан бирини танлаш тушунчаларига олиб келади.  $k$  нинг қиймати ўқитиш (моделларни оптималлаш) масаласини ҳал этиш ёрдамида аниқланади ёки экспертлардан олинади. Шундай қилиб,  $\Omega_A$  ни танлаш кенг тарқалган ёндашувлар қуйидаги икки кўринишда бўлади:

- а)  $\Omega_A = \{\Omega: |\Omega| = k\}$ ;
- б)  $\Omega_A = \{\Omega\}, \Omega \subseteq \{1, 2, \dots, n\}, \Omega \neq \emptyset$ .

Таянч тўпламлар тизимини танлашнинг а) ҳолатида  $k$  параметрининг қийматини аниқлаш тўлиқ перебор усулида амалга оширилади. б) ҳолатда эса  $k$  параметри қийматини аниқлаш талаб қилинмайди. Унда бир ёки бир нечта таянч тўплам тизми турли узунликда бир вақтда фойдаланиш учун танлаб олинади. Уларнинг натижалари информатив белгиларнинг қисм гуруҳларини аниқлашга хизмат қилади.

Энди таянч тўпламлар тизимини аниқлашнинг бир алгоритминини келтирамиз.

1-қадам. Берилган  $n$  узунликдаги  $T_{nml}$  ўқув (эталон) жадвалидан  $k$  нинг узунлиги 1 дан  $n$  гача бўлган ҳолатларда  $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$  буль вектори шакллантирилади. Агар белги танланган бўлса  $\omega_i, i = \overline{1, n}$  элементларнинг қиймати 1, акс ҳолда 0 га тенг бўлади. Дастлаб  $k = 1$  деб олинади, цикл жараёнининг



кейинги қадамларида унинг қиймати бирга ошириб борилади,  $(1 \leq k \leq n)$ .

2-қадам.  $k$  нинг қиймати берилгандан сўнг  $\{\omega\}$  буль векторларининг умумий сони  $C_n^k$  га тенг бўлади. Ҳар бир буль вектори ёрдамида  $T_{nml}$  жадвалининг барча объектлари синфларга берадиган баҳоларини ҳисоблаш жараёни қуйидаги формула орқали (БҲАнинг 2-5 қадамлари) амалга оширилади:

$$\Gamma_u(S_j) = \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} C_{n-\tilde{\rho}(S_j, S_q)}^k.$$

Бу ерда  $\tilde{\rho}(S_j, S_q)$  - таянч тўплам тизимида  $S_j$  ва  $S_q$  объектлар белгиларининг ўзаро бир-бирига яқин бўлмаганлари сонини билдиради.

3-қадам. Қуйидаги функция ёрдамида  $S_j$  объектни қайси синфга тегишли эканлиги аниқланади:

$$F[\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)] = \begin{cases} u, & \text{агар, } \begin{cases} 1^0 \Gamma_u - \Gamma_j \geq \delta_1 \\ 2^0 \Gamma_u / \sum_{j=1}^l \Gamma_j \geq \delta_2; \end{cases} \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } 1^0, 2^0 \text{ шартлардан бири бажарилмаган бўлса;} \end{cases}$$

бу ерда  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  катталиклари аввалдан берилган ўзгармаслардир.

4-қадам. 2.3-параграфда келтирилган  $\varphi(\Omega_A)$  сифат функцияси қуйидагича ҳисобланади:

$$\varphi(\Omega_A^k) = \begin{cases} 1, & \text{агар } S_j^u \notin K_u \\ 0, & \text{агар } S_j^u \in K_u \\ 0,5, & \text{агар } S_j^u \notin K_u \text{ ва } S_j^u \notin K_g \end{cases}$$

бу ерда  $S_j^u$  –  $u$ -синфга тегишли объектлар,  $j = \overline{m_{u-1}+1, m_u}$ ,  $u, g = \overline{1, l}$  ( $m_0 = 0, m_l = m$ ).

5-қадам. Агар  $k$  нинг қиймати  $k < n$  бўлса, бирга оширилади ( $k = k + 1$ ) ва 1-қадамга ўтилади, акс ҳолда 6-қадамга ўтилади.

6-қадам. Барча  $\varphi(\Omega_A^1), \varphi(\Omega_A^2), \dots, \varphi(\Omega_A^n)$  сифат функционаллари қийматларидан минимумга эришгани танлаб олинади:  $\varphi(\Omega_A^*) \rightarrow \min(\varphi(\Omega_A^k))$ ,  $k = \overline{1, n}$ . Хатоликни минимумга элтувчи  $\varphi(\Omega_A^*)$  сифат

функционали  $k$  узунликдаги таянч тўплам тизимини аниқлаб беради.

## 2.5. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларида $\varepsilon_i$ -бўсағалар қийматларини ҳисобловчи оптимал усулни аниқлаш алгоритми

Ушбу параграфда БХАда  $\varepsilon_i$ -бўсағавий параметрларни ҳисобловчи қараб ўтилган усуллардан оптималини танлаш алгоритми келтирилган. Бу алгоритмлар синфида қўлланилиши мумкин бўлган параметрлар ҳақида ушбу бобнинг 2.3-параграфида келтирилган.

БХАнинг энг муҳим параметрларидан бири – бу  $\varepsilon_i$  бўсағавий параметрлар ҳисобланади. Бу параметрлар гуруҳи ( $\varepsilon_i, i = \overline{1, n}$ ) умумий ҳолда гипершарларнинг радиуси ёки объектларнинг мос белгиларининг яқин ёки яқин эмаслигини аниқлаш учун ўрнатилган чегаравий қийматларни ифодалайди. Агар берилган тимсолни (объектни) характерловчи белгилар сони  $n$  та бўлса, у ҳолда уларнинг ҳар бир учун алоҳида бўсағавий қийматлар берилади ва улар  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  кўринишда белгиланади.

Маълумки, тимсолларни таниб олишнинг асосий масаласи – бу берилган ўқув танланмани таҳлил қилиш (ўқитиш) асосида таниб олиш алгоритмларининг номаълум параметрлари қийматларини аниқлашдан иборат. Номаълум параметрларнинг қийматларини аниқлаш ўқитиш жараёнида амалга оширилади. Бу жараённи ўтказишда  $T_{nml}$  кўринишидаги стандарт ўқув танланма (эталон) жадвали берилган бўлиши лозим.

БХАнинг иккинчи босқичида  $S_j$  ва  $S_q$  объектлари орасидаги яқинлик функцияси  $r(S_j, S_q)$  кўринишда белгиланади ва уларнинг белгилари бўйича яқинлик ўлчови қуйидагича аниқланади. Икки объектнинг мос миқдорий белгилари бўйича қиёслаш  $|x_{1j} - x_{1q}| \leq \varepsilon_1, |x_{2j} - x_{2q}| \leq \varepsilon_2, \dots, |x_{nj} - x_{nq}| \leq \varepsilon_n$  кўринишдаги тенгсизлик асосида амалга оширилади. Тенгсизликнинг бажарилмаган шартлари сони  $\rho(a_{ij}, a_{iq})$  билан белгилаб, у қуйидагича ҳисобланади:

$$\rho(x_{1j}, x_{1q}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } |x_{ij} - x_{iq}| \leq \varepsilon_i \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } |x_{ij} - x_{iq}| > \varepsilon_i \text{ бўлса.} \end{cases}$$

Унда яқинлик функцияси қуйидагича ҳисобланади:

$$r(S_j, S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \sum_{i=1}^n \rho(x_{1j}, x_{1q}) \leq \varepsilon \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{акс ҳолларда,} \end{cases} \quad (2.11)$$

бу ерда  $\varepsilon$  юқорида келтирилган  $\rho(x_{ij}, x_{iq})$  учун ўрнатилган бўсаға ҳисобланади. Агар  $\varepsilon$  нинг қиймати  $n$  га етарлича яқин берилса, бундай объектлар бир-бирига жуда ўхшаш ҳисобланади.

Баъзи амалий масалаларда  $\varepsilon_i$ -бўсағалар соҳа мутахассиси томонидан берилади. Баъзи ҳолатларда эса улар берилган ўқув танланмани ўқитиш орқали махсус усуллар ёрдамида ҳисоблаб топилади.  $\varepsilon_i$ -бўсағаларни ҳисобловчи бундай усулларни  $u_v$ , ( $v = \overline{1, t}$ ) кўринишда белгилаб оламиз.

$T_{nml}$  кўринишидаги ўқув танланмада ва  $\varepsilon_i$ -бўсағаларни ҳисобловчи  $u_v$ , ( $v = \overline{1, t}$ ) усуллар набори берилган бўлсин. Бу ўқув танланма маълумотлари асосида  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг оптимал қийматларини аниқлаш  $u_v$  усуллардан бирини танланиши ҳамда танланган усул бўйича эришилган таниб олиш сифатининг ўзгаришига боғлиқ бўлади. Таниб олиш сифатини аниқловчи функционални  $\varphi_v$  ( $v = \overline{1, t}$ ) кўринишда белгилаб, уни сифат функционали деб атаймиз. Ҳар бир  $u_v$  усул учун битта  $\varphi_v$  функционал мос қўйилади. Сифат функционални аниқлаш ўқитиш жараёни орқали амалга оширилади. Бу масалани ҳал этиш эса  $Q = \max_{v=\overline{1, t}}(\varphi_v(u_v))$  кўринишдаги функцияни аниқланиши лозим.

$\varepsilon_i$ -бўсағалар қийматларини ҳисобловчи мавжуд усулларни тўрт категорияга ажратиш мумкин ва шу категорияларга тегишли бўлган баъзи усуллар қуйида келтирилади.

1. MinMax усули. Аксарият усулларда  $K_g$  синф объектларининг  $i$ - белгиси бўйича *минимум ва максимум оралиқлари* аниқлаб олинади.

$$pX_i^g = \min_{i, j} x_{ij}^g, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad g = \overline{1, l}$$

$$PX_i^g = \max_{i, j} x_{ij}^g, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad g = \overline{1, l}$$

$$\bar{E}_i^g = \frac{1}{2}(PX_i^g - pX_i^g) \quad (2.12)$$

бу ерда  $pX_i^g$  ва  $PX_i^g$  ўқув танланмада  $i$ -белгининг  $g$ -синфи бўйича минимал ва максимал қийматлари, ҳамда  $\bar{E}_i^g$  - ўрта қиймат  $\varepsilon_i$ -бўсаға сифатида қаралади.

2. Математик кутилма усули.  $K_g$  синф объектларининг  $i$ -белгиси бўйича *математик кутилмани* аниқлаш қуйидагича ифодаланади.

$$Mx_i^g = \frac{1}{m_g - m_{g-1}} \sum_{j=m_{g-1}+1}^{m_g} x_{ij}^g$$

$$E_i^g = \begin{cases} Mx_i^g - pX_i^g, & \text{агар } |Mx_i^g - pX_i^g| \leq |PX_i^g - Mx_i^g| \text{ бўлса,} \\ PX_i^g - Mx_i^g, & \text{акс холда} \end{cases} \quad (2.13)$$

3. Оралиқ усул. Белгининг синфлар бўйича аниқланган MinMax қиймати ва математик кутилмаси қийматларини *оралиқларга ажратилиш* усули қуйидагича аниқланади:

$$E_i^g = \frac{1}{c} |\bar{E}_i^g - E_i^g|, \quad (2.14)$$

бу ерда  $c, c \in N$  - оралиқлар сони,  $\bar{E}_i^g > E_i^g$  бўлиши лозим.

Юқорида келтирилган 2.11-2.13 ҳолатлардан кейинги танловлар учун қуйидаги усулларни келтираимиз.

*Минимал бўсаға.* Ўқув танланма бўйича синфларда аниқланган бўсағаларнинг минимал қийматларини ҳисоблаш қуйидагича бўлади:

$$\varepsilon_i = \min_g E_i^g, \quad i = \overline{1, n}, \quad g = \overline{1, l}. \quad (2.15)$$

*Максимал бўсаға.* Синфларда аниқланган бўсағаларнинг максимал қийматларини ҳисоблаш қуйидагича:

$$\varepsilon_i = \max_g E_i^g, \quad i = \overline{1, n}, \quad g = \overline{1, l}. \quad (2.16)$$

*Ўртача бўсаға.* Синфларда аниқланган бўсағаларнинг ўртача қийматларини ҳисоблаш қуйидагича бўлади.

$$\varepsilon_i = \frac{1}{l} \sum_{g=1}^l E_i^g, \quad i = \overline{1, n}, \quad g = \overline{1, l}. \quad (2.17)$$

*Ҳар бир синф бўйича бўсаға.* Баъзи ҳолларда бўсағаларни ҳар бир синф учун алоҳида-алоҳида ҳисоблаш ҳам яхши натижаларни олиш имконини беради. Бу усулда бўсағалар ҳар бир синф бўйича ҳисобланган,

$$\varepsilon_{ig} = E_i^g, \quad i = \overline{1, n}, \quad g = \overline{1, l}. \quad (2.18)$$

4. БҲА ёрдамида ҳисобланадиган бўсага. Ўқув танланма жадвалининг барча белгиларининг ўзаро фарқлари йиғиндиси ўртачасига кўра бўсагаларни ҳисоблаш усули қуйидаги кўринишда аниқланади [42,50].

$$\varepsilon_i = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} [(m-j)\alpha_{ij} - j\alpha_{i,j+1}]}{C_m^2} \quad (2.19)$$

Қуйида таниб олиш сифатини оширишга хизмат қилувчи (2.12)-(2.19) формулаларда келтирилган  $\varepsilon_i$ -бўсагаларни ҳисобловчи  $u_\nu$  усуллардан оптималини танлаш алгоритми келтирилади:

1-қадам. Инициаллаштириш.  $T_{nml}$  ўқув танланма киритилади.  $\nu=1$  қабул қилинади.

2-қадам.  $u_\nu$  усул бўйича барча  $i=\overline{1,n}$  белгилар учун  $\varepsilon_i$ -бўсагалари ҳисобланади.

3-қадам. БҲАнинг 6 босқичи бўйича ўқув танланма объектларини ўқитиш (қайта синфларга ажратиш) жараёни амалга оширилади. Бу жараёнда ҳар бир объектнинг синфларга берган овози  $\Gamma_u(S_j)$  ҳисобланади.

4-қадам. Таниб олишнинг сифат функцияси  $\varphi_\nu$  қийматига (фоизда) ҳисобланади. Бу ўз синфига тўғри овоз берган объектлар сони билан боғлиқ. Бошқа синфга овоз берган объектлар хато таниб олинган объектлар ҳисобланади. Юзага келган хатоликлар  $\varphi_\nu$  сифат функцияси қийматинининг камайишига олиб келади.

5-қадам. Агар  $\nu < t$  бўлса, кейинги  $\nu+1$ - усулни олиш учун 1-қадамга ўтилади, агар  $i=n$  бўлса, яъни барча усуллардан фойдаланилиб 6-қадамга ўтилади.

6-қадам. Сифат функциялари  $\varphi_\nu(u_\nu), \nu=\overline{1,t}$  қийматларига кўра  $Q = \max_{\nu=\overline{1,t}}(\varphi_\nu(u_\nu))$  ҳисобланади.  $Q$  функциянинг қиймати  $T_{nml}$  ўқув танланма учун оптимал  $u_\nu$  усулнинг идентификацион рақамини беради.

**Эксперимент натижалари.** 2.4-жадвалда Iris, Wine, ItBuri ўқув танланмалар, танланган  $u_\nu$  усуллар орақали таснифлашнинг  $\varphi_\nu$  сифат функциялари қиймати келтирилган:

2.4-жадвал.  $u_v$  усуллар бўйича натижалар жадвали

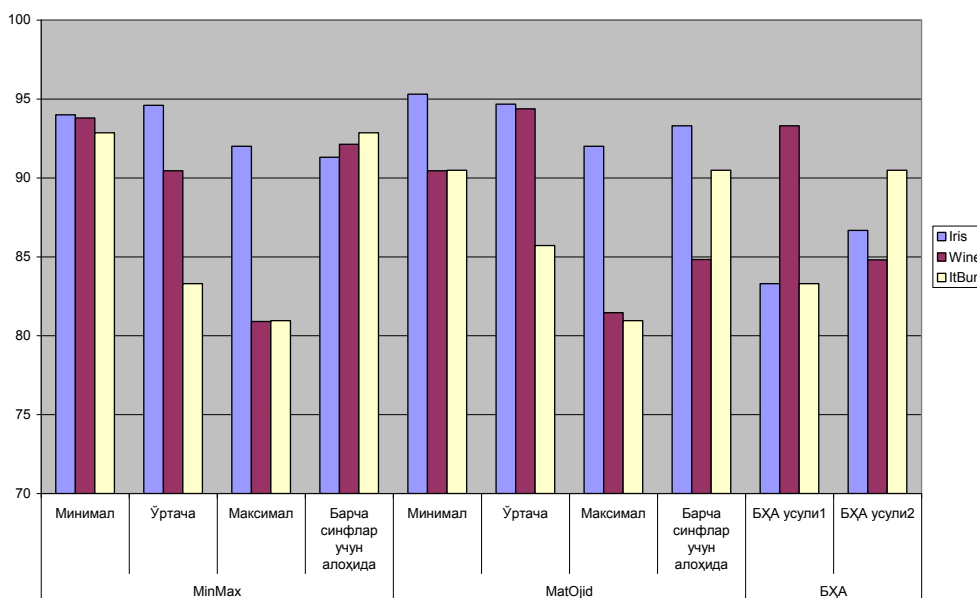
Категор ия	Усуллар	Iris	Wine	ItBuri
MinMax	1. Минимал	94	93,8	92,86
	2. Ўртача	94,6	90,45	83,3
	3. Максимал	92	80,9	80,95
	4. Барча синфлар учун алоҳида	91,3	92,13	92,86
MatOjid	5. Минимал	95,33	90,45	90,48
	6. Ўртача	94,67	94,38	85,71
	7. Максимал	92	81,46	80,95
	8. Барча синфлар учун алоҳида	93,33	84,83	90,48
БҲА	9. БҲА усули	83,33	93,3	83,33
	10. БҲА усули2	86,67	84,83	90,48

2.4-жадвалда келтирилган қийматлардан максимумга эришганлари куйидагича аниқланди:

IRIS бўйича:  $\varphi_v(u_v) = 95,33$ ,  $Q = v = 5$ ;

Wine бўйича:  $\varphi_v(u_v) = 94,38$ ,  $Q = v = 6$ ;

ItBuri бўйича:  $\varphi_v(u_v) = 92,86$ ,  $Q = v = 1$  ёки  $Q = v = 4$ .



2.2 - расм. Танланган усуллар бўйича қиёсий диаграмма

Таклиф этилган алгоритм ва олинган натижалар тимсолларни аниқлаш масалаларини ҳал этишни сифатли амалга ошириш ва тезкор қарорлар қабул қилишга ёрдам беради. Танланган усул ёрдамида  $\varepsilon_i$  бўсағаларнинг олинган қийматлари эса уларнинг дастлабки қийматлари сифатида фойдаланилади. Кейинги босқичларда  $\varepsilon_i$  бўсағаларнинг оптимал қийматларини аниқлашга эришиш учун итерация усулларида фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади.  $\varepsilon_i$  бўсағаларнинг қийматларини итерация жараёни ёрдамида аниқлаш таниб олиш сифатини оширишга хизмат қилади, аммо ҳисоблаш жараёнини мураккаблаштириб, вақт сарфини ошишига олиб келади.

## **2.6. Генетик алгоритм воситасида бўсағавий параметрларнинг қийматларини созлаш**

Ушбу параграфда БҲА параметрларини созлаш ва уларнинг оптимал қийматларини ҳисоблаб топиш учун табиий эволюцион алгоритмлардан бири бўлган генетик алгоритмдан фойдаланиш ёндашуви қаралади.

2.5-параграфда  $\varepsilon_i$ -бўсаға параметрлари қийматларини ҳисоблаш усулларида 4 гуруҳи ишлаб чиқилган. Кўпгина ҳисоблаш усуллари  $\varepsilon_i$ -бўсаға қиймати учун фақат битта қиймат вариантини таклиф этади. Бундай ҳолларда  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг мақбул қийматларига эга бўлиш учун ҳар доим ҳам самара беравермайди [4,52]. Шунинг учун уларнинг мақбул қийматларини итерацион ҳисоблаш усулларида фойдаланиб турли вариантлари бўйича аниқлаш имконини беради.

Маълумки, параметрларнинг мақбул қийматларини аниқлашда итерацион қадамлар орқали ҳисобловчи усул ва алгоритмлардан фойдаланиш самарали ҳисобланади. Бир алгоритм таркибида бошқа бир алгоритмнинг қўлланилиши – алгоритмлар интеграцияси, синтезланиши ёки коллектив қарорлар чиқариш каби юритилади. Одатда, алгоритмларнинг интеграцияси қўлланилаётган усул ёки алгоритм параметрлари қийматларини ҳисоблаш ёки созлашда бошқа ҳисоблаш усуллари ёки табиий алгоритмлар деб аталувчи алгоритмлардан фойдаланилади. Бундай усулларга нейрон тўрлар усули, генетик алгоритм, чумоли алгоритми ва бошқа усулларни келтириш мумкин.

Ушбу ишда БХАнинг  $\varepsilon_i$ -бўсағавий параметрлар оптимал қийматларини аниқлашда генетик алгоритмнинг қўлланилиши кўриб ўтилган.

Генетик алгоритм (ГА) – бу сунъий интеллект соҳасидаги табиий танловни амалга оширувчи эвристик кидирув усулидир. Бу эвристик (баъзан метаэвристик деб аталувчи) алгоритм одатда масалани ечиш учун фойдали бўлган ечимларни генерация қилади ва уларнинг оптимал қийматларини аниқлашга хизмат қилади. ГА эволюцион алгоритмларнинг кўп фойдаланиладиган усуллари сирасига киради. Унда насл қолдириш, мутация, танлаш ва кроссинговер каби табиий эволюцион ҳисоблаш алгоритмларидан фойдаланиб, оптималлаштириш масалалари ечимларини генерация қилади [71, 83, 84].

Объектлар тўпламидан иборат  $T_{nml}$  кўринишидаги ўқув танланма жадвали берилган бўлсин. Ўқув танланма  $l$  та синфга ажратилган  $K_1, K_2, \dots, K_l$ ,  $K_u \cap K_q = \emptyset$ ,  $u, q = \overline{1, l}$  бўлсин. Ўқув танланма объектлари ва уларнинг белгилари мос равишда қуйидаги кўринишда берилган  $T_{nml}$ :  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$ ,  $x_{ij} \in X_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ . Бу ерда  $n$  - белгилари сони,  $m$  – эса ўқув танланмадаги объектлар сонини ифодалайди. Ушбу ўқув танланмадаги  $i$ -белги учун  $\varepsilon_i$ -бўсағаларни ҳисоблаш учун ГАни  $GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i)$  кўринишда ёзиб олиш мумкин. Бу формула объектларнинг фақат миқдорий қийматлар қабул қилувчи (метрикага асосланган) белгиларининг учунгина амал қилади.

Ҳар бир метрик белги учун ГАдан фойдаланиб,  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг мақбул қийматларини ҳисоблашда  $\varphi_t$  сифат функционаларининг максимум қийматли  $\varphi^*$  функционални топиш талаб этилади:

$$\varphi^* = \max \left( \varphi_t \left( \Gamma_u(S_j), GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i) \right) \right).$$

Бу ерда  $\Gamma_u(S_j)$  –  $S_j$  объектни  $K_u$  синфга берган овози натижалари миқдорий баҳоси,  $GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i)$  – эса  $i$ - белги учун  $\varepsilon_i$ -бўсағалар қийматларини Генетик алгоритм воситасида аниқлаш функцияси.

$S_j$  ва  $S_q$  объектларининг ўзаро “ўхшашлик” даражалари  $r(S_j, S_q)$  кўринишдаги яқинлик функцияси ёрдамида аниқланади.  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг оптимал қийматларини аниқлаш БХАнинг иккинчи босқичида аниқланади. Яқинлик функцияси  $r(S_j, S_q)$



қуйидагича қурилади ва у мос белгиларнинг яқинлик даражасини аниқловчи  $\sigma(\alpha_{ij}, \alpha_{iq})$  функцияга боғлиқ бўлади:

$$\rho(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } |x_{ij} - x_{iq}| \leq \varepsilon_i \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } |x_{ij} - x_{iq}| > \varepsilon_i \text{ бўлса.} \end{cases}$$

$$r(S_j, S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \sum_{i=1}^n \rho(\alpha_{ij}, \alpha_{iq}) \leq \varepsilon \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{акс ҳолда,} \end{cases} \quad (2.20)$$

бу ерда  $\varepsilon$  юқорида келтирилган  $\rho(x_{ij}, x_{iq})$  учун ўрнатилган бўсаға ҳисобланади.

(1) формула бўйича  $S$  объектнинг  $j$ -синфга берадиган микдорий баҳолари  $\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)$  қуйидагича ҳисобланади [42]:

$$a) \Gamma_u(S) = \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} C_{n-\rho(S, S_q)}^k;$$

$$b) \Gamma_u(S) = \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} 2^{n-\tilde{\rho}(S, S_q)} - 1.$$

Бу ерда  $k$  – овоз берувчи жамланмалар сони,  $n$  – белгилар сони.

Генетик алгоритм популяция деб аталувчи элементлар (хромосомалар) жамланмасини генерация қилишдан бошланади. Дастлаб бир популяция элементлари олинади ва янги популяцияни шакллантиришда қўлланилади. Бундай мотивациялаш янги популяцияни аввалгисидан яхшилиги билан ифодаланади. Янги натижаларни (авлодни) шакллантириш учун танланган элементлар уларнинг яроқлилигига кўра ажратиб борилади.

БХАнинг  $\varepsilon_i$ -бўсағалар қийматларини генетик алгоритм ёрдамида ҳисоблаш процедураси қуйидаги қадамларда амалга оширилади:

1-қадам.  $T_{nml}$  ўқув танлангани юклаш;

2-қадам. Ўқув танланганининг метрик хусусиятга эга бўлган  $X_i$  белгисини танлаш;

3-қадам. Танланган белгининг қийматлари соҳаси  $\left[0, \frac{2}{3}(\max(X_i) - \min(X_i))\right]$  оралиғини аниқлаш, бу ерда  $\frac{2}{3}(\max(X_i) - \min(X_i))$   $\varepsilon_i$ -бўсаға учун мезон. Хромосомаларнинг элементлари қийматлари ушбу оралиқлардан танланади;

4-қадам. Генетик алгоритм модулини ишга тушириш ва  $\varepsilon_i$ -бўсаға қийматини аниқлаш;

5-қадам. БХАнинг 6 босқичи бўйича ўқув танлангани ўқитиш (объектларини қайта синфларга ажратиб кўриш) жараёнида  $\varphi_t$  сифат функционалининг қиймати аниқлаш. Сифат функционалининг қийматлари популяциялар ҳажмига боғлиқ ҳолда, бир нечта бўлиши мумкин. Агар сифат функционалининг қиймати танланган белги бўйича максимум натижага эга бўлса ёки ўрнатилган мезондан катта бўлса, унда 6-қадамга ўтади, акс ҳолда 4-қадамга ўтилади;

6-қадам. Кейинги метрик белгига ўтиш,  $i = i + 1$ .

Классик генетик алгоритм бошланғич популяцияни тасодифан генерациялайди. Популяциядаги ҳар бир хромосома  $\varepsilon_i$ -бўсаганинг бир қийматига мос келади. Генетик алгоритм ўз фаолиятини берилган қадамлар сони бажарилмагунига қадар ёки белгиланган тўхтатиш мезонигача давом эттирувчи итерацион жараёни ўзида акс эттиради. Ҳар бир популяция авлодида мослашиш, қориштириш ва мутация бўйича пропорционал танлов функциялари амалга оширилади.

**Генетик алгоритмнинг модули** қуйидаги қадамларда келтирилади:

1-қадам. Инициализациялаш ёки хромосомаларнинг кирувчи популяциясини ажратиш;

2-қадам. Популяцияда ( $\varepsilon_i$  учун) хромосомаларнинг  $GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i)$  мувофиқлик функцияси баҳосини ҳисоблаш;

3-қадам. Алгоритмни тўхтатиш шартларини текшириш. Агар хромосомаларнинг популяцияга мувофиқлик баҳоси аввалгисидан юқори бўлса, унда 7-қадамга ўтилади, акс ҳолда янги популяцияни яратиш учун 4-6 қадамлар бажарилади;

4-қадам. Кейинги популяция учун наслларни яратишда иштирок этувчи хромосомаларни танлаш;

5-қадам. Генетик операторларни қўллаш – мутация ва қориштириш;

6-қадам. Янги популяцияни яратиш ва 2-қадамга ўтиш;

7-қадам. Энг яхши хромосома натижасини танлаб, ишни тугатиш ва натижани БХА  $\varepsilon_i$ -бўсаға параметрига узатиш.

**Тажрибавий тадқиқотлар.** Юқорида келтирилган алгоритм воситасида Iris маълумотлар базаси устида тажрибавий тадқиқотлар ўтказилди. Бу маълумотлар базасида 4 та метрик белги орқали характерланувчи 150 та объектлар 50 тадан 3 синфга ажратилган.

Гадан фойдаланиб  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг бир қанча қийматлари ҳисобланиб, таниб олишнинг сифат функциясининг экстримум қийматлари аниқланди (2.5-жадвал).

2.5-жадвал.  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг қийматлари ва таснифлаш натижалари

#	X1	X2	X3	X4	ТС %	ТО
1	12	11	9	4	96,0	144
2	15	11	9	4	96,0	144
3	16	11	9	4	96,0	144
4	17	11	9	4	96,0	144
5	18	11	9	4	96,0	144
6	19	11	9	4	96,0	144
7	20	11	9	4	96,0	144
8	17	10	10	4	96,0	144
9	17	11	11	4	96,7	145
10	17	15	11	4	96,7	145
11	17	12	11	4	97,3	146
12	17	13	11	4	97,3	146
13	17	14	11	4	97,3	146
14	17	15	11	4	97,3	146
15	17	16	11	4	97,3	146
16	17	17	11	4	97,3	146
17	17	10	11	4	97,3	146
18	18	11	11	4	97,3	146
19	19	12	11	4	97,3	146
20	20	13	11	4	97,3	146
21	20	15	11	4	97,3	146

Бу ерда X1, ..., X4 – белгилар номи, ТС – Таниб олиш сифати, ТО – Тўғри таниб олинган объектлар сони.

Юқорида келтирилган натижалар бизга  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг оптимал қийматлари гуруҳини аниқлашда ёрдам беради.  $\varepsilon_i$ -бўсаға параметрларининг олинган қийматлари асосий қийматлар сифатида фойдаланилади. Итерацион усуллар уларнинг оптимал қийматларини топишда қўлланилади. Анаъанавий усуллар  $\varepsilon_i$ -бўсағаларнинг фақат бир қийматли вариантини тақдим этса,

итерацион усуллар эса бир нечта вариантларни аниқлаб беришга хизмат қилади.

Қисмий прецедентликка асосланган БХАни турли ёндашувли модификацияларини амалга ошириш, ёндашувларни ишлаб чиқиш ушбу бобда кўзда тутилиб, асосий мақсад қилиб олинган. Ушбу бобда амалга оширилган таҳлилларга асосланиб белгиланган йўналиш бўйича қуйидаги натижалар олинди:

- Параметрларнинг ўзаро боғлиқликлари аниқлаб олиш учун БХАда қўлланиладиган барча параметрларнинг босқичли тузилмаси шакллантирилди;
- БХАдаги энг мураккаб жараёнлардан бири ҳисобланган таянч тўпламлар тизимини аниқлаш учун уларнинг инфор­мацион салмоғини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилди;
- Норавшан тўпламлар назариясининг асосий элементларидан ҳисобланган тегишлилик функцияларини БХА таркибида фойдаланиш ёндашувлари ҳамда ушбу ёндашувлар асосланган алгоритм ишлаб чиқилди;
- БХАнинг муҳим параметрларидан бири ҳисобланган  $\varepsilon_i$ -бўсағалар усулларини шакллантириш ва уларни танлаш ҳамда танланган усул бўйича мақбул қийматларни аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилди.

## **III БОБ. ҚАРОР ҚАБУЛ ҚИЛИШГА КЎМАКЛАШУВЧИ МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТАҲЛИЛЛАШ УСУЛЛАРИ**

### **3.1. Суст тузилмали маълумотларни интеллектуал таҳлиллада норавшан тўпламлар назарияси усул ва ёндашувларини қўллаш**

#### ***3.1.1. Суст тузилмали маълумотларни интеллектуал таҳлилладанинг норавшан тўпламлар назарияси ёндашувли тамойиллари***

МИТ тизимлари автоматлаштирилган бошқариш тизимларининг фундаментал тамойиллари ёпиқ бошқарув, компенсация, қайтар алоқаларга асосланиб қурилади. Ёпиқ бошқарув тамойили интеллектуал таҳлиллаш тизимларини шакллантиришда устқурма вазифасини бажаради.

Интеллектуал таҳлиллаш механизми автоматлаштирилган бошқарув тизимини қуриш бир нечта тамойиллар асосида амалга оширилади:

а) бошланғич ахборотни ишлатиш;

Тамойил қуйидаги маълумотлар асосида амалга оширилади:  
берилган объектни бошқариш жараёни аниқлиги ва сифатига талабларни мужассамлаштирган;

бошқарилаётган объект ҳақида;

бошқарув тизимига бўйсундирилган қуйи иерархиянинг мавжудлиги;

бошқарув тизими таркибида юқори иерархияга таълуқли элементнинг мавжудлиги.

б) муҳит ҳақида ахборотни жараённи бошқариш таъсирини ишлаб чиқиш учун йиғиш ва фойдаланиш;

в) ўз-ўзини шакллантириш;

г) бошқарилаётган объект ҳолатини мақсадга йўналтирилган созилашни амалга ошириш;

д) реал вақт оралиғида бошқаришни йўлга қўйиш.

Л.А.Заде норавшан ҳол учун оддий ўзгарувчи тушунчасини умумлаштирди ва норавшан ўзгарувчилар қиймати бўлган лингвистик ўзгарувчиларни аниқлаб берди [9].

Шакллантирилган тамойилларга таянган ҳолда мазкур тадқиқот ишида Л.Заде ёндашувига асосланган норавшанликларни мантикий лингвистик формаллаштириш амалга оширилган. Норавшан қисм тўплам умумий тегишлилик тушунчасини киритиш орқали ҳосил қилинади, яъни икки элементли  $\{0,1\}$  характерга эга бўлган функция континиумга  $[0,1]$  кенгайтирилади. Бу тўлиқ тегишлиликдан сакраб ўтиш эмас, балки текис, босқичма-босқич ўтишни назарда тутаяди, тегишлилик  $[0,1]$  ораликдаги сонлар билан ифодаланади.

Оддий ўзгарувчини  $y$  ( $X, U, C$ ) кўринишида аниқлади, бу ерда  $X$  – ўзгарувчи номи,  $U$  – универсал тўплам,  $C$  – ўзгарувчининг қийматлар соҳаси ёки бошқа сўзлар билан айтганда  $u \in U$  элемент қийматлари чекланишларининг  $X$  шартли номи. Масалан, агар  $X$  инвестицион лойиҳада “Юқори даражадаги таваккал”ни англатса,  $y$   $U$  сифатида  $[0; 100]$  ораликдан олинishi мумкин,  $C$  эса ушбу ораликнинг қисм тўплами бўлиши мумкин [135].

Норавшан ўзгарувчи ( $X, U, M(x)$ ) жамланма билан характерланади, бу ерда  $X$  – ўзгарувчи номи,  $U$  – универсал тўплам, ammo бу ерда оддий ўзгарувчи ўрнида  $M(X) = \bigcup_{u \in U} \frac{\mu_{M(X)}(u)}{u}$  кўринишдаги  $U$  норавшан қисм тўплам,  $y$  ўзида  $u \in U$  элемент қийматларига  $X$  шартли номланган чегараланишни ифодалайди.  $M(X)$  норавшан ўзгарувчи семантикаси (мағзи) сифатида интерпретацияланади. Бундай интерпретация профессионал тилдаги тушунчалар, муносабатлар, ифодаларни формаллаштириш имкониятини беради.

Норавшан ўзгарувчини киритиш, бир томондан инвестицион жараённинг комплекс хусусиятларини “Юқори даражадаги таваккал” ифодаси орқали акс эттирса, бошқа томондан бу ифодага юқорида аналитик ифодада келтирилган фикрдаги норавшан ўзгарувчи номи сифатида қараш мумкин. Айни пайтда бу ифодалаш орқали профессионал иқтисодий тилда тушунчаларни шакллантиришни амалга ошириш имконини берувчи ёндашув таклиф этилган.

Юқорироқ бўлган ўзгарувчи лингвистик ўзгарувчи ҳисобланади ва  $y$  ( $X, T, U, G, M$ ) жамланма билан характерланади, бу ерда  $X$  – лингвистик терм номи,  $E$  – қийматлар ёки термлар тўплами (бунда уларнинг ҳар бири  $(T_i, U, M(T_i))$ ) норавшан

ўзгарувчи ҳисобланади, уларни яна асосий терм-тўплам ҳам дейилади,  $U$  – универсал тўплам,  $T$  тўпламда лингвистик ўзгарувчи кийматини аниқловчи  $G$  – синтактик қоида,  $M - T_x$  янги термга бириктириш имконини берувчи  $M(T_x)$  мазмуни ҳисобланади.

Норавшан моделларни қуриш, норавшан мантиқ назариясига асосланади [111]. Норавшан мантиқда норавшан амалларнинг берилиш усулларини қараб ўтилади.

Заде бўйича норавшан инкор амали – бу унар амал бўлиб, у қуйидагича берилади:

$$c(a) = 1 - a, \forall a \in [0,1],$$

Инкор амали қуйидаги хусусиятларни қаноатлантиради:

$$c : [0,1] \rightarrow [0,1],$$

$$c(0) = 1, c(1) = 0, c(c(a)) = a,$$

$$\forall a_1, a_2, ((a_1, a_2 \in [0,1]) \wedge ((a_1 < a_2) \rightarrow (c(a_1) > c(a_2)))).$$

Инкор амалини беришнинг бошқа усуллари бўлиши мумкин, масалан:

$$\text{Сугено бўйича: } c(a) = \frac{1-a}{1+\lambda a}, \text{ бу ерда } \lambda > -1;$$

$$\text{Ягер бўйича: } c(a) = \sqrt[p]{1-a^p}, \text{ бу ерда } p > 0.$$

Конъюнкция ва дизъюнкция амаллари  $t$ -норма ва  $t$ -конормалар орқали аниқланади [19].

$T_n : [0,1]^n \rightarrow [0,1]$  функция  $[0,1]$  ораликда  $t$ - норма ( $t$ - нормал функция) деб аталади,  $S_n : [0,1]^n \rightarrow [0,1]$  функция  $[0,1]$  ораликда  $t$ - конорма ( $t$ - конормал функция), агар  $a_1, a_2, \dots, a_n, d_1, d_2, \dots, d_n \in [0,1]$  бўлса, келтирилган функциялар қуйидаги хусусиятларга эга бўлади ( $t$ -норма ва  $t$ -конорма аксиомалари):

*коммутативлик*

$$T_n(a_1, a_2, \dots, a_n) = T_n(a_{p_1}^1, a_{p_2}^2, \dots, a_{p_n}^n),$$

$$S_n(a_1, a_2, \dots, a_n) = S_n(a_{p_1}^1, a_{p_2}^2, \dots, a_{p_n}^n),$$

бу ерда  $a_{p_1}^1, a_{p_2}^2, \dots, a_{p_n}^n$  -  $a_1, a_2, \dots, a_n$  нинг қайта жойлаштирилиши;

*ассоциативлик*

$$T_n(a_1, a_2, \dots, a_n) = T_{i+1}(a_1, a_2, \dots, a_i, T_{n-i}(a_{i+1}, \dots, a_k, \dots, a_n)) =$$

$$T_{n-j+1}(T_j(a_1, a_2, \dots, a_j), a_{j+1}, \dots, a_n),$$

$$S_n(a_1, a_2, \dots, a_n) = S_{i+1}(a_1, a_2, \dots, a_i, S_{n-i}(a_{i+1}, \dots, a_k, \dots, a_n)) =$$

$$S_{n-j+1}(S_j(a_1, a_2, \dots, a_j), a_{j+1}, \dots, a_n),$$

*монотонлик*

$$T_n(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq T_n(d_1, d_2, \dots, d_n)$$

$$S_n(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq S_n(d_1, d_2, \dots, d_n)$$

барча  $a_i \leq d_i$  лар учун ўринли;

*чегаравий шартлар*

$$T_n(a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, 1, a_{i+1}, \dots, a_n) = T_{n-1}(a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_n),$$

$$S_n(a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, 0, a_{i+1}, \dots, a_n) = S_{n-1}(a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_n),$$

$$S_n(a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, 1, a_{i+1}, \dots, a_n) = 1,$$

$$T_n(a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, 0, a_{i+1}, \dots, a_n) = 0.$$

Бундан ташқари  $T$  ва  $S$  операторлар бир-бирларига нисбатан иккиламчи ҳисобланишади:

$$T_n(a_1, a_2, \dots, a_n) = 1 - S_n(1 - a_1, 1 - a_2, \dots, 1 - a_n),$$

$$S_n(a_1, a_2, \dots, a_n) = 1 - T_n(1 - a_1, 1 - a_2, \dots, 1 - a_n),$$

инкор амали  $c(a) = 1 - a$  каби берилган ҳолатда.

Айрим  $t$ -нормал ва  $t$ -конормал функцияларни ва уларни ҳисоблашнинг қизиқарлироқ бўлган алгоритмларини қараб ўтилган.

*Заде функцияси.* Икки ўзгарувчи учун Заде функцияси қуйидагича берилади:

$$T(a, b) = \min(a, b), \quad S(a, b) = \max(a, b);$$

$n$  ўзгарувчи учун:

$$T(a_1, a_2, \dots, a_n) = \min(a_1, a_2, \dots, a_n),$$

$$S(a_1, a_2, \dots, a_n) = \max(a_1, a_2, \dots, a_n).$$

*Эҳтимоллик функциялари.* Икки ўзгарувчи учун:

$$T(a, b) = a * b, \quad S(a, b) = a + b - a * b;$$

$n$  ўзгарувчи учун:

$$T(a_1, a_2, \dots, a_n) = a_1 * a_2 * \dots * a_n,$$

$$S(a_1, a_2, \dots, a_n) = \left( \sum_{i=1}^n a_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n a_i a_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \sum_{k>j}^n a_i a_j a_k \pm \dots \pm \prod_{i=1}^n a_i \right).$$

$t$ -конормал эҳтимоллик функцияси  $S$  ни ҳисоблаш алгоритми қуйида келтирилган.

*Кириш.*  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  нинг аниқ қийматлар массиви.

*Чиқиш.*  $t$ -конорманинг  $S$  қиймати.

1-қадам.  $a_1 = \mu_{LX_1}(x_1), a_2 = \mu_{LX_2}(x_2), \dots, a_n = \mu_{LX_n}(x_n)$  ни ҳисоблаш.

2-қадам.  $S = a_n, i = n - 1$  ни ҳисоблаш.

3-қадам.  $i > 0$  бўлган ҳолатда бажарилсин:

3.1-қадам.  $S = a_i + (1 - a_i) * S$  ҳисоблансин;

3.2-қадам.  $i = i - 1$  ҳисоблансин.

4-қадам.  $S$  чиқиш (натижа).



Лукасевич функцияси. Икки ўзгарувчи учун:

$$T(a,b) = \max(a+b-1,0), S(a,b) = \min(a+b,1);$$

$n$  ўзгарувчи учун:

$$T(a_1, a_2, \dots, a_n) = \max\left(\sum_{i=1}^n a_i - (n-1), 0\right),$$

$$S(a_1, a_2, \dots, a_n) = \min\left(\sum_{i=1}^n a_i, 1\right).$$

Швейцар ва Скляр функцияси учун икки ўзгарувчилик кўриниш қуйидагича бўлади:

$$T(a,b) = 1 - ((1-a)^p + (1-b)^p - (1-a)^p * (1-b)^p)^{1/3},$$

$$S(a,b) = (a^p + b^p - a^p * b^p)^{1/p}, \quad p > 0,$$

ёки  $n$  ўзгарувчи учун

$$T(a_1, a_2, \dots, a_n) = 1 - \left( \sum_{i=1}^n (1-a_i)^p - \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n (1-a_i)^p (1-a_j)^p + \right.$$

$$\left. \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \sum_{k>j}^n (1-a_i)^p (1-a_j)^p (1-a_k)^p \pm \dots \pm \prod_{i=1}^n (1-a_i)^p \right)^{1/p}$$

$$S(a_1, a_2, \dots, a_n) = \left( \sum_{i=1}^n a_i^p - \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n a_i^p a_j^p + \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \sum_{k>j}^n a_i^p a_j^p a_k^p \pm \dots \pm \prod_{i=1}^n a_i^p \right)^{1/p}$$

Швайцар-Скляр  $t$ -конормал  $S$  функциясини ҳисоблаш алгоритми қуйида келтирилган.

*Кириш.*  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  нинг аниқ қийматлар массиви.

*Чиқиш.*  $t$ -конорманинг  $S$  қиймати.

1-қадам.  $a_1 = \mu_{LX1}(x_1)^p, a_2 = \mu_{LX2}(x_2)^p, \dots, a_n = \mu_{LXn}(x_n)^p$  ни ҳисоблаш.

2-қадам.  $S = a_n, i = n - 1$  ни ҳисоблаш.

3-қадам.  $i > 0$  бўлган ҳолатда бажарилсин:

3.1-қадам.  $S = a_i + (1 - a_i) * S$  ҳисоблансин;

3.2-қадам.  $i = i - 1$  ҳисоблансин.

4-қадам.  $S = S^{1/p}$  ни ҳисоблаш.

$t$ -нормани ҳисоблаш учун иккиламчилик хусусиятидан фойдаланилади.

Қуйида импликация амалининг бажарилишини келтирилган.

$I : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  функцияси қуйидаги шартларни қаноатлантирса, ушбу функция импликация функцияси бўлади:

$$I(0,0) = I(0,1) = I(1,1) = 1;$$

$$I(1,0) = 0.$$

Импликация амалининг берилиши конъюнкция ва дизъюнкция амалларини тавсифлаш усулига боғлиқ бўлади. Классик импликация амали дизъюнкция амали ёки  $t$ -конормал функцияси орқали аниқланади:

$$a_i \rightarrow a_2 = I(a_1, a_2) = S(1 - a_1, a_2).$$

Қуйида учта энг кўп ишлатилувчи  $S$ -турдаги импликация амали берилиши келтирилган.

*Заде функциясидаги импликация:*

$$I(a_1, a_2) = S(1 - a_1, a_2) = \max(1 - a_1, a_2).$$

*Эхтимоллик функцияларидаги импликация:*

$$I(a_1, a_2) = 1 - a_1 + a_2 * a_1.$$

*Лукасевич импликацияси:*

$$I(a_1, a_2) = \min(1 - a_1 + a_2, 1).$$

$t$ -нормага асосланган  $T$ -турдаги импликацияларнинг берилиши юқорида санаб ўтилган шартларни қаноатлантирмайди. Қуйида бундай импликациялардан иккитасини келтирилган:

*Мамдани бўйича импликация:*

$$I(a_1, a_2) = \min(a_1, a_2).$$

*Ларсен бўйича импликация:*

$$I(a_1, a_2) = a_2 * a_1.$$

### **3.1.2. Сушт тузилмали маълумотлар таснифи ва интеллектуал таҳлил модели учун информатив факторларни танлаш**

Норавшан моделнинг марказий элементи (йўналтирувчи) қоидалар базаси бўлади, чунки унда модел тузилмаси тўғрисида ахборот сақланади.

Моделлаштирилаётган тизим тўғрисидаги асосий ахборот ёки бошқача айтганда норавшан йўналтирувчи “интеллект”и қоидалар базасида сақланганлиги учун уни тўғри шакллантириш муҳим шарт ҳисобланади. Бу норавшан модел учун қоидалар базасининг муҳимлигидан келиб чиққан ҳолда ўзига хос “қўпол” ҳатоликларни бартараф этиш имкониятини беради.

Қоидалар, қоидалар базаси ва норавшан моделнинг асосий хусусиятлари қуйидагилардан иборат бўлади:

- қоидаларнинг локал хусусиятга эгаллиги,
- қоидалар миқдорининг норавшан тўплам моделида мавжудларига боғлиқлиги,
- моделнинг тўлиқлиги,
- қоидалар базасининг қарама-қарши бўлмаслиги,

- қоидалар базасининг боғлиқлиги,
- қоидалар базасининг ортиқчамаслиги.

Моделнинг мураккаблашиши (қоида ёки норавшан тўплам миқдорининг ошиши) реал тизимни тасвирлаш имкониятини кенгайтиради. Бироқ мураккабликнинг ошиши билан моделлаштирилаётган тизимни ифодаловчи ахборот ҳажмининг сезиларли даражада ошади (масалан, барча норавшан тўпламларнинг тегишлилик функцияси параметрлари). Шу қаторда моделлаштирилаётган тизим ҳақидаги ахборот ҳажми янада мураккаброқ моделни куриш учун етарли бўлмай қолиши мумкин, бу ҳолатда моделнинг мураккаблиги унинг камчилигига айланади. Шунинг учун норавшан моделлаштириш масаласи қаралаётганда мураккаблик даражаси чегараси ҳамда мураккабликни нима келтириб чиқариши мумкинлиги ҳақида тасаввурнинг пайдо бўлиши муҳим аҳамият касб этади.

