

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

Қўлёзма ҳуқуқида

УДК – 004

МАМАЕВ ЭЛЁР ШАВКАТОВИЧ

Тиббиётдаги сушт шакланган масалалар учун норавшан таниб олиш алгоритм ва
дастурий таъминотни ишлаб чиқиш

5A330601 – Дастурий инжиниринг

Магистр
академик даражасини олиш учун ёзилган
диссертация

Илмий раҳбар:
Минглиқулов З.Б.

Тошкент - 2015

МУНДАРИЖА

Кириш.....	3
I боб. Тиббийётдаги суст шакллантирилган масалаларни ечишда норавшан тўпламли ёндашувдан фойдаланишнинг назарий асослари	9
1. Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимларини ташкил этишнинг назарий асослари.....	9
2. Тиббийётдаги суст шаклланган масалаларни норавшан тўпламли ёндашув орқали ечишнинг тизимли таҳлили	17
3. Тиббийётдаги суст шакллантирилган масалаларни ечиш стратегиясини куриш ва тадқиқот масаласининг қўйилиши	20
I боб бўйича хулосалар.....	26
II боб. Суст шаклланган объектнинг норавшан моделини куриш масаласи.....	27
1. Норавшан модел қоидалар базасини шакллантириш алгоритми	27
2. Генетик алгоритм асосида модел параметрларини созлаш.....	34
3. Комбинаторли оптималлаштириш масаласини хопфилд тўри ёрдамида ечиш.....	42
II боб бўйича хулосалар.....	47
III боб. Тиббийётдаги суст шаклланган масалаларни ечишга норавшан ёндашувни татбиқ этиш.....	48
1. Ишлаб чиқилган тизимни тиббийётдаги ташхислаш тест масалаларини ечишда қўллаш.....	48
2. Норавшан ахборот ҳолатида амалий ташхислаш масаласини ечиш.....	51
3. Хопфилд нейрон тўридан фойдаланган ҳолда оптималлаштириш масаласини ечиш.....	58
III боб бўйича хулосалар.....	64
Хулоса.....	65
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.....	66

Илова	70
--------------------	----

Кириш

Жорий ахборот ҳамда ташқи ва ички муҳит вазиятларининг аниқмаслиги (ноаниқлиги, ностохастиклиги, тўлиқмаслиги, норавшанлиги) билан тавсифланувчи мураккаб жараёнларга нисбатан оддий адекват математик моделларни қуришнинг имкони бўлмайди. Одатда бундай жараёнларнинг параметрлари тўғрисидаги ахборот экспертлар томонидан сўз ва гаплар кўринишида, яъни лингвистик шаклда ифодаланади. Бундай ҳолатларда юмшоқ ҳисоблаш технологиялари (Soft Computing) воситаларидан фойдаланиш билан моделлаштириш, қарор қабул қилиш ва бошқариш тизимларини татбиқ этиш мақсадга мувофиқдир. Мураккаб тизимлар катта миқдордаги кириш-чиқиш ва элементлари билан характерланади, элементлар ўртасидаги муносабатлар турли типли, чизиқсиз характерда бўлади. Тизимлар ҳақидаги ахборотнинг бир қисми сифат кўринишида бўлади. Тизимни фаолият олиб бориши учун инсон омили қатнашганлиги боис норавшанлик ва ноаниқлик ҳолатида амалга оширилади. Бундай ҳолларда тизимга таъсир ўтказувчи параметрларни тақсимлаш қонуниятини келтириб чиқариш қийинлашиб боради, баъзи ҳолларда, масалан, вақтга чеклови қатъий бўлганда қонуниятни ҳосил қилиб олиш мумкин бўлмай ҳам қолади. Вақт, материал ва ишчи ресурсларнинг чекланиши шароитида бундай тизим моделини анъанавий воситалар (математик статистика аппарат асосидаги эхтимолли ёндашув, иммитацион моделлаштириш) ёрдамида қуриш учун етарли ҳисобланмайди. Бундай масалалар таркиби йилдан йилга кенгайиб бормоқда, унга: ишлаб чиқариш тизимларини бошқариш, сигнал ва тимсолларни таниб олиш (аниқлаш), классификация ва башорат қилиш масалалари ва бошқа бир қатор масалаларни келтиришимиз мумкин.

Шунинг учун кейинги йилларда ахборотни интеллектуал қайта ишлаш усулларига илмий ва амалий қизиқиш ортиб бормоқда.

Ноаниқлик шароитларига боғлиқ ҳолда норавшан қоидалар хулосаларига асосланган норавшан моделларни ишлаб чиқиш муаммоси хавф-хатар бўйича қабул қилинаётган қарорларнинг турли хил муқобил вариантларини баҳолашда вужудга келади. Лекин шу нарсани таъкидлаб ўтиш керакки, ҳозирги вақтда норавшан мантиқий баҳолаш моделларини қуришнинг универсал усули мавжуд эмас. Норавшан мантиқнинг афзаллиги берилган объект таркиби тўғрисида “агар «киришлар», у ҳолда «чиқиш»” кўринишдаги эксперт билимларидан фойдаланиш имконияти мавжудлигидадир. Параметрлари тегишлилик функциялари билан берилган норавшан қоидалар хулосалари билан ифодаланувчи хавф-хатарни баҳолаш ва башоратлаш моделларини қуриш жараёнида коррект бўлмаган масалаларнинг тақрибий ечимини топиш муаммосига дуч келинмоқда. Ҳисоблаш техникасини ривожлантириш ва уни математик масалаларини ечишда қўллаш коррект бўлмаган масаланинг тақрибий ечимини қуриш мумкинлиги тўғрисидаги қарашларни ўзгартирди. Шунини таъкидлаш керакки, қарор қабул қилишни қўллаб қувватлаш тизимининг коррект бўлмаган масалаларини ечиш усуллари моделларнинг фақатгина қатор хусусий ҳоллари учун ишлаб чиқилган (масалан, классик мантиққа асосланган моделлар учун). Норавшан қоидалар хулосаларидан фойдаланган ҳолда хавф-хатарни баҳолаш ва башоратлаш масалаларини шакллантириш, кўп ҳолларда, уларни коррект бўлмаган масалалар кўринишида ифодалашга олиб келади.

Дунё миқёсида норавшан тўпламли назариянинг ривожланиши асосан Европа, Шарқий Осиё ва Шимолий Америка илмий марказларида жадал суръатлар билан амалга оширилмоқда. Бу тадқиқот соҳа бўйича Л.Заде, Р.Ягер, А.Коффман, Ж.Клира, Е.А.Мамдани, Терано, Сугено, Асаи, А.Н.Аверкин, А.Н.Борисов, Д.А.Поспелов, Р.А.Алиев, Т.Ф.Бекмуродов, Ф.Б.Абуталиев, М.О.Рахматуллаев, Д.Т.Мухамедиева каби бир қатор олимларнинг тадқиқот ишларини киритиш мумкин.

Тиббиётда таҳлил ва ташхислаш масалаларида касаллик ҳақидаги бир қатор параметрлар норавшанлик билан берилиш ҳолатларини назарда

тутадиган бўлсак, тиббиётдаги аксарият масалаларни сушт шаклланган объектлар, жараёнлар сирасига қўшиш мумкин. Одатда анъанавий математик моделлаштириш усуллари имкониятларининг челанганлиги туфайли сушт шаклланган масалаларни ҳал қилишда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш технологиялари қўлланилади.

Норавшан мантиқнинг афзаллиги объект ҳақидаги лингвистик фикрлар кўринишидаги эксперт билимлардан фойдаланиш имкониятининг мавжудлиги ҳисобланади. Бу эса сушт шаклланган масалаларни ечишда норавшан таниб олиш алгоритм ва дастурий таъминотни ишлаб чиқиш масаласининг долзарблигини асослаб беради.

Тадқиқот мақсади. Тиббиётда мавжуд сушт шаклланган масалалар, жумладан ташхислаш масаласини ечиш учун норавшан тўпламли ёндашув асосида алгоритмик-дастурий таъминотини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот вазифалари. Диссертация ишида тадқиқот мақсадини амалга оширилиши учун қуйидаги вазифалар қўйилди ва амалга оширилди:

- Табиий жараён тизимларини лойиҳалаш борасида олиб борилган тадқиқотларнинг ҳолатларини ўрганиб чиқиш ҳамда тизимли таҳлилин амалга ошириш;
- Норавшанлик ҳолатларида сушт шаклланган масалаларни ечиш услубларини ишлаб чиқишнинг назарий-услубий жиҳатларини тадқиқ қилиш;
- Тиббиётдаги сушт шаклланган масалалар учун норавшан таниб олиш тизимини қуришда зарур қоидалар базасини шакллантириш усулини ишлаб чиқиш;
- Тиббий ташхислаш масалаларини ечиш тизимларида норавшан тизимни қуриш ва норавшан қоидалар базаси параметрларини созлаш усулларини ишлаб чиқиш;
- Ишлаб чиқилган тизим, алгоритмик-дастурий воситалар асосида тиббиётдаги тест ва амалий масалаларни ечишда экспериментал тадқиқотлар ўтказиш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Номаълумлик шароитида тиббий ташхислаш тизими **тадқиқот предмети** ҳисобланади. Номаълумлик шароитида ташхислаш масалаларини ечишда қарор қабул қилишга кўмаклашувчи норавшан ёндашувли моделлар ва норавшан моделлар параметрларини созлаш алгоритмлари **тадқиқот объекти** ҳисобланади.

Тадқиқот услуби. Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш усуллари, норавшан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланиш, норавшан модел параметрларини созлаш ҳамда ташхислашнинг норавшан усуллари.

Тадқиқот гипотезаси. Норавшан ёндашув асосида тиббиётдаги сушт шаклланган масалаларнинг ечилиши натижасидан сушт тизимлаштирилган бошқа турли масалаларни ечиш учун дастурий воситадан фойдаланиш имкониятини яратади.

Тадқиқот ишининг янгилиги. Тиббиётдаги сушт шаклланган масалаларни норавшан ёндашувли алгоритмик-дастурий таъминотининг яратилиши.

Тадқиқот ишининг илмий аҳамияти. Таклиф этилаётган норавшан ёндашувли тизим ташхислаш масалаларида қарор қабул қилиш усул, модел ва алгоритмлари, норавшан моделлар параметрларини созлаш усуллари маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимларини қуриш назарияси ривожланишига хизмат қилди.

Тадқиқот ишининг апробацияси. Тадқиқот ишлари натижалари “Инфокоммуникацион технологиялар” Республика илмий–техник конференцияси (Тошкент-2010) илмий анжуманида муҳокамадан ўтказилди ва натижалар кўллаб қувватланди.

Ишнинг тузилиши ва қисқача мазмуни: Диссертация иши Кириш, 3 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ҳамда иловадан иборат. Ишнинг асосий матни ----- бетдан иборат.

Биринчи бобда маълумотларни интеллектуал таҳлили тизимларини ишлаб чиқиш, тиббиётдаги ташхислаш масалаларини ечишнинг асосий

жихатлари, ташхислаш масаласини ечиш учун норавшан тўпламли назария аппаратларидан фойдаланиш борасида қилинган ишлар таҳлили келтирилган. Шулардан келиб чиқиб, диссертация ишининг асосий мақсади, йўналиши ва масаларини ифодаловчи ишланмалар баён этилган.

Иккинчи бобда норавшан-тўпламли ёндашув асосида норавшан қоидалар базасини лойиҳалаш ва ушбу жараёнда параметрик идентификация моделини қуриш усуллари таклиф этилган. Унда норавшан модел параметрларини генетик алгоритм ва хопфилд нейрон тўри ёрдамида созлаш усуллари келтирилган. Норавшан модел параметрларини созлаш орқали қўйилган масалани ечишда бирмунча самарадорликка эришилади, яъни ечилаётган масала ечимидаги аниқлик сезиларли тарзда ошади. Иккинчи бобда асосан норавшан қоидалар базасини қуриш алгоритми ва модел параметрларини созлаш усуллари баён этилган.

Учунчи бобда тиббийётдаги сушт шаклланган масалаларни ечишда норавшан тўпламли ёндашувларга асосланган тизимларни қуриш ишланмалари келтирилган. Ишлаб чиқилган алгоритмик-дастурий воситаларни тиббийётдаги бир қатор тест ва амалий масалаларни ечишда жорий қилиб, экспериментал тадқиқотлар ўтказилди ва олинган натижалар таҳлили кўриб ўтилган.

I бoб. ТИББИЙЁТДАГИ СУСТ ШАКЛЛАНТИРИЛГАН МАСАЛАЛАРНИ ЕЧИШДА НОРАВШАН ТЎПЛАМЛИ ЁНДАШУВДАН ФОЙДАЛАНИШНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

1. Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимларини ташқил этишнинг назарий асослари

Бугунги кунда сунъий тафаккур тизимлари ахборот технологияларида мутахассис бўлмаган фойдаланувчига интеллектуал (қийин шаклланивчи, эвристик) масалаларни компьютер билан чекланган табиий тилда мулоқот қилиши оқибатида қўйиш ва ечиш имкониятини яратади.