Агар моделнинг киришлари сони  $x_i$  ни  $\omega$  билан белгилаб олинса ва уларнинг ҳар бири норавшан тўпламнинг бир хил  $z$  сони билан берилса, у ҳолда  $r$  қоидалар миқдори қуйидаги формула билан аниқланади:

$$r = z^{\omega}.$$

Баъзи ҳолларда норавшан моделлар бир ёки бир нечта устма-уст тушувчи қоидаларга эга бўлади (яъни шарт ва хулосалари бир-бири билан устма-уст тушиб қолади). Бундай ҳолатларнинг сабаблари қуйидагилар бўлиши мумкин:

1) қоидалар базасини лойиҳалаштирилаётганда йўл қўйилган хатолик (қоидаларнинг катта миқдорда бўлганлиги);

2) хулосалашларни кучайтириш учун ўзи ташкил бўладиган норавшан моделларда мавжудлари билан устма-уст тушадиган кўшимча қоидаларнинг генерацияси.

Қоидалар базаси норавшан моделнинг талаб этилган аниқлигига эришилишини таъминлаши лозим (унинг параметрлари аниқлангандан сўнг). Шу билан бир вақтда ҳисоблаш харажатларини камайтириш ҳамда моделнинг янада “шаффофлиги”ни таъминлаш учун базада сақланаётган қоидалар миқдорини имкон қадар камайтириш лозим бўлади. Шу қаторда моделдаги бир нечта киришли қоидаларни қисқартириш унинг параметрларини созлашни амалга ошириш учун дастлабки талаблар бўлиши мумкин [13, 72].

Ўта содда ва юқори самарадорликка эга бўлган сонли маълумотлар асосида норавшан қоидалар базасини қуриш усулини таклиф этилган. Бу усул мавжуд қоидалар базасини сонли маълумотлар асосида тўлдирилган ўқитиш маълумотлари сифатида олинган сонли маълумотлар ва қоидалар базаси кўринишида олинган лингвистик ахборотларни бирлаштириш имконини беради [18, 19].

Норавшан тизим учун  $n$  киришли ва битта чиқишли қоидалар базасини ташкил этилади [47,48]. Қуйидаги жуфтликлар тўплами кўринишидаги ўқитиш маълумотлари зарурлиги аён бўлади

$$(x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i), d(i)), i=1, 2, \dots,$$

бунда  $x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i)$  - норавшан бошқариш моделига бериладиган сигналлар,  $d(i)$  - эса кутилаётган (эталонли) чиқиш сигнали қиймати.

$X$  ўлчов фазоси ва  $r: X \rightarrow R$  унда аниқланган ўлчов бирлиги,  $(X_1, \dots, X_n) \subset X$  -  $X$  даги элементлар кетма-кетлиги.

Кейин қуйидагини тасаввур қилинади:

$$\forall i \in \{1, \dots, n\} \exists j \in \{1, \dots, n\}: X_i \neq X_j. \quad (3.1.1)$$

(3.1.1) шартдан келиб чиққан ҳолда  $\forall i \in \{1, \dots, n\}$  ўринли:

$$\max \{r(X_i, X_k) \mid k \in \{1, \dots, n\}\} > 0. \quad (3.1.2)$$

Шу қаторда ҳар-бир  $i$  индекс учун функцияни аниқланади, у  $i$  -тартибдаги  $j$  -элементнинг мослиги ўлчовини ифодалайди:

$$\begin{aligned} \xi_i &: \{1, \dots, n\} \rightarrow [0, 1], \\ \xi_i(j) &:= 1 - \frac{d(X_i, X_j)}{\max \{d(X_i, X_k) \mid k \in \{1, \dots, n\}\}}. \end{aligned} \quad (3.1.3)$$

Ҳар бир  $i$  индекс учун  $k$  - ва  $l$  -элементнинг  $i$  -элементга нисбатан мослик даражасини ифодаловчи функцияни топиб олинади:

$$\begin{aligned} \varsigma_i &: \{1, \dots, n\}^2 \rightarrow [0, 1], \\ \varsigma_i(k, l) &:= 1 - |\xi_i(X_k) - \xi_i(X_l)|. \end{aligned} \quad (3.1.4)$$

Бутун кетма-кетликдаги элементлардан ихтиёрий икки кетма-кет элементнинг мос келиш ўлчовини ифодаловчи функцияни аниқланади:

$$\begin{aligned} \mu &: \{1, \dots, n\}^2 \rightarrow [0, \dots, 1], \\ \mu(i, j) &:= \min \{\varsigma_k(i, j) \mid k \in \{1, \dots, n\}\} \end{aligned} \quad (3.1.5)$$

Агар  $k$  ва  $i$  учун  $\varsigma_k(i, i) = 1 - |\xi_k(X_i) - \xi_k(X_i)| = 1$  бўлса, у ҳолда

$$\mu(i, i) := \min \{ \zeta_k(i, i) \mid k \in \{1, \dots, n\} \} = 1, \quad \mu(i, i) = 1, \forall i \quad (3.1.6)$$

Агар ундан кейин

$$\zeta_k(i, j) = 1 - | \xi_k(X_i) - \xi_k(X_j) | = 1 - | \xi_k(X_j) - \xi_k(X_i) | = \zeta_k(j, i)$$

кўриниш бўлса, у ҳолда:

$$\begin{aligned} \mu(i, j) &:= \min \{ \zeta_k(i, j) \mid k \in \{1, \dots, n\} \} = \min \{ \zeta_k(j, i) \mid k \in \{1, \dots, n\} \} = \mu(j, i), \\ \mu(i, j) &= \mu(j, i), \forall i, j \end{aligned} \quad (3.1.7)$$

бўлади.  $k = 1, 2, \dots, n$  учун рекурсив функцияни аниқланади:

$$\begin{aligned} \mu^{(k)} : \{1, \dots, n\}^2 &\rightarrow [0, 1], \\ \begin{cases} \mu^{(1)}(i, j) := \mu(i, j), \\ \mu^{(k)}(i, j) := \max \{ \min \{ \mu^{(k-1)}(i, s), \mu^{(k-1)}(s, j) \} \mid s \in \{1, \dots, n\} \} \end{cases} \end{aligned} \quad (3.1.8)$$

$$\mu^{(k)}(i, i) = 1, \forall i, k. \quad (3.1.9)$$

$$\mu^{(k)}(i, j) \geq \mu^{(k-1)}, \forall k > 2. \quad (3.1.10)$$

$\alpha \in [0, 1]$  и  $i, j_1, \dots, j_k, j \in \{1, \dots, n\}$  учун қуйидаги ҳолат ўринли:

$$\mu(i, j_1), \dots, \mu(j_k, j) \geq \alpha \Rightarrow \mu^{(k)}(i, j) \geq \alpha. \quad (3.1.11)$$

$\alpha \in [0, 1]$ ,  $i, j, k \in \{1, \dots, n\}$  ва  $\mu^{(k)}(i, j) \geq \alpha$  бўлсин. У ҳолда шундай  $m$  сон ва  $j_1, \dots, j_m \in \{1, \dots, n\}$  индекс мавжуд бўладики, унинг учун

$$\mu(i, j_1), \dots, \mu(j_m, j) \geq \alpha \quad (3.1.12)$$

ўринли.

$\alpha \in [0, 1]$ ,  $i, j, m \in \{1, \dots, n\}$  ва  $\mu^{(n)}(i, j) \geq \alpha, \mu^{(n)}(j, m) \geq \alpha$  бўлсин.

У ҳолда

$$\mu^{(n)}(i, m) \geq \alpha. \quad (3.1.13)$$

$\alpha \in [0, 1]$  учун  $\{X_1, \dots, X_n\}$  тўпламда қуйидаги кўринишда бериладиган  $R_\alpha \subset \{X_1, \dots, X_n\}^2$  бинар муносабатни аниқланади:

$$(X_i, X_j) \in R_\alpha \Leftrightarrow \mu^{(n)}(j, j) \geq \alpha.$$

$R_\alpha$  муносабат  $\{X_1, \dots, X_n\}$  тўпламни кесишмайдиган эквивалентларга ажратувчи эквивалентлик муносабати ҳисобланади.  $X_i, X_j$  икки элемент (3.1.11), (3.1.12) лар элементларнинг кетма-кетликдаги  $(X_i, X_{j_1}), (X_{j_1}, X_{j_2}), \dots, (X_{j_r}, X_j)$  жуфтликларда  $\mu$  функция қиймати катта бўлганда эквивалентликнинг мавжудлиги асосида  $\mu^{(n)}$  функциянинг қиймати ушбу элементлардан катта бўлса ва фақат шундай бўлган ҳолатда бир синф эквивалентлигига кирилади.  $\mu$  нинг аниқланишига қараб элементларнинг ҳар бир жуфтлиги бир-бирига яқинлигини билдиради.

Масала шакллантирилган қоидалар базаси асосида бошқарув модули кирувчи сигналларни олиши билан кам миқдордаги хатоликка эга бўлган чиқувчи сигналларни олишни талаб этади.

## **3.2. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллада таснифлаш ва башоратлаш масалаларини ечиш алгоритмлари**

### **3.2.1. Норовшан қоидалар базаси параметрларини созлаш ёндашувлари**

Юқорида объектни тавсифловчи ахборот асосида классификация қилиш учун норовшан қоидалар базасини шакллантириш усулини қараб ўтдик. Ушбу математик баённинг алгоритмик таъминоти қуйидаги кўринишга эга.

1-қадам. Кирувчи ва чиқувчи фазо маълумотларини соҳаларга ажратиш.

Ҳар бир кирувчи ва чиқувчи ахборотнинг минимал ва максимал қийматлари аниқ деб фараз қилинсин. Улар орқали мумкин бўлган қийматлар ётган ораликни аниқлаш мумкин.  $x_i$  кирувчи сигнал учун бундай ораликни каби белгилаб олинади. Агар  $x_i^-$  ва  $x_i^+$  қийматлари ноаниқ бўлса, у ҳолда ўқитиш маълумотларидан фойдаланган ҳолда улардан мос равишда минимал ва максимал қийматларни танлаб олиш мумкин бўлади.

$d$  эталон сигнали учун  $[d^-, d^+]$  оралик олинади.

Бу кўринишда олинган ҳар бир ораликни  $K$  соҳага (кесмаларга) бўлиб чиқилади, бу ерда ҳар бир сигнал учун  $K$  қиймат индивидуал ҳолатда, кесмалар бир хил ёки турли узунликда олинаши мумкин.

Лингвистик ўзгарувчилар қийматларини баҳолаш учун ягона сифат терм ўлчовларидан фойдаланилади: Қ - қуйи, ЎП – ўртадан пастрок, Ў – ўрта, ЎЮ – ўртадан юқори, Ю - юқори. Ҳар бир термлар мос тегишлилик функциялари билан берилган норовшан тўпламни ифодалайди.

Киритилган сифат термлари ва эксперт билимлари асосида муносабатларни жадвал кўринишида тасвирланади.

Жадвал ва  $\bullet$ (ВА -  $\min$ ) ва  $\vee$ (ЁКИ -  $\max$ )лардан фойдаланган ҳолда диагнозлар ва кирувчи ўзгарувчиларнинг тегишлилик функциясини боғлаб турувчи норовшан мантиқий тенгламалар тизимини осон ёзиб олиш мумкин бўлади.

Умумий ҳолатда ҳар бир  $x_i, i = \overline{1, n}$  кирувчи ўзгарувчи тенгламада ишлатиладиган ўзининг (Н, НС, С, ВС, В) норавшан термлари билан тегишлилик функциясига эга бўлади. Моделлаштиришни осонлаштириш учун  $x_i, i = \overline{1, n}$  ўзгарувчиларнинг барчаси учун ягона кўринишдаги тегишлилик функциясидан фойдаланилади.

2-қадам. Ўқитиш маълумотлари асосида норавшан коидаларни куриш.

Бошида 1-қадамда ажратилган ҳар бир соҳа учун  $(x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i), d(i)), i = 1, 2, \dots$ , ўқитиш маълумотлари учун тегишлилик функциясини аниқланади. Бу даражалар норавшан тўпламнинг ҳар бир гуруҳи учун мос тегишлилик функцияси қиймати билан ифодаланади.

Қуйидаги муносабатлар орқали  $[0, l]$  универсал ораликнинг биттасининг ўзгарувчилари учун ўзгариш оралиғини келтирилади:

$$\mu^j(x_i) = \tilde{\mu}^j(u),$$

$$u = l \frac{x_i - x_i}{x_i - x_i}, \quad j = H, HС, С, вС, В,$$

унда  $[x_i, \bar{x}_i] - x_i, i = \overline{1, n}$  ўзгарувчининг ўзгариш оралиғи.

Тегишлилик функциясининг аналитик модели қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\tilde{\mu}^j(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{u-b}{c}\right)^2}. \quad (3.2.1)$$

Эксперт томонидан танланган жуфт таққосламалари тегишлилик функциясининг яхши акс эттирувчилари бўлади ва функциялар танлаб олинади.

Норавшан мантиқий тенгламалар норавшан термларнинг тегишлилик функциялари билан биргаликда қуйидаги алгоритм асосида қарор қабул қилиш имкониятини яратади:

1°.  $j$  тегишлилик функцияси бўйича энг катта қийматларни берадиган объект ҳолатлари параметрлари қийматларини аниқланади:

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*).$$

2°. (14) модел ҳамда  $b$  ва  $c$  параметрларни қўллаб,  $x_i^*, i = \overline{1, n}$  параметрларнинг белгиланган қийматларида  $\mu^j(x_i^*)$  тегишлилик функцияси қийматларини аниқланади.

3°. Мантикий тенгламадан фойдаланган ҳолда барча бошланғич  $d_1, d_2, \dots, d_m$  маълумотлар учун  $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  ҳолат векторида  $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  тегишлилик функциясини ҳисобланади. Бунда функциялар устида амалга ошириладиган ВА ( $\wedge$ ) ҳамда ЁКИ ( $\vee$ ) мантикий амалларини *min* ва *max* амаллари билан алмаштирилади:

$$\begin{aligned}\mu(a) \wedge \mu(b) &= \min[\mu(a), \mu(b)], \\ \mu(a) \vee \mu(b) &= \max[\mu(a), \mu(b)].\end{aligned}$$

4°.  $d_j^*$  қарорни аниқланади:

$$\mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \max_{j=1, n} [\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)].$$

3-қадам. Ҳар бир қоидага ҳаққонийлик даражасини боғлаш.

Маълумки, ўқитиш маълумотларнинг катта миқдордаги жуфтликлари мавжуд, шунинг учун улардан қайсидир бирлари “зид” бўлиб қолиши мумкин. Бу бир хил шартли турлича хулосалашли қоидаларга тааллуқли. Ушбу муаммони ечишнинг усулларида бири бу зиддиятли бўлган қоидалардан даражаси каттароғининг даражасини ўзлаштириш орқали амалга оширилади. Шу билан бирга зиддиятли қоидалар муаммоси эмас, балки, уларнинг умумий миқдори ҳам камайтириб олинади.

4-қадам. Норавшан қоидалар базасини шакллантириш.

$\beta(l) = 0$ ;  $l = \overline{1, L}$  жадвални ҳосил қилиш. Навбатдаги  $(x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i), d(i))$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , маълумотлар жуфтлигини танлаш. Норавшан тўпламга маълумотларнинг тегишлилик даражасини ўрнатиш ва мос келувчи қоидани шакллантириш.

Қуйидаги кўринишда қоиданинг ҳаққонийлик даражасини аниқлаш

$$\mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \max_{j=1, n} [\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)].$$

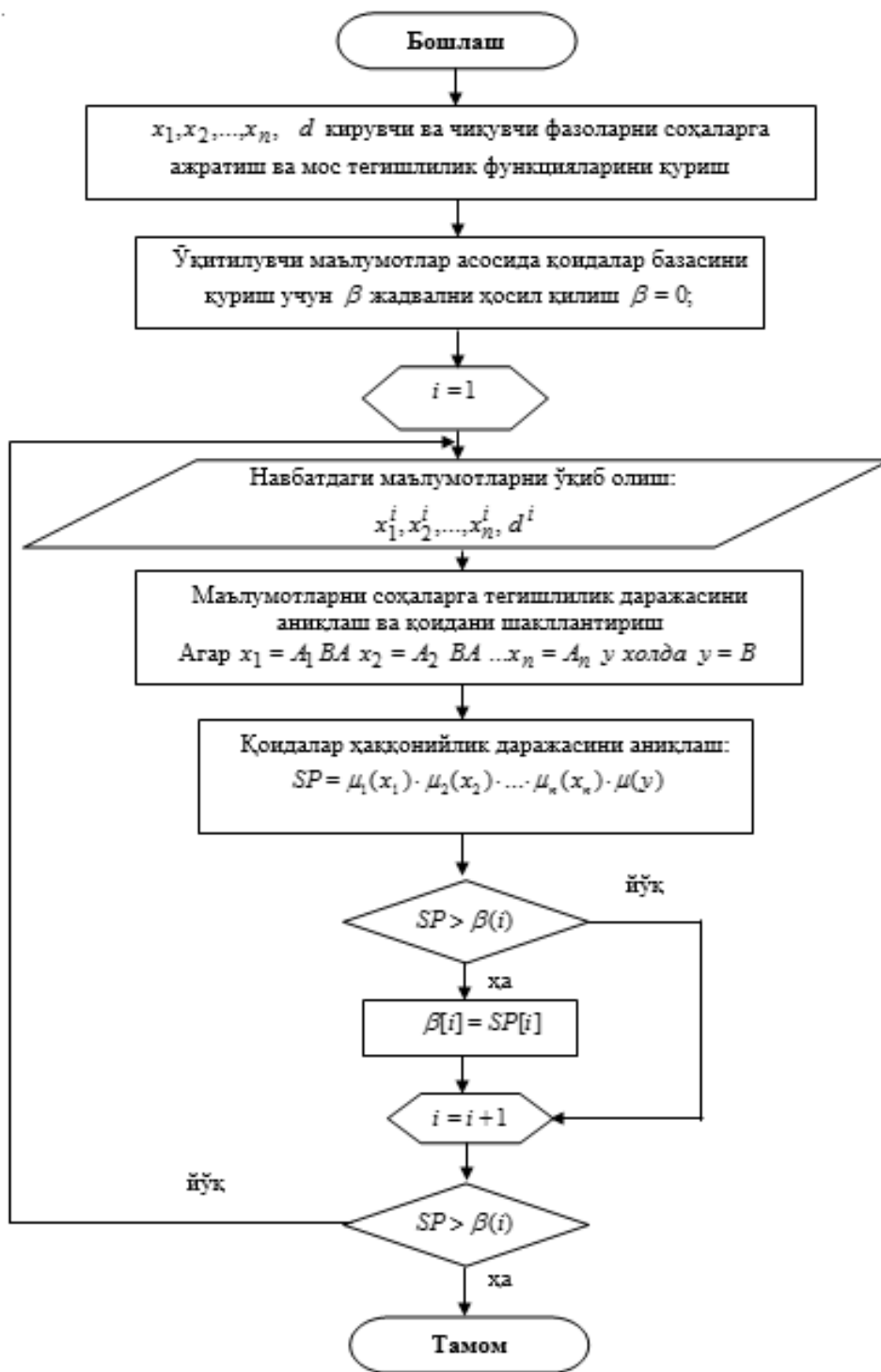
Агар  $\beta(l) < \mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \max_{j=1, n} [\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)]$  бўлса, у ҳолда

$$\beta(l) = \mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \max_{j=1, n} [\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)].$$

5-қадам. Дефаззификация.

Масала қоидалар базаси ёрдамида  $f: (x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i)) \rightarrow y$  акслантиришни аниқлашдан иборат, бу ерда  $y$  – норавшан тизимнинг чиқувчи қиймати.  $(x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i))$  кирувчи сигнал маълумотлари учун  $y$  бошқарув таъсири миқдорий қийматини аниқлашда дефаззификация амалини





3.2.1-расм. Норовшан қоидалар базасини қуриш алгоритми

бажариш зарур. Бошида  $(x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i))$  кирувчи сигналлар учун кўпайтириш амали ёрдамида  $k$  норовшан қоида шартларини бирлаштирилади. Бунинг ёрдамида  $k$  қоиданинг фаоллик даражаси аниқланади.

у чиқувчи қийматни ҳисоблаш учун ўрта марказ бўйича деффазификация усулидан фойдаланилади.

Расмда норавшан қоидалар базасини қуриш алгоритмининг блок-схемаси келтирилган (3.2.1-расм).

Таклиф қилинган норавшан қоидалар базасини қуриш алгоритми бўйича дастурий восита ишлаб чиқилган ва тегишли натижалар тажрибавий тадқиқотларда синовдан ўтган.

### **3.2.2. Кўп мезонли қарор қабул қилиш стратегиясини қидириш алгоритми**

**Кўп мезонли ҚҚҚ жараёнининг схемаси.** Кўп мезонли масалаларда ҚҚҚ жараённинг умумий схемасини келтирилган. Бунда ҚҚҚ мавжуд бўлган муқобиллардан энг маъқулини танлаш ҳисобланиб, унда турли хиллик ва баъзида қарама-қаршиликни ҳисобга олган ҳолда мақсад функцияси оптималлаштирилади. Бошқача айтганда ечим максимал равишда қўйилган мақсадга эришишни таъминлайди.

Жараённинг ҳолатлари тўғрисидаги билимларнинг тўлиқ бўлмаслигидан келиб чиқувчи ноаниқлик шароитида ҚҚҚнинг динамик жараёнини қараб ўтилган. Жараённинг ўзи дискрет вақтдаги ҳолатларнинг якуний сони билан Марков жараёни ҳисобланади. Ечим якуний матрицадан ўтиш эҳтимолликлари матрицасини танлашдан иборат [37].

Ҳар бир ҳолатлар жуфтлиги бир ҳолатдан бошқасига ўтишга сарфи бўйича қўйилган. Ахборот манбасига мурожаат учун ҳам сарф қилинади.

( $k = 0, \dots, m$ ) бир хилли Марков занжирининг  $\{S_k\}$  ҳолатлар тўплами ва якуний элементлар сонини мужассамлаштириши мумкин бўлган  $\Phi$  ечимлар тўплами берилган бўлсин.

Ҳар бир  $\varphi \in \Phi$  ечим учун  $A_\varphi$  ўтиш эҳтимоли матрицаси берилган

$$A_\varphi = [p_{ij}(\varphi)]_{i,j=0}^N \quad \sum_{j=0}^N p_{ij}(\varphi) = 1, \\ p_{i,j}(\varphi) \geq 0.$$

$\varphi \in \Phi$  ҚҚҚда  $S_i$  ҳолатни  $S_j$  ҳолатга ўтиш учун йўқотишлар киритилади. Ҳар бир  $\varphi \in \Phi$  учун  $[f_{ij}^k(\varphi)]_{i,j=0}^N$ ,  $f_{ij}^k(\varphi) \geq 0$  матрица ташкил этилади, у ерда  $f_{ij}^k(\varphi) - \varphi \in \Phi$  ҚҚҚда норавшан кўринишда

берилган  $S_i$  ҳолатни  $S_j$  ҳолатга ўтиш учун йўқотишлари, улар  $\mu_{ij}^k$  тегишлилик функцияси билан берилган. Дефаззификация процедурасини ишлатиш орқали  $f_{ij}(\varphi) - \varphi \in \Phi$  ҚҚҚда норавшан кўринишда берилган  $S_i$  ҳолатни  $S_j$  ҳолатга ўтиш учун йўқотишлар куйидагича топилади:

$$f_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K \mu_{ij}^k f_{ij}^k}{\sum_{k=1}^K \mu_{ij}^k}.$$

$G = [g_j(k)] \quad 1 \leq j \leq N, \quad 1 \leq k \leq M$  матрица жараён ҳолати ҳақидаги ахборот манбасини аниқлайди.

$j = l$  кўрсатмага харажат  $c_l^1 > 0 \quad (l = 1, \dots, m)$  га тенг

Жараён  $S_k \quad (k = 1, \dots, N)$  ҳолатлардан бошлансин.  $\{\varphi\} = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_l, \dots\}$  стратегияни танланади, бу ерда  $\varphi_l$   $l$ -қадамда қабул қилинаётган қорор ( $\varphi_l \in \Phi$ ).  $\{\varphi\}, \varphi_e \in \Phi$  стратегиядаги бутун жараён йўқотишининг математик кутилмаси чегараланган.

$\{\varphi\}^{onm}$  стратегияни топишда бутун жараёндаги йўқотиш минимал кўринишдаги математик кутилмаси куйидаги кўринишда юз беради:

Жараён ҳолатлари эҳтимоллиги тақсимланиши киритилади

$P = (P_0, P_1, \dots, P_N)$ , у ерда  $P_i - S_i$  ҳолат эҳтимоллиги.

$\varphi \in \Phi$  ҚҚҚдаги битта ўтиш учун йўқотишнинг математик кутилмаси куйидагига тенг

$$\sum_{i,j=0}^N f_{ij}(\varphi) p_{ij}(\varphi) p_i = (U_\varphi, p),$$

бунда  $U_\varphi - (U_\varphi)_0 = 0, \quad (U_\varphi)_i = \sum_{j=1}^N f_{ij}(\varphi) p_{ij}(\varphi) \quad (i = 1, \dots, N)$  компонентали вектор.

$F(p)$  - оптимал стратегиядаги йўқотишларнинг математик кутилмаси бўлсин. У ҳолда оптимал стратегия учун Беллман тенгламаси [13, 96-99-б.] куйидаги кўринишда бўлади

$$F(P) = \min_{\varphi \in \Phi} [(U_\varphi, P) + F(A_\varphi^A P)], \quad F(0) = 0.$$

**ҚҚҚ стратегиясини қидириш алгоритми.** Бошланғич маълумотлар сифатида  $A_\varphi$  - ўтишлар эҳтимоллиги матрицаси;  $U_\varphi$  - харажат вектори;  $G$  - ахборот матрицаси.

Кетма кет яқинлашиш усули билан ечилаётган тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$F(p) = \min\{\min_{\varphi}[(U_{\varphi}, p) + F(A_{\varphi}p)], [c + F_1(G_1p) + F_2(G_2p)]\},$$

$$F(0) = 0;$$

### **Алгоритм тавсифи.**

1. Бошланғич ахборотни киритиш.
2.  $F(P)$ ,  $F_1(P)$  ва  $F_2(P)$  массивларни шакллантириш;
3.  $F(P)$  ҳаражат функциясининг кетма кет яқинлашишини қуйидаги схема орқали ҳисоблаш:

а)  $F(P) = 0$ ;

б)  $F_1(P) = \min_{\varphi}[(U_{\varphi}, P) + F(A_{\varphi}, P)]$ ;

в)  $F_2(P) = \min[F_1(P), c + F_1(G_1P) + F_1(G_2P)]$ ;

г)  $\max_P[F_2(P) - F(P)] \leq \varepsilon$ ;

д) агар 2-шарт бажарилган бўлса е) га ўтиш, акс ҳолда  $F(P) = F_2(P)$  ва б- га ўтиш;

е) ҚҚҚ оптимал дастурини қидириш

$$\min \begin{cases} \min[(U_{\varphi}, P) + F_2(A_{\varphi}P)], & 1 \leq \varphi \leq N \\ [c + F_2(G_1P) + F_2(G_2P)], & \varphi = 0. \end{cases}$$

Ҳар бир  $P$  учун минимумга эришадиган  $\varphi$  қийматни аниқлаб,  $\varphi(P)$  оптимал дастур массиви ҳосил қилинади.

## IV БОБ. ҚИСМИЙ ПРЕЦЕДЕНТЛИК АЛГОРИТМЛАРИДА НОРАВШАН ТЎПЛАМЛАР НАЗАРИЯСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

### 4.1. Белгиларда норавшан тўпламларнинг шаклланиши

Норавшан тўпламлар ёрдамида аниқ бўлмаган ва кўп қийматли тушунчаларни формал аниқлаш мумкин. Масалан, “юқори температура”, “катта шаҳар” каби ёки “кўп”, “кам”, “оғир”, “ўртача”, “енгил” каби математик тилда ифодалаш қийин бўлган лингвистик термларни мисол сифатида келтириш мумкин. Норавшан тўпламларни шакллантириш учун уларнинг муҳокама соҳасини (universe of discourse) аниқлаш зарур. Амалий масалаларда норавшан тўпламларнинг муҳокама соҳасини аниқлаш масаласи – бу уларни компьютер тушунадиган сонли кўринишга ўтказишдир.

Қиёсланаётган объектларнинг ҳар бир мос белгиси яқинлигини аниқлаш учун махсус функциялар – элементар мантикий классификаторлар қурилади [91]. Ушбу ишда ЭМКни БХАнинг иккинчи босқичи учун қурилади. БХАда объектларнинг детерминалланган (миқдорий узлуксиз бўлмаган) қийматли белгиларини қиёслаш учун ЭМК қурилган. Норавшан белгиларни қиёслаш учун БХАда норавшан тўпламлар назариясидан фойдаланишга тўғри келади.

Норавшан тўпламлар кўринишидаги белгилар учун ЭМКни қуриш жуда мураккаб. Бунинг асосий сабаби – объектларнинг қиёсланишда иштирок этувчи элементи битта эмас, балки тўпламдан иборатлигидадир. Бундан ташқари бундай тўпламлар устида амаллар бажариш учун норавшан тўпламлар назарияси усул ва алгоритмларига мурожаат этиш талаб этилади.

Одатда, норавшан тўпламни ифодалашда соҳа мутахассисларининг тажрибаларига таянилади. Ушбу ишда  $U$  бош тўпламда бу масала ҳал этилган бўлсин, яъни барча норавшан тўпламли белгилар соҳа мутахассислари томонидан аниқланган бўлсин. Масалан, объект товушини баландлилик даражаси бўйича қисмларга ажратиладиган бўлсак, “паст” “ўрта”, “баланд” кўринишдаги терм-тўпламларга эга бўламиз. Бу терм-тўпламлар  $[0, 100]$  ораликдаги шкала орқали ифодаланиши билан  $[0, 1000]$  ораликдаги шкалалар орқали ифодаланиши ўртасида умуман мос

келмайди. Бу ораликлар аниқланиш соҳаси ёки муҳокама соҳаси деб юритилади. Муҳокама соҳаси аниқ қийматлар билан ифодаланадиган фазо ёки тўпламни акс эттиради ва  $X_i$  билан белгиланади. Бу ерда  $X_i$  аниқ тўплам ҳисобланади.

Агар  $U$  тўпламда равшан ва норавшан бўлган белгилар мавжуд бўлса, уларни  $X_i \subseteq U$  – равшан белгилар,  $X'_i \subseteq U$  – норавшан белгилар сифатида белгилаймиз.  $X_i$  ва  $X'_i$  белгидаги  $B^i$  норавшан тўплам соҳа мутахассислари томонидан ёки уларнинг кузатув-тажрибалари асосида жамланган ўқув танланма воситасида аниқланади. Аксарият ҳолларда норавшан белгидаги терм-тўпламларнинг сонини тоқ кўринишда танланади. Мисол учун  $U$  универсал тўпламда жами  $n = 7$  та белги мавжуд бўлсин.  $X_1, X_4, X_5, X_7$  – миқдорий,  $X'_2, X'_3, X'_6 \dots$  – норавшан белгилар бўлса,  $n_1 = 4$  ва  $n_2 = 3$  тенг бўлади. Масалан, Таниб олиш алгоритмини амалга оширишда  $X_i$  белги бир вақтнинг ўзида ҳам норавшан, ҳам миқдорий бўлиши мумкин эмас.

$S_j \in U$  объектнинг  $x'_{ij} \in X'_i$  белгиси қиймати  $X'_i$  норавшан белгида аниқланган  $B^i, C^i, D^i \dots$  норавшан тўпламларга тегишлилик даражаси  $\mu$  тегишлилик функцияси орқали  $[0, 1]$  ораликда аниқланади.  $X'_i$  норавшан тўпламга тегишлилик даражаси тегишлилик функциялари ёрдамида қуйидаги  $\mu_{B_1^i}(x'_{ij}), \mu_{B_2^i}(x'_{ij}), \mu_{B_3^i}(x'_{ij}), \dots$  кўринишда ёзилади.

Ўқув танланмада  $S_q = (\alpha_{1q}, \alpha_{2q}, \dots, \alpha_{nq}), \alpha_{iq} \in X_i, i = \overline{1, n}, q = \overline{1, m_e}$ , эталон объектлари аввалдан маълум бўлган  $K_1, K_2, \dots, K_l$  ( $K_u \cap K_g = \emptyset, u \neq g, u, g = \overline{1, l}$ ) синфларга ажратилган бўлсин. Ҳар қандай реал объектларни бир-биридан фарқлаш (“ўхшаш” ёки “ўхшаш эмаслиги”ни аниқлаш) учун уларнинг мос таснифий белгилари ўзаро қиёсланади.

Турли типли белгиларни қиёслаш учун  $\rho_i(x_{ij}, x_{iq}), \rho_i \in D$  қиёслаш функцияларини куриш таклиф этилади.

Бош тўпламдан танлаб олинган ўқув ва назорат жадвалларида белгилар типлар бўйича гуруҳланади. Агар тип гуруҳларнинг сони  $t$  та бўлса, уларни  $Y_1, Y_2, \dots, Y_t$  кўринишда белгилаб олсак,  $\rho_i \rightarrow Y_\nu, i \geq \nu$  бўлади.  $\rho_i$  функциялар  $Y_\nu$  типли белгилар гуруҳининг тамойилларига мос равишда курилади.

БҲАда белгиларнинг турли типда берилганда  $\rho_i$  ЭМКни куриш [91] да келтирилган.

Тадқиқ қилинаётган объектларни тавсифловчи белгилар қийматлари турли типли бўлганда БХАнинг 2-босқичини модификациялаш, яқинлик функцияси қийматларини тўғри ҳисоблашга хизмат қилувчи қиёслаш функцияларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. БХАда объектлар белгилари қийматларини қиёслашда сонли (евклид ва хемминг) метрикаларидан фойдаланган бўлса, унга қўшимча равишда лингвистик сўзлар, жумлалар ва норавшан тўпламлар билан ифодаланган қийматларни қиёслашда эса тегишлилик функцияларидан фойдаланилади. Иккита норавшан белгилар қийматларининг бир-бирига яқинлигини уларнинг мос равишда энг катта қиймат олувчи терм тўпламлари бир хиллиги билан аниқлаш мумкин.

Икки  $S_j$  ва  $S_q$  объектларнинг  $i$ - норавшан белгисининг қиймати  $B^i$  терм-тўпламга тегишли бўлиши учун уларнинг тегишлилик функциясининг қийматлари қуйидаги муносабатда бўлиши керак:

$$\rho_i(x'_{ij}, x'_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \mu_{B^i}(x'_{ij}) \equiv \mu_{B^i}(x'_{iq}) \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } \mu_{B^i}(x'_{ij}) \neq \mu_{B^i}(x'_{iq}) \text{ бўлса,} \end{cases}$$

бу ерда  $\mu_{B^i}(x'_{ij}) = \max_{u=\overline{1,t}}(\mu_{B^i}(x'_{ij}))$ ,  $\mu_{B^i}(x'_{iq}) = \max_{u=\overline{1,t}}(\mu_{B^i}(x'_{iq}))$ ,  $\equiv$  ва  $\neq$  белгилар эса мос равишда  $x'_{ij}$  ва  $x'_{iq}$  қийматларни  $B^i$  терм-тўпламга ўзаро тегишли ёки тегишли эмаслигини англатади.

Агар  $X_i$  фазода  $B$  норавшан тўплам берилган бўлса, у  $B \subseteq X_i$  кўринишда белгиланади ва қуйидаги жуфтлик тўплам орқали ифодаланади:

$$B = \{(x, \mu_B(x_i)); x \in X_i\} \quad (3.1)$$

бу ерда  $B$  норавшан тўпламнинг тегишлилик функцияси:

$$\mu_B: X_i \rightarrow [0, 1]. \quad (3.2)$$

Тегшлилик функциясининг тегишлилик даражаси қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$\{(x'_{ij}, \mu_{B^i}(x'_{ij})); x'_{ij} \in X_i\} = \begin{cases} x'_{ij} \in B^i, & \text{агар } \mu_{B^i}(x'_{ij}) = 1 \\ x'_{ij} \notin B^i, & \text{агар } 0 < \mu_{B^i}(x'_{ij}) < 1 \\ x'_{ij} \notin B^i, & \text{агар } \mu_{B^i}(x'_{ij}) = 0, \end{cases} \quad (3.3)$$

бу ерда, тегишлилик функциясининг қиймати 1 га тенг бўлганда  $x'_{ij}$  қийматни  $B^i$  норавшан тўпламга тўлиқ тегишилилигини, 0 га тенг

бўлганда тегишли эмаслигини, 0 дан катта ва 1 дан кичик бўлса, қисман тегишлилигини ( $\tilde{E}$ ) билдиради.

Турли манбаларда тегишлилик даражасини ифодалаш учун турли ёндашувлар таклиф этилган. Масалан, [108]да тегишлиликнинг икки даражаси  $e_1$  ва  $e_2$  ( $e_1, e_2 \in [0, 1]$ ) сонлари киритилган. Бундан: а) агар  $\mu_{B^i}(x'_{ij}) \geq 1 - e_1$  бўлса,  $x'_{ij}$  қиймат  $B^i$  норавадан тўпламга “тегишли”; б) агар  $\mu_{B^i}(x'_{ij}) \leq e_2$  бўлса,  $x'_{ij}$  қиймат  $B^i$  норавадан тўпламга “тегишли эмас”; агар  $e_2 < \mu_{B^i}(x'_{ij}) < 1 - e_1$  бўлса,  $x'_{ij}$  қиймат  $B^i$  норавадан тўпламга “нисбатан тегишли” бўлади.

Агарда  $X_i$  фазо чекли сондаги элементлардан иборат бўлса, яъни

$X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , унда  $B \subseteq X_i$  норавадан тўплам қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$B = \frac{\mu_B(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_B(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_B(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_B(x_i)}{x_i}. \quad (3.4)$$

$X_i$  тўпламнинг элементлари фақат сонлардан иборат эмас, балки предмет, символ ва ҳ.к. бўлиши мумкин, яъни келтирилган ёзув белгили характерга эга. Шунинг учун «—» белгиси бўлиш амалини эмас,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  элементларга  $\mu_B(x_1), \mu_B(x_2), \dots, \mu_B(x_n)$  тегишлилик даражаларини мос қўйишни англатади, яъни:

$$\frac{\mu_B(x_i)}{x_i} \Leftrightarrow \{x, \mu_B(x_i)\}, i = 1, 2, \dots, n.$$

Худди шунингдек, “+” белги ҳам қўйиш амали эмас, балки (3)даги элементларнинг тўпламли йиғиндисини билдиради. Масалан, мактаб баҳолари тўпламини символик кўринишда ёзилади:

$$B = 2 + 3 + 4 + 5 \Leftrightarrow A = \{2, 3, 4, 5\}.$$

Агар  $X_i$  фазо чексиз миқдордаги элементлардан иборат бўлса, унда  $B \subseteq X_i$  норавадан тўплам қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$B = \int_X \frac{\mu_A(x)}{x}. \quad (3.5)$$

Тимсолларни аниқлаш масалаларида бундай ҳолатлар кам учрайди.

НТНда объектларни тавсифлашда норавадан белгилар ва лингвистик белгилар тушунчалари келтирилади [135].

Норавадан белги  $\langle b, X, B \rangle$  учлиги орқали ифодаланади. Бу ерда  $b$  – белги номи;  $X$  – тўплам а белгининг аниқланиш соҳаси;  $B$  –



$X$  тўпلامдаги  $a$  белги ва унинг тегишлилик даражаси тавсифланадиган норавшан тўпلامни ифодалайди.

*Лингвистик белги*  $\langle b, B, X, G, M \rangle$  тўплами орқали аниқланади. Бу ерда  $b$  – лингвистик белгининг номи;  $B$  – лингвистик белгининг қийматлари тўплами (терм-тўплам) бўлиб, улар ҳар бирининг муҳокама соҳаси  $X$  тўпلامга тегишли бўладиган норавшан белгилар номларини ўзида акс эттиради;  $G$  –  $B$  терм-тўплам элементларига таъсир қилувчи синтактик процедура бўлиб, янги термларни (қийматларни) генерациялайди;  $M$  –  $G$  процедураси орқали олинган ҳар бир янги лингвистик белгини норавшан белгига ўтказувчи, яъни мос норавшан тўпلامни шакллантирувчи семантик процедура ҳисобланади.

Масалан, эксперт объектнинг товушини компьютер тизимидаги  $[1, 100]$  фоизлар оралиғида “паст”, “ўртача”, “баланд” тушунчалар ёрдамида аниқламоқчи бўлса,  $\langle b, B, X, G, M \rangle$  лингвистик белги ёрдамида қуйидагича шакллантирилади:

$b$  – “овознинг даражаси”;

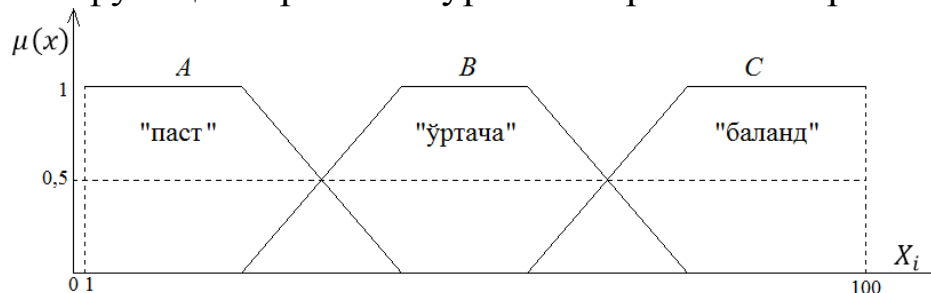
$B$  – {“паст”, “ўртача”, “баланд” };

$X$  –  $[1, 100]$ , бу ерда  $\min(X_i) = 1$ ,  $\max(X_i) = 100$  бўлади;

$G$  – “ва”, “ёки” боғловчилари ва “жуда” “эмас” “унчалик ... эмас” каби модификаторлар ёрдамида янги термлар ҳосил қилинадиган бўлса, улар “жуда паст овоз”, “паст ёки ўртача овоз”, “унчалик баланд овоз эмас” ва ҳ.к. кўринишга эга бўлади ва  $G(B)$  кўринишда ёзилади.

$M$  вазифалар процедураси  $X = [1, 100]$  тўпلامнинг  $B_1 =$  “паст”,  $B_2 =$  “ўртача”,  $B_3 =$  “баланд” норавшан тўпلامлари ҳамда  $G(T)$ нинг термлари учун норавшан тўпلامлари ва бошқа амаллар кетма-кетлигидан иборат бўлади (3.1-расмга қаранг).

Қуйидаги расмда бир нечта норавшан тўпلامлар учун тегишлилик функцияларининг кўринишлари акс эттирилган:



4.1-расм. Норавшан белгининг термлар ва тегишлилик функция билан ифодаланиши

**Баъзи тегишлилик функцияларининг кўринишлари.** Ўқув танланмада белгининг қабул қилиши мумкин бўлган қийматлари бўйича тегишлилик функцияларининг кўринишлари турлича бўлади. Қуйида тегишлилик функцияларининг баъзи кўринишлари келтирилади. Айрим иловаларда тегишлилик функциясининг стандарт шаклларида фойдаланилган. Ушбу функцияларни аниқлаштириб, уларнинг график талқинларини кўриб чиқамиз.

**1. Синглтон типдаги тегишлилик функциялари.** Тегишлилик функциясини бир қанча кўринишда куриш мумкин, улардан бири сифатида қуйидаги кўнғироқсимон кўринишдаги формула танлаб олинди [116]:

$$\mu_B(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x_i = \bar{x}_i \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } x_i \neq \bar{x}_i \text{ бўлса.} \end{cases} \quad (3.6)$$

Ушбу махсус синглтон тегишлилик функцияси  $x_i$  элементнинг  $B$  норавшан тўпламдаги ягона ечимга тенг бўлишида 1 қийматни қабул қилади, бошқа нуқталарда эса 0 га тенг бўлади. Бу тегишлилик функцияси бир элементли норавшан тўпламни характерлайди.  $B$  норавшан тўпламга тўлиқ тегишлиликни ифодалаш учун ягона  $\bar{x}_i$  нуқта етарли бўлади. “Синглтон” типдаги тегишлилик функцияси норавшан хулоса тизимларида кўлланиладиган фаззификация амалини амалга ошириш учун фойдаланилади.

### **2. s синфнинг тегишлилик функцияси**

$$s(x : a, b, c) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ да,} \\ 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2 & a \leq x \leq b \text{ да,} \\ 1 - 2\left(\frac{x-c}{c-a}\right)^2 & b < x \leq c \text{ да,} \\ 1 & x \geq c \text{ да} \end{cases} \quad (3.7)$$

каби кўринишда аниқланди, бу ерда  $b=(a+c)/2$ . Мазкур синфга тегишли бўлган тегишлилик функцияси “s” ҳарфини эслатувчи график тасвирга эга, жумладан унинг шакли  $a$ ,  $b$  ва  $c$  параметрларнинг сараланиб олишига боғлиқ бўлади.  $x=b=(a+c)/2$  нуқтада  $s$  синфнинг тегишлилик функцияси 0,5 га тенг бўлган қийматни қабул қилади.

**3.  $\pi$  синфнинг тегишлилик функцияси**  $s$  синфнинг тегишлилик функцияси орқали аниқланади:

$$\pi(x; b, c) = \begin{cases} s(x; c-b, c-b/2, c) & x \leq c \text{ да,} \\ 1-s(x; c, c+b/2, c+b) & x \geq c \text{ да.} \end{cases} \quad (3.8)$$

$\pi$  синфнинг тегишлилик функцияси  $x \geq c+b$ , ва  $x \leq c-b$  да нол қийматларни қабул қилади.  $x = c \pm b/2$  нуктада унинг қиймати 0,5 га тенгдир.

**4.  $\gamma$  синфнинг тегишлилик функцияси** куйидаги ифода орқали ёзиб олинади:

$$\gamma(x; a, b) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ да,} \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \text{ да,} \\ 1 & x \geq b \text{ да.} \end{cases} \quad (3.9)$$

Ўқувчи  $s$  ҳамда  $\gamma$  синфларнинг тегишлилик функцияларининг шакллари ўртасидаги ўхшашликни осонлигча аниқлайди.

**5.  $t$  синфнинг тегишлилик функцияси:**

$$t(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ да,} \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \text{ да,} \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \text{ да,} \\ 1 & x \geq c \text{ да.} \end{cases} \quad (3.10)$$

Айрим иловаларда  $t$  синфнинг тегишлилик функцияси  $\pi$  синфнинг функциясига нисбатан устувор деб қаралиши мумкин.

**6.  $L$  синфнинг тегишлилик функцияси** куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$L(x; a, b) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ да,} \\ \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \text{ да,} \\ 1 & x \geq b \text{ да.} \end{cases} \quad (3.11)$$

Юқорида келтирилган тегишлилик функцияларининг яна кўплаб кўринишларини келтириш мумкин. Бу қўйилган масаладаги норавшан белгининг қабул қилувчи қийматларига боғлиқ бўлади.

**Норавшан мантиқий хулоса.** Норавшан мантиқий хулоса деб норавшан амаллар ва норавшан базадан фойдаланиш асосида кирувчи жорий қийматларига тўғри келувчи норавшан тўплам кўринишидаги хулосани олишга айтилади. Норавшан мантиқий хулоса асосини Заденинг композицион қоидаси ташкил этади [Zadeh].

Экспертнинг билими  $B \rightarrow K_u$  фикр ва хулосанинг норавшан сабабли муносабатини акс эттиради. Шунинг учун уни норавшан муносабат деб аташ мумкин ва у  $R$  орқали белгиланади:  $R = B \rightarrow K_u$ , бу ерда “ $\rightarrow$ ” норавшан импликация дейилади.

Норавшан тўпламлар алгебрасида импликация амали ҳам композиция амали сингари турли кўринишларда амалга оширилади. Аммо ҳар қандай умумий мантиқий хулоса қоидадагидек қуйидаги 4 босқичда амалга оширилади:

1. Норавшанликнинг киритилиши (фаззификация). Кирувчи маълумотлар учун аниқланган тегишлилик функцияси уларнинг аниқ қийматларига ҳар бир қоидадаги ҳар бир шартнинг ҳаққонийлик даражасини ҳисоблашда қўлланилади.
2. Мантиқий хулоса. Ҳар бир қоидадаги ҳар бир шартнинг ҳаққонийлик даражаси учун ҳисобланган қиймат ҳар бир қоиданинг якуний хулосасини аниқлашга қўлланилади. Одатда, мантиқий хулоса қоидалари сифатида фақатгина  $\min$ (минимум) ёки  $\text{prod}$ (кўпайтма) амалларидан фойдаланилади.
3. Композиция. Ҳар бир чиқувчи маълумот учун тайинланган барча норавшан тўпламлар қоидалари битта норавшан қисм тўпламни шакллантириш учун биргаликда умумлаштирилади.
4. Дефаззификация (равшанликка келтириш). Бу босқич норавшан хулосаларни равшан сонга акслантириш жоиз бўлганда фойдаланилади.

Фаззификация жараёнида  $T_{nml} \subset U$  ўқув танланма предмет соҳа эксперт ва мутахассислари норавшан хулосалар механизми асосида шакллантириладиган норавшан мантиқий қоидалар жамланмаси кўринишда ифодаланади.

Кирувчи маълумотлар ва чиқувчи маълумотлар кўп ўлчовли боғланишларни бергани учун ВА ҳамда ЁКИ мантиқий амаллари қўлланилади. Қоидаларнинг ўзгарувчиларини ўзаро ВА мантиқий амали билан боғланадиган, маълумотлар базасида эса ЁКИ амали билан боғланадиган қилиб баён этиш қулай. Бундай ҳолда  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$  киришни у чиқиш билан боғлайдиган норавшан билимлар базасини қуйидагича тасвирлаш мумкин:

$$\text{АГАР } (x_1 = a_{1j1}) \text{ ВА } (x_2 = a_{2j1}) \text{ ВА...ВА } (x_n = a_{nj1})$$

ЁКИ ( $x_1 = a_{1j_2}$ ) ВА ( $x_2 = a_{2j_2}$ ) ВА...ВА ( $x_n = a_{nj_2}$ )

...  
 ЁКИ ( $x_1 = a_{1jk_l}$ ) ВА ( $x_2 = a_{2jk_l}$ ) ВА...ВА ( $x_n = a_{nj_k_l}$ ),

БЎЛСА, У ҲОЛДА  $y = K_j$ ,  $j = \overline{1, l}$ .

Бу ерда  $a_{ijp} - j_p$  ( $p = \overline{1, k_j}$ ) рақамли каторда  $x_i$  ўзгарувчиси баҳоланадиган норавшан терм;

$k_i$  – чиқувчи  $K_j$  қийматлар билан баҳоланадиган конъюкциялар катори сони;

$m$  – чиқувчи ўзгарувчи (синф)ни баҳолаш учун қўлланиладиган турли хил қийматлар сони.

Тимсолларни аниқлашда юқорида келтирилган билимлар базасини билимлар матрицаси деб номланувчи жадвал кўринишида тасвирлаш қулай. (4.1-жадвалга қаранг). Бу жадвал одатда предмет соҳа мутахассислари томонидан берилади.

4.1-жадвал – Норавшан қоидалар базасининг умумий кўриниши

$X_1$	$X_2$	...	$X_n$	$K_u$
$a_{111}$	$a_{211}$	...	$a_{n11}$	$K_1$
$a_{112}$	$a_{212}$	...	$a_{n12}$	
...	...	...	...	
$a_{11k_1}$	$a_{21k_1}$	...	$a_{n1k_1}$	
$a_{121}$	$a_{221}$	...	$a_{n21}$	$K_2$
$a_{122}$	$a_{222}$	...	$a_{n22}$	
...	...	...	...	
$a_{12k_2}$	$a_{22k_2}$	...	$a_{n2k_2}$	
...				
$a_{1l1}$	$a_{2l1}$	...	$a_{nl1}$	$K_l$
$a_{1l2}$	$a_{2l2}$	...	$a_{nl2}$	
...	...	...	...	
$a_{1lk_l}$	$a_{2lk_l}$	...	$a_{nlk_l}$	

4.1-жадвал кўринишидаги билимлар базасини қуришда БҲАнинг таянч тўпламлар тизимидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

Заденинг композицион норавшан мантиқий хулоса асосида таснифлаш масаласида  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  белгилар фазоси бўйича Ўқув танланмадаги  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$  объектлар қийматлари (кирувчи маълумотлар) ёрдамида  $S = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  объектни  $K_1, K_2, \dots, K_n$  синфлардан бирига тегишли эканлигини аниқлашдан масаласи келтирилади.

Норавшан мантиқий хулоса асосидаги таснифлаш қуйидаги кўринишдаги қоидалар базаси асосида амалга оширилади:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} (\bigcap_{i=1}^n x_i = a_{ijp} \quad w_{jp} \text{ вазн}) \rightarrow K_u, u = \overline{1, l}. \quad (3.12)$$

бу ерда  $\cup$  - ЁКИ норавшан мантиқий амал,  $\cap$  - ВА норавшан мантиқий амал,  $w_{jp} \in [0, 1]$  -  $jp$  номердаги қоиданинг муҳимлик коэффициентлари.

Равшан мантиқий хулосада кўпинча *modus ponens* қоидаси ишлатилади, уни қуйидагича ёзиб олиш мумкин:

Жўнатиш	$B$ рост
Импликация	Агар $B$ , у ҳолда $K_u$
Мантиқий хулоса	$K_u$ рост

*Modus ponens* “ $B$  рост” лиги маълум бўлса ва “ $B$  бўлса, у ҳолда  $K_u$ ” қоидаси мавжуд бўлса “ $K_u$  рост” деган хулосани чиқаради. Лекин, агар прецедент бўлмаса, модус поненс ҳеч қандай тахминий хулосани чиқара олмайди. Агар  $B$  га яқин бўлган “ $B$  рост” деган мулоҳаза маълум бўлса ҳам, *modus ponens*ни қўллаб бўлмайди. Норавшан маълумот асосида қарор қабул қилишнинг мавжуд усулларида бири норавшан мантиқий хулосани қўллашдир.

Ўқув танланма  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$  объектлари вектор орқали берилган синфлаштириш объектнинг маълумотлар базасининг  $K_u$  синфларига тегишлилик даражаси қуйидагича ҳисобланади:

$$\mu_{K_u}(S) = \bigvee_{p=\overline{1, k_j}} w_{jp} \cdot \bigwedge_{i=\overline{1, n}} (\mu_{jp}(x_i)), j = \overline{1, l}, \quad (3.13)$$

бу ерда  $\bigvee(\bigwedge)$  - ЁКИ (ВА) мантиқий амаллар тўпламидан иборат. Одатда ЁКИ амали учун максимумни топиш ҳамда ВА амали учун минимумни топиш қуйидаги услублардан фойдаланилади.

Таснифлаш натижаси сифатида тегишлилик функциясининг максимум қийматга эга бўлган синфи танланади:

$$u = \max_{K_u} (\mu_{K_1}(S), \mu_{K_2}(S), \dots, \mu_{K_l}(S)) \quad (3.14)$$

Юқорида келтирилган норавшан тўпламлар элементлари тимсолларни аниқлашда норавшан қийматларни равшан (аниқ) қийматларга ўтказиш учун хизмат қилади.

## **4.2. Норавшан тўпламлар назарияси элементлари қўлланилган баҳоларни ҳисоблашга асосланган алгоритмларни ишлаб чиқиш.**

Мазкур параграфда БХА босқичларида норавшан тўпламлар назариясининг  $\mu$  тегишлилик функцияси ҳамда норавшан мантиқий хулоса элементларини қўллаш орқали ушбу синф алгоритмларини модификацияланади. 1.3-параграфда келтирилган БХАнинг классик кўринишига асосланиб, унинг янги модели ишлаб чиқилади.

Ўқув танланмада жами белгилар сони  $n$  та бўлиб, улардан  $n_1$  та норавшан белгилар ва  $n_2$  та норавшан бўлмаган белгилар иштирок этсин. Белгилар фазосида норавшан белгининг иштироқи БХА босқичлари сонини ўзгартирмайди. БХАнинг дастлабки босқичда ҳам қисмий прецедентлик тамойилидан фойдаланиш давом эттирилади.

Норавшан белгилар иштирок этадиган ихтиёрий 4.1-жадвал кўринишидаги қоидалар базаси жадвалини стандарт ўқув танланма (2.1, 2.1-жадвалига қаранг) кўринишига келтириш мумкин. Қоидалар базаси кўринишда шакллантирилган жадвал маълумотлари асосида таснифлаш масаласини ечиш учун БХА босқичлари қуйидагича ишлаб чиқилди.

**1. Норавшан мантиқий қоидали ўқув танланмани фаззификация ва дефаззификация амаллари ёрдамида шакллантириш.** Дастлабки босқичда норавшан белгилар иштирок этувчи танланмаларни фаззификация ва дефаззификация амаллари орқали миқдорий кўринишдаги  $T_{nml}$  жадвалига акслантирилади. Бу жараён қуйидагича амалга оширилади:

Фазификациялаш амалини бажариш учун тегишлилик функцияларининг мос кўриниши (3.6-3.11 формулаларга қаранг) танланади. Улардан бири сифатида қуйидаги кўнғироқсимон тегишлилик функциясини келтирамиз:

$$\mu_B(a_j; b, c) = \sum_{j=1}^k \frac{1}{1 + \left(\frac{a_j - c}{b}\right)^2}$$

бу ерда  $b$  ва  $c$  параметрлар.

Ҳар бир норавшан  $X_i$  белги учун фаззификация амали унинг ҳар бир терм-тўпламга тегишлилик даражаларини мос келувчи  $\mu_B^i$  тегишлилик функциялари аниқланади ва дефаззификация усули орқали норавшан сонни ягона сонга ўтказилади. Кенг фойдаланилаётган дефаззификация усулларида бири ўртача марказлаштириш (center average defuzzification) усулининг кўриниши қуйидагича:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_B(a_j) \cdot a_j}{\sum_{j=1}^N \mu_B(a_j)}$$

**2. Таъянч тўпламлар тизими.** Барча  $\{1, 2, \dots, n\}$  белгилар тўпلامидан мавжуд бўлган барча  $M_{\tilde{\omega}}$  қисм тўпламлар аниқланган бўлсин. Барча бундай қисм тўпламлар жамланмаси  $\Omega$  тўплам кўринишида белгиланган бўлсин. Бу босқичда баҳоларни ҳисоблашнинг  $A$  алгоритми аниқлаш  $\Omega_A \subseteq \Omega$  тўпламлар оиласидан  $\Omega_A$  таянч тўпламлар тизими аниқлашдан иборат. У овоз берувчи белгилар сони ифодалайди ва  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) орқали белгиланади.  $\Omega_A$  таянч тўпламда белгиларнинг танланиши учун элементлари 0 ёки 1 қийматни қабул қилувчи  $\tilde{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$  вектор шакллантирилади. Агар  $\omega_i = 1$  бўлса,  $i$ -белгининг танланганлигини, акс ҳолда танланмаганлигини билдиради.

**3. Норавшан белгиларни қиёслашда норавшан бўсағавий параметрларни аниқлаш.**

**4. Яқинлик функцияси.**  $S$  ва  $S_q$  қаторларнинг  $\Omega_A$  учун  $\tilde{\omega}$ -қисми  $\tilde{\omega}S$  ва  $\tilde{\omega}S_q$  кўринишида ёзилади.  $\tilde{\omega}$ -қисм белгилар тўпلامининг танланган  $k$  та белгилари қисмини англатади. Белгиларнинг қисм тўпламлари учун қуйидаги яқинлик функциясидан фойдалансак,

$$r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \sum_{i=1}^k \rho_i(x_i, x_{iq}) \leq \varepsilon \\ 0, & \text{бошқа ҳолатларда.} \end{cases}$$



Бу ерда асосий эътибор  $\rho_i(x_i, x_{iq})$  – элементар мантиқий классификаторга қаратилади.

Унинг қиймати 2.1-параграфда келтирилган кўринишда ифодаланади.

а) Агар  $i$ -норавшан белги  $A_1, A_2, \dots, A_t$  норавшан лингвистик тўпламлар билан ифодаланса, яъни  $x_i \in \{A_1, A_2, \dots, A_t\}$  ва  $x_{iq} \in \{A_1, A_2, \dots, A_t\}$  бўлса  $\rho_i$  функция:

$$\rho_i(x_i, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x_i = x_{iq} \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } x_i \neq x_{iq} \text{ бўлса,} \end{cases}$$

б) Агар  $i$ -норавшан белги қиймати сон билан ифодаланган бўлса, унда  $\rho_i$  функция:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \mu_{A_u}^*(x_{ij}) = \mu_{A_u}^*(x_{iq}) \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } \mu_{A_u}^*(x_{ij}) \neq \mu_{A_u}^*(x_{iq}) \text{ бўлса,} \end{cases}$$

**5. Фиксирланган таянч тўпламнинг қаторлари бўйича баҳоларни ҳисоблаш.** Учинчи босқичда баҳо деб юритиладиган сонли хусусиятлар билан бериладиган  $A$  алгоритмни топишдан иборат. Баҳо  $\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q$  ( $q = 1, 2, \dots, m$ ) қаторлар бўйича яқинлик функцияларининг қийматлари бўйича  $\Gamma_{\tilde{\omega}}$  баҳо аниқланади. Баҳони ҳисоблашда қаторлар учун ўрнатилган “ташқи параметрлар”дан ҳам фойдаланиш мумкин. Масалан, бундай ташқи параметрлар “муҳимлик даражаси” ёки  $S_q$  қаторларнинг ишончилигини оширишни ифодалаш мумкин:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_q) = \gamma_1(S_q) \gamma_2(S_q) r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q)$$

$\gamma_1(S_q), \gamma_2(S_q)$  –  $S_q$  объект учун ташқи параметрлар. Баъзан бу параметрларнинг қийматларини аниқлаш мумкин бўлмаса, улардан фойдаланмаслик ҳам мумкин.

Ташқи параметрлар мавжуд бўлмаса, унда

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_q) = r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q).$$

**6. Фиксирланган таянч тўплам бўйича синф учун баҳоларини ҳисоблаш.**  $\tilde{\omega}$ -қисми бўйича  $K_u$  синфга берилган баҳони ҳисоблаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S) = \psi \left( \tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_1}^u), \tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_2}^u), \dots, \tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_t}^u) \right)$$

$S_{j_i}^u \in K_u, i = \overline{1, t}, t = K_u$  ( $u = \overline{1, l}$ ) синфдаги объектлар сони

Масалан  $K_1$  синф объектлари учун баҳоларни ҳисоблаш куйидаги кўринишда бўлади:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}^1(S) = \sum_{q=1}^{m_1} \tilde{\omega} \Gamma(S, S_q).$$

**7. Таянч тўпламлар тизимлари бўйича  $K_u$  синфнинг баҳоси.** Барча таянч тўпламлар тизими бўйича  $S$  объектнинг  $K_u$  синфга берган овозларининг жамланмаси куйидагича ҳисобланади:

а)

$$\Gamma_u(S) = \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S);$$

б) баҳолар нормаллаштирилганда

$$\Gamma_u(S) = \frac{1}{N} \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S);$$

с)  $\tilde{\omega}$  таянч тўпламнинг муҳимлик даражаси аниқланганда

$$\Gamma_u(S) = \phi(\tilde{\omega}) \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S).$$

**8. A алгоритм учун ҳал қилувчи қоида.** Таянч тўпламлар тизимлари бўйича ҳисобланган  $\Gamma_u(S)$  ( $u = 1, 2, \dots, l$ ) овозлар орқали  $S$  объектни қайси синфга тегишлилиги  $F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = u$ ,  $1 \leq u \leq l$  функция орқали куйидагича аниқланади:

а)

$$F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, & \text{агар } \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1 \\ 0, & \text{қолган барча ҳолатларда} \end{cases}$$

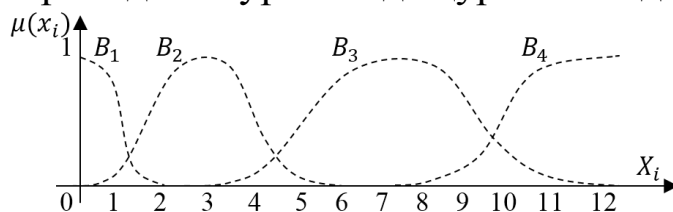
б)

$$F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, & \text{агар, } \begin{cases} 1^0 \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1 \\ 2^0 \frac{\Gamma_u(S)}{\sum_{j=1}^l \Gamma_j(S)} \geq \delta_2 \end{cases} \\ 0, & 1^0 \text{ ёки } 2^0 \text{ шартлардан бири бажарилмаса} \end{cases}$$

бу ерда  $\delta_1$ , ва  $\delta_2$  катталиклар синфларга тегишлиликни чегараловчи бўсағавий ўзгармас қийматлардир.

Юқорида таснифлаш масаласи учун БХА синфининг тегишлилик функцияларини қўлланилган модификацияланган модели ишланмаси келтирилди.

Энди БҲА босқичларини баъзи мисолларда қараб ўтамиз. Ботаника соҳасида ўсимлик намуналарини идентификациялаш масаласи қўйилди. Бу масалани ҳал этиш учун ботаниклар ёрдамида ўқув танланма келтирилди (2-иловада келтирилган жадвалга қаранг). Унда шундай белгилар мавжудки, улардаги лингвистик ўзгарувчиларни миқдорий кўринишга келтириш ўта мушкул. Масалан, ўсимлик барги четининг тўлқинланиши белгисини қарайлик. Унинг қийматлари “тўлқинланмаган”, “кам тўлқинланган”, “тўлқинланган” ва “кўп тўлқинланган” лингвистик қийматлар билан берилади. Бу норавшан қийматларни фаззификациялаш ва дефаззификациялаш ўта муҳим ҳисобланганлиги боис, соҳа мутахассисларнинг ёндашувини эътиборга олган ҳолда, уларни сонлар ўқида шкалалаштирилади. Барг четининг тўлқинланганлик даражасини тўлқинлар сонига нисбатан оладиган бўлсак, унда мутахассисларнинг хулосаларига асосланиб 0 дан 12 сон бирлиги бўйича шкалага ажратилди. Норавшан тўпламларни мос равишда  $A_1$  – “тўлқинланмаган”,  $A_2$  – “кам тўлқинланган”,  $A_3$  – “тўлқинланган” ва  $A_4$  – “кўп тўлқинланган” белгилаб олинди ва уларга тегишлилик функциялари 4.2-расмдаги кўринишда қуриб олинди:



4.2-расм. Терм-тўпламларнинг ифодаланиши

Бунинг учун предмет соҳа мутахассис ёки унинг томонидан тақдим этилган ўқув танланма асосида жадвал (илова В: В.2-жадвал) шакллантирилди. Барг четининг тўлқинланиш даражаси белгиси 0-12 оралиғидаги қийматлар кўринишида қуйидагича шкалалаштирилди (3.3-жадвал):

4.2-жадвал. Норавшан қийматлар жадвали

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
min	0	0,4	3,1	8
max	2	6	11,8	12

4.2-жадвалда шкалалаштирилган норавшан тўпламларнинг ТФлари қуйидагича аниқланди:

$$B_1 = \frac{1}{0} + \frac{0,9}{0,4} + \frac{0,8}{0,8} + \frac{0,4}{1,2} + \frac{0,1}{1,6} + \frac{0}{2}$$

$$B_2 = \frac{0}{0,4} + \frac{0,1}{1} + \frac{0,4}{1,6} + \frac{0,8}{2} + \frac{0,9}{2,6} + \frac{1}{3} + \frac{0,9}{3,4} + \frac{0,8}{3,8} + \frac{0,3}{4,2} + \frac{0,15}{4,8} + \frac{0,1}{5,4} + \frac{0}{6}$$

$$B_3 = \frac{0}{3,1} + \frac{0,1}{4} + \frac{0,4}{5} + \frac{0,8}{6} + \frac{0,95}{7} + \frac{1}{7,4} + \frac{0,95}{8} + \frac{0,6}{9} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,1}{11} + \frac{0}{11,8}$$

$$B_4 = \frac{0}{8} + \frac{0,15}{9} + \frac{0,5}{10} + \frac{0,9}{11} + \frac{1}{12}$$

Илова Внинг В.1 ва В.2-жадвалларда келтирилган бошқа норавшан белгилар ҳам мутахассисларнинг ёрдамида шу тарика аниқлаб олинади.

### **4.3. Объектлар ҳақидаги ахборотларнинг норавшанлик ҳолатида яқинлик функцияси параметрларининг мақбул қийматлари генетик алгоритм ёрдамида аниқлаш**

Тимсолларни аниқлашнинг таснифлаш масаласини ечиш учун  $S_j \in \{S\}$  объектлар тўплами берилган бўлсин. Одатда, табиатда  $S_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$  объектлар турли типли  $X_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  белгилар орқали  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$ ,  $x_{ij} \in X_i$  ифодаланади. Ушбу  $X_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  белгиларнинг элементлари (қийматлари) мантиқий, миқдорий, лингвистик каби турли типли қийматлар билан ифодаланиши мумкин. Таниб олиш масаласида назорат объектини у ёки бу синфга тегишлилигини берилган белгилар асосида аниқланади.

Маълумки, БҲАда таниб олиш масаласи таниб олинаётган объектни эталон объектларининг турли белгилар жамланмалари бўйича овоз бериш процедураси ёрдамида амалга оширилади. Аксарият ҳолларда овоз бериш процедураси объектларнинг миқдорий белгилари учун ишлатилган. аммо объект белгилари норавшан қийматлар (лингвистик термлар) билан ифодаланиши мумкин. Бундай ҳолларда икки объектнинг мос норавшан белгилари ўртасидаги яқинлик тушунчаси қаралади. Бунинг учун

$r(S, S_q)$  функциясининг қийматларини тўғри ҳисоблаш мақсадида БХАнинг иккинчи босқичини модификациялашга тўғри келади. Бу ерда  $S$  – назорат объекти.

БХАнинг биринчи босқичи 4.3-параграфда келтирилганидек шакллантирилади.

Иккинчи босқичда  $S$  ва  $S_q$  объектларнинг  $\tilde{\omega}$ -қисми бўйича  $r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q)$  яқинлик функцияси аниқланиши лозим.  $r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q)$  яқинлик функциясининг қиймати мос белгиларнинг ўзаро яқинлигини ҳисобловчи  $\rho(x_i, x_{iq})$  ЭМКнинг қийматига боғлиқ. Бу функция қоидадагидек, фойдаланилаётган белгининг характериға мувофиқ танланади.

Икки объектнинг  $r(\tilde{\omega}S_j, \tilde{\omega}S_q)$  яқинлик функциясининг кўринишлари 1.3-параграфда, объектлар белгиларини қиёслаш учун ЭМКнинг кўринишлари 2.2-параграфда келтирилган. Норавшан тўпламлар орқали берилган белгилар учун тегишлилик функцияларининг турли (кўнғироқсимон, трапециясимон, учбурчаксимон, гаусс типидаги ва ҳ.к.) стандарт кўринишларидан фойдаланилади. Одатда бундай функциялар икки ёки уч параметрли бўлади (масалан,  $b$  ва  $c$ ) [71]. Икки параметрли тегишлилик функциясига мисол сифатида қуйидаги формулани қараймиз:

$$\mu_B(x_j; b, c) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_j - c}{b}\right)^2}.$$

Бу ерда  $b, c$  мос равишда тегишлилик функциясининг эни ва марказини билдирувчи параметрлар.

Одатда предмет соҳа мутахассиси тегишлилик функциясининг кўриниши ва унинг параметрларини аниқлаб беради ҳамда қирувчи маълумотлар асосида ҳар бир белгининг қийматларига мос келувчи тегишлилик функциялари қурилади. Бироқ предмет соҳа мутахассисларини берилган амалий масалани ечиш учун ҳар доим ҳам жалб этиб бўлмайди. Шунинг учун мутахассислар томонидан тақдим этилган ўқув танланма асосида тегишлилик функцияларининг параметрларини созлаш алгоритминини ишлаб чиқиш зарурияти вужудга келади.

Параметрлаштириш масаласини ечиш учун генетик алгоритм, нейрон тармоқлари, “чумоли колонияси” алгоритми, иммун

алгоритм каби эволюцион ва кўп агентли усул ва алгоритмлардан фойдаланиш мумкин. Ҳар бир усул ва алгоритм ўз хусусий хоссалари ва параметрларига эга.

Объект белгиси қиймати ҳақидаги ахборотнинг норавшанлик ҳолатида тегишлилик функциясидан фойдаланиш ҳамда генетик алгоритм ёрдамида унинг параметрларини аниқлаш масалалари қаралади. Бу алгоритм ёрдамида оптималлаштириш масаласини қуйидаги мақсад функцияси ёрдамида ечилади:

$$y = F(S, B, C)$$

бу ерда  $S$  – белгилари норавшан қийматлар билан берилган объектлар тўплами;  $B = (b_1, b_2, \dots, b_q)$  ва  $C = (c_1, c_2, \dots, c_q)$  – тегишлилик функцияларини созлаш параметрлари векторлари;  $q$  – термларнинг умумий сони;  $F$  – БҲА босқичларини амалга оширишдан сўнг мос қийматни қабул қилувчи ва оптималлаштириш босқичининг сифатини аниқловчи мақсад функцияси (функционали).

Тажрибавий маълумотлар асосида олинган қуйидагича  $m$  ўлчовли ўқув танланма берилган бўлсин:

$$(S_j, y_j), j = \overline{1, m}$$

бу ерда  $S^j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$  – кирувчи ветор ва  $y_j$  –  $j$ -жуфтликдаги <кириш-чиқиш> учун  $y$  чиқувчи ўзгарувчининг мос қиймати,  $y_j \in [\underline{y}, \bar{y}]$ .

Норавшан моделни оптимал созлаш масаласи энг кичик квадратлар усули ёрдамида қуйидаги кўринишда шакллантирилиши мумкин: қуйидаги чегараларда қаноатлантирувчи  $(B, C)$  векторни топиш талаб этилади:

$$b_t \in [\underline{b}_t, \bar{b}_t], c_t \in [\underline{c}_t, \bar{c}_t], t = \overline{1, q},$$

ва қуйидаги миқдор минимумга эришишни таъминлайди

$$\sum_{j=1}^m [F(S_j, B, C) - y_j]^2 = \min_{B, C} \quad (3.1)$$

бу ерда  $\underline{b}_t$  ва  $\underline{c}_t$  ( $\bar{b}_t$  ва  $\bar{c}_t$ ) яқинлик функциялари параметрларининг қуйи (юқори) чегаралари.

Ушбу (3.1) кўринишидаги масалани ечиш учун оптималлаштириш генетик алгоритми таклиф этилади [71, 85]. Генетик алгоритмни амалга ошириш учун  $B$  ва  $C$  номаълум параметрлари қийматларини кодлаштириш услубини беришга тўғри келади.  $B$  ва  $C$  параметрларини битта векторга йиғамиз:

$$\theta = (B, C) = (b_1^1, c_1^1, \dots, b_1^{t_1}, c_1^{t_1}, \dots, b_n^1, c_n^1, \dots, b_n^{t_n}, c_n^{t_n})$$

бу ерда  $t_i - x_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) кировчи ўзгарувчининг терм-баҳолари миқдори,

$$t_1 + t_2 + \dots + t_n = q;$$

$q$  – термларнинг умумий сони;  $\theta$  вектор эса  $F(S, B, C)$  норавшан моделни ягона кўринишда аниқлайди.

*Чатиштириш оператори.* Бу оператор генетик алгоритмнинг асосий операцияси ҳисобланади. Икки  $\theta_1$  ва  $\theta_2$  она-хромосомасини чатиштириш оператори натижасида  $n$ -нуқтадаги генларни алмаштириш йўли орқали  $Ch_1$  ва  $Ch_2$  хромосомаларга эга бўлинади.

Таъкидлаш жоизки,  $A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{t_i}\}$  тўпламлар терм-баҳолари бўйича кировчи маълумотлар ўсиш тартибида тартибланган (яъни куйи, ўрта, баланд ва ҳ.к.) бўлса, чатиштириш операторибу тартибга амал қилмаслиги мумкин. Шунинг учун генларни ўрин алмаштириш учун термлар тўплами тартибланган ҳолида қолишини назоратини амалга оширишга тўғри келади. Қуйидаги белгиланишларни киритамиз:

$$\begin{aligned} b_{ip}^{\theta_1} &- \theta_1 \text{ она-хромосомада } b \text{ нинг } ip\text{-параметри,} \\ b_{ip}^{\theta_2} &- \theta_2 \text{ она-хромосомада } b \text{ нинг } ip\text{-параметри,} \\ b_{ip}^{Ch_2} &- Ch_2 \text{ она-хромосомада } b \text{ нинг } ip\text{-параметри,} \\ \theta_1 &= (b_1^{1(1)}, c_1^{1(1)}, \dots, b_1^{t_1(1)}, c_1^{t_1(1)}, \dots, b_n^{1(1)}, c_n^{1(1)}, \dots, b_n^{t_n(1)}, c_n^{t_n(1)}), \\ \theta_2 &= (b_1^{1(2)}, c_1^{1(2)}, \dots, b_1^{t_1(2)}, c_1^{t_1(2)}, \dots, b_n^{1(2)}, c_n^{1(2)}, \dots, b_n^{t_n(2)}, c_n^{t_n(2)}). \end{aligned}$$

Чатиштириш операториданр сўнг қуйидаги янги хромосомалар олинади:

$$\begin{aligned} Ch_1 &= (b_1^{1(1)}, c_1^{1(1)}, \dots, b_1^{t_1(2)}, c_1^{t_1(2)}, \dots, b_n^{1(1)}, c_n^{1(1)}, \dots, b_n^{t_n(2)}, c_n^{t_n(2)}) \\ Ch_2 &= (b_1^{1(2)}, c_1^{1(2)}, \dots, b_1^{t_1(1)}, c_1^{t_1(1)}, \dots, b_n^{1(2)}, c_n^{1(2)}, \dots, b_n^{t_n(1)}, c_n^{t_n(1)}) \end{aligned}$$

Икки  $\theta_1$  ва  $\theta_2$  она хромосомаларни чатиштириш орқали  $Ch_1$  ва  $Ch_2$  ларни ҳосил қилувчи алгоритм қуйидаги кўринишда бўлади:

1-қадам.  $n$  та  $z_i$  ихтиёрий сонни генерациялаймиз,  $1 \leq z_i \leq t_i$ , бу ерда  $t_i - x_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) кировчи ўзгарувчининг терм-баҳолари сони.

2-қадам.  $z_i$  алмашиш нуқтасининг топилган қийматларига мос генларни алмаштириш қуйидаги қоида бўйича амалга оширилади:

$$b_{ip}^{Ch_1} = \begin{cases} b_{ip}^{\theta_1}, & p \leq z_i, \\ b_{ip}^{\theta_2}, & p > z_i. \end{cases} \quad b_{ip}^{Ch_2} = \begin{cases} b_{ip}^{\theta_2}, & p \leq z_i, \\ b_{ip}^{\theta_1}, & p > z_i, \end{cases} \quad 1 \leq p < t_i, i = \overline{1, n}.$$

3-қадам. Термлар тартиби назоратини амалга оширамыз:

$$(b_{i\beta} > b_{i\eta}) \wedge (\beta < \eta) \Rightarrow b_{i\beta} \leftrightarrow b_{i\eta}, c_{i\beta} \leftrightarrow c_{i\eta}, 1 \leq \beta, \eta \leq t_i, i = \overline{1, n},$$

бу ерда  $\leftrightarrow$  белги алмаштиришни тушунилади.

*Мутация оператори.*  $S$  векторнинг ҳар бир элементи  $p_m$  эҳтимоллик билан ўзгариши мумкин. Мутациянинг  $t$  элементини  $Mu(t)$  орқали ифодаланади:

$$Mu(b_{ip}) = RANDOM([x_i, \bar{x}_i]) \quad (2)$$

$$Mu(c_{ip}) = RANDOM([c_i, \bar{c}_i]) \quad (3)$$

бу ерда  $[c_i, \bar{c}_i] - x_i$  кирувчи ўзгарувчи терм-баҳоларининг яқинлик функцияси марказлашган-бузилиш коэффицентининг мумкин бўлган қийматлар оралиғи,  $[c_i, \bar{c}_i] \subset (0, +\infty]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;

Мутация оператори алгоритми қуйидаги кўринишда бўлади:

1-қадам.  $\theta$  векторда ҳар бир  $z \in \theta$  элемент учун  $z = RANDOM([0, 1])$  тасодифий сонларни генерациялаймиз;

Агар  $z > p_m$  бўлса, унда мутация амалга оширилмайди ва 2-қадамга ўтилади.

2-қадам. (2)-(3) формулаларга мувофиқ  $z \in \theta$  элементнинг мутация операциясини амалга оширилади.

3-қадам. Сараланганлик назорати амалга оширилади.

*Мувофиқлик функцияси.*  $\theta$  хромосомаларининг мувофиқлик функциясини  $FF(\theta)$  (fitness function) орқали белгилаймиз. Мувофиқлик функцияси сифатида минус белгиси билан олинган оптималлаштириш мезонидан фойдаланилади.

БХАнинг ишлаб чиқилган  $F(S, B, C)$  моделлари учун (1) мезондан олинган  $\theta$  хромосоманинг мувофиқлик функциясини қуйидаги кўринишда бўлади:

$$FF(\theta) = -\sum_{j=1}^m [F(S_j, B, C) - y_j]^2.$$

Минус белгиси мувофиқлик функциясининг мазмуни ўзгармаслиги учун керак, яъни қуйида таклиф этилаётган моделнинг сифати қанчалик қуйи бўлса, унинг мувофиқлик функцияси қиймати шунчалик кичик бўлади.

Генетик алгоритмнинг тамойилига кўра қориштириш амали учун ажодларни танлаш тасодифан амалга оширилмайди. Қандайдир хромосомада мувофиқлик функциясининг қиймати қанчалик катта бўлса, ушбу хромосома насл бериш эҳтимоллиги шунчалик юқори бўлади.

Аждодни танлаш услуги популяциядаги ҳар бир  $S_i$  хромосома мос равишда  $p_i$  сонига мувофиқ кўйилишига асосланади ва у қуйидагича ёзилади:



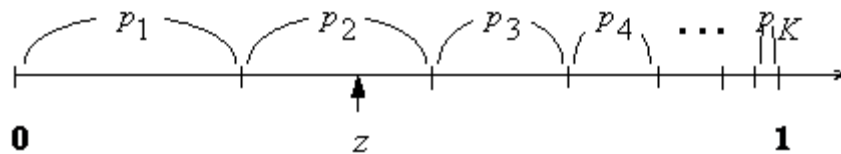
$$p_i \geq 0, \sum_{i=1}^K p_i = 1, FF(\theta_i) > FF(\theta_j) \Rightarrow p_i > p_j,$$

$K$  – популяциядаги хромосомалар сони.  $p_i$  сони эҳтимоллик куйидагича ҳисобланадиган кўринишида интерпретацияланади:

$$p_i = \frac{FF(\theta_i)}{\sum_{j=1}^K FF(\theta_j)}.$$

$p_i$  сонлар каторидан фойдаланиб, қориштириш амали учун ота-хромосомалар куйидаги алгоритм орқали аниқланади:

1-қадам. Горизонтал сонлар ўқида  $p_i$  ажратамиз (2-расм).



4.3-расм. Ота-хромосомани танлаш

2-қадам.  $[0, 1]$  ораликда тенг тақсимот қонунига бўйсунувчи  $z$  тасодикий сонни генерациялаймиз (3.3-расм).

3-қадам. Аждод сифатида  $z$  сон тушган  $p_i$  ораликқа мос  $\theta_i$  хромосомани танлаймиз. Масалан, 2-расмда генерацияланган  $z$  сон  $\theta_2$  ни ота хромосома сифатида аниқлайди.

4-қадам. Иккинчи ота-хромосомани аниқлаш учун 1-3 қадамлар такрорланади.

*Популяцияни генерациялаш.* Популяцияни генерациялаш деганда қориштиришга келтирилувчи ечимларнинг (ота-хромосомаларнинг) бошланғич тўпламини аниқлаш тушунилади. Дастлабки ечимларни ( $S$  вектор элементларини) куйидаги кўринишда берилади

$$b_i^0 = \text{RANDOM}(\underline{x}_i, \bar{x}_i),$$

$$c_i^0 = \text{RANDOM}(\underline{c}_i, \bar{c}_i),$$

бу ерда  $\text{RANDOM}(\underline{x}, \bar{x})$  -  $[\underline{x}, \bar{x}]$  ораликда тенг тақсимланадиган тасодикий сонни топиш амали.

Хромосомаларнинг дастлабки вариантларини тасодикий аниқлагандан сўнг уларни термларнинг тартибланганлиги сақланиши учун назорат қилишга тўғри келади.

Дастлабки популяцияда  $K$  ота-хромосомалар мавжуд деб тахмин қилинади.

Генетик алгоритмнинг ҳар бир итерациясида популяция  $K \cdot p_c$  бола-хромосомаларга кўпаяди, бу ерда  $p_c$  – қориштириш

коэффициенты. Популяциянинг доимий ўлчамини ( $K$ ) сақлаб қолиш учун ҳар бир кейинги итерацияда яроқсиз  $K \cdot p_c$  хромосомаларни ташлаб юборишга тўғри келади. Шунинг ҳисобга олиб, БҲАда  $F(S, V, C)$  норавшан моделини оптимал сошлаш генетик алгоритми қуйидаги кўринишда бўлади:

1-қадам. Дастлабки популяцияни генерациялаш.

2-қадам. БҲА босқичлари ёрдамида  $FF(\theta_i), i = \overline{1, K}$  мувофиқлик функциясининг қийматини топиш.

3-қадам. Ота-хромосомаларнинг  $\frac{K \cdot p_c}{2}$  жуфтлиги аниқланади.

4-қадам. Қориштириш алгоритми орқали ҳар бир ота-хромосома жуфтликлари учун қориштириш амали бажарилади.

5-қадам. Олинган бола-хромосомаларни мутация алгоритмига мувофиқ  $p_m$  эҳтимоллик билан мутация амалга оширилади.

6-қадам. Олинган  $K + K \cdot p_c$  ўлчовли популяциядаги хромосомаларнинг  $FF(\theta_i)$  мувофиқлик функцияси ёрдамида аниқланган  $K \cdot p_c$  тасини олиб ташланади.

7-қадам. Агар олинган  $S_i$  хромосома учун  $FF(\theta_i) = 0$  бўлса, унда алгоритм ишини тўхтатади, акс ҳолда 8-қадамга ўтади.

8-қадам. Агар берилган қадамлар сони яқунланмаган бўлса, унда 2-қадамга ўтилади, акс ҳолда БҲА орқали олинган  $FF(\theta_i)$  мувофиқлик функциясининг энг юқори қийматига эриштирувчи хромосома субоптимал ечимни акс эйтиради. Алгоритм ишини тўхтатади.

Таъдидлаш жоизки, норавшан белгининг қиёсланаётган икки қиймати бир вақтда битта терм-тўпламга тегишли бўлса, улар бирига яқин бўлади:

$$\rho(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \mu_{A_v}^*(\mathfrak{E}_{ij}) = \mu_{A_v}^*(\mathfrak{E}_{iq}) \\ 0, & \text{акс х хол} \end{cases}$$

бу ерда

$$\mu_{A_v}^*(\mathfrak{E}_{ij}) = \max_{v=1,t}(\mu_{A_v}(\mathfrak{E}_{ij})),$$

$$\mu_{A_v}^*(\mathfrak{E}_{iq}) = \max_{v=1,t}(\mu_{A_v}(\mathfrak{E}_{iq})).$$

Бу ерда норавшан белгининг барча  $x_{ij}$  қийматлари қуйидаги ифодалан орқали ягона универсал  $[0, v]$  ораликқа келтирилади:

$$\mathfrak{E}_{ij} = v \frac{x_{ij} - x_{ij}}{x_{ij} - x_{ij}}$$

бу ерда  $\overline{x_{ij}}, \underline{x_{ij}}$  –  $x_{ij}$  қийматларнинг ўзгариш оралиғи,  $i = \overline{1, n}$ ,  $\xi_{ij}$  – нормаллаштирилган белги.

$S_j$  ва  $S_q$  объектларнинг  $\tilde{\omega}$ -қисми бўйича  $r(\tilde{\omega}S_j, \tilde{\omega}S_q)$  яқинлик функцияси ҳисоблангандан сўнг БХАнинг 3-5 босқичларида  $K_u$ ,  $u = 1, 2, \dots, l$  синф учун  $\Gamma(S_j, K_u)$  овозлар ҳисобланади [35]:

$$\Gamma(S_j, K_u) = \frac{1}{N_u} \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} r(\tilde{\omega}S_j, \tilde{\omega}S_q),$$

бу ерда  $S_q \in K_u$ ,  $q = \overline{m_{u-1}+1, m_u}$ ,  $N_u, N_u = m_u - m_{u-1} - K_u$  синфдаги объектлар сони.

Қараб ўтилган алгоритм экспертлар томонидан бериладиган ўқув танланмалар асосида БХАнинг адаптив моделини куриш имконини беради.

Таъкидлаш жоизки, генетик алгоритм ёрдамида БХА каби мураккаб алгоритмларнинг параметрларини сошлашда жуда кўп ҳисоблашлар ва вақт сарфини талаб қилади. Бу муаммони ҳал этишда кўппроцессорли параллел ҳисоблаш технологиясидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

Ушбу бобда қисмий прецедентликка асосланган БХАни норавшан ёндашувли модификацияларини амалга ошириш асосий мақсад қилиб олинган бўлиб, қуйидаги натижаларга эришилди:

- Норавшан тўпламлар назариясида норавшан белгиларнинг ўзаро яқинлигини аниқлаш учун зарурий элементлари келтирилади. Унда асосан тегишлилик функциялари, норавшан мантиқий хулосалар ўрин олган;
- Ўқув танланмани норавшан қоидалар базасига акслантириш ва унинг устида фаззификация ва дефаззификация усулларидан фойдаланиб микдорий кўринишга ўтказилди;
- БХАнинг НТН элементлари қўлланилган янги босқичлари ишлаб чиқилди.

## **V БОБ. ТАСНИФЛАШ МАСАЛАЛАРИНИ ЕЧИШДА АНЪАНАВИЙ ВА НОРАВШАН-ТЎПЛАМЛИ ЁНДАШУВГА АСОСЛАНГАН ТИЗИМЛАР**

### **5.1. Таниб олувчи дастурий мажмуа тузилмаси, функционал имкониятлари ва график интерфейси**

Тадқиқот ишида ишлаб чиқилган назарий маълумотлар асосида таниб олувчи дастурий мажмуани яратиш, уни уни синовдан ўтказиш ҳамда амалиётга тадбиқ этиш ишнинг муҳим қисми ҳисобланади.

Ҳозирги кунда ҳар бир соҳада натижаларни яхшилашга қаратилган турли ёндашувлар, тамойиллар ва усулларнинг ишлаб чиқилиши ҳамда замонавий компьютерларнинг техникавий таъминоти кучайиши бундай дастурий маҳсулотларни яратишга бўлган талабларни ҳам орттишига олиб келди.

Ўтган асрнинг 70-йиллари бошларида БҲА асосида яратилган таниб олиш соҳасида ўз даврининг самарали дастурий маҳсулотларидан бири ҳисобланган ПРАСК-1 таниб олувчи дастурий мажмуаси ишлаб чиқилган [42,53]. Ҳозирги куннинг замонавий ахборот технологиялар талабларига жавоб бера оладиган, МИТнинг замонавий усуллар ва алгоритмлардан фойдаланиладиган дастурий маҳсулотлар ишлаб чиқиш ва уларни такомиллаштириб бориш мақсадга мувофиқдир. Тадқиқот иши доирасида келтирилладиган таниб олувчи дастурий мажмуа – ПРАСК-2 (ПРАСК-1нинг мантиқий давомидир). ПРАСК-2 мажмуасида қисмий прецедентлик алгоритмлари синфида сўнги йилларда ишлаб чиқилган ва қўшимча функциялар билан бойитилди. ПРАСК-2 да асосан БҲА ёрдамида таснифлаш масаласига алоҳида эътибор қаратилади. Бундан ташқари пераметризация ва кластеризация блоклари ҳам келтирилади [110]. ПРАСК-2 мажмуаси ва унинг модуллари Microsoft Visual Basic 6.0 дастурлаш муҳитида ишлаб чиқилган.

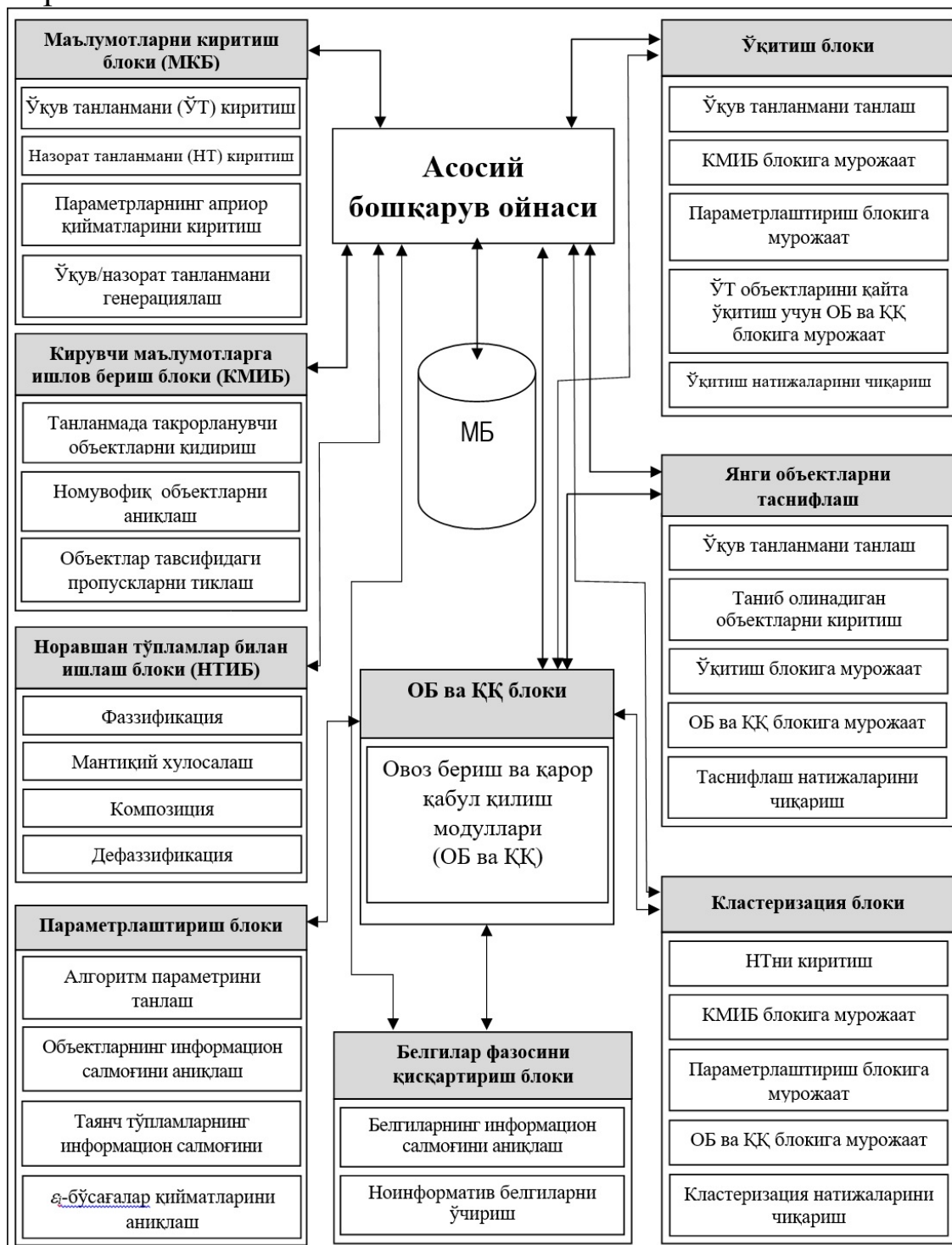
**ПРАСК-2 нинг функционал тузилмаси.** ПРАСК-2 мажмуасида ПРАСК-1 умумий тамойиллари, блокларига асосланган бўлиб, амалга оширилиши ва ўзгаришлари қуйидагилар:

- маълумотларга дастлабки ишлов бериш;

- белгилар фазосини қисқартириш;
- предмет соҳа (ПС)га алгоритмнинг мослашишини таъминлаш;
- параметрларни тестлаш.

Бундан ташқари мажмуада юқоридаги параграфларда келтирилган алгоритмлар модуллар сифатида шакллантирилган.

ПРАСК-2 мажмуасининг умумий тузилмаси 4.1-расмда келтирилган.



5.1-расм. ПРАСК-2нинг умумий тузилмаси

Юқорида келтирилган тузилма ПРАСК-2 мажмуасининг умумий иш режими ҳамда унинг асосий модулларини яратиш ҳақида ахборот беради.

Мажмуанинг функционал имкониятлари:

- ПС маълумотларини киритиш учун махсус шаблонлардан фойдаланадиган маълумотлар базасини яратиш;
- ўқув танланма ва назоратдаги объектларни киритиш, ўзгартириш, юклаш ва акс эттириш;
- параметрларни киритиш ёки ўқув танланма асосида уларни турли усуллар ёрдамида аниқлаш;
- назоратдаги объектларни қисмий прецедентлик тамойилларига асосланган БҲА ёрдамида синфларга ажратиш.

ПРАСК-2нинг “дўстона” интерфейси тимсолларни аниқлаш фойдаланувчиларининг кенг оммасига мўлжалланган. Унинг сўнгги (ПРАСК-2М) версияси универсал платформали Java дастурлаш тилида ишлаб чиқилмоқда.

Қуйидаги параграф ушбу модулларнинг формалари схемаси, иш режими блок-схемаси ва бошқа маълумотлар келтирилади.

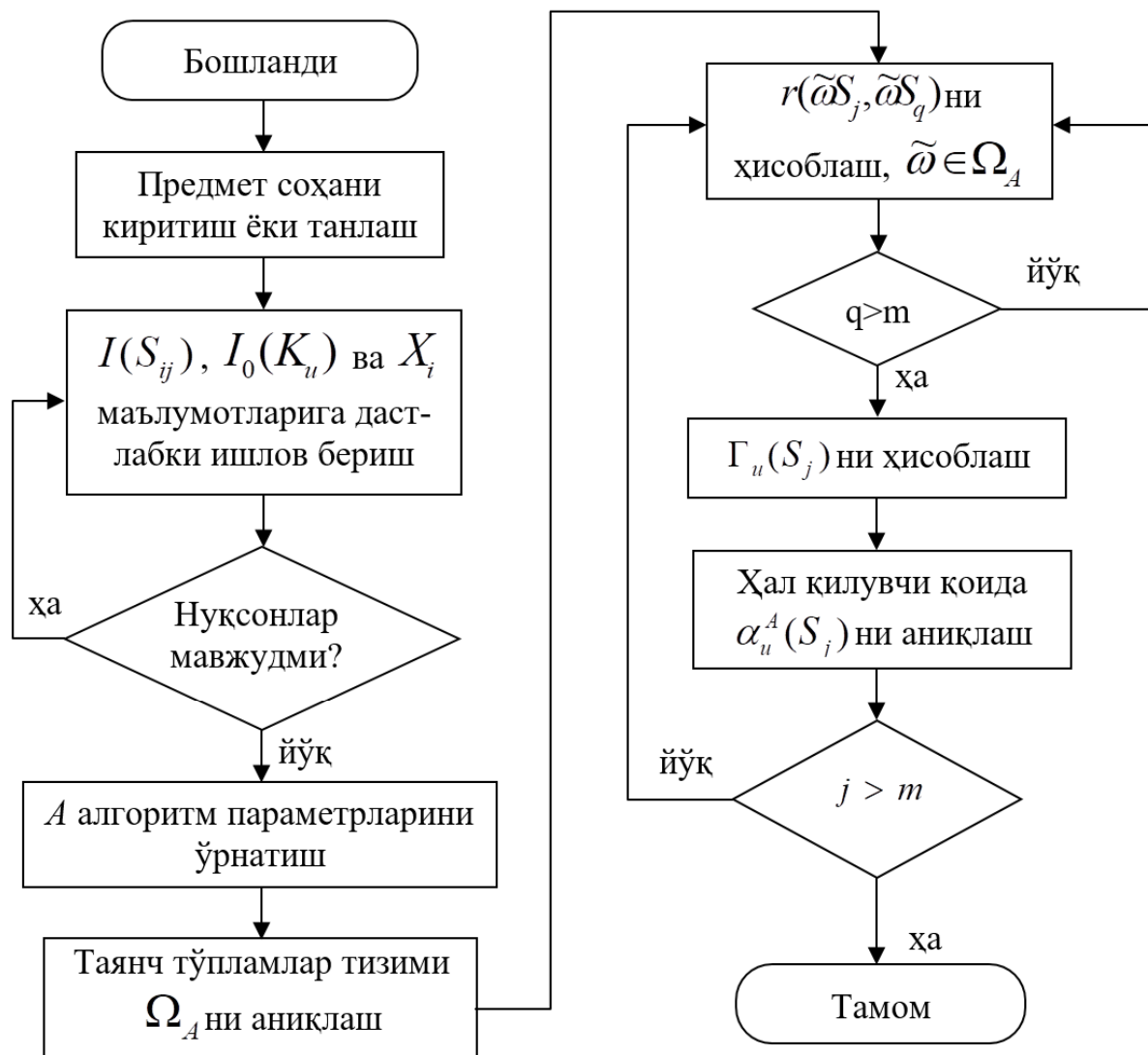
**ПРАСК-2 нинг асосий модуллари.** 5.2-расмда ПРАСК-2 блоклари формаларнинг тузилмаси келтирилган. Ҳар бир модул бир нечта қисм дастурларга бўлинади.



5.2-расм. ПРАСК-2 нинг асосий блоклари

Юқорида келтирилган 5.2-расмда блокларнинг кетма-кет иш бажариши ва сифат функцияси ёрдамида мақбул параметрларни аниқлаш ёритилган. Қуйида мазкур блоклар ҳақида янада чуқурроқ маълумотлар келтирилади.

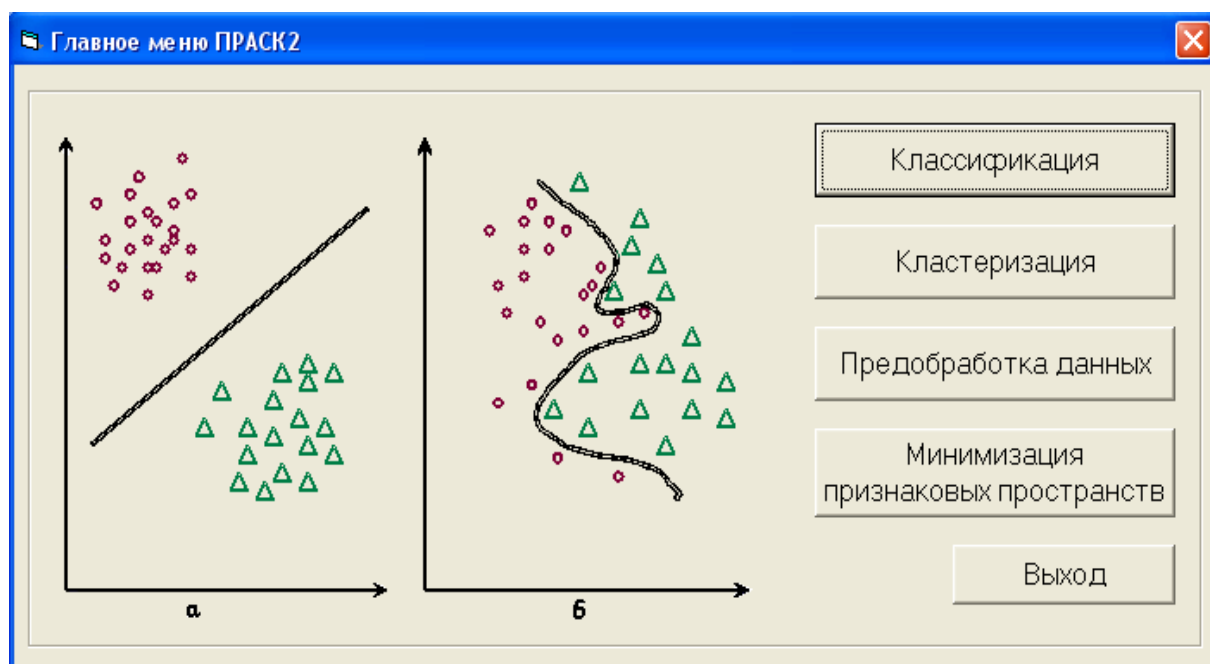
5.3-расмда юқорида келтирилган формаларни бошқарувчи процедураларнинг блок-схемаси тақдим этилган.



5.3-расм. Объектларни синфларга ажратиш жараёнининг блок-схемаси

**ПРАСК-2** мажмуасининг график интерфейси. ПРАСК-2нинг график интерфейси асосан икки қисмдан иборат: биринчиси

предмет соҳа ва ўқув танланма параметрлари, иккинчиси эса ўқитиш ва синфларга ажратиш жараёнини бажарувчи ойналардан ташкил топади. Дастурни ишга туширганда экранда қуйидаги ойна пайдо бўлади.



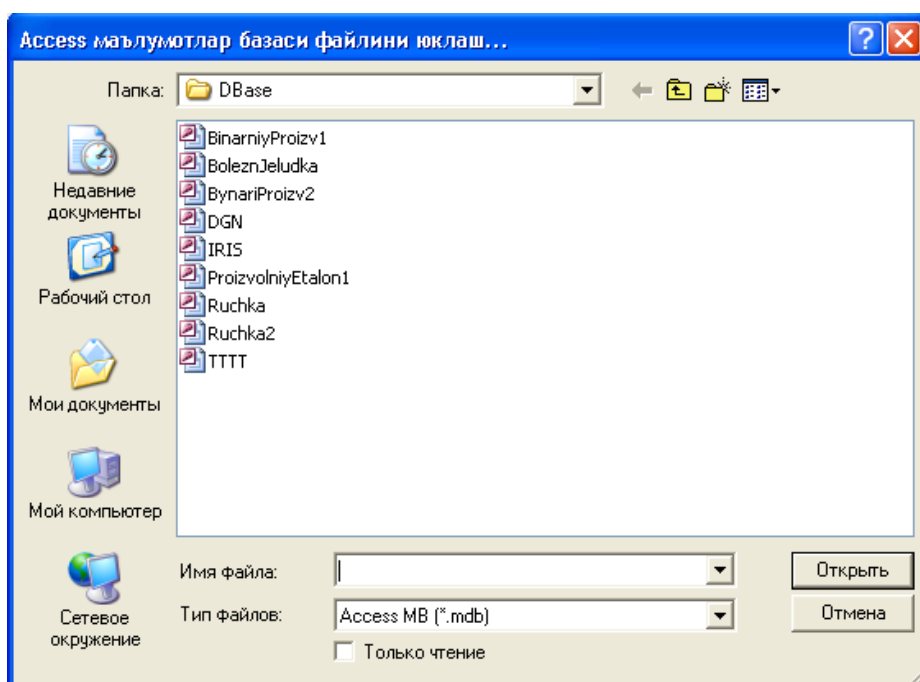
5.4-расм. Дастурнинг асосий ойнаси.

ПРАСК-2 нинг кейинги ойналари ва тавсифлари билан қуйидаги қисми параграфларда келтирилади.

Қуйидаги ойнада синфларга ажратиш масаласини ҳал этишда янги предмет соҳа (ПС) учун «Новый» тугмаси, хотирадаги ПС учун «Открыть» тугмасидан фойдаланилади. Дастурдан фойдаланиш учун фойдаланувчиларга қўлланма «Руководство», дастур ҳақидаги умумий маълумотлар «О программе» тугмалари орқали аниқланади.

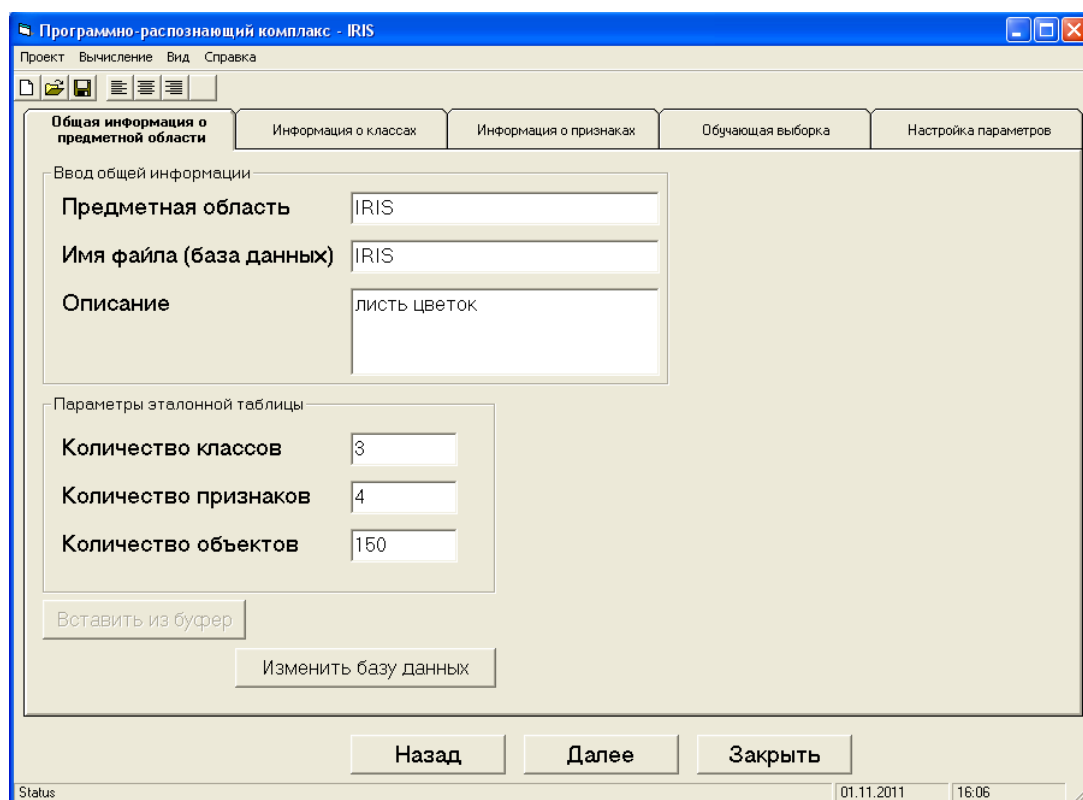
Юқорида ПС ҳақида киритилган маълумотлар (mdb) базага сақланади. Базада сақланган маълумотларни дастлабки ойнадаги «Открыть» тугмасини босиб, маълумотлар базаси (МБ) файли қуйидаги ойнадан танланади (5.5-расм). Танланган МБ маълумотларини, параметрларини ўзгартириш ёки қайта ҳисоблаш ишлари олиб бориш мумкин.





5.5-расм. МБни юклаш мулоқат ойнаси

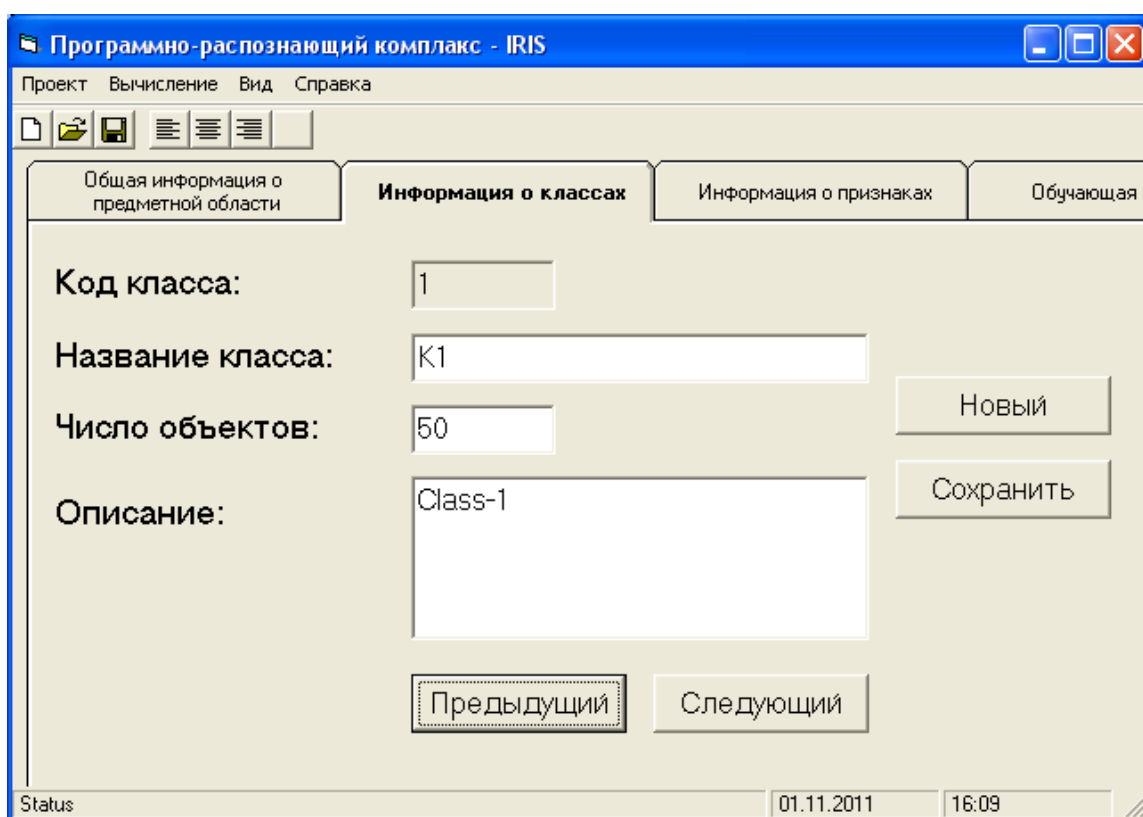
Қуйидаги расмда хотирада сақланган «IRIS» маълумотлар базаси (Фишер ирислари ўқув танланмаси) юкланганлигини кўриш мумкин (5.6-расм). «IRIS» маълумотлар базасини ўқитиш жараёни кейинги модели масаларни тажрибадан ўтказиш 5.5-параграфда батафсил ёритилган.



5.6-расм. Предмет соҳалар параметрлари

ПСни ўзгартириш учун «Изменить баз данных» тугмаси ишлатилади. Агар янги ПС киритилса, бу тугманинг ўрнига «Создать баз данных» тугмаси фаол бўлади ва у ишлатилганда «Имя файла (база данных)» катагидаги ном билан махсус шаблонлардан иборат бўлган маълумотлар базаси ва унинг синфларни, белгиларни ҳамда объектларни киритиш мумкин бўлган жадвалларини автоматик яратади.

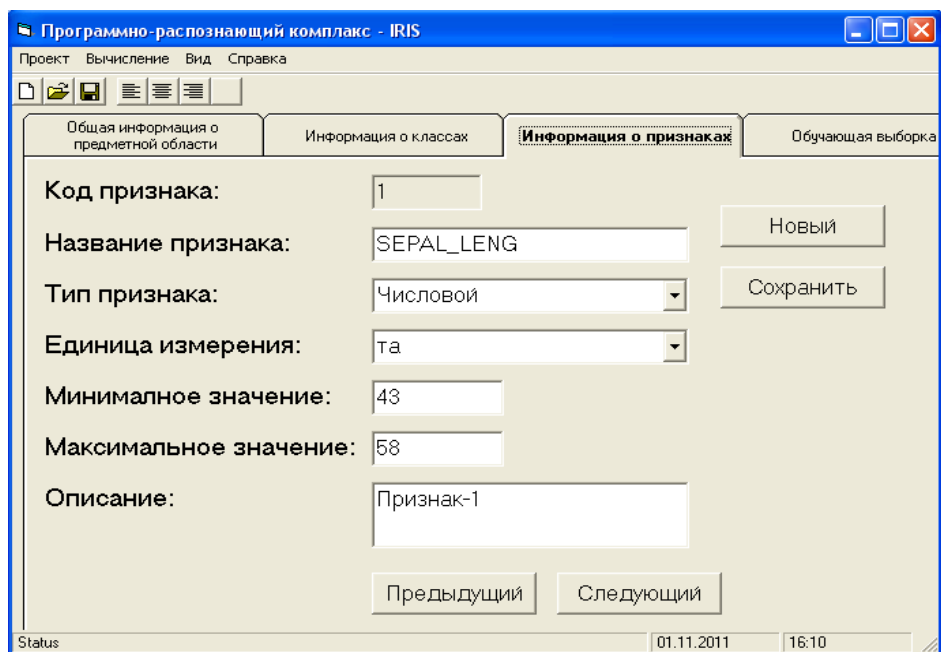
Синфлар ҳақидаги барча маълумотлар қуйидаги ойнада акс эттирилади (5.7-рasm). Унда синф коди, номи, эталон объектлари сони ва тавсифи келтирилади. Агар янги ПС киритилаётган вақтда уларни қўшиш мумкин бўлади.



5.7-рasm. Синфларни акс эттириш.

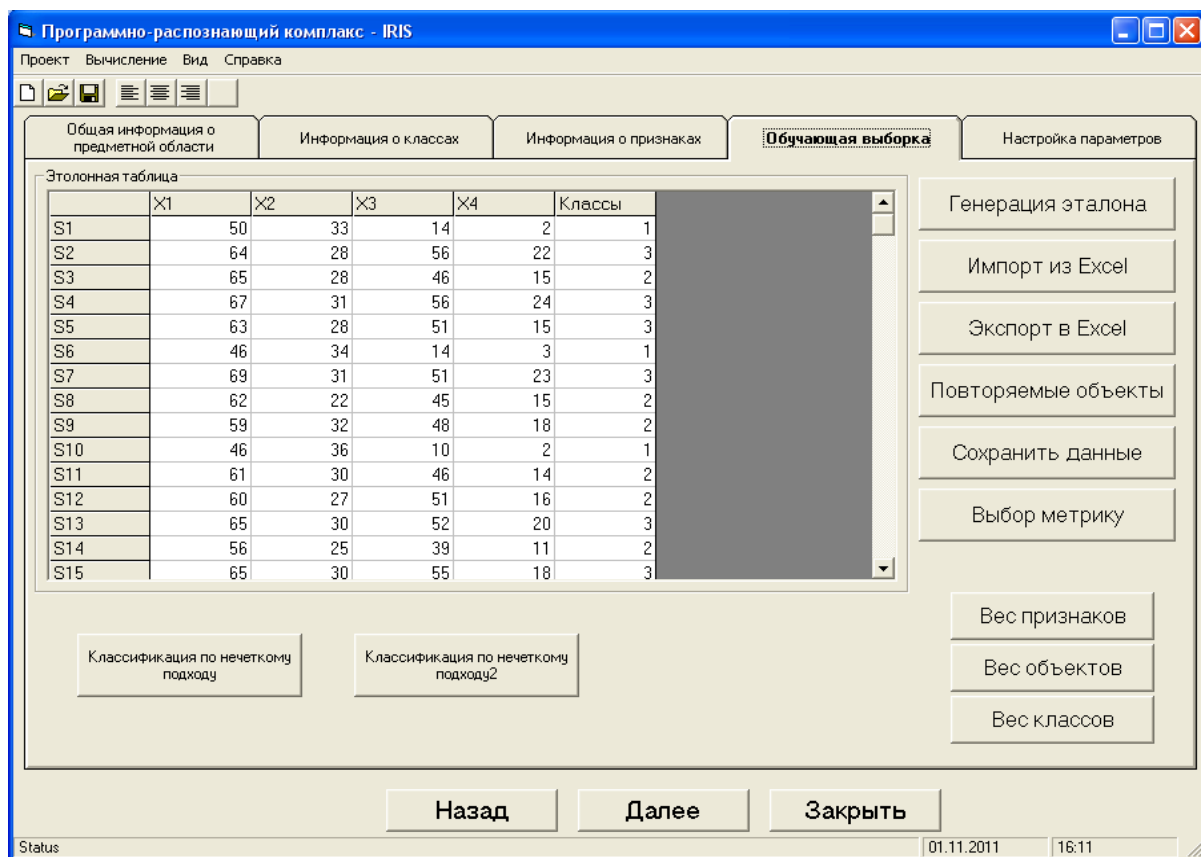
Белгилар ҳақидаги умумий маълумотлар қуйидаги ойнада келтирилган (5.7-рasm). Ҳар бир белгининг параметрлари (код рақами, номи, типи, минимал ва максимал қийматлари, ўлчов бирлиги, тавсифи)нинг маълумотлар базасига киритилади.

Белгиларнинг метрик ўлчовларини аниқлаш учун белги типи майдонидан ёки умумий маълумотлари соҳасидан метрикани танловчи усуллардан фойдаланилади (2.2-параграфга қаранг).



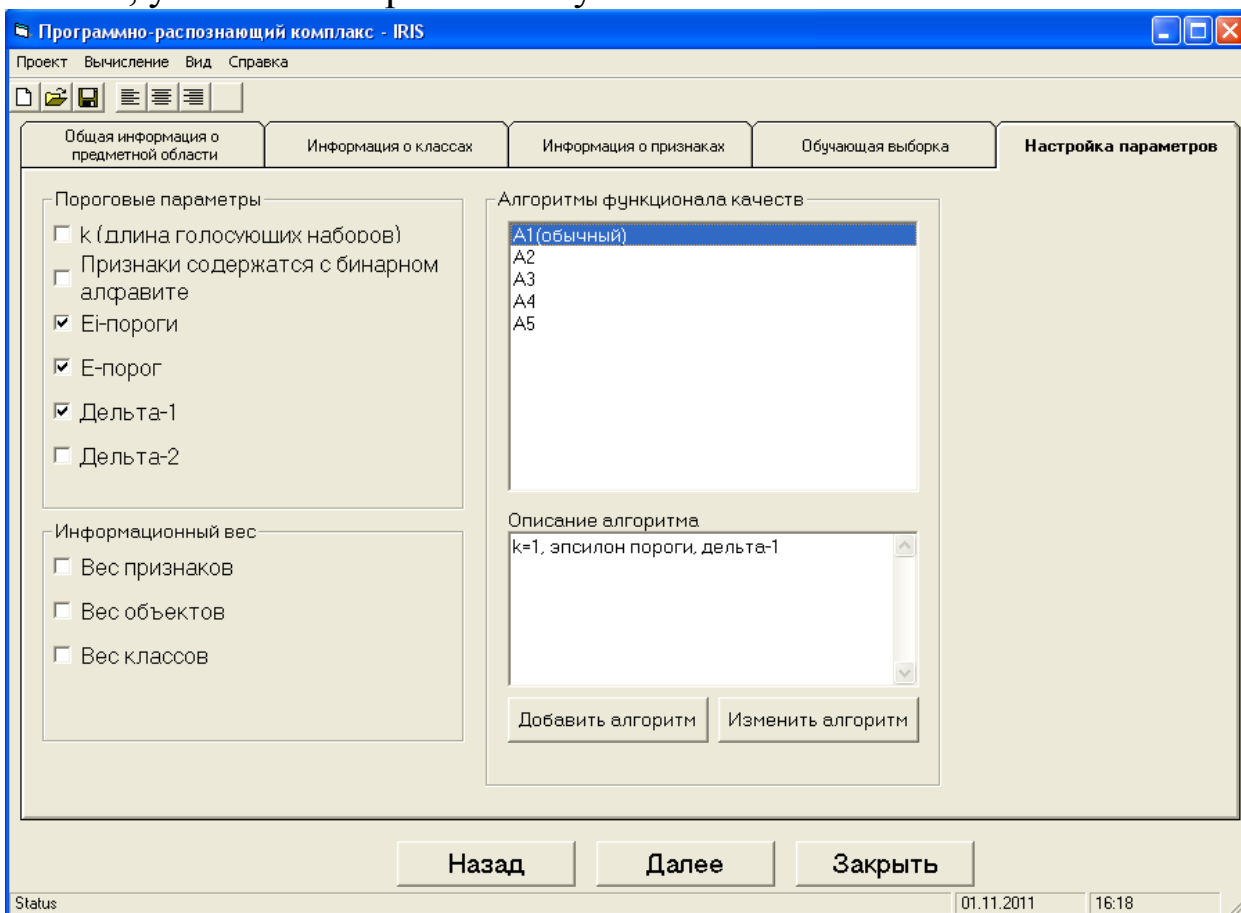
5.8-расм. Белгиларни аниқлаш соҳаси ва типларини киритиш.

Ўқув танланма маълумотлари тўплами жадвали, унинг майдонлари (белгилар ва синфлар), каторлари (объектлар) қийматлари келтирилади (4.9-расм). Бу ойнадаги барча тугмалар мажмуанинг муҳим вазифаларини (ўқитиш, параметрларни сошлаш) бажаради.



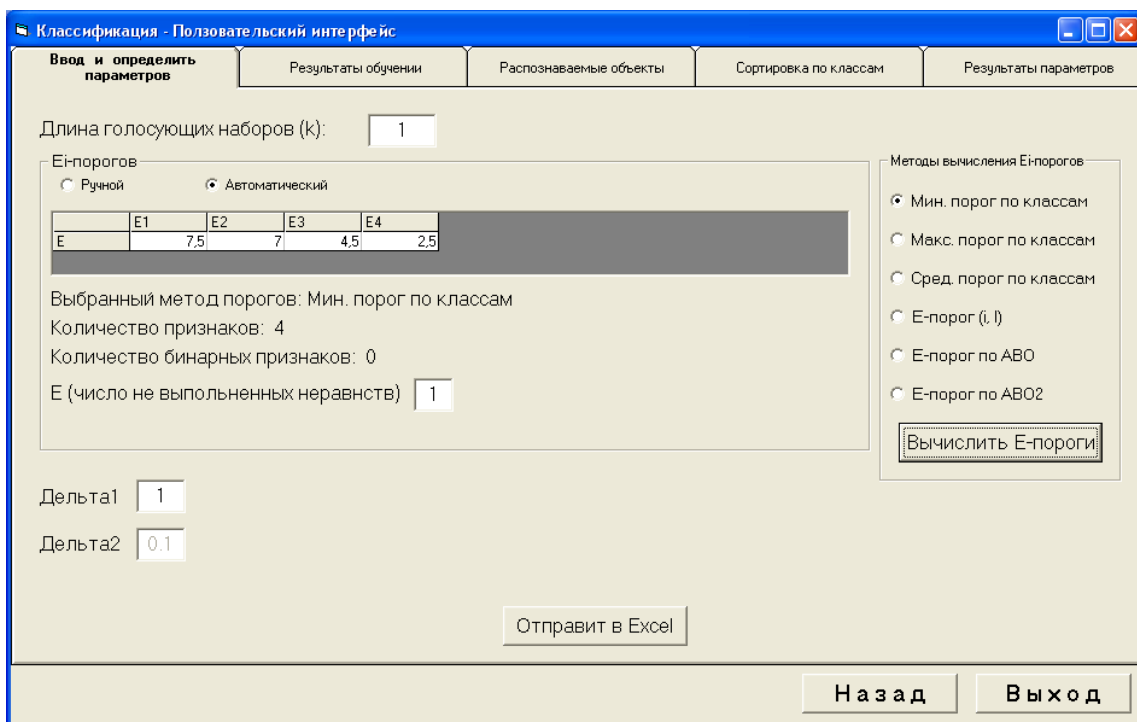
5.9-расм. Ўқув танланмани ўқитиш ойнаси.

Предмет соҳа бўйича қабул қилиниши зарур бўлган ёки натижаларни яхшиловчи БХАнинг параметрларини танлаш, ўрнатиш вазифлари қуйидаги ойнада бажарилади. Унда параметрларга боғлиқ бўлган бир нечта  $A_i$  алгоритмлар келтирилган. Бу ойнада фойдаланувчи керакли параметрларни танлаб, ўзининг алгоритмини тузиш имконига эга.



5.10-расм. Параметрларни ўрнатиш ойнаси.

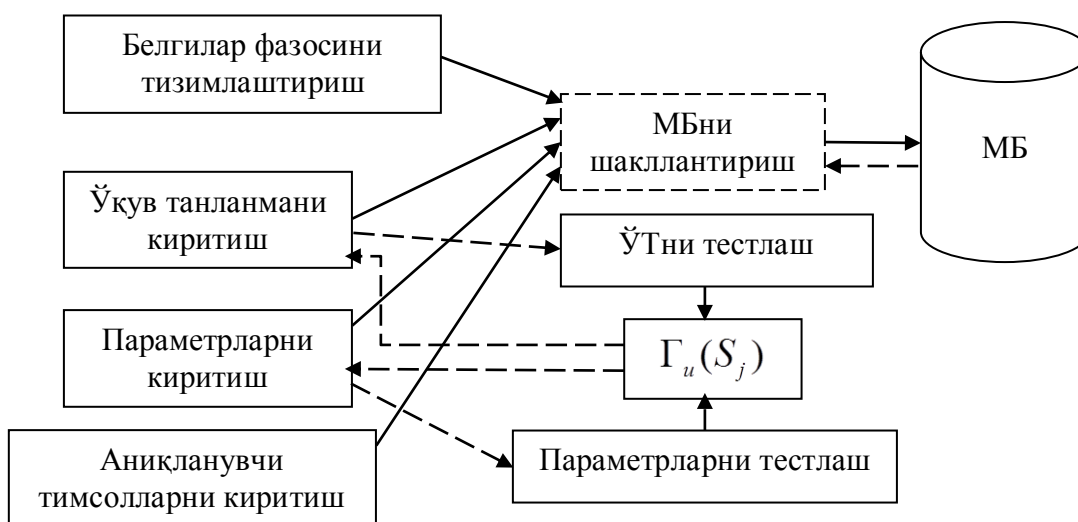
ПРАСК-2нинг синфларга ажратиш ойнаси бир нечта бандлардан иборат. Унинг дастлабки ойнаси «Параметрлар қийматларини аниқлаш ва киритиш»га қаратилган. Унда баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари (БХА)нинг параметрлари ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n, k, \delta_1, \delta_2$ ) киритилади. Бу ойнада эса  $\varepsilon$ -бўсағани ҳисоблаш ойнаси келтирилган.  $\varepsilon$ -бўсағани ҳисоблаш усулларида мақбулини танлаш 2.4-параграфда келтирилган. Бу ойнада параметрларни комбинация усули ёрдамида олиб бўлмайди. Агар муҳим параметрлардан бири танламай қолса, унга тобе бўлган параметрни танлаш нотўғри бўлади. Шунинг учун параметрларни танлаш ойнасидан қоидалар асосида фойдаланиш зарур, акс ҳолда дастурда хатолик эълон қилинади.



5.11-рasm. Параметрлаштиришда  $\varepsilon$ -бўсағани ҳисоблаш.

## 5.2. ПРАСК-2 модуллари

«Маълумотларни киритиш» модули. Қуйида ушбу модулнинг схемаси, вазифалари ва уларнинг тавсифлари ҳақида баён этилади.

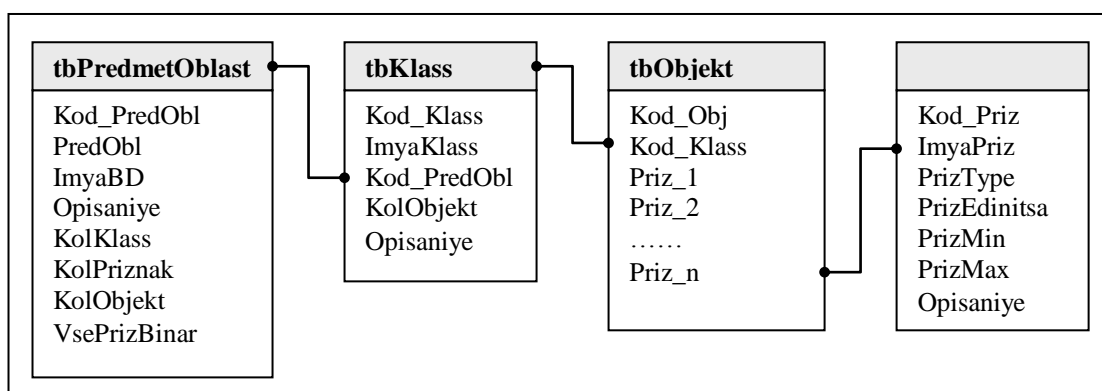


5.12-рasm. «Маълумотларни киритиш» модули

Бу ерда «ЎТни тастлаш» - ўқув танланма(ЎТ)ни тест ёрдамида текшириш,  $\Gamma_u(S_j)$  - овозларни ҳисоблаш функцияси.

Предмет соҳа (ПС) ҳақидаги барча маълумотлар «Маълумотларни киритиш» модулининг юқоридаги схемасида шакллантирилади. Маълумотлар эса МБда яратилган турли кўринишдаги ПСларини стандарт формада киритишга мўлжалланган махсус шаблонларга асосланган жадвалларда сақланади.

МБда синфларга ажратиш масаласи учун махсус шаблонлар тузилмаси шакллантирилган ва унинг асосий жадваллари қуйида келтирилган.



5.13-расм. МБдаги махсус шаблоннинг структураси

5.13-расмда келтирилганидек, ПС ҳақидаги керакли ахборотлар маълумотлар базаси(МБ)нинг асосий жадвалларида сақланади. Ҳар қандай ПС маълумотларига кўра бир-биридан фарқ қилади. Агар унинг маълумотлари МБга киритилмаган бўлса, юқоридаги структуравий жадваллардан ташкил топган МБ автоматик яратилади. Бунинг учун ПС маълумотлари махсус шаблонлари талабларига мос стандарт шаклга келтирилади.

Қуйида «Маълумотларни киритиш» блокида бажариладиган вазибаларнинг бажарилиш қадамлари келтирилади.

1. Дастлаб ПС ҳақидаги маълумотлар 5.13-расмда келтирилган майдонлар бўйича киритилади. Унда киритилган синфлар, белгилар, объектлар сони ҳисоблаш жараёни учун мос равишда  $l, n, m$  ўзгарувчиларга берилади. Белгиларнинг қийматлари мантикийлигини кўрсатувчи байроқчанинг “рост” қийматни қабул қилиши фақат Хемминг метрикасидан фойдаланиш рухсатини беради.

2. Объект белгиларни киритиш мобайнида унинг керакли қийматлари кўрсатилади (5.13-расм). Метрик ўлчов бирлигини танлаш барча ПСга оид ўқув танланма киритилгандан сўнг –

метрикани танлаш блокида адаптив амалга оширилади. Объектларнинг белгилари қийматларини киритишда оралик чегаралар ўрнатилади. Белгилар тўпламини  $X_1, X_2, \dots, X_n$  деб белгилаймиз.

3. Синфлар ҳақидаги информациялар  $I_0(K_1, \dots, K_l)$  5.1-жадвалда келтирилганидек киритилади.

4. Объектларни ўқув танланма жадвалига киритиш жараёнида белгилар ва синфларнинг тўғри киритиш тартиблари асосида чегараланади. Бу  $S_{ij} = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})$  - объектларни белгиланиши.

5. Қўшимча имкониятлар. Бу ерда ўқув танланма объектларини киритилгандан сўнг дастлабки ишлов бериш вазифалари амалга оширилади. Жумладан, ўқув танланма такрорланган объектларни излаш, уларнинг элементлари қийматларининг номуносивлиги ва нуқсонларини аниқлаш ҳамда МБ жадвалларини MS Excel электрон жадвалига экспорт қилиш.

**Белгиларда метрика функциянинг мослигини аниқлаш.** ПРАСК-2М мажмуасида метрикани танлаш икки хил ҳолатда юзага келади: 1. «Маълумотларни киритиш» блокида ҳар бир белги учун қатъий метрик ўлчовни ўрнатиш. Бу ёндашув ПС мутахассислари ёки дастур администратори томонидан тавсия этилади; 2. Тизим ўқув танланмадаги объектларнинг ҳар бир белгилари қийматлари асосида метрик ўлчовни адаптив равишда жорий қилади. Бу ҳолатда тизим ПСни мавжуд белгилари асосида метрик ўлчовлар тўпламидаги мос метрикани танлайди. Биринчи ёндашувни тизим ёрдамида текшириш ва шу билан бирга иккинчи ёндашув натижаларини мутахассислар ҳукмига ҳавола этиш хатоларни камайтиришга хизмат қилади.

Метрикалар ҳақида умумий маълумотлар ва уларни танлаш босқичлари [57]да келтирилган. Ҳар бир белги учун коррект метрикани танлаш «IF-THEN» қоидалари орқали амалга оширилади.

Белгилар учун метрика танлови амалга оширилгандан сўнг ўхшашлик даражалари аниқланаётган объектларнинг ўзаро яқинлик баҳоларини ҳисоблаш бошланади. Баҳоларни ҳисоблашнинг ҳар бир босқичларида параметрларни киритиш ёки аниқлаш талаб этилади.

**БҲА параметрларидан фойдаланиш.** Турли усул ва алгоритмларда ўзига хос бўлган параметрлардан

фойдаланилганидек, БХА ҳам кўп параметрли алгоритмлар сирасига киритилади.

Параметрларни аниқлашнинг умумий босқичлари қуйидагича:

1. параметрларнинг дастлабки қийматларини аниқлаш;
2. дастлабки  $j$ -объектни  $A$  алгоритм ёрдамида синфга ажратиш;
3. Агар объект ўз синфига тўғри киритилса, 5-қадамга ўтилади;
4. Агар объект ўз синфига тўғри киритилмаса, параметрларни керакли йўналиш бўйича тўғрилаб борилади;
5.  $j+1$  -объектга ўтиш.

Бу жараён ўқув танланмадаги хатолар сонини камайтириб бўлмайдиган ҳолатигача давом этади.

Параметрни ҳисоблаш, алгоритмни сифатини текшириш каби вазифалар  $\Gamma_u(S_j)$ - овозларни ҳисобловчи блокка бевосита боғлиқ бўлади. Қуйида «Овоз бериш» блоки ҳақида сўз юритилади.

**Объектларни таснифлаш масаласи учун «Овоз бериш» модули.** Бу модул киритиш модулида тасвирланган ўқув танланма, синфлар, белгилар ва назоратдаги объектлар тўплами ҳақидаги ахборотлар ҳамда керакли бўлган параметрлардан фойдаланган ҳолда ҳар бир объектнинг синфларга берадиган овозлари миқдорий ҳисобланади.

Мазкур модулда вазифаларининг босқичлари қуйида келтирилади:

1. белгилар қийматларининг мантиқий ёки мантиқий эмаслигини аниқлаш;
2. овоз берувчи белгилар сони  $k$ нинг миқдорига боғлиқлигини аниқлаш
3. 1.8-параграфда юқоридаги босқичларга мос келувчи (1.8.1-1.8.4) формулалар ёрдамида овозларни ҳисоблаш.

Овозларни  $\Gamma_u(S_j)$  билан белгиланган ва уларни ҳисоблашнинг бир нечта усуллари мавжуд. Бу усуллардан асосийлари [38,42] да келтирилган ва теоремаларда исботланган. Овозларни ҳисоблашнинг ушбу теоремаларида келтирилган формулалар мажмуанинг «Овоз бериш» блокида қўлланилган.

Қуйида 1- ва 2-формулалар белгиларнинг мантиқий қийматлари учун қўлланилади.

1.  $K_u$  синфга  $S$  объектнинг берадиган овози



$$\Gamma_u(S) = \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} C_{\tilde{r}(S,S_q)}^k \cdot \quad (4.1)$$

Юқоридаги формула овозларни  $k$  параметрига боғлиқ бўлган ҳолатда ҳисоблашни амалга оширилади.  $\Omega_A$  тўпламдаги  $k$  га тенг бўлган барча қисм тўпламларнинг таққосланувчи  $S$  ва  $S_q$  объектларнинг мос тушувчи белгилари сони  $\tilde{r}(S,S_q)$  билан ҳисобланади. Мос тушмайдиган белгилар сони  $\rho(S,S_q)$  билан белгиланиб,  $\tilde{r}(S,S_q) = n - \rho(S,S_q)$  бўлади.

Қуйидаги формула  $k$  параметрига боғлиқ бўлмаган ҳолатлар учун қўлланилади.

2.  $K_u$  синфга  $S$  объектнинг берадиган овози

$$\Gamma_u(S_j) = \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} 2^{\tilde{r}(S,S_q)} - 1. \quad (4.2)$$

3- ва 4-формулар белгиларнинг ихтиёрий, миқдорий қийматлари учун қўлланилади. Улар мос равишда  $k$  параметрига боғлиқ бўлган ва боғлиқ бўлмаган ҳолатлар учун келтирилади.

3.  $K_u$  синфга  $S$  объектнинг берадиган овози

$$\Gamma_u(S_j) = \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} C_{n-\tilde{\rho}(S,S_q)}^k \cdot \quad (4.3)$$

4.  $K_u$  синфга  $S$  объектнинг берадиган овози

$$\Gamma_u(S_j) = \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} (2^{n-\tilde{\rho}(S,S_q)} - 1). \quad (4.4)$$

Юқоридаги формулар ёрдамида олинган натижалар кейинги «Қарорлар қабул қилиш» блокида ҳал қилувчи қарорлар қабул қилишни амалга оширади.

**«Қарорлар қабул қилиш» модули.** Бу модулнинг вазифаси олинган  $\Gamma_u(S_j)$  ( $u = \overline{1,l}, j = \overline{1,m}$ ) овозларнинг қийматларини  $l$  синфдан қай бирига тегишлилигини аниқловчи қарорлар қабул қилишдан иборат. Бу блок БХАда сўнгги 6-босқичда объектнинг қайси синфга тегишли эканлиги бўйича якуний қарорни қабул қилади.

Қуйида объектларнинг синфларга берган овозлари миқдори бўйича қарорлар бир неча кўринишда акс эттирилган.

а) Оддий ҳал қилувчи қоида – объектни максимал овозга эга бўлган бир синфга тегишлилигини аниқлайди.

$$\alpha_j^A(S) = \begin{cases} 1, & \Gamma_j(S) > \Gamma_i(S), i = 1, 2, \dots, l, i \neq j, \\ 0, & \text{акс холда.} \end{cases} \quad (4.1)$$

б) Янги объектларда, ўқув танланмадаги объектларга ўхшамайдиган объектларда ёки икки ва ундан ортиқ синфларнинг

чегараларида жойлашган объектларда «эҳтиёткор» қарорларни қабул қилиш учун одатда икки бўсағавий параметрлар киритилади.

$$\alpha_j^A(S) = \begin{cases} \Gamma_j(S) > \Gamma_i(S) + \delta_1, i = 1, 2, \dots, l, i \neq j, \\ 1, & \Gamma_j(S) > \delta_2 \sum_{i=1}^l \Gamma_i(S), \\ 0, & \text{акс холда.} \end{cases} \quad (4.2)$$

Бу ерда  $\delta_1, \delta_2 \geq 0$ .

Бу ерда  $\delta_1, \delta_2$  алгоритмнинг параметрлари ҳисобланади.

Барча ҳисоблаш жараёнининг ниҳояси «Қарорлар қабул қилиш» блокада яқунланади. Объектларнинг синфларга берган барча овозлари бўйича уларнинг синфларини тўғри ажратиш имконини беради.

«Қарорлар қабул қилиш» блокада бажариладиган ишлар босқичлари қуйида келтирилади:

1. қарорлар қабул қилиш учун керакли бўлган  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  параметрларини мавжудлигини аниқлаш;

2. параметрларнинг мавжудлигидан фойдаланиб, юқоридаги  $a$  ёки  $b$  ҳолат бўйича  $\alpha_j(S_q)$  ни аниқлаш;  $(\alpha_1^A(S), \alpha_2^A(S), \dots, \alpha_l^A(S))$  векторнинг қийматлари 0, 1 ва  $\Delta$  дан иборат бўлади

3.  $\alpha_j(S_q)$  массив бўйича  $S_q$  объект  $K_u$  синфдан қайси бирига тегишлилигини аниқлаш; Агар  $\alpha_j(S_q)$  қиймати 1 бўлса синфга тегишли, 0 бўлса тегишли эмас, акс ҳолда икки ёки ундан ортиқ синфларга бир хил овоз беради ва синфга ажратиш бекор қилинади.

Агар бажарилаётган ишлар ўқув танланма устида олиб борилаётган бўлса, қуйидаги 4-босқич амалга оширилади, акс ҳолда у бажарилмайди.

4. ўқув танланмадаги  $S_q$  объект ўзининг синфига нотўғри киритилса,  $\varphi(A)$  сифат функциясининг қиймати ўзгартирилади (оширилади). Бу босқич ўқув танланма объектларини текширувдан ўтказиш, мақбул параметрларни аниқлаш жараёнида амалга оширилади.

### 5.3. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларни модел масалаларда тестлаш

ПРАСК-2 мажмуасида тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш учун икки турдаги масалалар: модели ва амалий масалаларни ечиш

асосида олиб борилади. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларнинг натижалари шу масалаларда синовдан ўтказилади, ҳамда таҳлилий хулосалар чиқарилди.

Таниб олишнинг “ўқитувчи ёрдамида” ёки “ўқитувчисиз” ҳал қилинадиган масалаларда модели масалаларни яратиш турлича бўлади. “Ўқитувчи ёрдамида” ҳал этиладиган масалаларда ўқув танланма объектлари аввалдан маълум бўлган синфларга ажратилган бўлади. “Ўқитувчисиз” ҳал этиладиган масалаларда эса ўқув танланма объектларининг синфлари номаълум ва бу синфларни объектларнинг ўзаро яқинлик муносабатлари орқали аниқлаш вазифалари ётади.

Дастурий таниб олувчи мажмуада таниб олишнинг таснифлаш (классификация) масаласига доир турли кўринишдаги мантиқий (бинар) ва миқдорий (сонли) модел масалаларни яратиш ва уларга асосан параметрлар созлигини текшириш вазифаларини бажариш блоклари ишлаб чиқилган.

**Генерациялаш усуллари ёрдамида миқдорий модел масалаларни шакллантириш.** Маълумки, генерация ёрдамида олинадиган ҳар бир ўқув танланма қандайдир қонуниятлар асосида олинади. ПРАСК-2 да бинар ҳамда ихтиёрий миқдорий қийматлар орқали ўқув танланма ва назорат танланма жадваллари яратилди.

Бинар қийматли ўқув танланма 0 ва 1 рақамлари ёки рост (True) ва ёлғон (False) мантиқий қийматлари билан ифодаланади.

Ихтиёрий сонли қийматли модел масалалари жадвалини генерациялаш.

ПРАСК-2 мажмуасида бир қатор модел масалалари устида тажрибавий тадқиқотлар ўтказилди. Таснифлаш ва кластеризацияга доир модел масалаларнинг МБ Интернет манбасида [77] келтирилган.

**1. «IRIS» маълумотлар базасида тажрибавий тадқиқотнинг натижалари.** Бу ўқув танланма 1936 йилда Фишер томонидан таклиф этилган. Унинг ойнасида «IRIS» маълумотлар базасида келтирилган ўқув танланманинг ҳар бир объектини БҲА ёрдамида синфларга ажратиш натижалари тасвирланган. Ўқув танланмада 150 та объектлар берилган. Улар 4 та белгидан иборат: косачабаргининг узунлиги (Sepal Length), косачабаргининг эни (Sepal Width), гулбаргининг узунлиги (Petal Length), гулбаргининг энини (Petal Width) билдиради.

Etalon : таблица						
	CODE	SEPAL LENG	SEPAL_WIDT	PETAL LENG	PETAL_WIDT	CLASS
	1	50	33	14	2	1
	2	64	28	56	22	3
	3	65	28	46	15	2
	4	67	31	56	24	3
	5	63	28	51	15	3
	6	46	34	14	3	1
	7	69	31	51	23	3
	8	62	22	45	15	2
	9	59	32	48	18	2
	10	46	36	10	2	1
	11	61	30	46	14	2

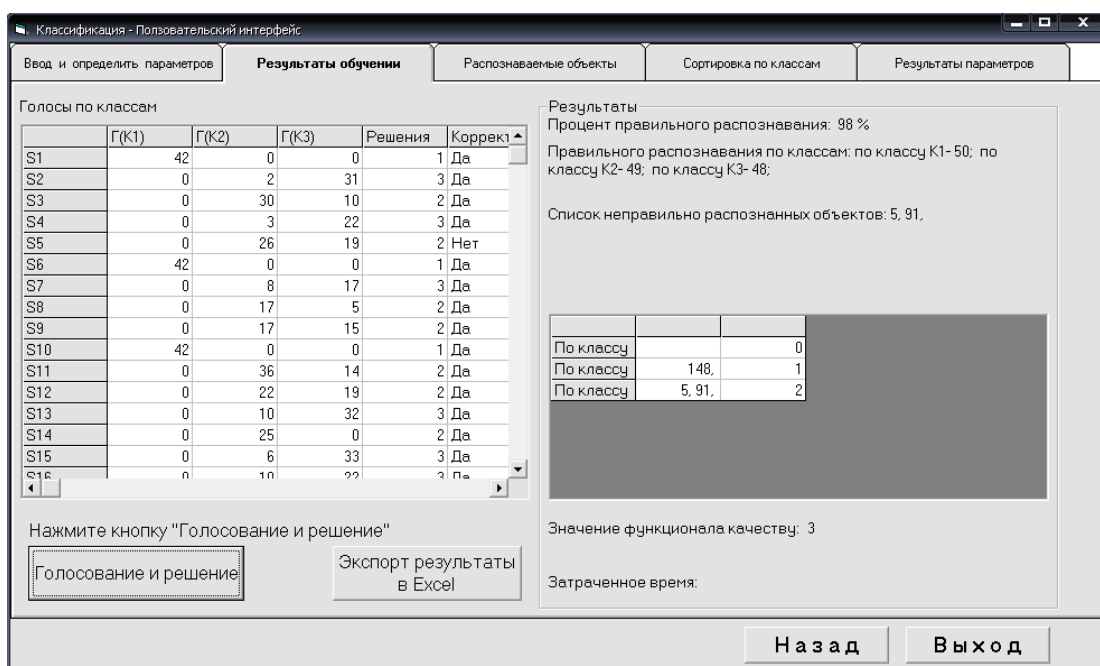
5.14-расм. “IRIS” ўқув танланмасининг бир қисми.

Объектларнинг уч синфга ажратилиши эса қуйидаги жадвалда келтирилади:

5.1-жадвал. Ўқув танланмада синфларнинг белгиланиши

Синфлар	Номланиши	Объектлар сони	Тавсифи
1	setosa	50	iris setosa
2	versicolor	50	iris versicolor - setosa ва virginica ирисларининг чатишмаси
3	virginica	50	iris virginica

Қуйидаги 5.15-расмда “IRIS” МБни ўқитиш жараёнидаги натижалар келтирилган.



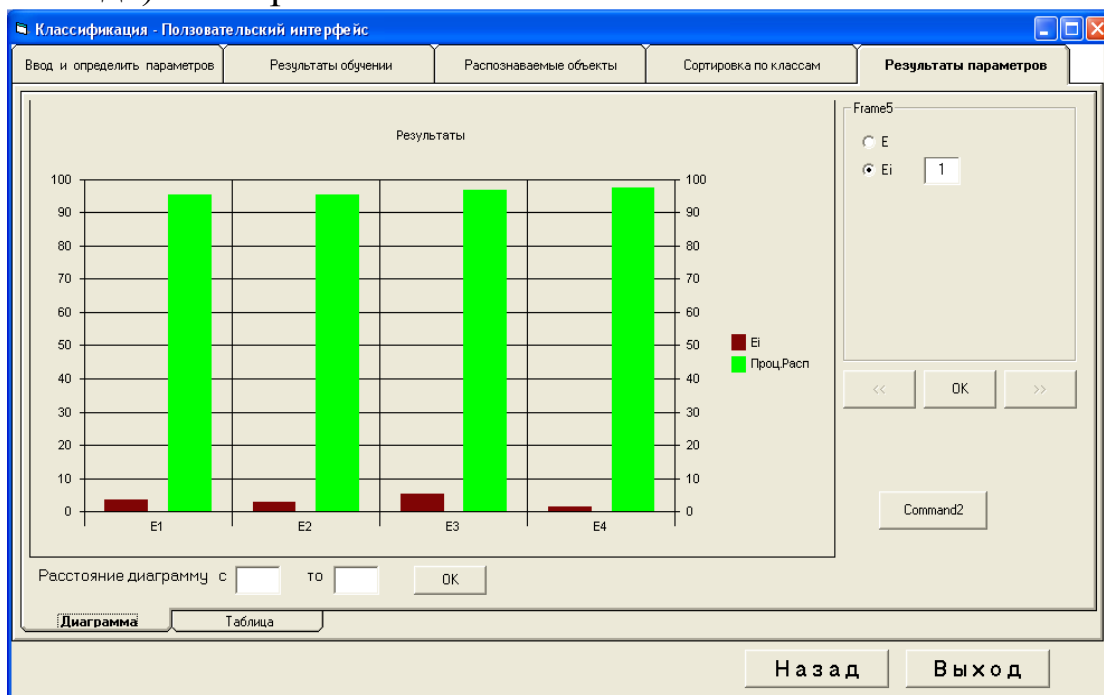
5.15-расм. Ўқитиш жараёни натижалари ойнаси.

Ўқитиш жараёнида келтирилган натижаларни олиш учун  $A$  алгоритмининг қуйидаги параметрлардан (бу алгоритмда инфорацион салмоқлар ҳисобга олинмаган ҳолат) фойдаланилди  $\{A_q(k, \varepsilon, \varepsilon_i, \delta_1, \delta_2)\}$ . Уларнинг қийматлари бир неча уринишлардан сўнг қуйидагича олинди:  $k=1, \varepsilon=1, \varepsilon_1=4, \varepsilon_2=5, \varepsilon_3=9, \varepsilon_4=3, \delta_1=2, \delta_2=0,51$  бўлганда синфлар бўйича таниб олиш аниқлиги 4.5.2-жадвалда келтирилган.

5.2-жадвал. «IRIS» МБ натижалари

Клас-сы	Количество объектов	Правильно распознанных объектов	Код неправильных объектов	Качество распознавания (%)	Время распознавания
К1	50	50	-	100	1 мин 42 сек
К2	50	49	148	98	
К3	50	48	5, 9, 1	96	
<b>Итого</b>	<b>150</b>	<b>147</b>	<b>3</b>	<b>98</b>	

Қуйидаги 5.16-расмда юқорида олинган натижаларнинг диаграммали таҳлили (а-ҳолатда диаграмма, б-ҳолатда жадвал кўринишида) келтирилган.



а)

Группа	$\varepsilon_i$	Проц.Расп
E1	3,5	95,33334
E2	3	95,33334
E3	5,5	96,66666
E4	1,5	97,33334

б)

5.16-расм. Параметрларни уринишлар натижасидаги қийматлари:  
 а)  $\varepsilon_i$ -параметри учун диаграмма, б)  $\varepsilon_i$ -бўсағанинг қийматлари уринишларида таниб олиш фоизининг кўрсаткичлари жадвали.

Олинган натижалар биринчи масала бўйича IRIS масаласини ечишда –98; WINE масаласини ечишда – 95,5% аниқлик кўрсаткичларини ташкил этди.

Ўтказилган тажрибалар натижасида олинган кўрсаткичларининг ўртача қиймати IRIS – 2%; WINE – 4,5% ҳатоликни ташкил этди.

#### 5.4. Кластеризация масалаларида баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари моделларининг қўлланилиши

Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишнинг муҳим масалаларидан бири бу – кластеризация (автоматик классификация, ўқитувчисиз ўқитиш, таксономия, гуруҳларга ажратиш) масаласидир. Уларнинг умумий ғояси – қандайдир жараёнда йиғилган ҳодисалар ёки объектларнинг танланган белгилари воситасида ўзаро “ўхшашлиги” бўйича гуруҳларга ажратишдан иборат. Бунинг учун эса берилган объектларнинг ўзаро муносабатларини таҳлил қилиш, яқинлик даражаларини аниқлаш талаб қилинади. Бугунги кунда кластеризация масаласини ҳал этишга мўлжалланган кўплаб усуллар ва алгоритмлар ишлаб чиқилган [14,30,32,45].

Ушбу мақолада кластеризация масаласини ечишда қарорлар қабул қилишга кўмаклашиш учун объектларнинг ўзаро яқинликларини аниқлаш баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари (БҲА) ёрдамида амалга оширилади. Бу алгоритмлар синфи қисмий прецедентлик тамойилига асосланган бўлиб, классификация (ўқитувчи ёрдамида ўқитиш), объектлар ва белгиларнинг информацион салмоғини ҳисоблаш, белгилар фазосини қисқартириш каби масалалар учун ишлаб чиқилган. Кластерли таҳлил масаласини ечишда БҲА дан фойдаланиш етарлича қаралмаган.

Кластеризация масаласи учун  $\{S\}$  объектлар тўплами ва уларнинг сонли белгилар фазоси акс эттирилган  $T_{nm}$  жадвали берилади. Жадвал устунлари -  $\{X\}$ ,  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  белгиларни, қаторлари эса  $\{S\}$ ,  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$  объектлар тўпламини билдиради. Ҳар бир  $S_j$  объектнинг  $x_{ij} \in X_i$  белгиси мос равишда  $S_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$  кўринишда ёзиб олинади.

**Дастлабки таксонни аниқлаш масаласи.** Таксонларни аниқлаш учун дастлаб муҳим ҳисобланган биринчи таксонни топиш керак бўлади. Уни аниқлашда асосан қуйидагича ёндашувга эътибор қаратилади: Объектларнинг ҳар бири бир таксон деб қаралиб, тўпламдаги ихтиёрий объект 1-таксон деб олинади. Кейинги қадамларда эса шу объектга танланган  $T$ -радиус бўйича яқин бўлган объектларни унинг синфига киритилади. 2- таксон эса 1- таксонга кирмаган объект деб қаралади ва унга ҳам яқин бўлган

объектлар унинг таксонига бириктирилади ва бу жараён объектлар тансонларга ажратилгунга қадар давом эттирилади.

Биз бу масалани ҳал этиш куйидагича ёндашув асосида ишлаб чиқилди. 1-таксонни аниқлаш учун ҳар бир объектни марказий объект деб қабул қиламиз ва уларнинг ҳар бири бўйича  $T$ -радиус доирасида ўзига бириктирган объектлар сони ҳисобланади.  $T$ -радиус доирасида энг кўп объектлар жамланган объектни 1-таксоннинг марказий объекти деб ҳисоблаймиз. Кейинги қадамда 1-таксонга кирмайдиган объектларни ўзаро  $T$ -радиус орқали 2-таксон аниқлаб олинади.

Одатда, тимсолларни аниқлаш масалаларини ҳал қилишда қарор қабул қилишга кўмаклашиш ( $R$ ) ва қарор қабул қилиш ( $r$ ) тизимлари биргаликда амалга оширилади. Кластеризация масаласини ечиш учун қарор қабул қилишга кўмаклашиш жараёни БҲА ёрдамида амалга оширилиши учун асосан куйидаги масалаларни ҳал қилиш лозим:

1.  $S_j$  ва  $S_q$  ( $j, q = 1, 2, \dots, m, j \neq q$ ) объектларнинг ўзаро яқинликлари  $\Gamma(S_j, S_q)$  ( $0 \leq \Gamma(S_j, S_q) \leq n$ ) баҳоларни ҳисоблаш орқали амалга ошириш;
2. БҲАнинг турли моделлари ёрдамида бир қанча  $\Gamma(S_j, S_q)$  жадвалларини аниқлаш;
3.  $\Gamma(S_j, S_q)$  жадваллари  $\mathcal{E}$ -бўсаға ёрдамида  $P(S_j, S_q)$  предикатлар жадвалларига ўтказиш.

Юқорида келтирилган биринчи ва иккинчи масалалар БҲА ва унинг бир нечта моделлари ёрдамида ҳал этилади. Кластеризация масаласида аввалдан синфлар маълум бўлмаганлиги боис БҲА босқичларида баъзи ўзгаришлар киритилади. Унда  $S_j$  объектнинг  $K_u$  синфга берган овозлари йиғиндиси эмас, балки  $S_q$  объектлар гуруҳига берган овозлари турли моделларда аниқланади. Бундай жадваллар сони  $Q$  та бўлиши мумкин. Уларни аниқлаш БҲА параметрлари ва уларнинг қийматларини ўзгаришига боғлиқ.

Учинчи масала эса объектларнинг ўзаро муносабатларини аниқлашни соддалаштириш учун ҳал этилади. Бу эса икки объектнинг нечта белгилари ўзаро яқинлигига аниқлаш орқали амалга оширилади. Бу яқинликни аниқлаш мезони сифатида  $\mathcal{E}$ -бўсаға ( $0 \leq \varepsilon \leq n, \varepsilon \in N$ ) қиймати киритилади.  $\Gamma(S_j, S_q)$  миқдорий



жадваллар тўпламини  $P(S_j, S_q)$  бинар қийматли жадвалларга ўтказиш қуйидагича ифодаланади:

$$P(S_j, S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \Gamma(S_j, S_q) \geq \varepsilon \\ 0, & \text{агар } \Gamma(S_j, S_q) < \varepsilon \end{cases}$$

Олинган натижалар 5.2-жадвалда ифодаланган:

5.2-жадвал. Объектларнинг ўзаро яқинлиги жадвали

	$S_1$	$S_2$	...	$S_j$	...	$S_m$
$S_1$	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	...	$\alpha_{1j}$	...	$\alpha_{1m}$
$S_2$	$\alpha_{21}$	$\alpha_{22}$	...	$\alpha_{2j}$	...	$\alpha_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
$S_j$	$\alpha_{j1}$	$\alpha_{j2}$	...	$\alpha_{jj}$	...	$\alpha_{jm}$
...	...	...	...	...	...	...
$S_m$	$\alpha_{m1}$	$\alpha_{m2}$	...	$\alpha_{mj}$	...	$\alpha_{mm}$

Бу ерда  $\alpha_{jq} = P(S_j, S_q)$ ,  $\alpha_{jj} = 1$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ,  $q = 1, 2, \dots, m$  бўлади.

БҲА ёрдамида кластеризация қилишнинг  $R$  босқичи амалга оширилгандан сўнг, унинг якуний (қарор қабул қилиш)  $l$  босқичи орқали кластеризация масаласи тўлиқ ҳал этилади. Бу босқич соҳа мутахассиларнинг қарори, яъни улар томонидан аниқланган  $\delta_1$  ва  $\delta_2$  қийматлар орқали амалга оширилади.

### 5.5. Норавшан билимлар базаси ва норавшан хулосалаш тизимлари

Учинчи бобда келтирилган икки босқичли НХТни қуриш алгоритмини батафсилроқ қараб ўтилади.

Келтирилган тузилмани ўқитиш учун, аввало, ўқитилувчи маълумотларни дастлабки тайёрловини амалга оширилади: улар репрезентатив синфларни ташкил этувчи қисм тўпламларга ажратилган бўлиши лозим. Ушбу синфлар асосида қоидалар қурилади. Бевосита ўқитиш хатоликнинг ортга қараб тарқалиши алгоритмидан фойдаланилган ҳолида амалга оширилади ҳамда қоида шартларини амалга оширувчи ва хулосалашни амалга оширувчи ҳар бир тўрга алоҳида келтирилади.

*1-босқич.*

1.1. Жуфт кўринишдаги ўқитиш маълумотлари тўпламини тайёрлаш, бу ерда  $J$  танланманинг миқдорини билдиради:

$$\{\bar{x}(t), d(t)\} = \{\bar{x}_1(t), \dots, \bar{x}_n(t), d(t)\}, t = 1, 2, \dots, J.$$

1.2. Кирувчи ўзгарувчилар фазосини  $N$  та  $R_k$  ( $k=1, \dots, N$ ) синфга ажратилади. Ушбу жараённинг бажарилиши субтрактив кластеризациянинг тоғ усули билан амалга оширилади [60,49].

Субтрактив кластеризациянинг тоғ усули қўлланади.

Натижада  $N$  ўқув танланмаси ҳосил қилинади  $(\bar{x}_j(t), d(t))$ , унда  $j=1, 2, \dots, J_k$ ,  $J_k - R_k$   $k$ -соҳасини ифодаловчи танланмалар сони, шу қатори  $J_1 + J_2 + \dots + J_N = J$ . Таъкидланганидек,  $n$  ўлчамли фазони  $N$  соҳага ( $N < n$ ) бўлиш хулосалаш тизими  $N$  та норавшан қоидани ишлатади деган билан тенг кучли.

1.3. Ўқитиш маълумотларин соҳага ажратишда нейрон тўрни ўқитиш. Бундай ўқитиш қоидалар шароитида бир нечта кўп ўлчамли тегишлилик функциясини аниқлаш ҳос хусусият ҳисобланади. Агар тўр киришига  $\bar{x}_i$  қиймат келиб тушса, у ҳолда  $d_i = [d_i^{(1)}, \dots, d_i^{(N)}]^T$  эталон сигналлари чиқиш қатламига қуйидаги қоида асосида тақдим этилади:

$$d_i^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{агар } x_i \in R_k, \\ 0, & \text{агар } x_i \notin R_k, \end{cases}$$

унда  $i=1, 2, \dots, J_k$ ;  $k=1, \dots, N$ . Шу қаторда  $\bar{x}_i$  нуқта тегишли бўлган соҳа берилади.

Тўрнинг ўқитилишининг якунида  $R_k$  соҳада ҳар бир  $\bar{x}_i$  тегишлилик функциясини чиқариш имконияти яратилади. Бошқача қилиб айтганда  $\hat{d}^{(k)}$  чиқувчи сигналлар мос соҳалардаги кирувчи маълумотларнинг тегишлилик функциясини аниқлайди. Шартлар компонентасидан иборат ҳар бир соҳа битта тегишлилик функцияси билан ифодаланади ва уни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\mu_{A^k}(\bar{x}) = \hat{d}^{(k)}.$$

*2-босқич.* Башорат қилиш баҳоси хулосаларини амалга оширишда нейрон тўрларни ўқитиш.  $R_k$  синфга мос келувчи  $\{\bar{x}_j, d^{(k)}(t)\}$ ,  $j=1, 2, \dots, J_k$  ўқитиш маълумотлари нейрон тўрнинг кириш ва чиқишига келтирилади. Бу тўр  $R^{(k)}$  қоида учун хулосалашни амалга оширади. Унинг чиқишида бевосита  $k$ -

қоидага мос келувчи  $\bar{y}^{(k)} = f^{(k)}(x_1, \dots, x_n)$  норавадан мантиқий хулоса бўлади.

Таъкидланган босқич ва қадамларнинг бажарилиши ҳар бир қоида учун шарт ва хулосалаш ташкил этилишини таъминлайди. Ушбу қоидалар жамланмаси НХТ норавадан билимлар базасини ташкил этади.

Сугено типдаги моделни синтезлаш жараёнини амалга ошириш учун Matlab тизимидаги Fuzzy Logic Toolbox воситасининг *genfis2* функциясидан фойдаланилади. Синтезланаётган норавадан модел учта кириш ҳамда битта чиқишдан иборат: тупроқ типи, селекция нави ва ўғитлаш (5.5.1-жадвал). Ушбу функцияни чақиришда кластер радиусини бериш лозим бўлади. Радиус унинг элементлари кластер марказидан қай даражада узоқликда жойлашганлигини аниқлайди. Кластеризациянинг бошланғич маълумотлари бирлик гиперкубда жойлашганлиги учун радиус қийматлари  $[0,1]$  ораликда жойлашган бўлиши лозим. Аксарият ҳолларда радиуснинг кичик қийматлари кўпгина майда кластерларни топишга олиб келади, шундан келиб чиққан ҳолда у жуда катталаштирилган норавадан қоидалар базасини ҳосил қилишини айтиш ўринли. Радиусларнинг катта қийматлари бир нечтагина кластерларнинг топилиши ҳамда ихчам билимлар базасини топилишига олиб келади. Бироқ шу қаторда боғлиқларни моделлаштиришда бир қатор хусусиятлари тушуриб қолдирилиши мумкин. Аслида яхши норавадан билимлар базасини синтезлаш радиус қийматларининг  $[0.2, 0.5]$  диапазонида амалга оширилиши мумкин. Шунинг учун 0.3га тенг радиус қиймати олинган. *genfis2* функцияси томонидан фойдаланиладиган субтрактив кластеризациянинг тоғ усули маълумотлардан норавадан қоидани тезда амалга ошириш имконини беради [22]. Норавадан тизимнинг адаптацияси графиги 5.5.13-расмда келтирилган.

Ҳосилдорликни башорат қилиш моделини қуришнинг иккинчи босқичида кўп омилли регрессион анализ усулидан фойдаланилади. Ушбу босқичда қуйидаги масалалар ечилади:

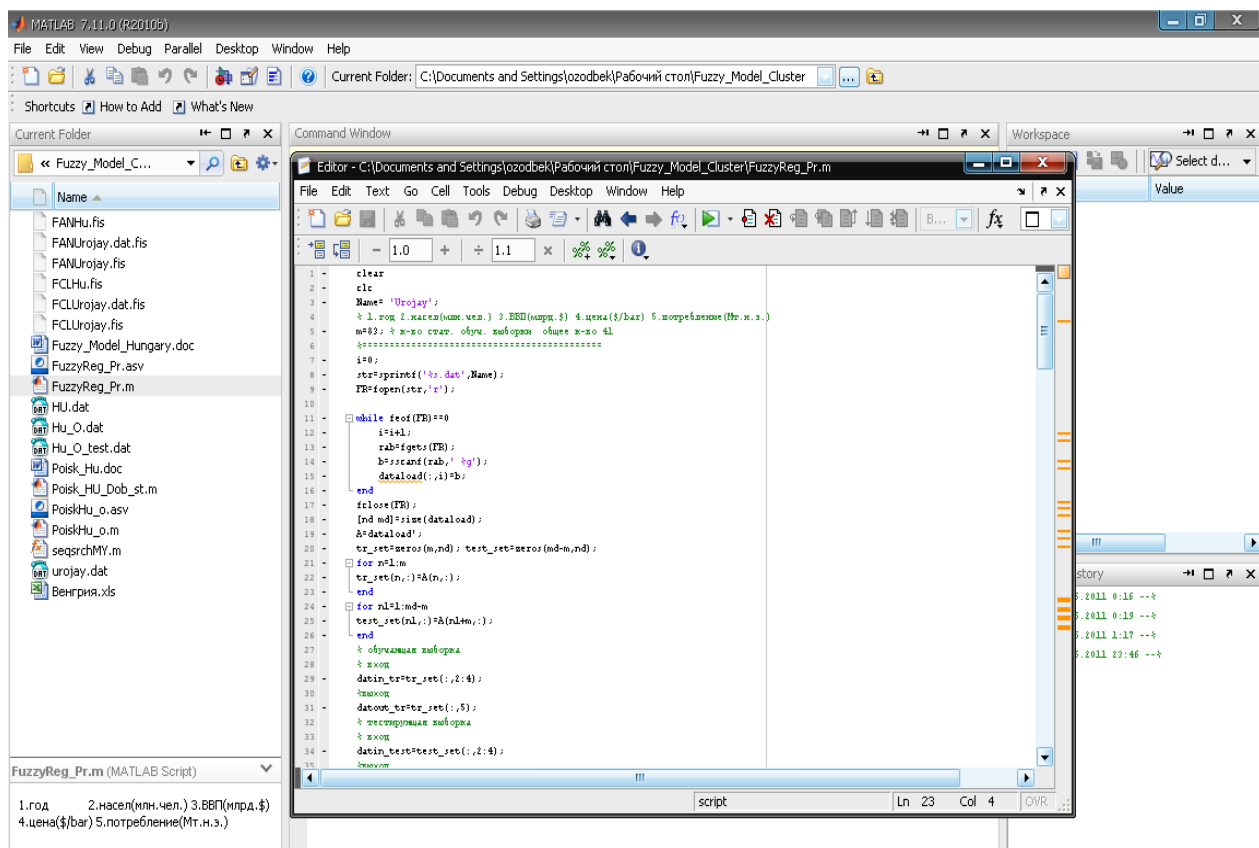
- регрессион модел қурилади;
- башорат қилиш горизонтида барча белги-аргументлар учун эксперт қийматни бериш орқали натижавий белги асосида башорат қиймати топилади.

5.3-жадвал. Иккинчи гуруҳга кирувчи параметрларига  
боғлиқлигидан ҳосилдорликни башорат қилиш моделини акс  
эттирувчи БЭМ фрагменти

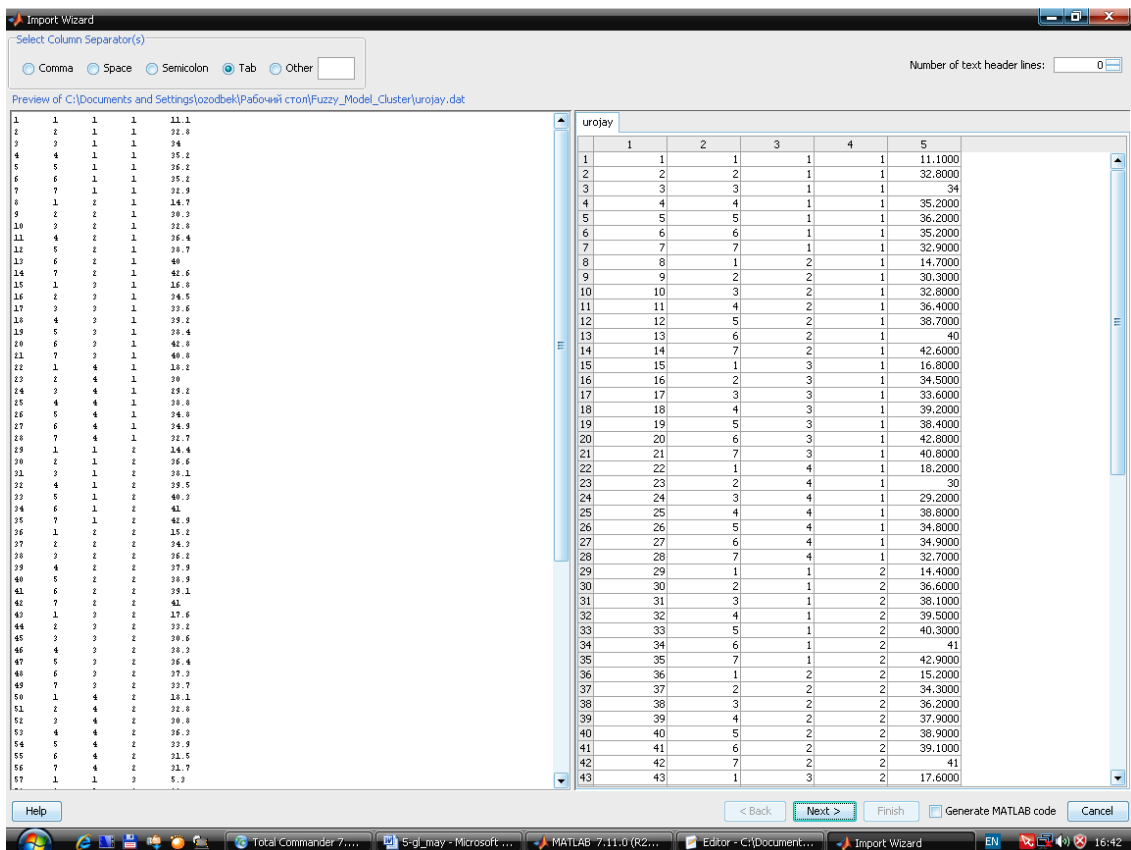
Вариант коди	Тупроқ типи	Селекцион нав	Ўғитлаш коди	Ғўза ҳосилдорлиги (ц/га)
1	Сувликор оддий бўз тупроқ	С- 4727	1	11,1
2	Сувликор оддий бўз тупроқ	С- 4727	2	32,8
3	Сувликор оддий бўз тупроқ	С- 4727	3	34
4	Сувликор оддий бўз тупроқ	С- 4727	4	35,2
5	Сувликор оддий бўз тупроқ	С- 4727	5	36,2
6	Сувликор оддий бўз тупроқ	С- 4727	6	35,2
7	Сувликор оддий бўз тупроқ	С- 4727	7	32,9
8	Сувликор оддий бўз тупроқ	Тошкент I	1	14,7
9	Сувликор оддий бўз тупроқ	Тошкент I	2	30,3
10	Сувликор оддий бўз тупроқ	Тошкент I	3	32,8
11	Сувликор оддий бўз тупроқ	Тошкент I	4	36,4
12	Сувликор оддий бўз тупроқ	Тошкент I	5	38,7
13	Сувликор оддий бўз тупроқ	Тошкент I	6	40
14	Сувликор оддий бўз тупроқ	Тошкент I	7	42,6
15	Сувликор оддий бўз тупроқ	108-Ф	1	16,8
16	Сувликор оддий бўз тупроқ	108-Ф	2	34,5
17	Сувликор оддий бўз тупроқ	108-Ф	3	33,6
18	Сувликор оддий бўз тупроқ	108-Ф	4	39,2
19	Сувликор оддий бўз тупроқ	108-Ф	5	38,4
20	Сувликор оддий бўз тупроқ	108-Ф	6	42,8
21	Сувликор оддий бўз тупроқ	108-Ф	7	40,8
22	Сувликор оддий бўз тупроқ	159-Ф	1	18,2
23	Сувликор оддий бўз тупроқ	159-Ф	2	30
24	Сувликор оддий бўз тупроқ	159-Ф	3	29,2
25	Сувликор оддий бўз тупроқ	159-Ф	4	38,8
26	Сувликор оддий бўз тупроқ	159-Ф	5	34,8
27	Сувликор оддий бўз тупроқ	159-Ф	6	34,9
28	Сувликор оддий бўз тупроқ	159-Ф	7	32,7
29	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	С- 4727	1	14,4
30	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	С- 4727	2	36,6
31	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	С- 4727	3	38,1
32	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	С- 4727	4	39,5
33	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	С- 4727	5	40,3
34	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	С- 4727	6	41
35	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	С- 4727	7	42,9
36	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	Тошкент I	1	15,2
37	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	Тошкент I	2	34,3
38	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	Тошкент I	3	36,2
39	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	Тошкент I	4	37,9
40	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	Тошкент I	5	38,9
41	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	Тошкент I	6	39,1
42	Сувликор бўз-қумлоқ тупроқ	Тошкент I	7	41

Ушбу боғлиқликларнинг амалга оширилиши қуйидаги (5.5.4-5.5.12 расмлар) графикларда ўз аксини топган. Графикнинг абцисса ўқи бўйлаб кирувчи параметрлар қийматини акслантирувчи бошланғич шартлар вариантларининг тартиби (коди) жойлашган: тупроқ типлари, селекция навлари, ўғитлаш режимлари, сув билан таъминланганлик, экиш, вегетация ва йиғим-терим вақтидаги об-ҳаво шароити. Ордината ўқларида ҳосилдорлик қийматлари кўрсатилган. Масалан, 10-вариантга (5.3-жадвалга қаралсин): тупроқ тури - сувликор оддий бўз тупроқ, селекция нави - Тошкент I, ўғитлаш коди – 3 ( $N - 200$ ;  $P_2O_5 - 200$ ;  $K_2O - 100$ ), ҳосилдорлик – 32,8 (ц/га).

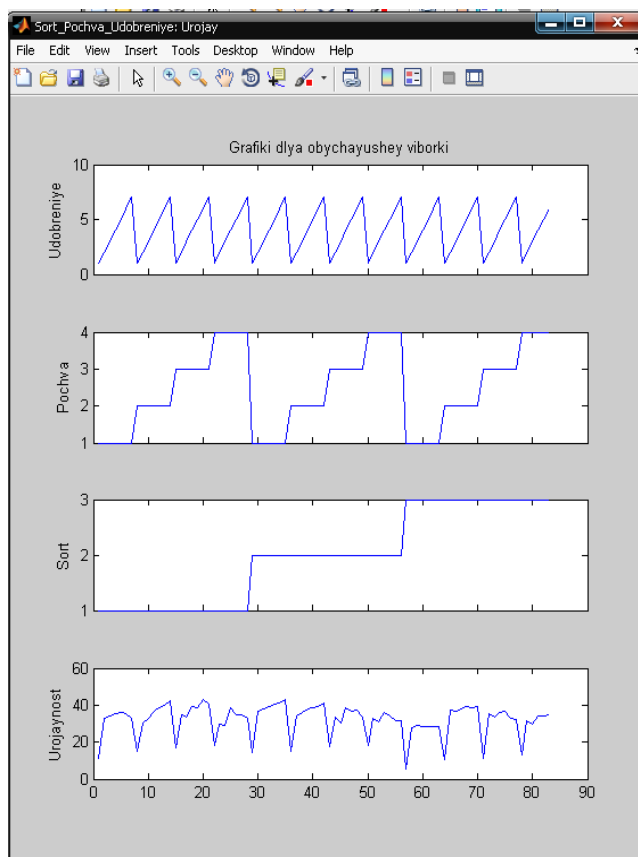
5.17-расмда Matlab дастурлаш муҳитининг ҳосилдорликни башорат қилиш дастурини амалга оширишга тахт ҳолати акс этилган. Бошланғич маълумотлар мос равишда матнли форматдаги стандарт файлдан муҳитга импорт қилиб олиш жараёни 5.18-расмда келтирилган. Бошланғич маълумот импорти амалга оширилгандан сўнг дастур ишга тушиб, ҳосилдорлик учун ўқув танланмасини (ўқув танланма аналитик томонидан белгиланади) амалга оширади ва уни визуал кўринишини графикда (5.19-расм) акс эттиради.



5.17-расм. Дастур ишчи ҳолатининг кўриниши

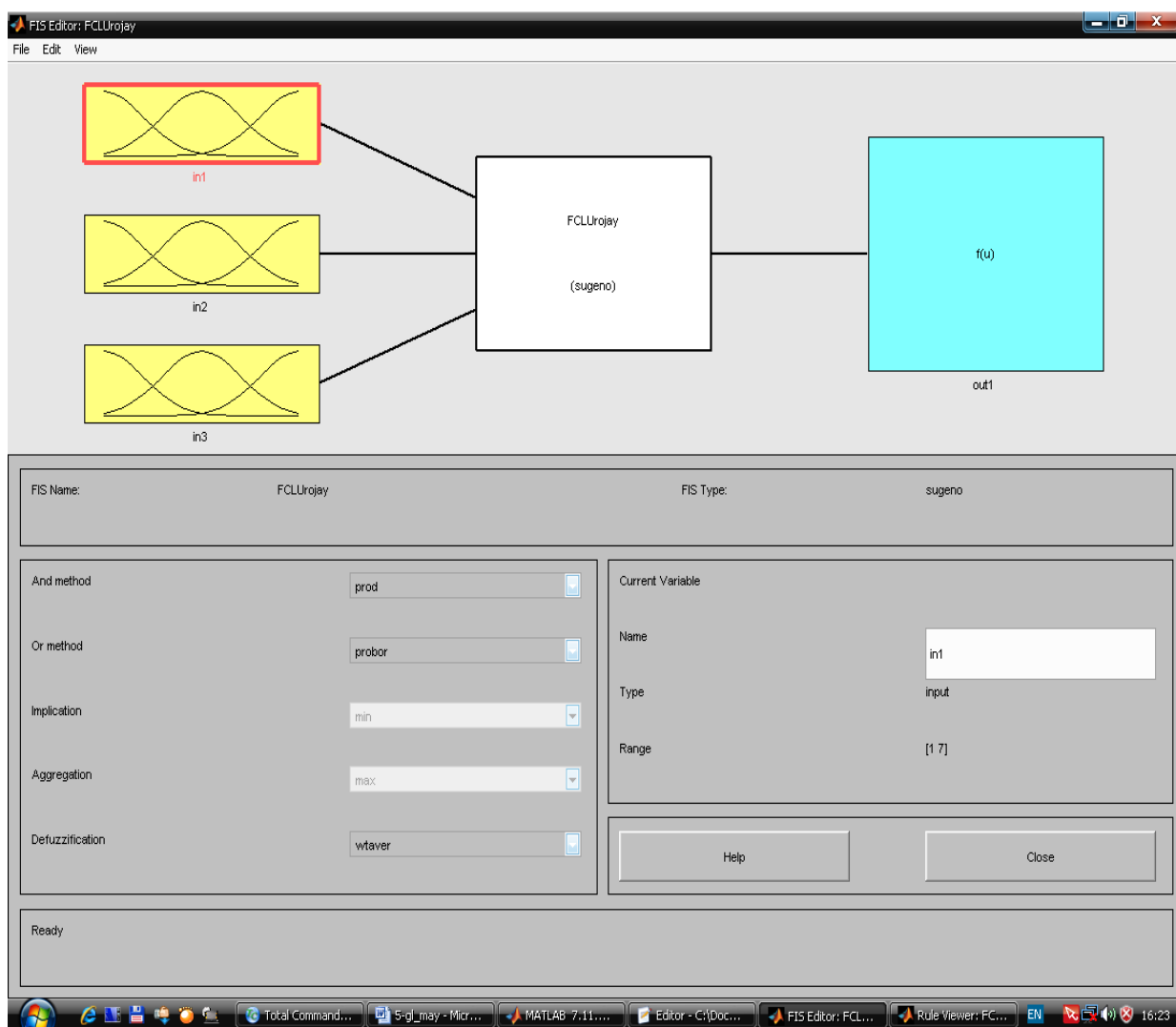


5.18-расм. Бошланғич маълумотларни ўқитиб олиш жараёни

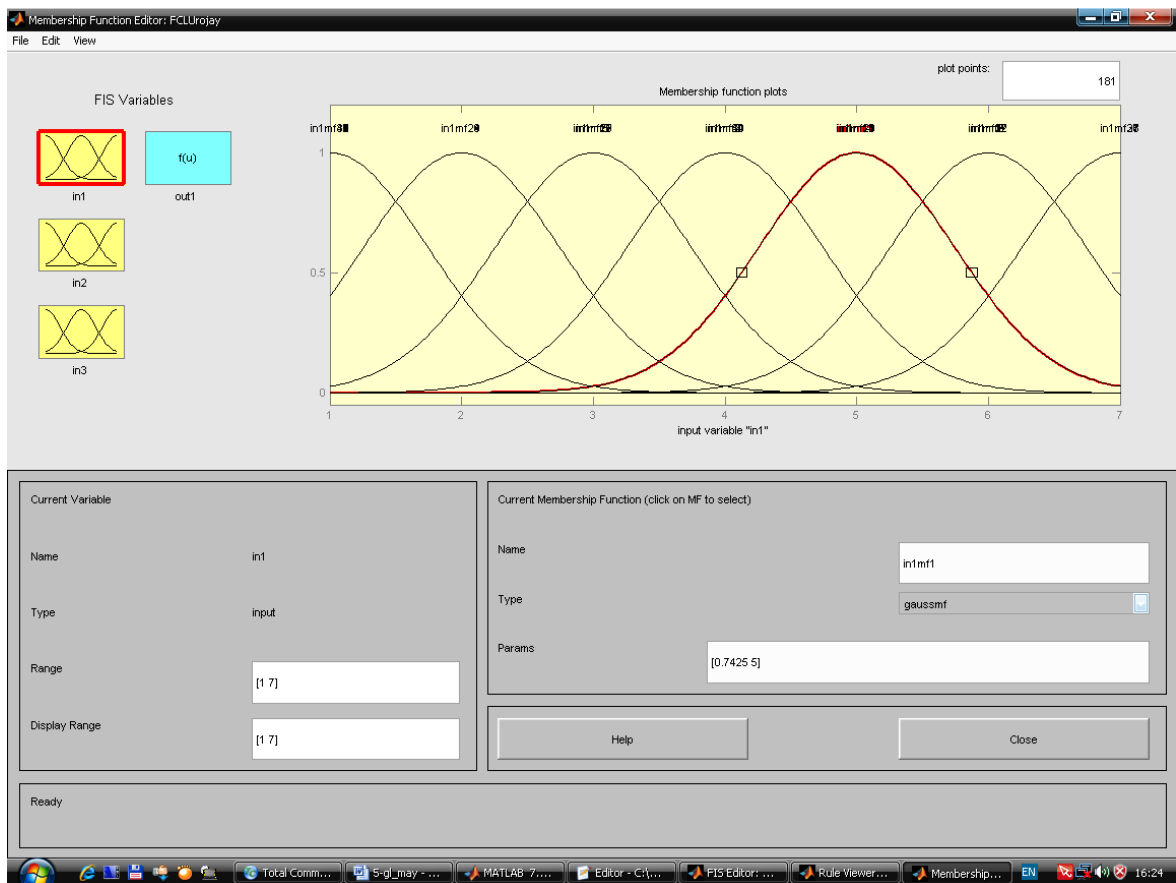


5.19-расм. Пахта ҳосилдорлигини башорат қилишда ўқув танланмаси графиклари

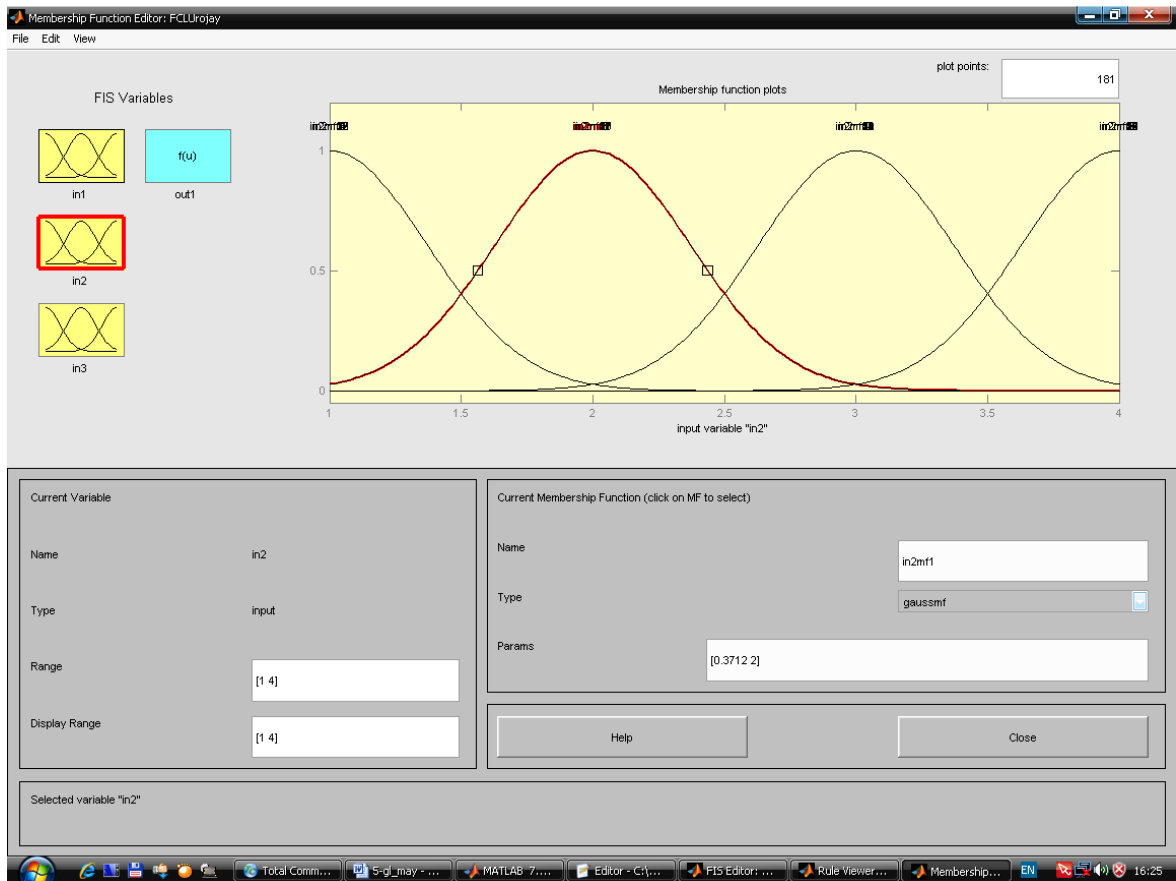
Норавшан моделни амалга оширилишини Matlab муҳитининг FIS- Editor ида визуал кузатиш мумкин бўлади (5.20-расм). Визуал кўринишдаги қоидалар базасини мос равишда созлаш ва натижани бевосита кўриш мумкин бўлади. Тажрибавий тадқиқот учун олинган пахта ҳосилдорлигини башорат қилиш 3 типдаги кириш маълумотларини ўз ичига олади, уларнинг туркумланиши ва таркиби юқорида 5.3-жадвалда келтирилган. Бундан ташқари уларни келтириб чиқариш модели 3.2-параграфда келтирилган. FIS-Editor ёрдамида кириш ва чиқиш параметрлари тўғрисидаги маълумотлар тўлақонли тасвирланади. Айниқса 5.22-5.24-расмларда келтирилгандаги кўринишларда ҳар бир кириш ва умумий чиқиш тўғрисида, унинг ўзгаришлари ҳақида тасаввур ҳосил қилинади.



5.20-расм. Норавшан ёндашувли модел FIS-Editor да амалга оширилиши жараёни

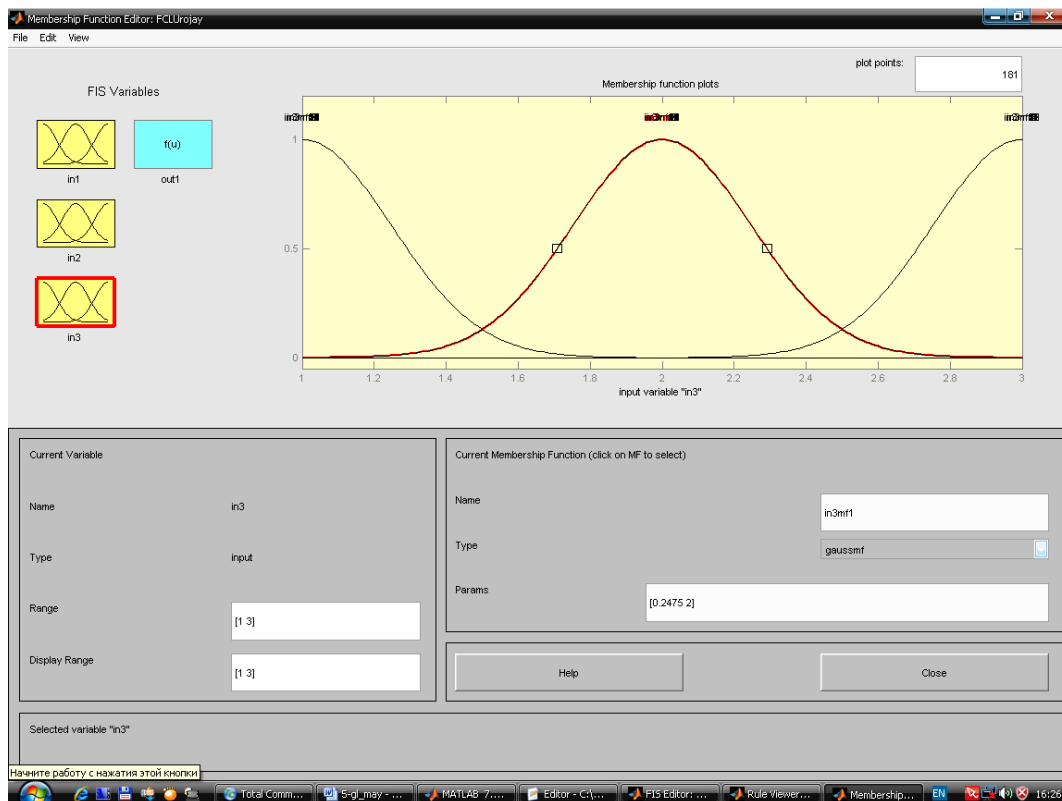


5.21-расм. 1-кириш маълумотларини FIS-Editorda вариациялаш

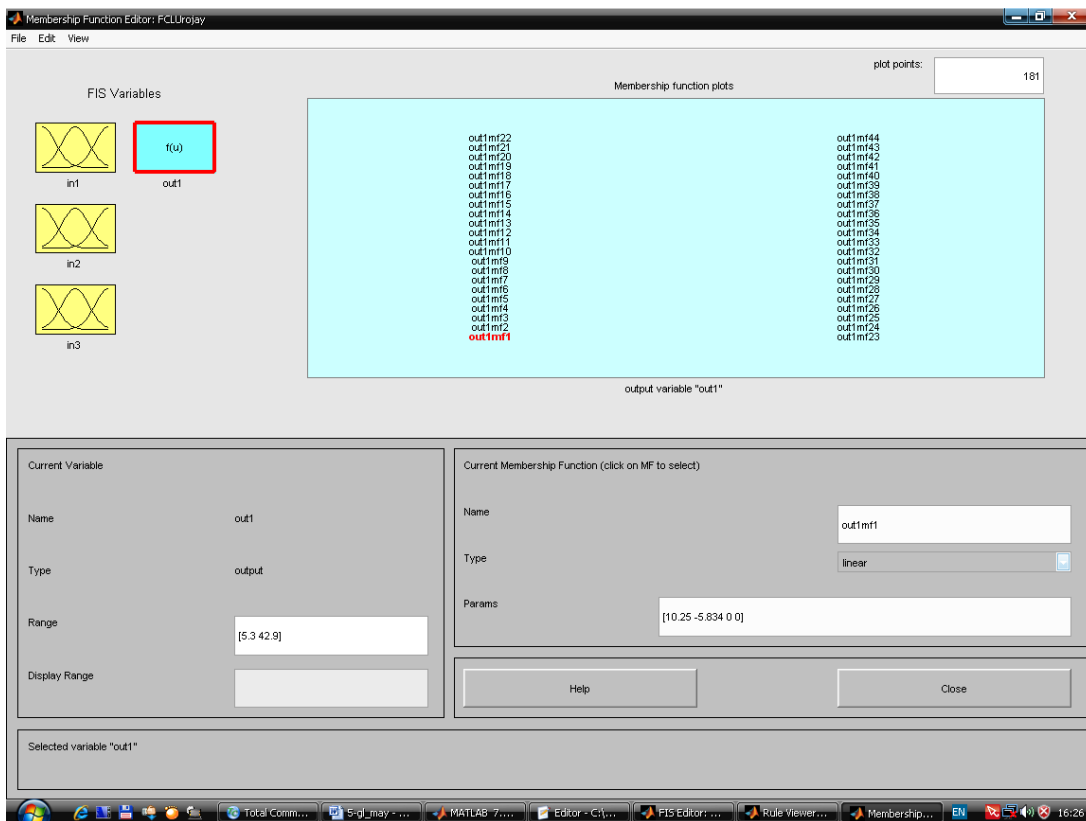


5.22-расм. 2-кириш маълумотларини FIS-Editorda вариациялаш

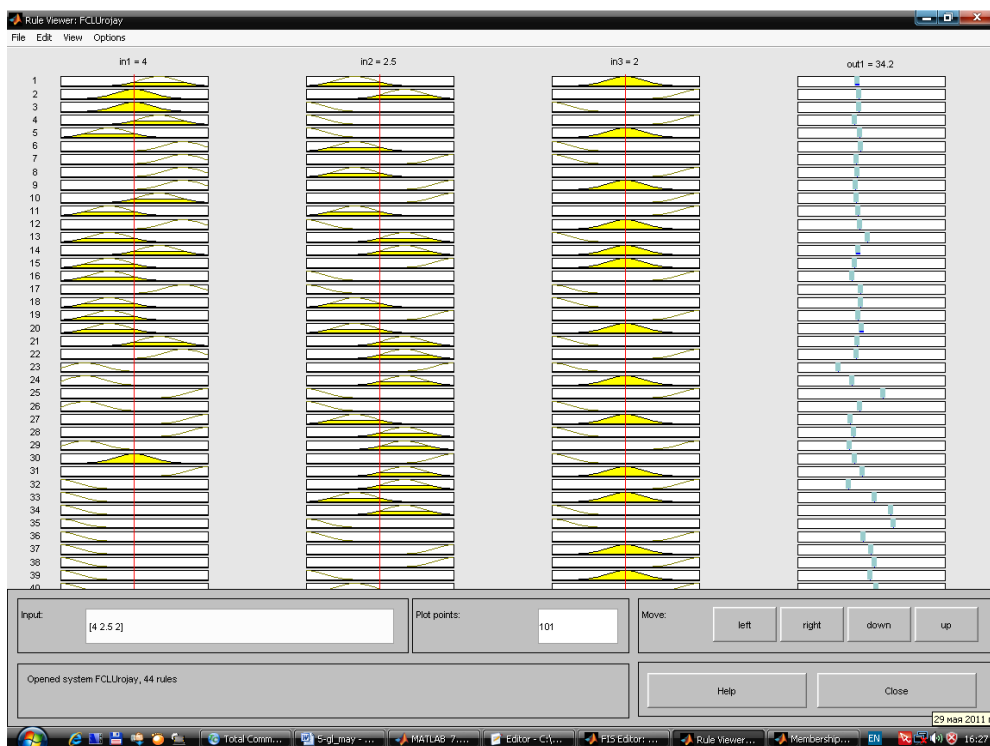




5.23-расм. 3-кириш маълумотларини FIS-Editorda вариациялаш

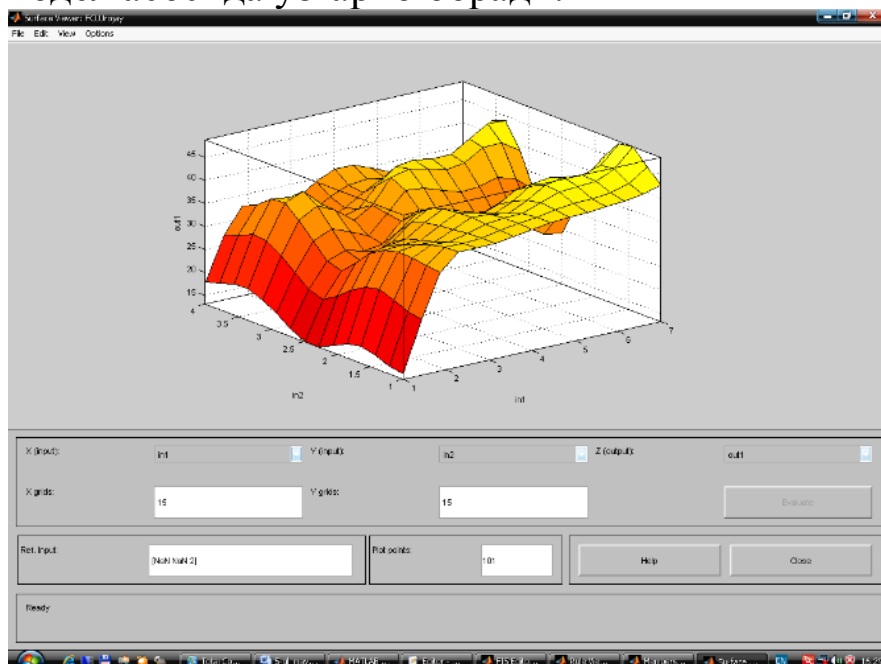


5.24-расм. Киришга мос равишда чикувчи қийматларни вариациялаш

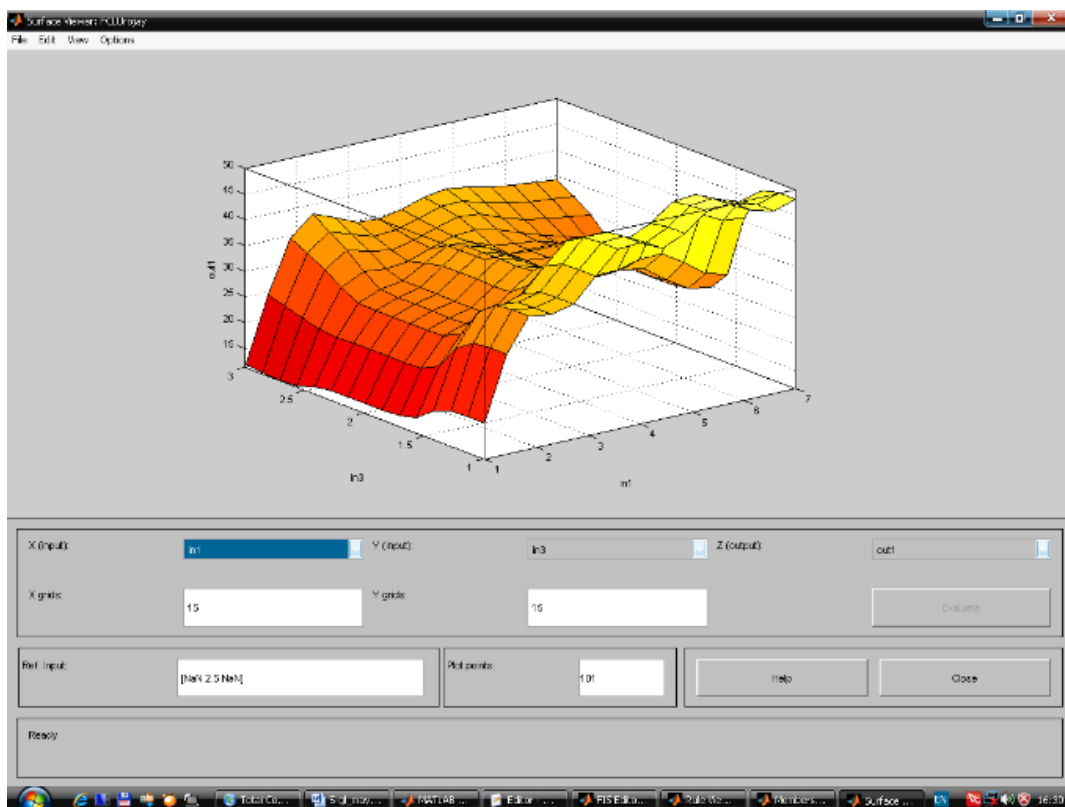


5.25-расм. Қоидалар базасини созлаш ва акс эттириш ойнаси

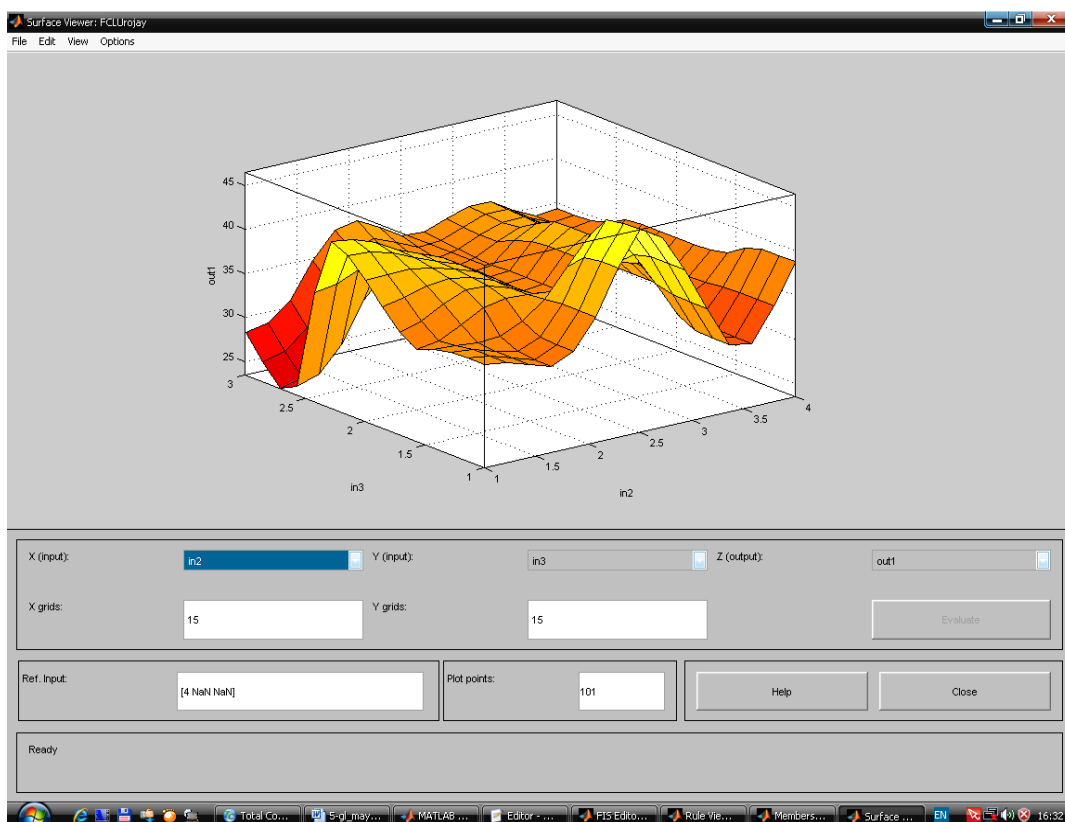
5.25-расмнинг 1,2 ва 3-устунларида кировчи маълумотлар бўйича ҳосил қилинган қоидалар акс эттирилган. Уларни маълум бирлик ўзгартириш орқали бошқача қийматга мос натижа олинади, яъни тупроқ типи, ўғитлаш тури ва нав типларининг қийматлари ўзгартирилиши мумкин. Мос равишда ҳосилдорлик кўрсаткичи ҳам берилган модел асосида ўзгариб боради.



5.26-расм. Натижаларнинг 1-кириш ва 2-кириш маълумотлари бўйича ҳосил бўлган натижаларининг уч ўлчамли график кўриниши

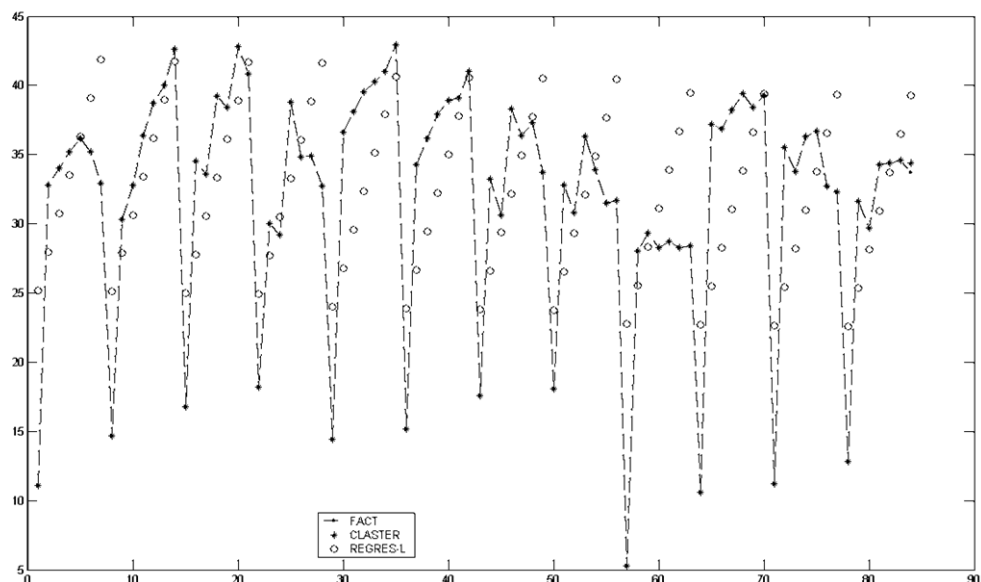


5.27-расм. 1-кириш ва 3-кириш маълумотлари бўйича ҳосил бўлган натижаларининг уч ўлчамли график кўриниши



5.28-расм. 2-кириш ва 3-кириш маълумотлари бўйича ҳосил бўлган натижаларининг уч ўлчамли график кўриниши

5.26-5.28 расмларда мос равишда кириш маълумотларининг ўзаро муносабатлари асосида натижаларни акс эттирувчи графиклар келтирилган. Ушбу келтирилган график тасвирлар орқали юқори ҳосилдорликка эришиш оралиқларини қийинчиликсиз топиш мумкин бўлади. Бошланғич маълумотлар: 1-кириш – тупроқ типи бўйича; 2-кириш – нав бўйича; 3-кириш – ўғитлаш режими бўйича маълумотлар.



5.29-расм. Пахта етиштириш ҳосилдорлигининг асл ва башорат маълумотлари графиги

Бу ерда: FACT – пахта ҳосилдорлигининг асл қийматлари; CLUSTER – норовшан модел орқали аниқланган пахта ҳосилдорлиги; REGRES-L – чизикли регрессион модел орқали аниқланган пахта ҳосилдорлиги.

Графикни таҳлил қилиш натижаси қуйидагиларга олиб келади.

Янги суғориладиган ёрқин бўз тупроқда Тошкент-1 нави кўпроқ ҳосилдор ҳисобланар экан. Ўртача ўғитлаш натижасида ушбу нав энг юқори ҳосилдорликни кўрсатди. Бундан келиб чиққан ҳолда у янги суғориладиган ерда ўғитлашга яхши натижа берар экан. Ушбу типдаги тупроқда С-4727 навидан энг паст ҳосил олинган. Бу нав ўғитлашнинг паст даражасига яхши натижа беради, Тошкент-1 - фақат ўртача ўғитлаш миқдorigа. 108-Ф ҳамда 159-Ф ўғитлашнинг ўша фонларида ҳосилдорликни камайтиришди. Буларнинг ҳаммаси ушбу тупроқ тури намлик билан етарлик даражада таъминланмаганлигини кўрсатади, чунки С-4727 нави

бўз-кумлоқ тупроқда ўғитланувчан ва ҳосилдорлиги билан ажралиб туради. Бундан сувни тез тортиб кетадиган янги суғорилувчи ёрқин бўз тупроқда суғориш режимини қайта кўриб чиқиш лозим бўлади.

Суғориладиган оддий бўз тупроқда ўғит ва ҳосилга яхши жавоб берадиган навлар Тошкент-1 ва 108-Ф, суғориладиган бўз-кумлоқ тупроқда - С-4727 и Тошкент-1, янги суғориладиган ёрқин бўз тупроқда – Тошкент-1 ва 108-Ф етиштирилгани маъқул экан. Тошкент-1 нави барча тупроқларда ўғитлашга етарли даражада катта жавоб берар экан.

Турли навларнинг норавшан берилган тупроқ типлари, суғориш режимлари ва ўғитлаш, қолаверса об-ҳаво шароитида ҳосилдорликни башорат қилиш модели қурилган. Моделда икки кўринишли аппроксимацияланувчи модел ишлатилган: Сугено типдаги норавшан модел ҳамда регрессион модел. Натижалар Сугено моделига асосланиб қурилган башорат қилиш (башорат хатолиги 0.0-2.77 %) регрессион моделга нисбатан (хатолик – 7.5-79.5 %) самаралилигини кўрсатди.

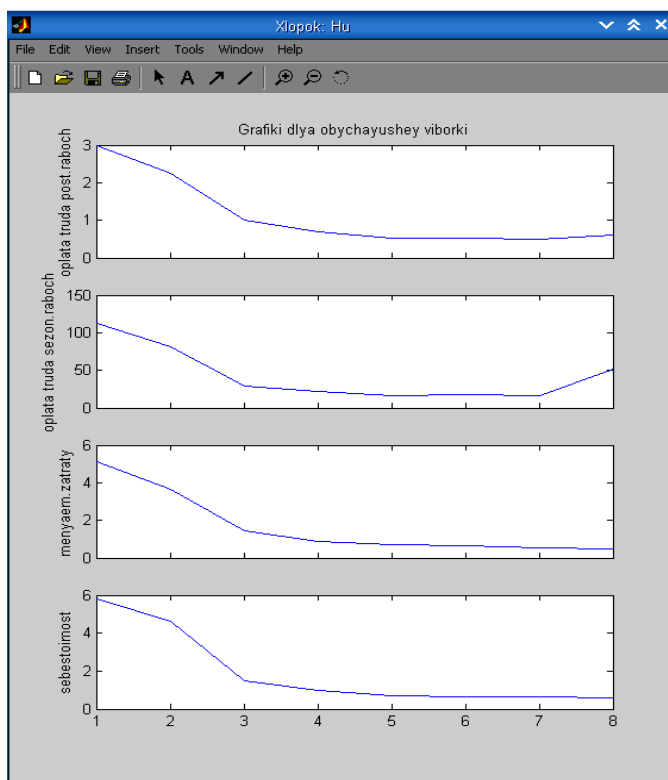
Таклиф қилинган башорат қилишнинг норавшан моделини қуриш алгоритми муҳитнинг ўзгарувчан параметрларида тезкор моделларни созлашни амалга ошириш имконини беради. Бундай хулосалаш моделлари ва процедуралари қишлоқ хўжалиги экинларининг экиш ва вегетация режимларининг норавшанлиги ҳолатида ҳосилдорликни башоратли баҳолаш бўйича қарор қабул қилиш тизими асосини ташкил этади.

Қараб ўтилаётган муаммо бўйича башорат қилиш масаласини ечишнинг истиқболли йўналиши сифатида "Soft Computing" воситаларининг комбинациясидан: норавшан тўплам, нейрон тўрлар ҳамда генетик алгоритмлар фойдаланилиши қаралиши мумкин.

## **5.6. Норавшан қодалар базасини қуришга асосланган тизимни башоратлаш масалаларини ечишга қўллалиши**

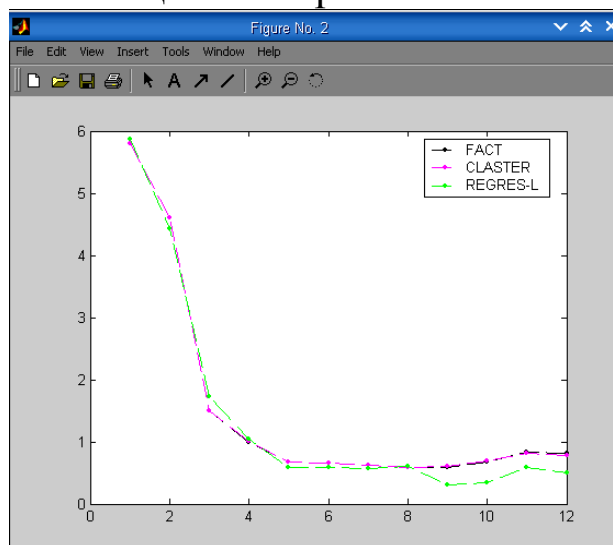
Башоратлаш алгоритми қуйидаги кўринишда амалга оширилади:

1-босқич: тажрибавий маълумотлар жадвал кўринишида келтирилади ва ўқув танланмаси графиги қурилади (5.30-расм). Келтирилган графикда ( $x_i$ ) эрки ўзгарувчиларнинг эрки ( $y$ ) ўзгарувчилар билан ўқув танланмаси келтирилган.



5.30-расм. Пахта таннархини ҳисоблаш учун жуфтлик ўқув танланма кўрсаткичлари.

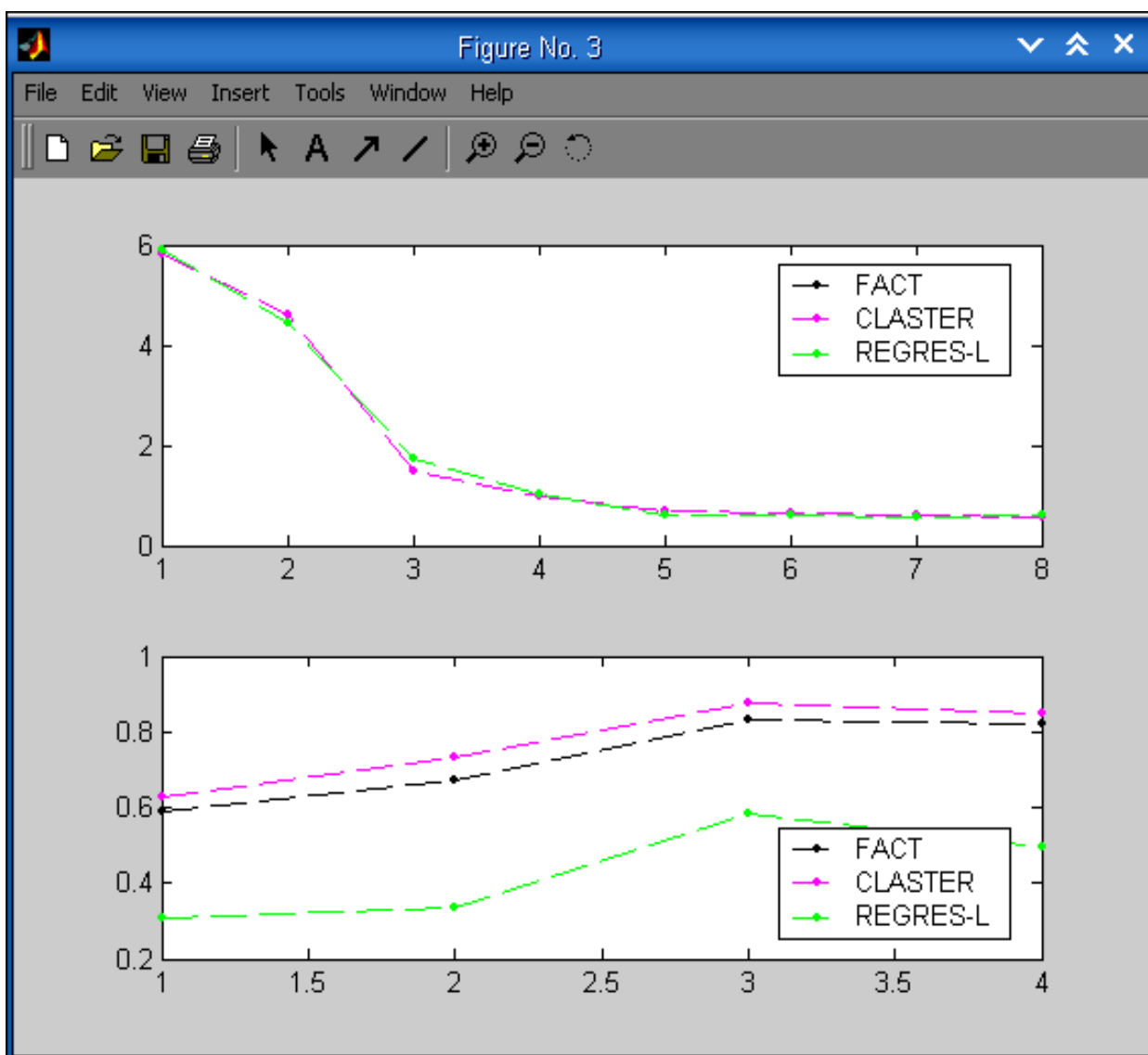
2-босқич: пахта таннархи башорат қийматларини акс эттирувчи графикни чизиш. Башорат қилиш чизиқли регрессия ҳамда субтрактив кластеризациянинг “тоғ” усуллари ёрдамида амалга оширилган. Графикда ҳар икки усулда амалга оширилган башорат қилиш натижалари акс этган (5.31-расм): FACT – фактик қийматлар; CLASTER – субтрактив кластеризация “тоғ” усули ёрдамида олинган қийматлар; REGRES-L – чизиқли регрессия ёрдамида олинган олинган қийматлар.



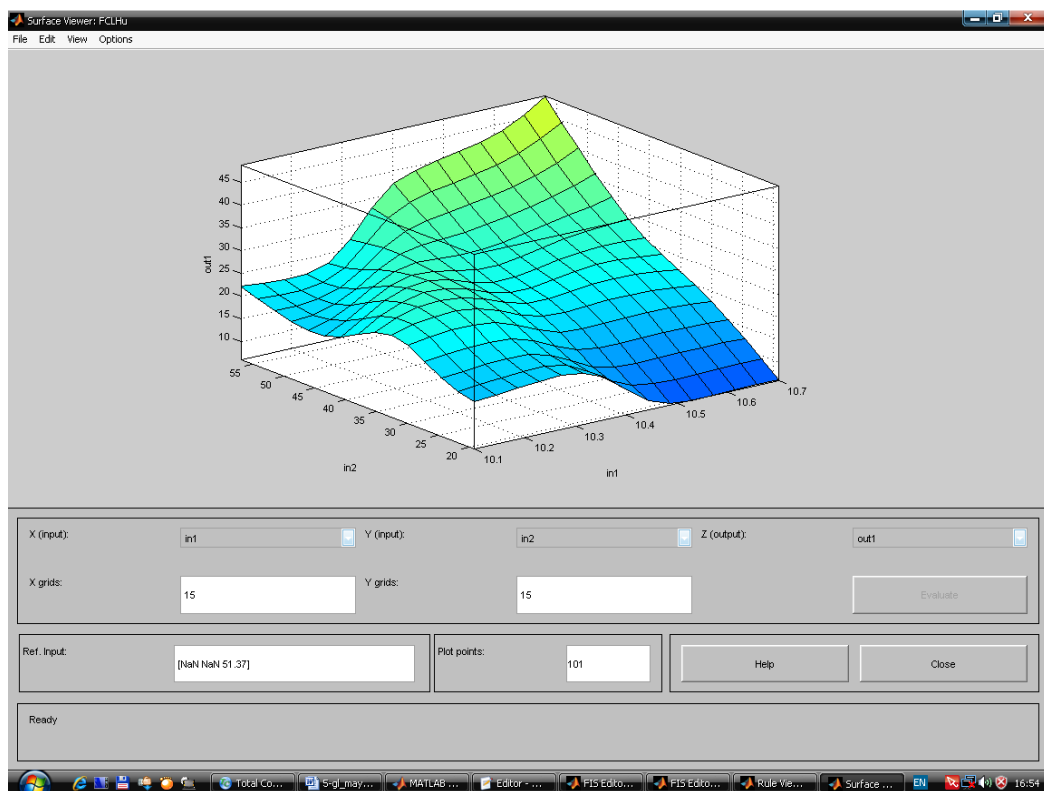
5.31-расм. Пахта таннархи башорат ҳисоби ва амалдаги қийматлари

Графикда пахта таннархининг тайёрланиш қийматларига қараб ўзгариши кўрсатилган.

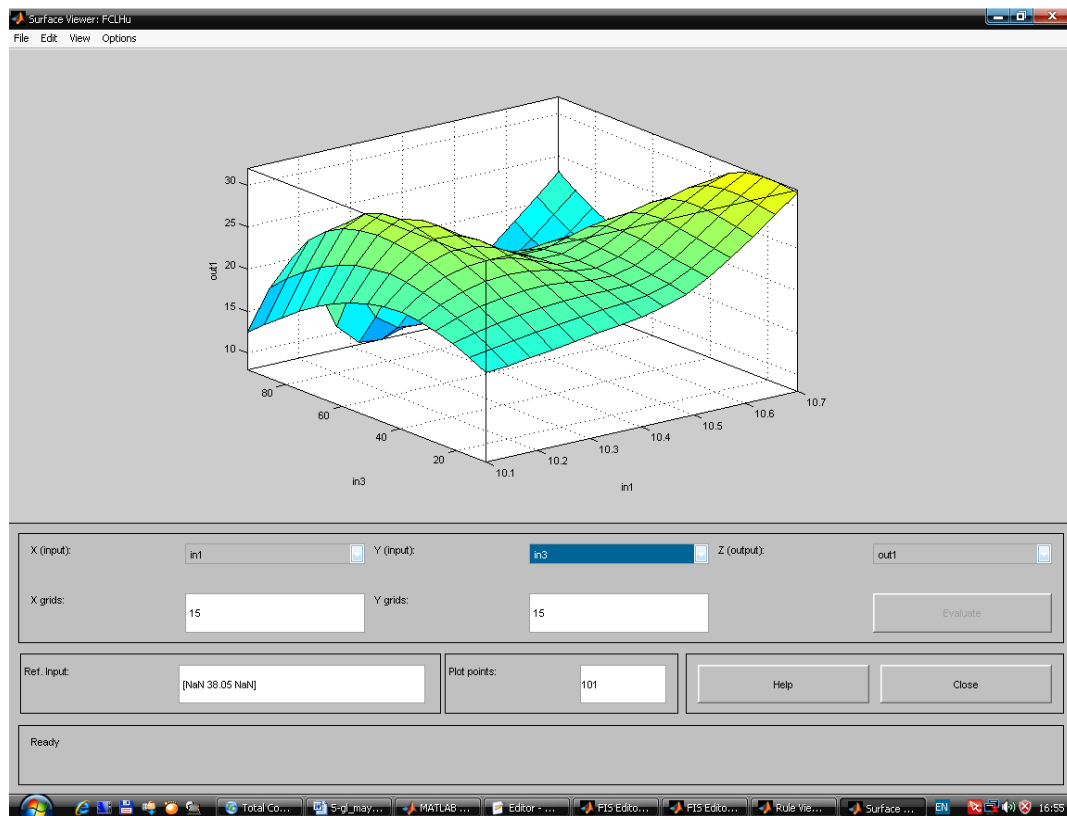
3-босқич: норавшан моделнинг самарадорликни ошириш учун `genfis2` функцияси ёрдамида синтезланади. Ушбу функциядан фойдаланиш ёрдамида зарурий кластер маркази аниқлаштирилади. Радиус қийматлари  $[0,1]$  оралиқда ётиши керак. Ушбу ҳолатда кластер радиуси 0,37 (5.32-расм) қийматда энг яхши натижага эришилди. Ушбу расмнинг юқоридаги графикда таннарх ўзгариши 5.3-жадвалнинг 1-8 сатри, ўқув танланмаси маълумотлари бўйича кўрсаткичлар акс эттирилган. Иккинчи графикда эса ўқув танланмасидан ташқари қийматлардаги график ўзгаришлари келтирилган.



5.32-расм. Пахта таннархини ҳисоблаш ва реал башорат кўрсаткичларининг ўзгариш графиги

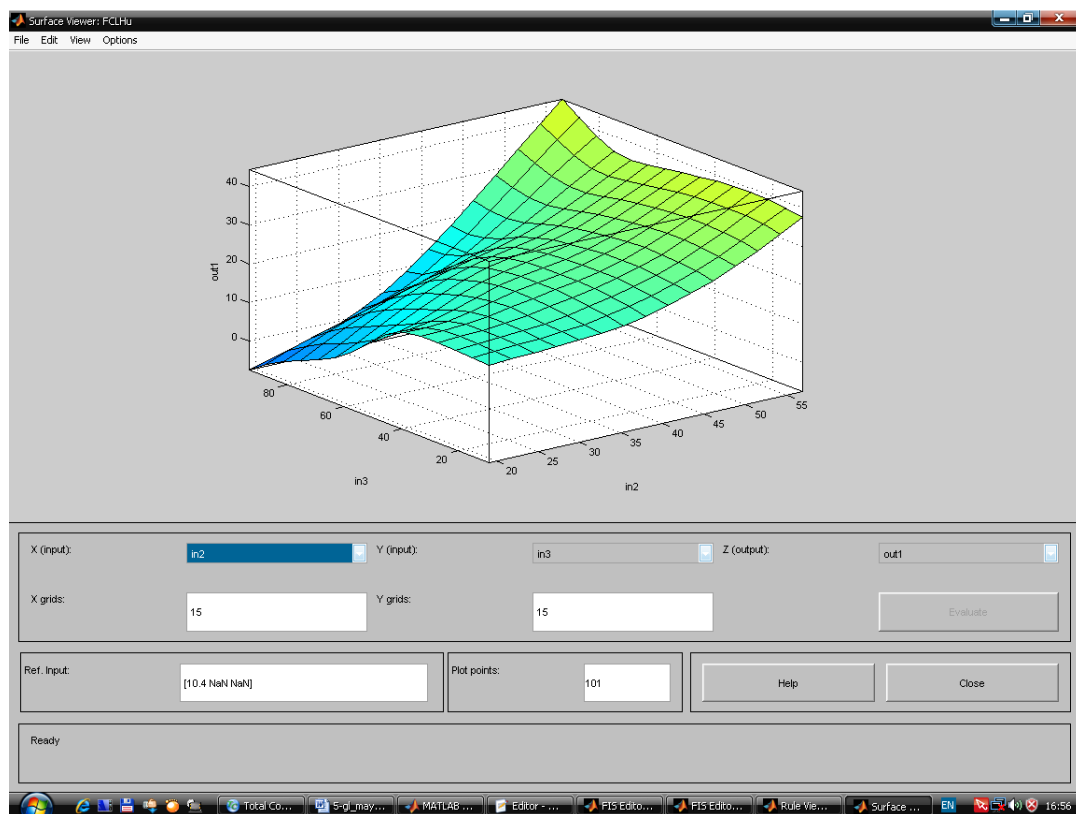


5.33-расм. Киришлар бўйича ҳосил қилинган натижанинг уч ўлчамли графиги (1 ва 2 кирувчи маълумотлар асосида)



5.34-расм. Киришлар бўйича ҳосил қилинган натижанинг уч ўлчамли графиги (1 ва 3 кирувчи маълумотлар асосида)





5.35-расм. Киришлар бўйича ҳосил қилинган натижанинг уч ўлчамли графиги (2 ва 3 кирувчи маълумотлар асосида)

Қуйида пахта таннархининг ҳисоблаган қийматлари келтирилган (5.4-жадвал).

5.4-жадвал. Пахта таннархини ҳисоблаш кирувчи ва чиқувчи ҳамда модел натижалари жадвали

Йиллар	$x_1$	$x_3$	$x_2$	$x_4$	$y$	КЛ	РЕГ-1
1997	10,8	3	112,5	5,12	5,8	0,00	1,31
1998	10,2	2,26	81	3,66	4,6	0,00	3,80
1999	10,9	1	28,8	1,46	1,5	0,00	14,78
2000	9,8	0,7	22,5	0,9	1	0,00	3,64
2001	10,8	0,53	16,5	0,69	0,68	0,00	12,64
2002	10,7	0,52	17,4	0,63	0,65	0,00	9,23
2003	10,01	0,5	16,3	0,56	0,62	0,00	6,98
2004	12,4	0,6	52,3	0,5	0,58	0,00	5,14
2005	11,8	0,56	56,5	0,63	0,59	3,28	48,07
2006	12,2	0,62	66,1	0,76	0,67	3,31	49,89
2007	12,09	0,72	79,1	0,76	0,83	2,20	29,79
2008	12,01	0,68	76,8	0,7	0,82	3,87	39,42

Бу ерда КЛ, РЕГ-1 – кластеризациянинг тоғ усули ва чизиқли регрессия ёрдамида олинган натижаларнинг хатоликлари келтирилган (7,8-устунлар).

Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, пахта таннархини башорат қилишнинг апроксимацияловчи моделлари асосида қурилган Фарғона вилояти тажриба участкаларида олинган реал кўрсаткичлар асосида ечишга ёндашув таклиф этилган.

Таклиф этилган усул асосида башорат қилиш масаласини ҳал этишда чизиқли регрессия ва кластеризациянинг тоғ усули алгоритмлари ишлаб чиқилди.

Таққослаш таҳлили пахта таннархини ҳисоблашда субтрактив кластеризациянинг тоғ усули бирмунча юқори самарага эга эканлиги кўрсатилди (0-3.72%гача).

## **VI БОБ. ПРАСК-2М МАЖМУАСИДА АМАЛИЙ МАСАЛАЛАР УСТИДА ТАЖРИБАВИЙ ТАДҚИҚОТЛАР**

Монографиянинг ушбу бобида ишда келтирилган назарий ишланмаларига асосланган ПРАСК-2 ва ПРАСК-2М мажмуаларида бир қатор амалий соҳа масалаларини ечиш йўллари ва натижалар ёритилади. Жумладан, (1)қишлоқ хўжалигида пахта экинлари ҳосилдорлигини ошириш учун танланган навларни мос экин майдонларига экишга мўлжалланган таснифлаш масаласи, (2)шахсни қулоқ чаноғи тасвиридан олинган маълумотлар асосида идентификациялашда БҲАдан фойдаланиш натижалари, (3)билим олувчиларни компетентлик даражалари бўйича таснифлаш ва уларни соҳаларга йўналтириш масаласи, (4)ўсимлик турларини гербарий ва дала шароитида терилган намуналарнинг морфологик белгилари бўйича идентификациялаш масалалари келтирилади.

### **6.1. ПРАСК-2 да амалий масалаларни ечиш босқичлари**

Ўзбекистонда қишлоқ ва халқ хўжаликлари турли соҳаларини ривожлантириш ва иқтисодиётини кўтариш бугунги куннинг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади. Бу соҳаларда замонавий компьютер технологиялари асосида яратилаётган дастурий маҳсулотлар башоратлаш, таниб олиш каби маълумотларни интеллектуал таҳлили масалаларида ишлаб чиқиши тараққиёт омилларидан бири деб эътироф этиш мумкин.

Жиззах вилоятида қишлоқ ва сув хўжалиги бошқармаси томонидан пахта экинлари ҳосилдорлигини ошириш масаласи бўйича йиғилган ахборотлар устида илмий ва амалий ишлар олиб борилди. Жумладан, маълумотларни стандарт кўринишдаги эталон жадвалига мослаштириш, белгилар фазосини шакллантириш, таснифлаш, башоратлаш масалалари ҳал этилди.

Ушбу масаланинг асосий моҳияти пахта навларини қуйидаги етти ҳолатлар бўйича мос экин жойларини аниқлашга қаратилади:

1. тупроқ тури (қора тупроқ, кўнғир тупроқ, сур-кўнғир тупроқлар, бўз-кўнғир тупроқ, ўтлоқ бўз тупроқ, оч тусли бўз тупроқ, бўз-қумлоқ тупроқ, шўрхок тупроқ);
2. сув билан таъминланиш даражаси;
3. ернинг мелиоратив ҳолати;
4. экиш вақти об-ҳаво ( $C^{\circ}$ );
5. иссиқ кунларнинг давомийлиги;

6. ернинг ҳайдалаш даражаси (см);

7. қатор кенглиги (60см, 90см).

Мутахассис деҳқон-фермерлар томонидан берилган эталон жадвалда келтирилган маълумотлар асосида пахтанинг еттига нави (1. Бухоро-6, Оқдарё-6; 2. С-6541; 3. Юлдуз, Ан-Баяут-2; 4. Дўстлик-2; 5. Омад; 6. Наманган-77; 7. Андижон-35, Бухоро-102) таҳлил қилинди. Навларни тупроқ, об-ҳаво, ернинг мелиоратив ҳолатлари ва ҳ.к. бўйича мос нави танлаш ва ундан олинадиган ҳосилдорликни аниқлаш масаласи бўйича ишлар олиб борилди.

Олинган натижалар шуни кўрсатадики, қишлоқ хўжалигида келтирилган жадваллар қисмий прецедентлик тамойилларига асосланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари параметрларини созлаш усулига асосланган тимсолларни аниқлаш масаласини ечишга қўллаш орқали қуйидаги натижаларга эришилди:

1. Турли масалаларда стандарт шаблонларни шакллантириш;
2. БҲА параметрларидан кетма-кет фойдаланиш ёндашувларини ишлаб чиқиш.
3. Белгилар, объектлар ва синфларнинг инфорацион салмоқларини бир нечта усулларда ҳисоблаш ва энг яхши усулни танлаш.
4. БҲА асосланган таниб олиш дастурий мажмуа ишлаб чиқилди ва тажрибавий тадқиқотдан ўтказилди.

Бу масаласини ҳал этиш учун ўтказилган тажрибавий тадқиқотлар натижасида “Минимал бўсаға” усули ёрдами  $\varepsilon_i$ - бўсағалар ҳисобланди ва уларнинг оптимал қийматлари икки итерацион уринишда аниқланди.

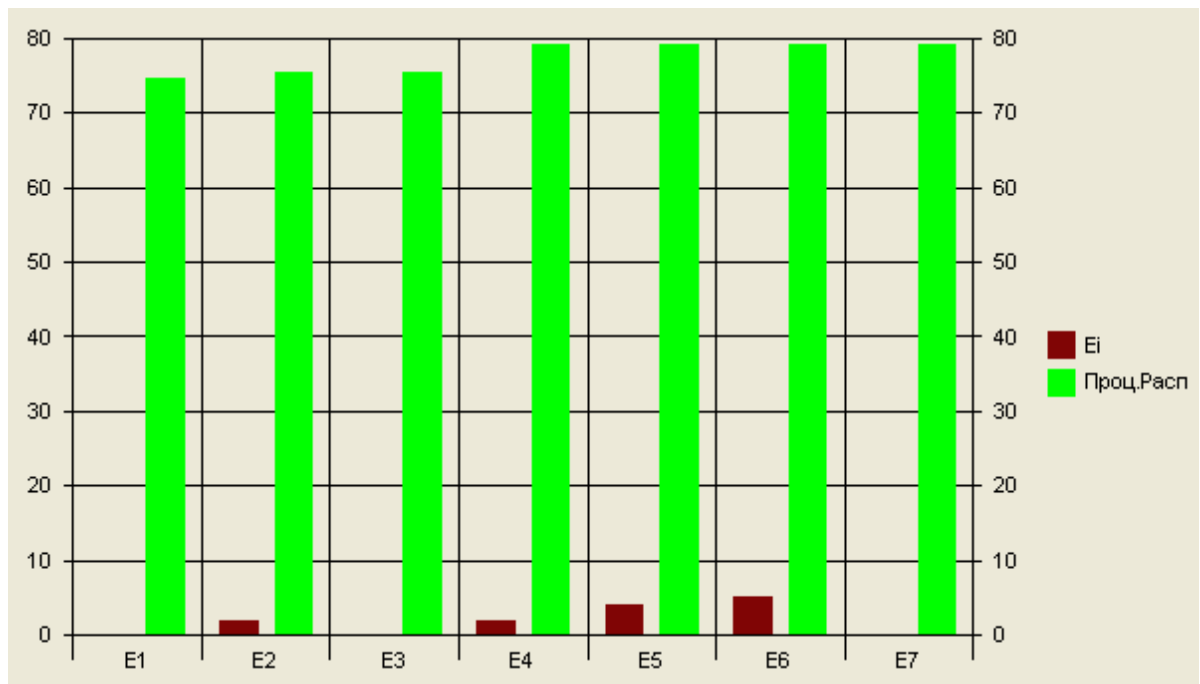
Е<sub>i</sub>-порогов

Ручной  Автоматический

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
E	1	2	1	2	4	5	0

Выбранный метод порогов: Макс. порог по классам  
Количество признаков: 7  
Количество бинарных признаков: 0  
E (число не выполненных неравенств)

6.1-расм. Умумий  $\varepsilon$  ва  $\varepsilon_i$  нинг натижалари.



6.2-расм.  $\varepsilon_i$ -бўсағалар қийматлари ва таниб олиш фоизи кўрсаткичлари натижалари.

Классификация - Пользовательский интерфейс

Ввод и определить параметров | **Результаты обучения** | Распознаваемые объекты | Сортировка по классам | Результаты параметров

Голосы по классам

	Г(К1)	Г(К2)	Г(К3)	Г(К4)	Г(К5)	Г(К6)	Г(К7)	Решения	Коррект
S8	4	3	1	0	0	2	0	1 Да	
S9	4	0	7	0	0	2	0	3 Нет	
S10	5	0	1	0	1	0	7	7 Нет	
S11	7	1	4	0	1	0	3	1 Да	
S12	8	0	3	2	5	0	6	1 Да	
S13	8	1	3	0	1	2	1	1 Да	
S14	7	0	0	0	1	1	3	1 Да	
S15	7	3	0	0	0	0	2	1 Да	
S16	8	0	0	0	0	1	3	1 Да	
S17	0	6	3	0	0	4	3	2 Да	
S18	0	4	2	0	0	2	2	2 Да	
S19	0	6	3	0	0	1	0	2 Да	
S20	3	5	0	0	0	1	0	2 Да	
S21	0	6	0	0	0	2	0	2 Да	
S22	1	7	0	0	0	1	0	2 Да	
S23	2	9	1	0	0	1	2	2 Да	
S24	0	0	0	0	0	1	0	0 Да	

Результаты  
Процент правильного распознавания: 79,2%

Правильного распознавания по классам: по классу К1- 13; по классу К2- 15; по классу К3- 12; по классу К4- 16; по классу К5- 10; по классу К6- 7; по классу К7- 11;

Список неправильно распознанных объектов: 95, 103, 106,

Класс	Объекты	Число
По классу К1	4, 9, 10,	3
По классу К2		0
По классу К3	33, 36, 43, 47,	4
По классу К4		0
По классу К5	68, 70, 73, 76,	4
По классу К6	78, 79, 80, 81, 83, 85, 86, 87,	8
По классу К7	95, 103, 106,	3

Нажмите кнопку "Голосование и решение"

Голосование и решение | Экспорт результаты в Excel

Значение функционала качеству: 18,5

Затраченное время: 15,27 секунд

Назад | Выход

6.3-расм. ПРАСК-2 да пахта экинларини экиш бўйича синфлаштириш масаласи.

6.1-6.3 расмларда пахта экинларини келтирилган ҳолатларда (синфларда) экиш учун ҳал этилган синфлаштириш масаласи натижалари келтирилган. Модел ва амалий масалаларнинг жадваллари иловаларда келтирилади.

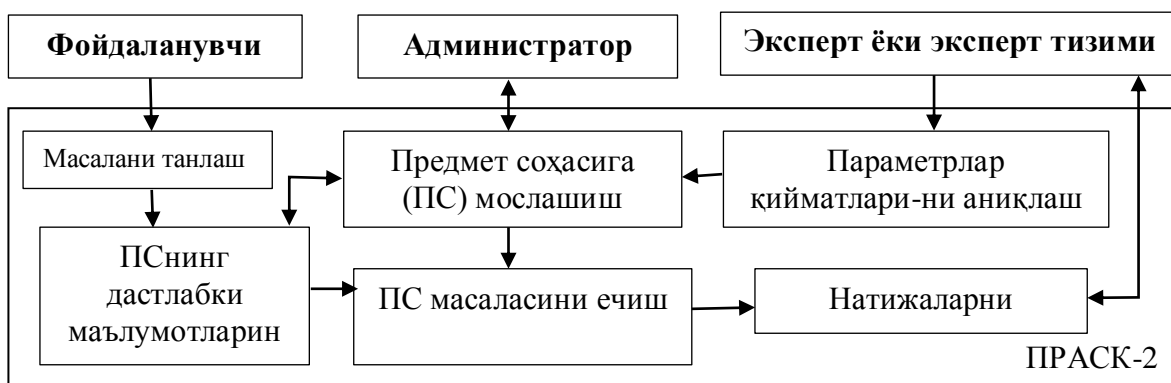
## 6.2. Белгилари турли ўлчамли ўқув танламалар сифатини баҳолаш масаласи

Марказимизнинг “Маълумотларга тизимли ишлов бериш” лабораторияси ходимлари томонидан шахсни қулоқ чаноғи тасвири асосида идентификация қилиш юзасидан олиб борилаётган тадқиқот натижалари ПРАСК-2 мажмуасида синовдан ўтказилди.

Тимсолларни аниқлашнинг муҳим йўналиши – бу тасвирларни таниб олиш йўналишидир. Бу йўналиш масалаларини ҳал этишда тасвирларга рақамли ишлов бериш усулларида кенг фойдаланилади. Муайян тасвирларни идентификация қилиш, бунинг натижасида мос объектларни тавсифлаш, объектлар воситасида ўқув танланмаларни шакллантириш ва таснифлаш масаласини ечиш доирасида тадқиқотлар ўтказиш ва муҳим натижаларга эришиш ҳанузгача долзарблигича қолмоқда. Мисол сифтида, инсоннинг турли томондан кўриниши, ҳолати, ҳаракати ёки бошқа (юзи, бармоқ излари, имзоси, қулоқ чаноғи ва ҳ.к.) тасвирлари орқали таниб олиш масалаларини келтириш мумкин.

Таниб олиш масаласи кўйилган ҳар қандай соҳанинг дастлабки маълумотлари орқали ўқув танланма жадвалини шакллантириш мумкин. Бу эса шу соҳа мутахассисларининг узоқ муддатли тажрибалари асосида амалга оширилади.

6.4-расмда ПРАСК-2 мажмуасида иш олиб боровчиларнинг муносабатлари ва уларнинг ўзаро боғлиқлари тасвирланган.



6.4-расм. ПРАСК-2 мажмуасида предмет соҳа (ПС) масалаларини ечиш схемаси

ПРАСК-2 мажмуасида бир қатор модели ва амалий соҳалар устида ўқитиш ва классификация масалалари ечилди. Унда амалий масалаларидан бири шахсни қулоқ чаноғи тасвирлари бўйича таниб олиш (классификация) масаласи ечилган бу ҳақида ушбу ишда

келтирилади. Бунда шахнинг кулоқ чаноғи тасвири идентификацион белгиларини турли ўлчовларда ажратувчи алгоритм иши баҳоланади.

ПРАСК-2 мажмуасида юқорида келтирилган масалалар асосан баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари (БХА) ва унинг олти босқич орқали аниқланади [42].

Шахсни кулоқ чаноғи тасвири асосида таниб олиш икки босқичда амалга оширилади: турли ўлчамларда аниқланган шахсни кулоқ чаноғи тасвиридаги идентификацион белгилари ўқув танланмалар маълумотлар базасига киритилди; Ҳар бир ўқув танланмани ўқитиш жараёнида БХА параметрларини сошлаб борилди; Ўқитиш жараёнида турли белгиларни ўқув танланмалар сифати баҳоланди.

Берилган  $l$  та  $K_1, K_2, \dots, K_l$  шахсни кулоқ чаноғидан  $m$  та тасвир суръатга олинган бўлса, уларнинг идентификацион белгилари Эллипс алгоритми орқали  $S_j \in \{M\}$  объектли ўқув танланмалар сифатида маълумотлар базасига (МБ) ёзилади. ПРАСК-2 да МБ шаблонлари асосида шакллантирилган ўқув танланма жадваллари «SHQTТ» маълумотлар базасига жойлаштирилди.

Шахс кулоқ чаноғи тасвирининг идентификацион белгиларини ажратиб олиш учун геометрик алгоритмлардан бири “Ellips” алгоритмидан фойдаланилган [87]. Бу ишнинг мақсади “Ellips” алгоритми ёрдамида олинган ўқув танланмаларни ечиш ёндашувларини ишлаб чиқиш ва уларнинг сифатини баҳолашдан иборат.

Дастлабки тажрибавий тадқиқотлар учун 4 та шахсни жами 262 та тасвирдан “Ellips” алгоритми орқали 48, 72, 84, 96 ва 120 та белгиларни 5 та шакллантирилган жадваллар ўқув танланма сифатида ПРАСК-2 мажмуаси маълумотлар базасига жойлаштирилди. Берилган синфлардаги объектлар сони мос равишда 1-синф учун 63 та, 2-синф учун 65 та, 3-синф учун 74 та ва 4-синф учун 60 та келтирилган.

Олиб борилган тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики [93], белгилар сони 72 ва 120 га тенг бўлган ўқув танланма жадвалларида ўқитиш натижалари юқори аниқликда (97,6%) бўлди, аммо уларни ўқитиш учун сарфланган вақтлари ҳар хил. Назорат объектларини таниб олиш учун кам вақт сарф қилиб аниқлиги юқори бўлган ўқув танланма (72) жадвали олинди.

Бундан ташқари ПРАСК-2 мажмуасида халқ хўжалигининг қуйидаги амалий масалалари ечилди: қишлоқ хўжалиги бўйича – пахта навларини ер унумдорлиги бўйича таснифлаш; таълимда – билим олувчилардан олинган дастлабки суб-тестлар асосида уларни танланган йўналишлар бўйича таснифлаш; медицинада – беморлардан олинган аппарат натижалари ва сўровларга олинган жавоблар асосида юрак касалликлари бўйича синфларга ажратиш масалалари ҳам ечилган ва тажрибадан ўтказилган.

Қуйида БҲА ёрдамида шахсни қулоқ чаноғи тасвирининг идентификацион белгиларини аниқловчи усуллар самарадорлигини баҳолаш ёндашуви келтирилади.

Шахсни қулоқ чаноғи тасвирининг тавсифий (идентификацион) белгиларини аниқлаш учун бир нечта алгоритмлардан фойдаланиш ёндашуви келтирилган. Бу алгоритмларнинг тасвирдаги идентификацион белгиларни аниқлашга йўналтирилган параметрлари қийматини ўзгартириш орқали бир нечта ўқув танланмалар шакллантирилади. Олинган ўқув танланмалар сифати тимсолларни аниқловчи баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари ёрдамида баҳоланади. Ҳар бир ўқув танланма учун баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари параметрларининг созланган натижалари келтирилади.

Бугунги кунда шахсни биометрик хусусиятлари асосида идентификацион белгиларни ажратиш ва таниб олишга йўналтирилган илмий фаолият устида тўхтовсиз илмий изланишлар олиб борилмоқда. Шахсининг биометрик хусусиятларига юз, қулоқ чаноғи ва бармоқ излари тасвири, юриш услуби, овоз сигналлари, DNK коди ва ҳ.к.ни келтириш мумкин. Шахсдаги ҳар бир биометрик хусусият ўз характерига эга бўлиб, улар устида олиб бориладиган тадқиқотлар ҳам бир-бирига мос келмайди. Шу жумладан, мазкур ишда қаралаётган биометрик хусусиятлардан бири шахсни қулоқ чаноғи тасвирида ҳам ўзига хос мураккаб элементлар мавжуд. Тасвирдаги бундай белгиларни аниқлаб, уларни сонли кўринишга келтириш ҳамда тасвирнинг кимга тегишли эканлигини аниқлаш ўзига хос мураккаблиги билан ажралиб туради.

Шахсларнинг турли ҳолатларда тасвирга олинган қулоқ чаноқлари тасвирлари идентификацион белгилари асосида бир неча хил кўринишда ўқув танланма жадваллари ҳосил қилинади. Танланган ўқув танланмалар БҲА ёрдамида ўқитилади ва улардан



энг самаралиси танлаб олинади. Танлаб олинган ўқув танланма эса янги назорат объектини аввалдан маълум бўлган синфларга ажратишга хизмат қилади.

Ўқув танланмаларни шакллантиришда қулоқ тасвиридаги идентификацион белгиларни аниқловчи геометрик усулларидадан фойдаланилган [88]. Ишда қуйидаги алгоритмлар самарадорлигини аниқлаш таклиф этилди: “Ellips” (El) алгоритми; “Aylana” (Ay) алгоритми; “To’g’ri to’rtburchak” (Tt) алгоритми. Қуйида келтириладиган формулаларнинг юқори индексда ушбу алгоритмларга мос равишда El – 1, Ay – 2, Tt – 3 кўринишида белгиланади. Ушбу уч алгоритм ёрдамида аниқланган энг самарали ўқув танланма жадвали маълумотлар базасига жойлаштирилади.

El, Ay ва Tt алгоритмлар ёрдамида  $T_{n,ml}^g$  ўқув танланма (ЎТ) жадваллари ҳосил қилинган бўлсин. Ҳар бир алгоритм ҳар бир тасвирдан турли миқдорда белгиларни ажратиб олган бўлсин, масалан,  $n_1, n_2, \dots, n_5$  - белгилар сони,  $g$  - алгоритмнинг тартиб рақами,  $m$  - тасвирлар (объектлар) сони,  $l$  - шахслар (синфлар) сони (6.1-жадвал).

6.1-жадвал. Ўқув танланмалар рўйхати

№	Алгоритмлар ЎТлари			Белгилар сони ( $n$ )
	“Ellips”	“Aylana”	“To’g’ri to’rtburchak”	
1	$T_{n_1,ml}^1$	$T_{n_1,ml}^2$	$T_{n_1,ml}^3$	$n_1 = 48$
2	$T_{n_2,ml}^1$	$T_{n_2,ml}^2$	$T_{n_2,ml}^3$	$n_2 = 72$
3	$T_{n_3,ml}^1$	$T_{n_3,ml}^2$	$T_{n_3,ml}^3$	$n_3 = 84$
4	$T_{n_4,ml}^1$	$T_{n_4,ml}^2$	$T_{n_4,ml}^3$	$n_4 = 96$
5	$T_{n_5,ml}^1$	$T_{n_5,ml}^2$	$T_{n_5,ml}^3$	$n_5 = 120$

6.1-жадвалда келтирилган  $T_{n,ml}^g$  ЎТлардаги синфлар  $K_{u,u=\overline{1,l}}$  билан белгиланади, объектлар  $S_j^{g(n_j)}, j=\overline{1,m}$  билан белгиланиб, улар маълумотлар базасида фиксирланган бўлади. Бир турга мансуб бундай ЎТ жадваллари миқдори  $g=3$  алгоритмлар ва улар орқали аниқланган  $n_t, t=\overline{1,5}$  белгилари сонига нисбатан  $3 \times 5$  тани ташкил этади.

$S_j^{g(n_j)}$  ( $g=1,2,3, j=1,2,\dots,m$ ) объектнинг  $x_{ij}^{g(n_j)} \in X_i^{g(n_j)}$  ( $i=1,2,\dots,n_t$ ) белгилари шахснинг қулоқ чаноғи тасвирларидан олинган

идентификацион нукталардан махсус усуллар ёрдамида олинган қийматларни ифодалайди. E1, A<sub>y</sub> ва T<sub>t</sub> алгоритмлар асосида аниқланганадиган белгилар сони  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  та бўлиб, улар қуйидаги кўринишда ифодаланади:  $S_j^{g(n_i)} = (x_{i_1j}, x_{i_2j}, \dots, x_{i_{n_j}j})$ ,  $S_j^{g(n_i)} \in T_{n,ml}^g$ ,  $x_{ij}^{g(n_i)} \in X_i^{g(n_i)}$ ,  $g=1,2,3$ ,  $i=1,2,\dots,n_t$ ,  $t=\overline{1,5}$ ,  $j=1,2,\dots,m$ .

БХА ёрдамида ЎТни ўқитиш натижаси учун  $\varphi$  сифат функционалидан фойдаланилади. Ўқув танланмаларни ўқитиш асосида қўйилган масала учун энг яхши ўқув танланмани ажратиш ва энг яхши алгоритмни танлаш баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини қўллашда қуйидаги вазифаларни амалга ошириш талаб этилади:

- шахсинг қулоқ чаноғи тасвиридаги идентификацион белгиларини аниқлаш орқали  $T_{n,ml}^g$  ЎТ жадвалларини ташкил этиш;
- тасвир белгиларини аниқловчи алгоритмларнинг самарадорлик даражаларини аниқлаш учун баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари сифат функционалини аниқлаш:

$$\varphi^* = \max_{g=1,3} \left( \max_{t=1,5} (\varphi^{g(n_t)}) \right).$$

Қулоқ чаноғи тасвиридаги белгиларини аниқлаш алгоритмлари ҳақида [87]да батафсил ёритилган. Тасвирлар асосида шакллантирилган белгиларнинг умумий вектори қуйидаги  $S_j^g$  кўринишида бўлади:

$$S_j^{g(n_i)} = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{n_jj}),$$

$$x = \sum_{i=1}^P D_i$$

$$D_i(Q_i, Q_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}, \quad i = \overline{1, P-1}, \quad j = \overline{i+1, P}$$

Агар  $i = P$  бўлса,  $Q_{i+1} = Q_1$  бўлади.

бу ерда,  $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{n_jj}$  - тасвирдан олинган тавсифий белгиларнинг қийматлари.

Янги киритилаётган шахсинг қулоқ чаноғи тасвиридаги белгилар келтириб ўтилган алгоритмлар асосида аниқланади ва мос равишда  $S_j^{g(n_i)}$  кўринишда белгилаб олинади. Янги объект  $S_j^{g(n_i)}$  билан ўқув танланманинг  $S_j^{g(n_i)} \in T_{n,ml}^g$  объектлари орасидаги “яқинлик” даражаларини текшириш уларнинг мос белгилари қийматларини қиёслаш орқали амалга оширилади.

Ўқув танланмани ўқитиш, параметрларни аниқлаш [57] ва янги объектни таниб олиш масаласи БХАнинг олти босқичида амалга оширилган [93] ҳамда E1, Au ва Tt алгоритмларининг самарадорлигини баҳолаш учун қўлланилди.

БХА устида олиб борилган тадқиқотлар натижасида олинган баъзи ихчам формулалар яъни қуйида келтирилган формулалар вақт сарфини камайтириш каби масалаларни осонгина ҳал этишга ёрдам беради [42]. Бу формулалардан фойдаланиш унинг ишлаш тезлигини сезиларли даражада оширади.

Таянч тўпламлар тизими сифатида барча  $k$  қувватли белгилар қисм тўпламлар бўйича  $S$  объектнинг  $K_u$  синфга берган овози қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$\Gamma_u(S^{g(n_t)}) = \frac{1}{m_u - m_{u-1}} \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} C_{n-\tilde{\rho}(S^{g(n_t)}, S_q^{g(n_t)})}^k.$$

Барча бўш бўлмаган қисм тўпламлар таянч тўпламлар тизими сифатида қаралса, унда юқоридаги формулани қуйидаги кўринишга алмаштириш мумкин:

$$\Gamma_u(S^{g(n_t)}) = \frac{1}{m_u - m_{u-1}} \sum_{q=m_{u-1}+1}^{m_u} (2^{n-\tilde{\rho}(S^{g(n_t)}, S_q^{g(n_t)})} - 1).$$

Бу ерда  $g=1,2,3$ ,  $t=\overline{1,5}$   $\Gamma_u(S^{g(n_t)})$  -  $S^{g(n_t)}$  объектнинг  $K_u$  синфга берган овози. Юқоридаги формулалар асосида олинган овозларнинг умумий кўриниши қуйида келтирилади:

$$\left. \begin{array}{l} \Gamma_1(S_1^{g(n_t)}), \Gamma_1(S_2^{g(n_t)}), \dots, \Gamma_1(S_{m_1}^{g(n_t)}) \\ \Gamma_2(S_{m_1+1}^{g(n_t)}), \Gamma_2(S_{m_1+2}^{g(n_t)}), \dots, \Gamma_2(S_{m_2}^{g(n_t)}) \\ \dots\dots\dots \\ \Gamma_l(S_{m_{l-1}+1}^{g(n_t)}), \Gamma_l(S_{m_{l-1}+2}^{g(n_t)}), \dots, \Gamma_l(S_m^{g(n_t)}) \end{array} \right\}$$

Олинган овозлар бўйича  $\varphi$  сифат функционалини аниқлаш қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\varphi_{n_t}^{g(n_t)} = \max_{u=1,l; j=1,m} (\Gamma_u(S_j^{g(n_t)}))$$

$$\varphi^* = \max_{g=1,3} \left( \max_{t=1,5} (\varphi_{n_t}^{g(n_t)}) \right)$$

Тажриба тадқиқотлари ўтказиш учун турли вақтларда олинган турли кўринишдаги 4 та шахснинг қулоқ чаноғи тасвирлари олинди. Ушбу тасвирлардан белгилар аниқлашнинг юқорида келтирилган уч алгоритми ёрдамида белгилар сони 5 хил бўлган ўқув танланма жадваллари ҳосил қилинди. Шакллантирилган ўқув танланмалар (3 усул 5 хил кўринишда) жами 15 та бўлиб, уларнинг

барчасида синфлар ва объектлар сони бир хил бўлади. Синфлар сони  $l=4$ , объектлар сони  $m=262$ , ҳар бир синфдаги объектлар сони 2-жадвалда келтирилган. Объектларнинг белгилари  $n_1=48$ ,  $n_2=72$ ,  $n_3=84$ ,  $n_4=96$  ва  $n_5=120$ .

Қулоқ чаноғи тасвири бўйича таниб олиш учун яратилган маълумотлар базасидан ихтиёрий 4 та шахснинг тасвирлари маълумотлари танлаб олинди. 1-шахснинг тасвирлари  $m_1=63$ , 2-шахснинг тасвирлари  $m_2=65$ , 3-шахснинг тасвирлари  $m_3=74$  ва 4-шахснинг тасвирлари  $m_4=60$  тани ташкил этади.

6.2-жадвал. Ўқув танланмадаги синфларнинг объектлари миқдори

Синфлар р	Синф номи	Объектлар сони
1	<i>1-шахс</i>	63
2	<i>2-шахс</i>	65
3	<i>3-шахс</i>	74
4	<i>4-шахс</i>	60
<b>Жами</b>		<b>262</b>

**Натижалар.** ПРАСК-2 дастурий мажмуада МБ шаблонлари асосида шакллантирилган ўқув танланма жадваллари «SHQTT» маълумотлар базасига жойлаштирилади. Ўқув танланма жадваллари асосида ўқитиш жараёни амалга оширилди. Ўқитиш жараёни натижалари 6.3-, 6.4-ва 6.5-жадвалларда келтирилган. Ушбу натижаларни олиш [42] манбада келтирилган кўринишда амалга оширилди.

6.3-жадвал. Эллипс алгоритми бўйича олинган натижалар

Белгилар сони	Синфлар бўйича хатолик				Умумий хатолик	Умумий эпсилон қиймати	Ўқитиш сифати %
	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>K4</i>			
48	0	3	5	4	12	3	95,42
<b>72</b>	1	0	3	4	8	8	<b>96,95</b>
84	4	0	6	7	17	14	93,51
96	1	1	11	7	20	13	92,36
<b>120</b>	0	1	3	4	8	10	<b>96,95</b>

6.4-жадвал. Айлана алгоритми бўйича олинган натижалар

Белгилар сони	Синфлар бўйича хатолик				Умумий хатолик	Умумий эпсилон қиймати	Ўқитиш сифати %
	K1	K2	K3	K4			
48	25	7	12	14	58	7	77,86
72	2	5	15	21	43	19	83,58
84	9	0	5	14	28	20	89,31
<b>96</b>	9	0	3	6	18	23	<b>93,13</b>
120	11	0	18	23	53	29	80,15

6.5-жадвал. Тўғри тўртбурчак алгоритми бўйича олинган натижалар

Белгилар сони	Синфлар бўйича хатолик				Умумий хатолик	Умумий эпсилон қиймати	Ўқитиш сифати %
	K1	K2	K3	K4			
48	10	4	10	22	46	7	82,44
72	3	1	2	12	18	17	93,13
<b>84</b>	2	0	1	5	8	19	<b>96,95</b>
96	0	1	2	11	14	20	94,66
120	0	3	3	5	11	27	95,8

Жадвалларда “Умумий эпсилон қиймати” устунда белгилар сонига нисбатан чегаравий қийматлар ўрнатилган. Улар таққосланаётган объектларнинг мос тушмайдиган белгилари сонини билдиради.

Юқоридаги жадвалларда келтирилган ўқитиш натижаларига кўра, “Ellips” алгоритми ўқув танланмаларидан  $n = 72$  ва  $n = 120$  бўлганда 96,95 %, “Aylana” алгоритми ўқув танланмаларидан  $n = 96$  бўлганда 93,13 %, “To’g’ri to’rtburchak” алгоритми ўқув танланмаларидан эса  $n = 84$  бўлганда 96,95% аниқликда юқори натижаларга эришилди. Белгилар сонига нисбатан уларни ўқитиш учун сарфланган вақтлари турлича бўлади, масалан 48 белгили ўқув танлама учун сарфланган вақт энг кам, 120 белгили ўқув танланмада эса вақт сарфи меъеридан ортиқча бўлиб кетади.

Энг самарали ўқув танланмани аниқлаш учун 6.3-6.5 жадваллар натижаларда келтирилган максимум натижалар ўзаро қиёсланди. Бу ерда вақт сарфи ва ўқитиш натижасига кўра “Ellips” алгоритмининг белгилари сони  $n=72$  бўлган ўқув танланма жадвали БҲА томонидан аниқланган энг самарали ўқув танланма деб топилди.

Хулоса қилиб айтиш мумкинки, ўқув танланмаларни ўқитиш сифатини янада яхшилаш мумкин, бунинг учун олинган тасвирлардан сифатсизларини олиб ташлаш, БҲА барча параметрларининг оптимал қийматларини аниқлашга интилиш, информацион салмоғи жуда кам бўлган белгилардан воз кечиш, 6.3-6.5 жадвалларда келтирилган хатоликларни (масалан, 4-шахс тасвирларини) кўздан кечириш ва улар устида иш олиб бориш вазифаларини бажариш мақсадга мувофиқ бўлади.

### **6.3. Билим олувчиларни таснифлаш масаласида баҳоларни хисоблаш алгоритмларидан фойдаланиш**

Таълим соҳасининг турли йўналишларида таҳсил олаётган билим олувчининг (БО) ўзлаштириш кўрсаткичлари, компетентлик даражаси ва қобилияти аниқлаш ва ўстириш энг муҳим масалалардан биридир. Ушбу масаланинг бир қисми сифатида БОни *махсус гуруҳланган фан соҳалари* (соҳалар) бўйича мақсадли йўналтириш таълим соҳасининг ажралмас қисмидир. Кўпгина ҳолларда БОнинг индивидуал салоҳияти, билим даражаси ва ички қизиқиш дунёсини аниқлаш учун ўқитувчилардан юқори педагогик маҳорат ва кўп вақт талаб қилинади. БО танлаган йўналиши бўйича ўқитиладиган барча фанларни ўзлаштириши лозим бўлсада, у фанлардан маълум бир қисмларигагина қизиқиши, чуқур изланиши ва шу қисм фанлар бўйича мукамал билимга эга бўлишни хоҳлайди. Буларни эътиборга олган ҳолда, БО ҳолатини тўғри таснифлаш ва йўналтириш, маслаҳатлар ва тавсиялар бериш муаммоларини ҳал этиш ҳамда замонавий компьютерлардан фойдаланган ҳолда интеллектуал элементли дастурий таъминотларни ишлаб чиқиш долзарб вазифадир [89,90].

Одатда, БОнинг қобилияти фақатгина унинг олган билими билангина баҳолаш мумкин. Мисол сифатида, бирор бир йўналиши бўйича ўқишини тугатаётган ихтиёрий ўқувчи, талаба ёки билим

олувчини олайлик. У танлаган йўналиши бўйича ўқитиладиган, турли соҳаларга мўлжалланган фанлардан ўзини қизиқтирганларини чуқурроқ ўрганишга кириши табиий. Бундан ташқари, БО турли соҳалар бўйича дастлабки, оралик ва якуний ўзлаштириш кўрсаткичларини аниқлаб бориш, тавсиялар бериб туриш муаммоларини ҳал этиш босқичма-босқич ўқитиш тизимида муҳим рол уйнайди.

Тимсолларни аниқлаш усуллари таълим соҳасига қўллашда асосан икки тушунча ёрдамида ёритилади. Булар билим оловчи модели ва фанлар моделларидир. Қуйида бу масаланинг қўйилишини келтирамиз.

$\{M\}$  фанлар тўплами берилган бўлсин. Улардан шундай фанлар гуруҳи  $M_{fan} \in \{M\}$  ажратиб олинган бўлсинки, улар йўналишнинг асосини ташкил этсин. Ажратиб олинган фанлар гуруҳи  $M_{fan} = (Q_1, Q_2, \dots, Q_k)$  бўлсин, бу ерда  $Q_u$ -йўналишнинг бир мақсадга қаратилган кичик соҳаси ҳисобланади. Ҳар бир соҳа бир нечта фанларни ўз ичига олади:  $Q_u = (W_1, W_2, \dots, W_n), u = \overline{1, k}$ . Ҳар бир  $W_i$  фан бўйича эса мутахассислар томонидан тузилган топшириқлар мавжуд бўлиб, улар амалий, лаборатория, тест, суб тест ва шу каби кўринишларда ифодаланиши мумкин.

Билим оловчилар тўплами ифодаловчи  $\{X\}$  ўқув танланма берилган бўлсин. Унинг рўйхатидан  $j$ -ўринда жойлашган БО  $S_j = (\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \dots, \alpha_{nj})$

( $S_j \in X$ ) кўринишида ифодаланади. Бонинг  $\alpha_{ij}$  ( $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ ) элементи фан соҳалардан тўплаган ўзлаштириш кўрсаткичини ифодалайди. Янги БОни эса  $S = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $i = \overline{1, n}$  кўринишда белгилаймиз.

БО фанлар бўйича берилган топшириқларни таниб оловчи компьютер дастурий воситаси ёрдамида топширади. Бонинг  $W_i$  фаннинг топшириқларидан тўплаган бали  $x_i$  элементига мос келади, яъни  $x_i(W_i) = \frac{1}{l_T} \sum_{z=1}^g B(T_z)$ , бу ерда  $B(T_z)$  -  $T_z$  топшириқ бўйича олинган балл,  $l_T$  - эса топшириқларнинг умумий сони.

Белгининг оғирлик коэффиценти экспертлар томонидан берилган баҳоларни нормаллаштириш йўли орқали қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$p_{ki} = \frac{C_{ki}}{\sum_{i=1}^n C_{ki}},$$

бу ерда  $C_{ki}$  –  $k$ -эксперт томонидан  $i$ -белгига (балларда) берилган баҳо,

$n$  – белгилар сони.

Шундай қилиб, оғирлик коэффициентлардан фойдаланиб белгининг фойдалилик даражасини аниқлаш ҳар доим ҳам объектни таҳлил қилишнинг тўлиқ имкониятини бермайди. Бу масалани ҳал этиш учун қўшимча ноаниқлик тушунчасини киритамиз. Белгининг ноаниқлик кўрсаткичлари сифатида К.Э.Шеннон томонидан таклиф этилган хаос ўлчови ва тартибланмаган ихтиёрий тизим сифатидаги информацион энтропия формуласидан фойдаланиш мумкин. Энтропиянинг қиймати хабар ёки маълумотлар тўпламидаги ахборотнинг ўртача миқдори сифатида талқин этилиши мумкин.

Энтропия  $X$  ўлчанувчи катталиқ учун  $I$  ахборот миқдорининг математик кутилмаси сифатида аниқланади:

$$H(X) = M[I(X)] = - \sum_{i=1}^K p(x_i) \log_2 p(x_i) \quad (3)$$

бу ерда  $K$  – сифат даражаларининг миқдори:

$H(X)$  –  $X$  белгининг энтропияси;

$p(x_i)$  –  $x_i$  қийматнинг танланмада вужудга келган частотаси.

Белги қийматининг энтропияси қулай, осон тушуниладиган, энг асосийси – сифат баҳолаш масалаларида белги қийматининг объектив баҳоланиши ҳисобланади. Бу ундан объектларни тадқиқотчиларнинг иштирокисиз ранжировка қилишда фойдаланиш имконини беради.

Сифатли аналогларнинг олинган катталиқларини осон тушуниш мумкин. 6.5-расмда ҳар бир даражаси интерпретация қилинган етти даражали шкала акс этган. Энг юқори даража баҳоловчи субъект томонидан дуч келувчи максимал қиймат сифатида белгиланади. Қуйи даража лицензияли ҳисобланади. Ўртача даража шкаланинг шартли ноли ҳисобланади. Шартли нолдан қуйида жойлашган барча қийматлар паст сифатни билдирса, юқоридагилари эса баланд сифатни англатади.



К=7 аъло
К=6 яхши
К=5 қониқарлидан юқорирак
К=4 қониқарли
К=3 қониқарлидан пастрок
К=2 ёмон
К=1 жуда ёмон

6.5-расм. Сифатларнинг етти даражали шкаласи

Шундай қилиб,  $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$  БО барча  $Q_u = (W_1, W_2, \dots, W_n)$  соҳаларни қамраб олувчи фанлар бўйича берилган топшириқлардан  $x_{ij}$  даражада баҳоланди, деб ҳисоблайлик. Кейинги асосий вазифа БОларни  $Q_u$  махсус фан соҳаси бўйича синфга ажратиш масаласи қаралади. Билим олувчиларни таснифлаш масаласини ҳал этишни бир қанча усул ва алгоритмлар билан амалга ошириш мумкин. Мазкур ишда ушбу масаласини ҳал этиш учун БҲАдан фойдаланилди [95]. Юқорида келтирилган фикрлар ҳам БҲА ғояси асосида баён этилган. Шунинг учун БО таснифлаш масаласини БҲА босқичлари асосида амалга ошириш алгоритми ишлаб чиқиш мақсад қилиб олинган. Қуйида ушбу масалани ҳал этиш босқичларини БҲА босқичларига мослаштириш алгоритми келтирилади.

**Натижавий эталонли жадвалларни шакллантириш.** Билим олувчиларни йўналишлар бўйича синфларга ажратишда мутахассисларнинг тажрибалари ва кўрсатмаларига асосланиб ташкил этилган натижавий эталонли жадваллардан фойдаланилади. Бундай жадвалларни *ўқув танланма* деб ҳам юритилади. Ўқув танланмада фанлар асосида қўйиладиган баҳоларни акслантирувчи  $n$  устунли ва  $m$  қаторли  $T_{nm}$  кўринишдаги натижавий эталонли жадвал тақдим этилган (жадвалда баҳолар юз баллик тизимда келтирилган). Бу ерда  $n$  танланадиган фанлар сонини ва  $m$  шу фанлар бўйича олинган натижалар қаторини акс эттирувчи объектлар сонини англатади. Жадвалдаги ҳар бир объектни  $S_j$ , унинг белгиларини эса  $\alpha_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ) каби белгиланади ва ҳар бир объектнинг  $\alpha_{ij}$  ( $0 \leq \alpha_{ij} \leq 100$ ,  $\alpha_{ij} \in N$ ) белгилар тўплами  $S_j = (\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \dots, \alpha_{nj})$  кўринишда ёзиб олинади. Натижаларни акс

этирувчи бу объектлар тўплами мутахассислар тажрибаларга асосланган ҳолда махсус соҳалар бўйича  $l$  та  $K_1, K_2, \dots, K_l$  синфларга тақсимланган, шунинг учун  $T_{nm}$  жадвали  $T_{nml}$  жадвал кўринишида ифода қилинган.

Тизимда синфга ажратилмаган, янги БОнинг билим даражаси топшириқлардан олган натижалари асосида аниқланади, ҳамда унинг баҳоланган тимсоли  $\bar{S} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  каби белгиланади. Унинг натижалари (яъни белгилари) эталонли жадвалдаги ҳар бир  $S_j = (\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \dots, \alpha_{nj})$  объектлар белгилари билан яқинлиги, мос келиши текширилади ва унинг қайси синфга тегишли эканлиги аниқланади.

БО таснифлаш масалани ечиш учун баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари асосида ишлаб чиқилган босқичларни келтирамиз.

Умумий натижавий эталонли жадвалдан **таянч тўплалар тизимини** шакллантириш - махсус соҳа учун талаб этилган фанларни ажратиб олиш билан амалга оширилади.

Масалан, соҳалар таркибида фанлар қуйидагича тахминий кўринишда танланиши мумкин:

- $Q_1$ -соҳа учун –  $W_1, W_3, W_6, W_{10}$
- $Q_2$ -соҳа учун –  $W_1, W_2, W_5, W_8, W_{10}$
- .....
- $Q_u$ -соҳа учун –  $W_2, W_3, W_4, W_7, W_9$

Бунда фанлар тўплаларнинг барча қисмлари мутахассисларнинг тажрибаларга асосланиб ташкил этилади. Шунинг учун олинган қисм тўплам  $\Omega_A \subseteq \Omega$  кўринишда бўлади. Таянч тўплам тизими сифатида бирор алгоритм асосида умумий  $\Omega$  тўпламнинг  $\tilde{\omega}$ -қисми ажратиб олинади, назоратдаги БОнинг натижаларини  $\tilde{\omega}\bar{S} = \{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k}\}$ , эталонли жадвалдаги объектларни эса  $\tilde{\omega}S_q = \{x_{i_1q}, x_{i_2q}, \dots, x_{i_kq}\}$  ( $q = 1, 2, \dots, l, q < m$ ) кўринишда ифодаланади. Умумий жадвалдан белгиларнинг ажратиб олиниши  $\tilde{\omega}$ -қисм жадвал шаклида таянч тўплалар тизимини ифодалайди.

Таянч тўпламдан фойдаланган ҳолда  $\tilde{\omega}\bar{S}$  объект натижалари  $\tilde{\omega}S_q$  объектларни ҳар бирининг натижалари билан яқинлиги текширилади, яъни ҳар бир элементларининг яқинлик баҳолари

ҳисобланади. Бу **яқинликка текшириш функцияси** деб аталади ва  $r(\tilde{\omega}\bar{S}, \tilde{\omega}S_q)$  орқали ифодаланади. Бу функция назоратдаги  $\tilde{\omega}\bar{S}$  объект белгиларини эталонли жадвал объектларининг белгилари билан  $\varepsilon_i$ -бўсағалар (пороги) ёрдамида қиёсий баҳолайди, яъни уларнинг ҳар бир мос белгилари орасидаги масофа  $\varepsilon_i$ -бўсағадан ошмаса  $r(\tilde{\omega}\bar{S}, \tilde{\omega}S_q)$  функция 1, акс ҳолда 0 қийматга эга бўлади. Бўсағалардан четлашган белгилар бўйича вужудга келган хатоликлар  $\tilde{\rho}(\bar{S}, S_q)$  билан белгиланади. Қуйида  $r(\tilde{\omega}\bar{S}, \tilde{\omega}S_q)$  яқинлик функциясини ҳисоблаш формулаларини қараймиз:

$$r(\tilde{\omega}\bar{S}, \tilde{\omega}S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \tilde{\rho}(\bar{S}, S_q) \leq \varepsilon \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } \tilde{\rho}(\bar{S}, S_q) > \varepsilon \text{ бўлса,} \end{cases}$$

бу ерда  $\tilde{\rho}(\bar{S}, S_q) = \begin{cases} \sum_{i=1}^k |\alpha_{iq} - x_i|, & \text{агар } |x_i - \alpha_{iq}| \geq \varepsilon_i \\ 0, & \text{акс ҳолда} \end{cases}$  ва  $\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^k \varepsilon_i}{k}$  бўлади.

**Таянч тўпламнинг ҳар бир қатори бўйича баҳоларни ҳисоблаш.** Бонинг қийматлари таянч тўпламдаги ҳар бир объект қийматларига берадиган баҳосини аниқлаш функцияси  $\tilde{\omega}\Gamma(\bar{S}, S_q)$  кўринишда ёзилади.  $\tilde{\omega}\bar{S}$  ва  $\tilde{\omega}S_q$  объектлар бўйича баҳоларни ҳисоблаш  $r(\tilde{\omega}\bar{S}, \tilde{\omega}S_q)$  яқинликни текшириш функциясининг қийматлар бўйича олинади. Агар яқинлик баҳоларини ҳисоблаш жараёнида ташқи параметрлар (яъни олиниши мумкин бўлган балларнинг ташқи факторлар таъсирида ўзгариши) таъсир этмаса,  $\tilde{\omega}\Gamma(\bar{S}, S_q) = r(\tilde{\omega}\bar{S}, \tilde{\omega}S_q)$  ёрдамида ҳисобланади. Бу босқичда  $\tilde{\omega}\bar{S}$  объект тўпламдаги ҳар бир  $\tilde{\omega}S_q$  объектга овоз бериб чиқади ва  $\tilde{\omega}\Gamma(\bar{S}, S_q)$  функция ҳар бир объект учун 1 ёки 0 баҳони қабул қилади.

**Бир синф бўйича баҳоларини ҳисоблашда,** масалан, биринчи синфга тегишли бўлган объектлар сони 1 дан  $m_1$  гача, иккинчи синфга тегишли бўлган объектлар сони  $m_1 + 1$  дан  $m_2$  гача ва ҳ.к.  $l$  синфга тегишли бўлган объектлар сони эса  $m_{l-1} + 1$  дан  $m$  гача бўлади. Масалан, биринчи синф бўйича баҳоларни ҳисоблаш қуйидагича амалга оширилади:

$$\Gamma_1(\tilde{\omega}) = \sum_{q=1}^{m_1} \tilde{\omega} \Gamma(\bar{S}, S_q).$$

**Ҳар бир синф учун баҳоларни ҳисоблаш** қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\Gamma_u(\tilde{\omega}) = \sum_{S_q \in K_u} \tilde{\omega} \Gamma(\bar{S}, S_q) \quad (u = 1, 2, \dots, l).$$

Бонинг билими, қобилияти бўйича махсус соҳа йўналишига тегишлилик синфини аниқловчи **ҳал қилувчи қоида** қуйидаги  $F$  функция орқали қурилади  $F[\Gamma_1(\bar{S}), \Gamma_2(\bar{S}), \dots, \Gamma_l(\bar{S})] = u \quad (1 \leq u \leq l)$ .

$$F[\Gamma_1(\bar{S}), \Gamma_2(\bar{S}), \dots, \Gamma_l(\bar{S})] = \begin{cases} u, & \text{агар } \Gamma_u - \Gamma_j \geq \delta_1 \text{ бўлса;} \\ j \neq u, & 1 \leq j \leq l \text{ бўлганда,} \\ 0, & \text{бошқа ҳолатларда} \end{cases}$$

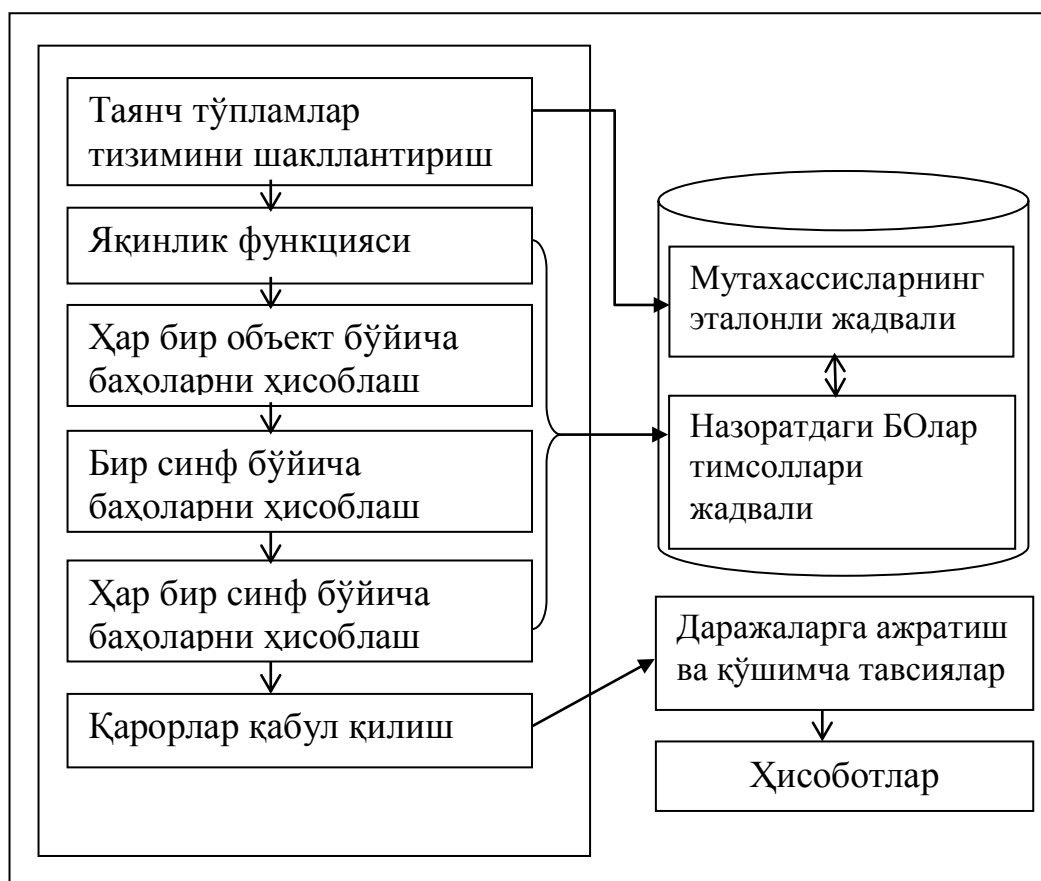
Бу функциянинг синфнинг тартиб рақамига тенг бўлса БО тимсоли шу рақам остидаги синфга, акс ҳолда қиймат 0 га тенг бўлади ва қарор қабул қилиш тизимида қуйидаги қўшимча қоидалар киритишга тўғри келади:

1. Юқори даража. БОни соҳалар бўйича синфларни ажратиш давомида икки ёки ундан ортиқ соҳа йўналишлари бўйича юқори балл тўплаган ҳамда шу баллар ўзаро тенг бўлган ҳолларда уларнинг бирини танлаш Бонинг ўзига ёки мутахассис ихтиёрида қолдириш;

2. Ўрта даража. БО икки ёки ундан ортиқ соҳа йўналишлари бўйича бир хил балл тўплаган бўлса, улардан бирини танлаш унинг ихтиёрида қолиши ёки унга зарурий кўрсатмалар бериш;

3. Паст даража. БО тўплаган баллари бирор йўналиш бўйича паст даражада йиғилган ва шу йўналиш бўйича бошқаларига нисбатан яхшироқ билимга эга бўлса, уни шу йўналишга киритилади. Агар Бонинг тўплаган бали кўрсатилган меъёрга етмаса, уни бирорта ҳам синфга ажратилмайди ва зарурий тавсиялар берилади.

Қуйида билим олувчиларни махсус синфларга ажратиш учун баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларига асосланган схема келтирилган (6.7-расм):



6.7-расм. БОни БҲА ёрдамида таснифлаш

Юқорида келтирилган схемада БОларни фан соҳаларидаги кўрсаткичлари асосида синфларга ажратиш бўйича қарорлар қабул қилиш тизимини ўзида акс эттирган. Бу мақолада келтирилган маълумотлар таълим соҳасидаги мавжуд муаммолардан бирини қисмий ҳал этишга қаратилган. Таълимда бундай муаммоларни ҳал этиш учун янада қулайроқ алгоритмик усуллар ва дастурий воситаларнинг ишлаб чиқилиши мақсадга мувофиқ бўлади.

ТАТУ “Информатика ва ахборот технологиялари” йўналиши талабаларига жуда кўп ихтисослик фанлари ўқитилади ва уларни тўрт гуруҳга (синфга) ажратилди: “Dasturlishtirish”, “MBni boshqarish”, “Tarmoqni boshqaruv”, “Grafika va Web texnologiya”. 10 та фан (белги) бўйича талабаларнинг натижалари келтирилган ўқув танланмага берилган ва шу ўқув танланма бўйича янги талаба юқоридаги тўрт синфдан қай бирини мукамал ўзлаштирганлиги бўйича таснифланади. Бу масаланинг ечими Virtual Teaching дастурий воситаси ёрдамида олинди ва унинг натижалар ойнаси қуйида келтирилган (6.8-расм).

Объекты класса K1:

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_10		Расстояние
S1	73	69	58	66	70	65	57	66	75	79	67,8	8,8881
S2	69	75	80	66	73	68	58	67	63	71	69	28,089
S3	70	57	72	73	78	59	64	68	61	64	66,6	30,083
S4	63	70	56	64	76	67	59	61	68	59	64,3	23,83
S5	63	67	70	71	56	62	56	64	62	67	63,8	27,037
S6	75	63	58	61	69	71	69	58	64	61	64,9	27,349
S7	56	71	58	60	78	69	72	70	57	80	67,1	31,780
S8	75	72	75	70	66	59	69	60	68	59	67,3	31,336
S9	76	62	63	58	72	79	76	79	61	56	68,2	42,930
S10	73	62	57	67	68	72	58	58	77	64	65,6	21,977

Объекты класса K2:

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_10		Расстояние
S21	82	73	69	99	73	92	83	85	77	74	80,7	62,1288
S22	80	85	71	93	78	67	79	97	90	78	81,8	60,2743
S23	89	78	67	89	79	83	69	83	76	79	79,2	48,0520
S24	72	95	90	80	75	91	75	77	93	83	83,1	64,7147
S25	80	82	84	90	83	93	87	95	71	75	84	70,6611
S26	84	72	85	75	70	77	94	74	86	85	80,2	57,9050
S27	93	89	73	78	83	99	82	74	98	73	84,2	68,0220
S28	84	91	81	80	98	93	72	72	74	68	81,3	61,3514
S29	80	86	91	98	84	88	96	77	97	96	89,3	81,1048

Введите значения признаков нового объекта S

S	73	69	57	65	71	60	54	62	70	78
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Значение k

Расстояния объекты отнесение классу K1- 28,53

**Классификация**

### 6.8-расм. Таснифлаш ва натижалар ойнаси

Ушбу мақола таълим жараёнининг бир масаласини ҳал этиш учун тимсолларни аниқлаш усулларида бири баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари ғоясидан фойдаланилди. Таълим жараёнида бу каби масалаларни ечиш орқали билим олувчиларни синфларга ажратиб, уларнинг заиф томонларига урғу бериш ҳамда индивидуал салоҳиятини ошириб, янада чуқурроқ билимга эга бўлишига кўмаклашиш усулларида бири ёритилди.

### 6.4. Tulira туркуми турларини идентификациялаш масаласи

Табиатда сонли ва сонли бўлмаган белгилар билан характерланадиган мураккаб кўп белгили объектларни тадқиқ этиш қийин масалалардан ҳисобланади. Бундай соҳалардан бири ботаникада ўсимлик тавсифлайдиган белгилар тўпламини келтириш мумкин. Ўсимлик объектларини таснифлаш, кластерлаш ва тартиблаш (ранжирование) масалалари уларни сонли ва сонли бўлмаган белгилари асосида амалга ошириш долзарб масалалардан ҳисобланади.

Синфлаштириш ва башоратлаш масалаларини ечиш нафақат амалий масалани ҳал қилиш, балки предмет соҳани ҳам такомиллаштириш билан боғлиқ муҳим масалаларни ҳал этиш заруриятини вужудга келтиради. Бундай масалалар табиатан мураккаб бўлганлиги сабабли уларни ечишда ўзига хос махсус ёндашувларни ишлаб чиқишни талаб қилади. Реал жараёнларни тадқиқ қилишда предмет соҳа бўйича чуқур тажрибага эга бўлиш ҳамда таклиф қилинаётган модел параметрлари билан объект хусусиятлари ўртасида ўзаро мос муносабатларини ўрнатиш бир нечта мураккаб босқичларни амалга оширишни талаб қилади [19].

Ихтиёрий амалий масалаларни (биологик, техник, иқтисодий) ечишда объект хусусиятлари ҳақидаги ахборотларни тўлиқ шакллантирмасдан уларни таснифлаш ва таниб олиш мумкин эмас. Бундай муаммолар биологик объектларнинг белгиларини шакллантиришда жуда кўп учрайди. Бундай турдаги масалаларни ҳал этишда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишнинг (МИТ) таснифлаш ва башоратлаш модел ва алгоритмларидан кенг фойдаланиш оммавийлашиб бормоқда.

Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш алгоритмларини биоинформатика муаммоларини ҳал қилишда қўллаш долзарб масалалардан бири сифатида сақланиб келмоқда.

Юқорида келтирилганлардан келиб чиққан ҳолда, мазкур маърузада ўсимликларни таснифлаш учун дастлабки маълумотларга ишлов бериш ҳақида сўз юритилади. Бунда куйидаги вазифалар бажарилади:

- экспертлар билим ва тажрибаларига асосланиб белгилар фазосини дастлабки жадвалини шакллантириш;
- таснифлаш учун дастлабки ўқув танланма жадвалини шакллантириш.

Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси (ЎЗР ФА) Ўсимлик ва хайвонот олами генафонди институтнинг бир гуруҳ олимлари ҳамкорлигида етарлича ўрганилган ўсимлик туркуми – “Tulipa” (лола туркуми, матнда объект деб юритилади) тавсия қилинди.

Ҳозирги кунгача республикада лола ўсимлигининг 34 та тури аниқланган бўлиб, уларнинг гербарийлари, тавсифлари, тасвирлари ҳамда географик жойлашган жойлари ҳақидаги

маълумотлар ЎзР ФА Ўсимлик ва хайвонот олами генафонди институтнинг “Марказий гербарий” лабораториясида жамланган. Шу билан бирга мазкур институт ходимлари томонидан лола туркуми бўйича “Tulipa.acsdb” информацион маълумотлар базаси шакллантирилган бўлиб, унда лола ўсимлигининг дунёдаги 781 та турининг 21 та тавсифи бўйича маълумотлар мужассамлашган.

Белгилар фазосини дастлабки жадвалини шакллантиришда ботаник олимларнинг кўп йиллик тажрибалари, уларнинг таснифлаш усуллари ўрганилганда, ҳар бир туркум турларини таснифлаш учун махсус иккилик саволномаларидан иборат аниқлагич калитлар мажмуаларидан фойдаланишлари маълум бўлди.

Танланган объект турларининг морфологик белгиларини шакллантиришда мутахассислар 16 та белгини аниқлаб беришди. Бу белгилардан биринчиси турларнинг номини ифодалайди ва у таснифлаш масаласида *синф* деб қаралади. Ўқитиш ва таснифлаш масаласини ечиш учун эса қолган 15 та белгидан фойдаланилди.

Лола туркумини ўқитиш ва таснифлашда қўлланиладиган белгилар жамланмаси куйидаги жадвалда келтирилган.

Илованинг А.1-жадвалда келтирилган белгилар асосида лола ўсимлигини икки ҳолатда идентификациялаш мумкин: биринчиси табиий шароитда (ўсимлик гуллаган вақтда дала шароитида), иккинчиси эса узоқ йиллар давомида йиғилган гербарийлар асосида.

Ўсимлик турларини табиий шароитда, яъни жонли ҳолатида идентификациялаш барча белгиларини тўлиқ аниқлаш имконини беради.

Ўсимлик белгиларини гербарийлар асосида идентификациялашда эса, улар узоқ муддат сақланиб, объектни характерловчи кўпгина хусусиятлар ўз сифатини йўқотган ҳолатда бўлади. Бу эса объектни идентификация қилишда айрим муаммоларни келтириб чиқаради. Бу муаммолар ҳақида келгусидаги ишларда батафсил тўхталамиз.

Ўсимлик турлари белгилари қийматлари – миқдорий ва сифатий гуруҳига бўлинганлиги маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш масалаларини ечиш мураккабликларига олиб келади. Унда аксарият белгилар сифатий бўлиб, улар лингвистик кўринишда ифодаланганлиги эса баъзи таснифлаш алгоритмларнинг ишлашида муаммоларни юзага келтиради.



Шунинг учун олинган ўқув танланма устида таснифлаш ва башоратлаш масалаларини ечишда қатъий дискрет миқдорли ҳамда норавшан маълумотлар билан ишлашга мўлжалланган усуллар ва алгоритмлардан фойдаланишга тўғри келади.

Тимсолларни аниқлаш масалаларини ечишда БҲАнинг математик формалалар орқали шакллантирилиши орқали назарий маълумотларга эга бўлинган, ОЙД тамойиллари орқали Javaда ушбу назарияни дастурий маҳсулот сифатида шакллантиришда мантикий фикрлаш, тўғри алгоритмик таъминот асосида ‘class’лар яратиш ҳамда фойдаланувчининг қулай, тушунарли интерфейсини яратишдек техник мураккабликдаги вазифаларни амалга ошириш лозим.

Ахборот-таниб олувчи мажмуани яратишда “Tulipa Recognition” дастурий воситасини мисол сифатида келтириш мумкин. Унда да “Tulipa L.” (Ўзбекистон флорасида ўсувчи лола ўсимлиги) туркуми намуналарининг турлари бўйича таснифлаш масаласи қараб ўтилган. Унда эталон жадвал маълумотларини  $T_{n+1 \times m}$  массивига ўзлаштирилади ҳамда БҲА асосида яратилган функциялар ёрдамида таснифлаш масаласи ҳал этилади.

“Tulipa Recognition”да эса  $T_{n+1 \times m}$  массивининг ўрнига майдонлари қуйидаги кўринишда шакллантирилган class TulipaL яратилди:

```
public class TulipaL {  
    private int TR;  
    private String Species; // турнинг номланиши  
    private float Height; // гул бандининг баландлиги  
    private String OpushTsvet; // гулбанднинг тукланиши  
    private byte KolList; // баргларининг сони  
    private String VolKrayList; // Барг четининг тўлқинланиши  
    private String OkaymList; // Барг ҳошияси (ҳошияланиши)  
    private byte KolSvetkov; // гулларининг сони  
    private String OkraskaSvetkov; // гулининг ранги  
    private String OkaymPyatna; // гул кўрғонининг тубидаги доғининг  
    ранги  
    private String OpushKonchik; // гултожибарг уч қисмининг  
    тукланиши  
    private float DlinaTichinki; // чангчининг узунлиги  
    private String OpushNitiTichinki; // чангчи ипининг тукланиши
```

```

private String SvetZavyazi; // уруғчининг ранги
private String OpushObolLuk; // пиёз қобиғининг тукланиши
private String OkraskaPokrChesh; // пиёз қобиғининг ранги
private String KonsistensiyaObol; // пиёз қобиғининг қаттиқ-
юмшоқлиги
private float ProdoljObolLuk; // пиёз қобиғининг давомийлиги
узунлиги
}

```

Бундан ташқари class TulipaL таркибида конструкторлар, мойдонларнинг қийматларини олувчи (get) ва ўрнатувчи (set) усуллар, майдонларни қиёслаш усуллари, сонли майдонларнинг статистик маълумотларини аниқлаш усуллари яратилган. Ўқув ва назорат танланма объектлари массиви яратилади. Объектлар массивига MySQLда яратилган маълумотлар базасидаги майдонларга мос маълумотлар ўзлаштирилади.

БҲА асосида таниб олишнинг ўқитиш ва таснифлаш масалаларини ечиш учун алоҳида class AVO яратилган. Айни пайтда ушбу class компоненталарини шакллантириш ва модификациялаш устида иш олиб борилмоқда.

Олиб борилган назарий ва амалий тадқиқотлар натижасида ўсимликларнинг бир туркуми Tulipa L. турлари намуналарини таснифлаш ва идентификациялаш масалаларини ечишга мўлжалланган “Tulipa Recognition 1.0” дастурий восита ишлаб чиқилди. Бу дастурий восита ПРАСК-2 дастурий таниб олувчи мажмуанинг вориси ҳисобланади.

Ушбу дастурий восита қуйидаги объектлардан иборат:

- Асосий ойна (frmTulipaRecognition формаси);
- Аниқлагич калитлар асосида намуна турини аниқлаш ойнаси (frmTulipaKeys);
- Тимсолларни аниқлашнинг “Баҳоларни ҳисоблаш алгоритми”га (БҲА) асосланиб таснифловчи ойна (frmPatternRecognition);
- Маълумотлар базаси (DBTulipa.sql).

“Tulipa Recognition 1.0” дастурий воситасининг асосий ойнаси қуйидаги 6.9-расмда келтирилади.

Ушбу дастурий восита Java дастурлаш тилининг сўнгги модификацион варианты ҳисобланган Java FX 8 синфлари ёрдамида

ишлаб чиқилган. Унда “Tulipa L.” туркуми гербарий намуналарини икки усулда аниқлаш имкони мавжуд:

1. Аниқлагич калитлар ёрдамида;
2. Тимсолларни аниқлаш усуллари ёрдамида

“Tulipa L.” туркуми аниқлагич калитларининг янгиланган варианты асосида ишга туширилади. Дастурий воситанинг иккинчи қисмида тимсолларни аниқлаш усули БҲА орқали аниқлаш ойнаси куйидаги 3.2 расмда келтирилади.



6.9 расм – Tulipa Recognition дастурининг асосий ойнаси

МБнинг дастлабки версияси MS Access 2013 муҳитида яратилган эди. Унда лола туркумининг 385 та объекти (намунаси) ҳақидаги маълумотлар киритилган. Дастурий воситанинг янги версияси учун ушбу МБ DBTulipa номи остида MySQL (phpmyadmin) муҳитида қайта ишланди ва маълумотлар билан

тўлдирилди. МБни кўриш ва ундаги маълумотларга ўзгартиришлар киритиш учун Denwer дастуридан фойдаланилади. DBTulipa МБ иккита блокдан ташкил топган: tbSpecies ва tbTulipa.

Мазкур маълумотлар базасининг блоклари қуйидагича ахборотларни сақлайди:

- Тур ҳақидаги ахборотлар;
- Тур таркибидаги систематика учун ахборотлар.

МБни кўриш учун Denwer серверини (Apache) ишга туширилади ва Интернет браузерини манзиллар сатрига <http://localhost/Tools/phpMyAdmin> URL манзили киритилади. Сервер МБларидан DBTulipa танланади ва жадваллардаги зарурий маълумотларни сўровлар шаклида кўриш мумкин.

Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишнинг долзарб масалаларидан бири объектларни таснифлашга хизмат қилувчи белгилар фазосини қисқартиришдир. [38]да ўқув танланма ҳажмини қисқартириш бўйича бир қатор усуллар келтирилган. Мазкур ишда ўқув танланмани шакллантириш ва унинг ҳажмини минималлаштириш учун яна бир усулни – БХА асосланган алгоритмни таклиф қилинмоқда. Қуйида ушбу алгоритм қисқача келтириб ўтилади.

Юқорида келтирилганидек, бош тўпламда мутахассислар томонидан аввалдан синфлари (ўсимлик турлари) аниқланган объектлар тўплами ҳамда синфлари аниқланмаган (назорат) объектлар тўплами киритилади. Дастлабки масала бош тўпламдан синфлари аввалдан маълум бўлган объектлар тўпамидан ўқув танланма (эталон) жадваллар шакллантиришдан иборат.

Ўқув танланмаларни шакллантириш учун бундай объектлар тўпамидан мос объектларни ажратиш олиш керак. Бунинг учун объектларнинг ўзаро яқинлигини аниқловчи усулдан фойдаланиш талаб этилади.

БХА ёрдамида ўқув танланмани ўқитиш орқали ҳар бир  $S_j \in K_u$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ,  $u = 1, 2, \dots, l$  объекти кетма-кет назорат объекти сифатида ажратиш олинади ва  $K_1, K_2, \dots, K_l$  синфлар объектларига берган овозлари  $(\Gamma_u(S))$  ҳисобланади.

БХА параметрларининг танланиши мутахассисларнинг қабул қилган қарорларига боғлиқ бўлади. Танланган параметрларнинг оптимал қийматлари ўқитиш жараёни орқали аниқлаб борилади.

Ўқитиш жараёнини ўтказиш натижасида қуйидаги жадвалга эга бўламиз ва бунда  $S_j$  объектларни  $K_u$  синфларга берган овозлари

6.6 жадвал. Объектларни синфларга берган овози

	$K_1$	$K_2$	...	$K_l$	Ўқув танланмага киритиш
$S_1$	$\Gamma_1(S_1)$	$\Gamma_2(S_1)$	...	$\Gamma_l(S_1)$	Ҳа/Йўқ
$S_2$	$\Gamma_1(S_2)$	$\Gamma_2(S_2)$	...	$\Gamma_l(S_2)$	Ҳа/Йўқ
...			...		...
$S_m$	$\Gamma_1(S_m)$	$\Gamma_2(S_m)$	...	$\Gamma_l(S_m)$	Ҳа/Йўқ

Юқоридаги жадвалда маълумотлари асосида  $S_j$ ,  $j = \overline{1, m}$  объектни ўқув танланмага киритиш шarti текширилади.

$$Corr(S_j) = \begin{cases} 1, \text{агар } \frac{1}{g(K_u)} \Gamma_u(S_j) > \frac{l-1}{m-g(K_u)} \sum_{S_j \notin K_u} \Gamma_u(S_j) \\ 0, \text{акс холда} \end{cases}$$

бу ерда  $Corr(S_j)$  -  $S_j$  объектни ўз синфига етарлича овоз берганлигига текширади.  $S_j$  объектни ўқув танланмага киритиш учун эса (2) формулага компактлик гипотезаси мезони -  $\tau$  киритилади:

$$Corr_i(S_j) = \begin{cases} 1, \text{агар } \frac{1}{g(K_u)} \Gamma_u(S_j) > \frac{l-1}{m-g(K_u)} \sum_{S_j \notin K_u} \Gamma_u(S_j) + \tau \\ 0, \text{акс холда} \end{cases}$$

Ушбу ишда бош тўпладан ўқув ва назорат танланмаларини шакллантириш усуллари таклиф этилди. Юқорида келтирилган формулаларда объектларни синфларга берган овозлари бўйича уларнинг корректлигини текширади. Бу формулалар берилган ўқув танланмани кўп маротаба ўқитиш жараёни орқали амалга оширилади.

“DBTurpa” маълумотлар базаси бўйича олинган натижалар қуйидагича:

DBTurpa МБнинг 385 та объектидан 22 та тур бўйича жами 354 та гербарий намуналари эталонлар сифатида келтирилган.

Объектларни тавсифлаш учун ботаниклар 15 та белги етарли бўлди [98].

Умумий сарфланган вақт – 23 минут 55 секунд,  $k = 8$ .

<b>k</b>	<b>CF</b>
1	23,99
2	39,28
3	67,99
4	77,77
5	88,55
6	88,55
7	91,42
8	92,24
9	90
10	89,37
11	89,37
12	87
13	83,45
14	83,45
15	77,77



6.10-расм.  $k$  параметри бўйича таянч тўпламлар натижалари

Хулоса ўрнида шуни таъкидлаш мумкинки,  $k$  параметрининг фиксирланган мақбул қийматини аниқлаш баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари кейинги босқичларидаги параметрлар қийматларини тўғри аниқлашда ҳам муҳим ўрин тутди. Таянч тўпламлар тизимидаги ҳар бир  $\tilde{\omega}$ -қисми тўпламларнинг  $w_{\tilde{\omega}}$  инфор­мацион вазнини аниқлаш, уларнинг энг яхшилари­ни танлаш масалалари ҳал этилиши талаб этилади. Баҳо­ларни ҳисоблаш алгоритмлари параметрларининг мақбул қийматларини аниқлаш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқи­лиши ва уларнинг умумий натижасини аниқлаш алгоритмлар самарали моделини топишга хизмат қилади.

Мазкур тажрибани ўтказилиши даврида олинган натижалар келажакда ахборот-таниб олиш тизимини кенгайтириш ва йирик хажмдаги маълумотларни сақловчи, тармоқ ва кроссплатформали тизим даражаси олиб чиқиш каби вазифаларни белгилаб берди. Бунда йирик хажмдаги ва турли типли ҳам ноаниқлик шароитидаги ахборотларга ишлов берувчи назарий усулларини жалб қилувчи, янги алгоритмик воситани ишлаб чиқиш талаб қилади.

## ХУЛОСА

Норавшан тўпламлар назарияси элементларига асосланган таниб олиш алгоритмларини ривожлантиришга бағишланган мазкур монография бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Норавшан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланиладиган маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш, тимсолларни аниқлаш усул ва алгоритмларининг такомиллаштирилиши турли типли белгилар орқали тавсифланадиган объектларни қиёслаш сифатини оширишга имкон беради.

2. БҲА параметрлари, жумладан, таянч тўпламлар тизимида овоз бериш узунлиги, бўсағавий қийматлар, муҳимлик даражалари кабиларнинг мақбул қийматларини аниқлаш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар воситасида олинган БҲА параметрларининг мақбул қийматлари унинг самарали моделини аниқлашга хизмат қилади.

3. Бўсағавий параметрларнинг мақбул қийматларини аниқлашда генетик алгоритм усулидан фойдаланиладиган алгоритм ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган алгоритм параметрлар мақбул қийматларининг кўп вариантли ечимларини топиш орқали объектларни таснифлашга кетадиган вақт сарфини 15-20%га тежаш имконини беради.

4. Белгиларининг қийматлари миқдорий ва сифатий кўринишда тавсифланадиган объектларни қиёслаш учун элементар мантиқий классификаторлар ишлаб чиқилди ва такомиллаштирилди. Норавшан белгиларни қиёсловчи элементар мантиқий классификатор учун тегишлилик функцияларини қуриш ва уларнинг параметрларини генетик алгоритм ёрдамида созлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган алгоритмлар норавшан белгининг норавшан тўпламларини қиёслаш сифатини оширишга имкон беради.

5. БҲАнинг норавшан тўпламлар назариясидан фойдаланиладиган янги саккиз босқичли модификацияси ишлаб чиқилди. БҲАнинг ушбу модификацияси  $S_j$  объектларнинг синфларга берадиган  $\Gamma_u(S_j)$  баҳоларини ҳисоблаш аниқлиги ва ишончлилигини 1,3 марта оширишга хизмат қилади.

6. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар асосида таниб олувчи дастурий мажмуалар (ПРАСК-2, ПРАСК-2М, “Tulipa Recognition” ва ҳ.к.) яратилди ва синовдан ўтказилди. Яратилган дастурлар турли амалий соҳаларда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш, тимсолларни аниқлаш масалаларини ечишга хизмат қилади. Олинган назарий ва амалий натижалар маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш назариясини ривожлантиришга хизмат қилади.



## Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. B. de Ville. Microsoft Data Mining. Digital Press, 2001.
2. Aliev R.A., Aliev R. Theory of Intelligent Systems and Applications / Baku: Chashyogly, 2001. – 720 p.
3. Buckley JJ., Hayashi Y., Fuzzy neural networks, In: Fuzzy sets, neural networks and soft computing by Yager L., Zadeh L., V. NostrandRainhol, NY 1994.
4. *Kamilov M.M., Hundayberdiev M.Kh., Khamroev A.Sh.* “Module for various choice of metric attribute spaces”. Proceedings of the Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. Tashkent, Uzbekistan November 25-27, Tashkent-2010, Pp. 213-215.
5. *Muhamediyeva D.T.* Noravshan axborot holatida sust shakllangan jarayonlarni modellashtirish. – Toshkent, Matematika va information texnologiyalar instituti, 2010. – 400 b.
6. Butnariu D., Klement E.P., Zafrani S. On triangular-norm based propositional fuzzy logics.//Fuzzy sets and systems. 1995. vol. 69. p.241-255.
7. *Vapnik V.* Statistical Learning Theory.- New York: John – Wiley Sons, Inc., 1998. – 732 c.
8. *Yager R. R., Zadeh L. A.* (Eds.) Fuzzy sets, neural networks and Soft Computing // VAN Nostrand Reinhold. New York. 1994. p.440. c8
9. *Zadeh L. A.* Fuzzy Sets, Information and Control, 1965, vol. 8. Pp. 338-353.
10. *Zadeh L. A.* Toword a Theory of Fuzzy Systems. ERL Rep. № 69-2. Electronics Res. Labs., Univ. California, Berkley, June 1969.
11. *Абдукаримов Р.Т., Камиллов М.М., Кондратьев А.И.* Информационно-распознающие системы частичной прецедентности // Ташкент, изд., «ФАН», 1986 г., 104 с.
12. *Адылова Ф.Т.* Адаптивный выбор опорных множеств в методе вычисления оценок// Докл.АН УзССР, 1984. №3. – С. 13-14. (2)
13. Chen F., Drezner Z., Ryan J., Simchi-Levi D., The Impact of Exponential Smoothing Forecasts on the Bullwhip Effect, Naval Research Logistics, 47, 2000, pp. 269-286.
14. *Айдарханов М.Б., Амиргалиев Е.Н.* Методы моделирования системы распознавания и классификации. «Проблемы кибернетики и информатики» Международная научная

- конференция. 24-26 Октябрь, 2006, – Баку, Азербайджан. – С. 7-10.
15. Айзерман М.А., Браверманн Э.М., Розоноэр Л.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970. – 348 с.
  16. Bekmuratov T. F. Fuzzy models of decision-making support under monitoring in conditions of uncertainty. //Problems of Informatics and Energetics. Tashkent, 2005. № 3. P.9-18.
  17. Bekmuratov T.F. Table models of fuzzy inference systems production rules. //Problems of Informatics and Energetics. Tashkent, 2006. № 5. P. 3–12.
  18. Баранов А.В. и др. Data Mining. Теория и практика (Под ред. И.Н.Барянцева). –М.: Издательская группа «БДЦ-пресс», 2006, – 208 с.
  19. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. // 2-е издание. Санкт–Петербург, «БХВ-Петербург», 2007. 375 с.
  20. Bekmuratov T.F., Mukhamedieva D.T., Babomuradov O.J. Fuzzy Inference System for Forecasting problems // International Journal of Ubiquitous Computing and Internationalization. April 2011. vol. 3. No1. p.1-7
  21. Zadeh L.A. Fuzzy algorithms. Inform. Control 12, 94-102
  22. Бекмуратов Т.Ф., Мухаммадиева Д.Т., Бобомуратов О.Ж., Акбаралиев Б.Б. Модели принятия слабоструктурированных решений // Труды Восьмой Международной симпозиум "Интеллектуальные системы" (INTELS'2008), г.Нижний Новгород, Россия. – С. 437-441
  23. Бобомуратов О.Ж., Ахатов А.Р. Обработка информации в системах приобретения знаний. Издательство «ФАН» АН РУз, 2009г., 136с.
  24. Бонгард М.М. Проблема узнавания. М.: «Наука», 1967. -319 с.
  25. Вапник В.Н., Чероненкис А.Я. Теория распознавания образов. Статистические проблемы обучения. М., «Наука», 1974. – 416 с.
  26. Васильев В.И. Распознающие системы.–Киев:Наукова думка,1983.–422 с.

27. *Верлань А.Ф., Чмырь И.А., Ахатов А.Р., Бобомуродов О.Ж.* Системы искусственного интеллекта. Издательство «СамГУ», 2009г., 122с.
28. *Верхаген К., Дёйн Р., Груд Ф., Йостен Й., Вербек П.* Распознавание образов. Состояние и перспективы. –М.: «Радио и связь», 1985, 103 с.
29. *Воронцов К.В.* Метрические алгоритмы классификация// [www.machinelearning.ru](http://www.machinelearning.ru)
30. *Горелик А.Л., Гуревич И.Б., Скрипкин В.А.* Современное состояние проблемы распознавания. Некоторые аспекты. М.: Радио и связь, 1985. -160 с.
31. *Горелик А.Л., Скрипкин В.А.* Методы распознавания // М.: Высшая школа, 1989. С. 208.
32. *Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др.* Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. Пер. с англ./ Под ред. И. С. Енюкова. — М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
33. *Дмитриев А.Н., Журавлев Ю.И., Кренделев Ф.П.* О математических принципах классификации предметов и явлений //Дискретный анализ. – Новосибирск, 1966. – Вып. 7. – С. 3-11.
34. *Дуда Р., Харт П.* Распознавание образов и анализ сцен. Пер. с англ./ М.: Изд-во «Мир», 1976. – 514 с.
35. Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Узб. журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 2003. - №4. - С. 24-35.
36. Бекмуратов Т.Ф., Дадабаева Р. А., Мухамедиева Д.Т. Принятие решений в нечеткой среде // Научный журнал «Проблемы информатики» – Новосибирск, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 2010, вып.1. – С. 52-61.
37. Бекмуратов Т.Ф., Мухамедиева Д.Т., Бобомуратов О. Ж. Нечеткий алгоритм принятия слабоструктурированных решений // Информационно-аналитический журнал “Актуальные проблемы современной науки” // № 5(55) – Москва, “Спутник+”, 2010. – С.124-127.

38. Журавлев Ю.И. Избранные научные труды. –М.: Магистр, 1998. –420 с.
39. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. Вопросы анализа процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 172-215.
40. Журавлёв Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации. – В кн.: Проблемы кибернетики. – М.: «Наука», 1978, вып. 33.
41. Журавлев Ю.И. Экстремальные алгоритмы в математических моделях для задач распознавания и классификации. Доклады Академии наук СССР –М.: 1976. Том 231, № 3. С. 532-535.
42. Журавлев Ю.И., Камиллов М.М., Туляганов Ш.Е. Алгоритмы вычисления оценок и их применение. –Ташкент: Фан, 1974. – 124 с.
43. Журавлёв Ю.И., Никифоров В.В. Алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок//Кибернетика. 1971. – № 3. –С. 1-11.
44. Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. «РАСПОЗНАВАНИЕ». Математические методы. Программная система.Практические применения. М.: ИЗ-ВО «ФАЗИС», 2005, С. 103.
45. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск. Изд-во Ин-та математики СО РАН, 1999. – 270 с.
46. Загоруйко Н.Г., Елкина В.Н., Лбов Г.С. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск: Наука, 1985. – 110 с.
47. Бобомуродов О.Ж. Норавадан қоидалар базаси ёрдамида модел қуриш масаласини ечиш усули ва алгоритми // «Современное состояние и перспективы развития информационных технологий» Материалы Республиканской научно-технической конференции. 5-6 сентября 2011г., Ташкент, том-2. – С. 304-309.
48. Бобомуратов О.Ж. Подбор весовых коэффициентов в градиентом методе при построение модели типа Сугено // Вопросы вычислительной и прикладной математики. Аналитические методы и вычислительные алгоритмы решения задач математической физики. Сборник научных трудов. Ташкент, 2011, Выпуск 126. – С. 102-113.

49. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. М.: Знание, 1974. – С. 5–49.
50. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002. - 256 с.
51. Курейчик В.В. Перспективные архитектуры генетического поиска // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. – 2000. - № 1. - С. 58-60.
52. Камиллов М.М., Алиев Э.М., Ким А.Н. О вычисления е-порогов при распознавании объектов алгоритмами голосования. // "Вопросы Кибернетики", вып. 43, Ташкент, ИК с ВЦ АН УзССР, 1971. – С. 72-79.
53. Камиллов М.М., Ким А.Н., Бузурханов В. Программный распознающий комплекс, основанный на алгоритмах вычисления оценок (ПРАСК-1). «Алгоритмы и программы», вып. 17, Ташкент, Ин-т кибернетики с ВЦ АН УзССР, 1974. – С. 3-33.
54. Камиллов М.М., Маматов Н.С., Худайбердиев М.Х. Формирование информативных признаков объектов распознавания на основе однородного критерия Фишеровского типа k-го порядка// Труды Девятого Международного Симпозиума «Интеллектуальные системы» (INTELS'2010). Россия, Владимир, Москва-2010. – С. 111-114.
55. Камиллов М.М., Мирзаев Н.М., Хамроев А.Ш. Об одной модели алгоритмов вычисления оценок// «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе», Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Россия, Йошкар-Ола – 2010. –С.195-199.
56. Камиллов М.М., Фазылов Ш.Х., Раджабов С. Определение параметров модели алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков// Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Знания–Онтологии–Теории» (ЗОНТ-09) 22-24 октября 2009 г., Новосибирск стр. 234-236.
57. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг сифат функцияси ёрдамида параметрларни аниқловчи умумлашган алгоритмларни куриш.

- Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал. – Тошкент, 2011, № 2(38). – С.62-69.
58. Орлов А. И. Теория принятия решений: учебник. – М.: Экзамен, 2006. — 573 с.
59. Лбов Г.С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных// Новосибирск. Наука, 1981. 160 с.
60. Прикладные методы исследования процессов принятия решений / Под ред. Р. И. Трухаева. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. – 188 с.
61. Мазуров Вл.Д. Метод комитетов в задачах оптимизации и классификации М.: Наука, 1990. 298с.
62. Рапопорт Б.М. Оптимизация управленческих решений. – М.: Теис, 2006. – 264 с.
63. Мухамедиева Д.Т., Бобомуродов О.Ж., Минглиқулов З.Б., Хамроев А.Ш. Қарор қабул қилишнинг норавшан қоидалари асосида мураккаб объектларни классификация қилиш дастури.// Дастурий гувоҳнома. DGU 20110102, 07.06.2011.
64. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. Пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
65. Пупков К.А. О некоторых этапах развития теории и техники интеллектуальных систем.// Восьмого международного симпозиума «Интеллектуальные системы» (INTELS`2008)., стр. 4-17., г. Нижний Новгород – 2008, 30 июня – 4 июля.
66. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики (перцептрон и теория механизмов мозга). – М.: Мир, 1965.-480 с.
67. Рудаков К.В. Об алгебраической теории универсальных и локальных ограничений для задач классификации // Распознавание, классификация, прогноз: Матем. методы и их применение. – М.: Наука, 1988. Вып.1, С.176-200.
68. Рязанов В.В. О построении оптимальных алгоритмов распознавания и таксономии (классификации) при решении прикладных задач // Распознавание, классификация, прогноз: Матем. методы и их применение. М.: Наука, 1988. Вып.1, С.229-279.
69. Рязанов В.В. Комитетный синтез алгоритмов распознавания и классификации // ЖВМ и МФ. 1981. Том 21, №6. С.1533-1543.
70. Рязанов В.В. О синтезе классифицирующих алгоритмов на конечных множествах алгоритмов классификации (таксономии) // ЖВМ и МФ, 1982. Том 22, №2. С.429-440.

71. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. - 452 с.
72. Хант Э. Искусственный интеллект: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 558с.
73. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов// М.: Мир, 1978. 416 с.
74. Усмонов А.А. Методы и алгоритмы оптимального проектирование систем сбора и обработки информации. Дис.тех.наук. Ташкент, 1980. С. 223.
75. Хусаинов Н.О. Объектларни таснифлашнинг бир алгоритми хақида // Информатика ва энергетика муаммолари. Ўзбекистон журнали. 2006. №6. 25-30 бб.
76. Чегис И.А., Яблонский С.В. Логические способы контроля электрических схем. Труды МИАН им. В.А. Стеклова, т. 51, М., Изд-во АН СССР, 1958.
77. Machine Learning Repository. Center for Machine Learning and Intelligent Systems. <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html>
78. Цой Ю.Р. Настройка клеточных автоматов с помощью искусственных нейронных сетей // Научная сессия МИФИ - 2006. VIII Всероссийская научно-техническая конференция "Нейроинформатика-2006": Сборник трудов. В 3-х частях. Ч.3. М.:МИФИ, 2006. С. 49-55. Дюк В.А. Data Mining — интеллектуальный анализ данных. — <http://www.compress.ru/Archive/CP/2003/8/14/http://www.olap.ru/basic/dm2.asp>.
79. Чубакова И.А. Data Mining. Бином. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий, 2006. <http://www.intuit.ru/department/database/datamining/>
80. Орлов А.И. Нечисловая статистика. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 513 с.
81. M.Subba Rao, Dr.V.Eswara Reddy. Comparative Analysis of Pattern Recognition Methods: An Overview. <http://www.ijcse.com/docs/IJCSE11-02-03-103.pdf>
82. Barricelli, Nils Aall (1957). «Symbiogenetic evolution processes realized by artificial methods». *Methodos*: 143–182.
83. Genetic algorithms. <http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/index.php>

84. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница, 1999. – 320 с.
85. Ерусалимский Я.М. Дискретная математика теория, задачи, приложения. –М.: «Вузовская книга», 2002. – 268 с.
86. Фозилов Ш.Х., Маҳкамов А.А. Кулоқ тасвиридаги идентификацион белгиларни ажратишнинг геометрик усули // «Информатика ва энергетика муаммолари», Ўзб.журнали, 2007, №3, 12-16 б.
87. Фозилов Ш.Х., Маҳкамов А.А. Шахсни таниб олиш масаласида кулоқ контурини ажратиб олиш усуллари // «Информатика ва энергетика муаммолари», Ўзб.журнали, 2006, №5, 15-17б.
88. Худайбердиев М.Х. Распознавание и адаптация для решения трудноформализуемых задач в системе обучения. Ўзб. журн. “Информатика ва энергетика муаммолари”. – Тошкент, 2004, №3. – С. 14-19.
89. Камилов М.М., Хусаинов Н.О., Худайбердиев М.Х, Маматов Н.С. Об одном алгоритме выбора стратегии обучения в интеллектуальных обучающих системах. «Ёш математикларнинг янги теоремалари» Республика анъанавий конференциянинг илмий ишлари. Наманган – 2009. 6-7 ноябр. 156 – 159 б.
90. Камилов М.М., Хамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. О вопросе распределения значений функции близости между объектами в классе алгоритмов вычисления оценок. Научно–технический журнал. “Химическая технология. Контроль и управление”. – Ташкент, 2015. – № 5. – С. 55-58
91. Хамроев А.Ш. Тимсолларни аниқлаш DGU 02078, 29.10.2010.
92. Маҳкамов А.А., Ҳамроев А.Ш. Шахсни кулоқ чаноғи тасвири асосида таниб олишда баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг қўлланилиши // «Информатика ва энергетика муаммолари», Ўзб.журнали, 2013, №3-4, 52-58 бб.
93. Ҳамроев А.Ш., Маҳкамов А.А. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари ёрдамида кулоқ чаноғи тасвирининг идентификацион белгиларини аниқловчи усуллар самарадорлигини баҳолаш. Узб. журн. «Информатика ва энергетика муаммолари». – Тошкент, 2015. – №1-2. 55-61 бб.
94. Хамроев А.Ш. Билим олувчиларни таснифлаш масаласида баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларидан фойдаланиш. Илмий



- тадқиқотлар ахборотномаси. Илмий-назарий, услубий журнал. – Самарқанд, 2012. – № 6(76). – 86-90 бб.
95. Kamilov M.M., Hundayberdiev M.Kh., Khamroev A.Sh. Models of pattern recognition in adapting training systems Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. 13-15 November. – Tashkent, 2008. – Pp. 75-79.
  96. Красинский В.И. Метод распознавания нечетких ситуаций по совокупности количественных и качественных признаков. Первый региональный форум: «Сибирская индустрия информационных систем». Новосибирск, 2002: [http://www-sbras.nsc.ru/win/telecom/forum\\_2002/krasinsky/krasinsky.html](http://www-sbras.nsc.ru/win/telecom/forum_2002/krasinsky/krasinsky.html)
  97. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Мингликулов З.Б. Ўсимликлар дунёси объектларини идентификациялаш масаласи. Иқтисодиёт тармоқлари ривожланишини таъминловчи фан, таълим ҳамда модернизациялашган энергия ва ресурс тежамкор технологиялар, техника воситалари: муаммолар, ечимлар, истиқболлар. Республика илмий-техник анжумани. – Жиззах, 2015. – С. 188-190.
  98. Хусаинов Н.О., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Об одном подходе выбора голосующих наборов в алгоритме вычисления оценок Республика анъанавий конференциянинг илмий ишлари: «Ёш математикларнинг янги теоремалари». 6-7 ноябр 2009. – Наманган, 2009. – 182-185 б.
  99. Hundayberdiev M.Kh., Hamroev A.Sh. On the Procedures of Forming the Optimal Parameters of the Recognition Systems International Conference of KIMICS 2011. June 28-29, 2011. – Tashkent, Uzbekistan. – Pp. 337-339.
  100. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Қисман прецедентлик алгоритмларига асосланган дастурий-таниб олувчи мажмуа DGU 02572, 24.08.2012
  101. Камилов М.М., Мингликулов З.Б., Хамроев А.Ш. Номаълумлик шароитида мураккаб объектларни таҳлил қилиш масалаларида қарорлар қабул қилиш жараёнига кўмаклашувчи дастурий восита DGU 02578, 24.08.2012
  102. Хамроев А.Ш. Алгоритм выбора оптимального метода вычисления значений е-порогов в алгоритмах вычисления оценок. Международный научно-технический журнал. Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2012. – № 3. – С. 78-82.

103. Kamilov M.M., Hudayberdiev M.X., Khamroev A.Sh. Methods of Computing Epsilon Thresholds in the Estimates' Calculation's Algorithms. International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI'2012), Volume III. September 12-14, 2012. – Baku, Azerbaijan. – Pp. 133-135.
104. Мингликулов З.Б., Ҳамраев А.Ш. Норавшан коида хулосаларига асосланган ташхислаш алгоритми. Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари: Республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами. – Тошкент, 2013, 1-қисм. –52-53 б.
105. Камиллов М.М., Ҳамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари ёрдамида кластеризация масаласини ечиш процедураси. Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари: Республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами. – Тошкент, 2013, 1-қисм. –53-55 б.
106. Ҳамроев А.Ш., Худайбердиев М.Х. Процедура решения задач кластеризации с помощью алгоритмов вычисления оценок. Труды VI Международной научно-практической конференции "Инженерные системы - 2013". – Москва, 24-26 апреля 2013. – М.: РУДН, 2013. – С.156-160.
107. Мингликулов З.Б., Ҳамроев А.Ш. Применение многокритериальных моделей оптимизации для решения задач нечеткой параметрической идентификации Труды VI Международной научно-практической конференции "Инженерные системы - 2013". – Москва, 24-26 апреля 2013. – М.: РУДН, 2013. – С.160-165.
108. Алоев Р.Ж., Мухамедиева Д.Т. Норавшан ахборотни қайта ишлаш асосида талабалар ўқув-тарбия жараёнини муқобиллаштириш ва ўзлаштиришини башорат қилиш моделлари. – Тошкент, 2010 й. 423 б.
109. Мухамедиева Д.Т. Разработка моделей слабо формализуемых процессов и принятия решений на основе обработки нечеткой информации. автореф. дис. док. техн. наук. – Ташкент, 2006. – С. 35.
110. Мингликулов З.Б. Суст шаклланган жараёнлар ва объектларни идентификациялаш ва оптималлаштиришнинг норавшан моделлари. – Т.: “Наврўз” нашриёти, 2015. – 132 б.

- 111.Sushmita Mitra, Sankar K. Pal. Fuzzy sets in pattern recognition and machine intelligence. Fuzzy Sets and Systems 156 (2005) 381 – 386. [http://www.isical.ac.in/~sankar/paper/FSS\\_05\\_SM\\_SKP.pdf](http://www.isical.ac.in/~sankar/paper/FSS_05_SM_SKP.pdf)
- 112.R. Bellman, R. Kalaba, L.A. Zadeh, Abstraction and pattern classification, J. Math. Anal. Appl. 13 (1966) 1–7.
- 113.Лепский, А.Е. Математические методы распознавания образов: Курс лекций / А.Е. Лепский, А.Г. Броневиц. – Т.: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
- 114.Big data: [http://cra.org/csc/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/Big\\_Data.pdf](http://cra.org/csc/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/Big_Data.pdf)
- 115.Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия–Телеком, 2010. – 520 с.
- 116.Интеллектуальные информационные системы:  
<http://libraryno.ru/iis/>

## ИЛОВАЛАР

### Илова А. Лола туркумининг идентификацион белгилар фазоси

*1-жадвал*

№	Белгиларнинг номланиши (uz / ru / en)	Тури	Тавсифи
0	Турнинг номланиши / Наименование вида/ Species	Микдорий (id_species)	Ўсимлик синфлари номи
1	Гул бандининг баландлиги / Высота цветоноса/ Height	Микдорий (double)	Ўсимликнинг ердан кўтарилган қисмининг узунлиги
2	Гулбанднинг тукланиши / Опушение цветоноса / pubescence of the flower stalk	Сифатий	Ўсимлик бандида тукланишнинг мавжудлиги
3	Барглар сони / Количество листьев / Number of leaves	Микдорий (integer)	Ўсимликнинг барглари сони
4	Барг четининг тўлқинланиши / Волнистость края листа / The waviness of the leaf margin	Сифатий	Барг четидаги тўлқинсимонлик ҳолати
5	Барг четининг хошияланиши / Окаймление листа / The border leaf	Сифатий	Барг четининг уч қисмигача бошқа рангда ранглианиши
6	Гуллари сони / Количество цветков / Number of flowers	Микдорий (integer)	Битта ўсимлик бандидаги гуллар сони
7	Гулининг ранги / Окраска цветка / Flower Coloring	Сифатий	Гултожибаргнинг ранги
8	Гул кўрғони тубидаги доғининг ранги / Окаймление пятна / The border spots	Сифатий	Гул кўрғони тубидаги доғининг ранги
9	Гултожибарг уч қисмининг тукланиши / Опушение кончика околоцветника / Pubescence of the tip of the perianth	Сифатий	Гултожибарг уч қисми тукланиши
10	Чангчининг узунлиги / Длина тычинки / The length of the stamens	Микдорий (double)	Гул чангчисининг узунлиги
11	Чангчи ипининг тукланиши / Опушение нити тычинки / Pubescence of yarns stamens	Сифатий	Гул чангчиси ипининг тук билан қопланганлиги
12	Уруғчининг ранги / Цвет завязи / Color ovary	Сифатий	Гулнинг ўртасида жойлашган уруғчининг ранги
13	Пиёз қобиғининг тукланиши / Опушение оболочки луковички / Pubescence of shell bulbs	Сифатий	Пиёз қобиғининг ички қисмидаги тукланиш
14	Пиёз қобиғининг ранги / Окраска покровных чешуй / Coloring coating glumes	Сифатий	Пиёзнинг энг устки қобиғининг ранги
15	Пиёз қобиғининг кўриниши / Консистенция оболочки / Consistency shell	Сифатий	Пиёз қобиғининг тури, кўриниши
16	Пиёз қобиғининг давомийлиги узунлиги / Продолженность оболочки луковички / Continued shell bulbs	Микдорий (double)	Пиёзнинг юқорисидан тана бўйлаб қопланган қобиқнинг узунлиги

Species	Height	Opush Tsvet	KolList	VolKrayList	OkaymList	KolSvetkov	Okraska Svetkov	OkaymPyatna	Opush Konchik	Dlina Tchinki	OpushNit Tichinki	SvetZvyazi	Opush ObolLuk	OkraskaPokr Chesh	Konsistsiya Obol	Prodolj ObolLuk
Tulipa korolkowii Regel	7,2	голый	3	волнистый	Нет	1	пестрый	черное	не опушен	0,8	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	6,1
Tulipa korolkowii Regel	7,6	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	0,95	голые	кремовый	голые	черно-коричневые	скорлуповидная	2,7
Tulipa korolkowii Regel	5,9	голый	3	курчавый	Нет	1	красный	черное	не опушен	0,9	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	2
Tulipa korolkowii Regel	5,6	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,1	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	1,9
Tulipa korolkowii Regel	6,8	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,1	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	3
Tulipa korolkowii Regel	7,3	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,1	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	2,2
Tulipa korolkowii Regel	6,8	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,2	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	1,9
Tulipa korolkowii Regel	5,5	голый	3	слабо волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,2	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	1,5
Tulipa korolkowii Regel	7,7	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	0,9	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	3,9
Tulipa korolkowii Regel	10,5	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	3
Tulipa korolkowii Regel	5,5	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	0,85	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	2,7
Tulipa korolkowii Regel	6,5	голый	3	волнистый	Нет	1	пестрый	черное	не опушен	0,9	голые	кремовый	голые	черно-коричневые	скорлуповидная	2,8
Tulipa korolkowii Regel	5,8	голый	3	волнистый	Нет	1	пестрый	черное	не опушен	1	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	3,5
Tulipa korolkowii Regel	6	голый	3	слабо волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,1	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	2
Tulipa korolkowii Regel	7,2	голый	3	курчавый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,1	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	3,2
Tulipa korolkowii Regel	6,5	голый	3	волнистый	Нет	1	пестрый	черное	не опушен	1	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	3
Tulipa korolkowii Regel	4,5	голый	3	волнистый	Нет	1	пестрый	черное	не опушен	0,9	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	2,5
Tulipa korolkowii Regel	4,2	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1	голые	кремовый	голые	черные	скорлуповидная	2,3
Tulipa korolkowii Regel	5,7	голый	3	волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,2	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	1,8
Tulipa korolkowii Regel	6,5	голый	3	слабо волнистый	Нет	1	красный	черное	не опушен	1,1	голые	кремовый	голые	темно-коричневые	скорлуповидная	6,8
Tulipa lehmanniana Mercklin	15,2	голый	4	курчавый	Нет	1	желтый	коричневый	не опушен	1,5	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	15,5
Tulipa lehmanniana Mercklin	17,5	голый	4	курчавый	Нет	1	желтый	темно-коричневый	не опушен	1,3	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	17,3
Tulipa lehmanniana Mercklin	11,2	голый	4	курчавый	Нет	1	желтый	нет	не опушен	1	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	19,5
Tulipa lehmanniana Mercklin	15,1	голый	4	курчавый	Нет	1	желтый	коричневый	не опушен	0,8	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	12,5
Tulipa lehmanniana Mercklin	17,2	голый	4	курчавый	Нет	1	оранживый	темно-коричневый	не опушен	1,4	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	14,2
Tulipa lehmanniana Mercklin	13,9	голый	4	курчавый	Нет	1	оранживый	темно-коричневый	не опушен	1	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	11
Tulipa lehmanniana Mercklin	12,3	голый	4	курчавый	Нет	1	оранживый	коричневый	не опушен	1,1	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	13,5
Tulipa lehmanniana Mercklin	17,2	голый	6	курчавый	Нет	1	оранживый	темно-коричневый	не опушен	0,9	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	15,2
Tulipa lehmanniana Mercklin	13,5	голый	4	курчавый	Нет	1	оранживый	темно-коричневый	не опушен	1	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	12,5
Tulipa lehmanniana Mercklin	19	голый	4	курчавый	Нет	1	оранживый	коричневый	не опушен	1,3	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	17
Tulipa lehmanniana Mercklin	12,5	голый	4	курчавый	Нет	1	оранживый	темно-коричневый	не опушен	1	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	13,5
Tulipa lehmanniana Mercklin	15	голый	4	курчавый	Нет	1	желтый	коричневый	не опушен	1	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	7,5
Tulipa lehmanniana Mercklin	20,2	голый	4	курчавый	Нет	1	желтый	коричневый	не опушен	1,2	голые	зеленый	опушены	черно-бурые	кожистая	7,3

## МУНДАРИЖА

ШАРТЛИ БЕЛГИЛАНИШЛАР .....	3
КИРИШ .....	4
I БОБ. МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТАҲЛИЛЛАШДА ОБЪЕКТЛАР ҲАҚИДАГИ АХБОРОТЛАРГА ИШЛОВ БЕРИШ ЁНДАШУВЛАРИ .....	10
1.1. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш тизимларини куришнинг назарий асослари .....	10
1.2. Қарор қабул қилишга кўмаклашишда норавшан тўпламли ёндашув .....	15
1.3. Предмет соҳа объектларининг турли типли белгилар фазосида ифодаланиши .....	22
1.4. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллашда тимсолларни аниқлаш масалалари, усуллари ва алгоритмлари.....	26
1.5. Қисмий прецедентликка асосланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари .....	32
1.6. Тимсолларни аниқлашда норавшан тўпламлар назариясига асосланган усуллар таҳлили .....	35
II БОБ. ҚИСМИЙ ПРЕЦЕДЕНТЛИККА АСОСЛАНГАН АЛГОРИТМЛАРДА ПАРАМЕТРЛАШТИРИШ МАСАЛАЛАРИ .....	42
2.1. Тимсолларни аниқлашда асосий тушунчалар ва белгиланишлар	42
2.2. Объектларни тавсифловчи турли типли белгилар фазосида элементар мантикий классификаторларни шакллантириш.....	49
2.3. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари тузилмавий босқичларини шакллантириш .....	53
2.4. Қисмий прецедентлик асосида белгилар қисм тўпламини шакллантириш алгоритмини ишлаб чиқиш .....	61
2.5. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларида ёи-бўсағалар қийматларини ҳисобловчи оптимал усулни аниқлаш алгоритми .....	65
2.6. Генетик алгоритм воситасида бўсағавий параметрларнинг қийматларини созлаш .....	70
III БОБ. ҚАРОР ҚАБУЛ ҚИЛИШГА КЎМАКЛАШУВЧИ МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТАҲЛИЛЛАШ УСУЛЛАРИ	76
3.1. Сушт тузилмали маълумотларни интеллектуал таҳлиллашда норавшан тўпламлар назарияси усул ва ёндашувларини кўллаш.....	76
3.1.1. Сушт тузилмали маълумотларни интеллектуал таҳлиллашнинг норавшан тўпламлар назарияси ёндашувли тамойиллари .....	76
3.1.2. Сушт тузилмали маълумотлар таснифи ва интеллектуал таҳлил модели учун информатив факторларни танлаш .....	81
3.2. Маълумотларни интеллектуал таҳлиллашда таснифлаш ва башоратлаш масалаларини ечиш алгоритмлари .....	85

3.2.1. Норавшан қоидалар базаси параметрларини созлаш ёндашувлари.....	85
3.2.2. Кўп мезонли қарор қабул қилиш стратегиясини қидириш алгоритми.....	89
<b>IV БОБ. ҚИСМИЙ ПРЕЦЕДЕНТЛИК АЛГОРИТМЛАРИДА НОРАВШАН ТЎПЛАМЛАР НАЗАРИЯСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ .....</b>	<b>92</b>
4.1. Белгиларда норавшан тўпламларнинг шаклланиши.....	92
4.2. Норавшан тўпламлар назарияси элементлари қўлланилган баҳоларни ҳисоблашга асосланган алгоритмларни ишлаб чиқиш.....	102
4.3. Объектлар ҳақидаги ахборотларнинг норавшанлик ҳолатида яқинлик функцияси параметрларининг мақбул қийматлари генетик алгоритм ёрдамида аниқлаш.....	107
<b>V БОБ. ТАСНИФЛАШ МАСАЛАЛАРИНИ ЕЧИШДА АНЪАНАВИЙ ВА НОРАВШАН-ТЎПЛАМЛИ ЁНДАШУВГА АСОСЛАНГАН ТИЗИМЛАР .....</b>	<b>115</b>
5.1. Таниб олувчи дастурий мажмуа тузилмаси, функционал имкониятлари ва график интерфейси.....	115
5.2. ПРАСК-2 модуллари.....	124
5.3. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларни модел масалаларда тестлаш.....	129
5.4. Кластеризация масалаларида баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари моделларининг қўлланилиши.....	134
5.5. Норавшан билимлар базаси ва норавшан хулосалаш тизимлари	136
5.6. Норавшан қоидалар базасини қуришга асосланган тизимни башоратлаш масалаларини ечишга қўлланилиши .....	148
<b>VI БОБ. ПРАСК-2М МАЖМУАСИДА АМАЛИЙ МАСАЛАЛАР УСТИДА ТАЖРИБАВИЙ ТАДҚИҚОТЛАР .....</b>	<b>154</b>
6.1. ПРАСК-2 да амалий масалаларни ечиш босқичлари.....	154
6.2. Белгилари турли ўлчамли ўқув танламалар сифатини баҳолаш масаласи .....	157
6.3. Билим олувчиларни таснифлаш масаласида баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларидан фойдаланиш .....	165
6.4. Tulipa туркуми турларини идентификациялаш масаласи.....	173
<b>ХУЛОСА.....</b>	<b>182</b>
<b>Фойдаланилган адабиётлар рўйхати .....</b>	<b>184</b>
<b>ИЛОВАЛАР .....</b>	<b>195</b>

КАМИЛОВ М.М.,  
БАБОМУРАДОВ О.Ж., ҲАМРОЕВ А.Ш.

**ҚИСМИЙ ПРЕЦЕДЕНТЛИК  
АЛГОРИТМЛАРИГА АСОСЛАНГАН  
МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ  
ТАҲЛИЛЛАШ ТИЗИМЛАРИ**

(Монография)



**Тошкент – «Aloqachi» – 2020**

Муҳаррир: Қ. Матқурбонов  
Тех. муҳаррир: А. Тоғаев  
Мусаввир: Б. Эсанов  
Мусахҳиҳа: Ф. Тагаева  
Компьютерда  
саҳифаловчи: Б. Бердимуродов

Нашр. лиц. ii № 176, 11.06. 2010.

Босишга рухсат этилди .

Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times Uz» гарнитураси.

Шартли босма табағи 13,0. Нашр босма табағи 12,5.

Адади 60. Буюртма №33 .

«Nihol print» ОК да чоп этилди.

Тошкент шаҳри, Мухтор Ашрафий кўчаси, 99./101.