Сунъий тафаккур объектларни бирлаштирувчи тизимлар сунъий тафаккур тизимлари (СТТ) ёки тафаккурий тизимлари (ТТ) 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, Глушков В.М., Г.С.Поспелов, Д.А.Поспелов ва бошқа бир қатор олимларининг ҳиссаси катта.

Қаралаётган масалалар синфига тегишлиларнинг асосий белгилари – уларнинг қийин ёки умуман шакллантиришнинг мумкин эмаслигида. ушбу ҳолатда детерминанлашган алгоритм усуллари билан бир қаторда эвристик усуллар, шу билан бирга эксперт билимлари ва малакалари асосида ушбу масалаларни ечиш 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 тафаккурий тизимлари вакили “Эксперт тизимлари” ҳисобланади.

СТТ мўлжалланганлигига қараб қуйидаги асосий типларга ажратилади:

- а) табиий тилда мулоқотга асосланган тизимлар (ЕЯ-тизимлари);
- б) тиббиётдаги суғ шаклланган масалаларни ечиш учун мўлжалланган ташхислаш тизимлари;
- в) датчиклардан турли кўринишдаги физик объектлардан келатган сигналлар ахборотни қабул қилиш, таниб олиш ва қайта ишлаш тизими;
- г) атроф муҳитни компьютерли моделлаштириш ва ушбу моделлардан қарор қабул қилиш учун ишлатишнинг “Виртуал реаллик” интеллектуал тизимлари;
- д) 5 – авлод ва ундан кейинги ЭҲМлар 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) табиий-физик интеллектуал интерфейслар тизими (а, б, в, г типларини);
- 2) компьютер интеллектуал тизимлари (д,е типлари);
- 3) интеграл робот тизимлари (ж,з типлари);
- 4) билимлар муҳандислиги тизимлари (и,к,л,м,н типлари)- Cognitive Science Systems.

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

АТни интеллектуаллаштиришнинг мақсади уларнинг хусусиятларини ЭХМда ифодалаш ва формал бўлмаган билимларни қайта ишлашдан иборат. Суст шакллантирилган, формал бўлмаган масалалар деганда одатда катъий математик воситалар билан ифодалана олинмайдиган масалаларни тушунамиз.

Эволюцион моделлаштириш ва дастурлаш (Evolution Modelling and Programming), нейрон тўрли моделлаштириш, ҳисоблаш (Neural Network Modelling and Computing) ва генетик алгоритмлар (Genetic algorithms) номини олган синфни ҳосил қилишади [20,34,36].

Генетик алгоритм мураккаб комбинаторик масалаларни, шу жумладан оптимал қийматни аниқлаш, вақт оралиғида ўзгарувчан тақсимланган топологик тизимларни қуришда кенг қўлланилади. Одатда тиббий таххислаш масалаларини ечишда юмшоқ ҳисоблаш усулларида кенг фойдаланилади.

Анъанавий технологиялардан юмшоқ ҳисоблаш технологияларининг асосий фарқ қиладиган жиҳатларида фойдаланиш учун норавшан ва ноаниқликлар қатнашган ҳолатлар билан иш самарасини йўқотмаслик орқали эришишида. Ушбу технологиянинг асосий тамоили қисман ноаниқлик, норавшанлик ҳамда ҳаққонийликнинг камроқ миқдорида маълум чегарадаги ҳаққонийлик, ифодаланишга (маълум белгили ва лингвистик кўринишда), ишчанлик қобилияти (катъийлик, 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 ҳолатларга эга.

“Юмшоқ ҳисоблашлар” технологияси Computational Intelligence тушунчаларини бирлаштирган “Интеллектуал ҳисоблаш технологиялари” соҳасининг назарий асоси бўлиб хизмат қилди [22,35]. Бу ҳолатда интеллектуаллик тушунчаси асосида ҳулосалаш қоидасини генерациялаш ва ахборотни умумлаштириш имконини берадиган ўқитиш жараёнида ҳосил қилинган билимларни келтириш мумкин.

Интеллектуал ҳисоблаш технологияларининг амалий қўлланиши истиқболларига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- Сушт тизимлаштирилган қарорларни қабул қилиш тизимига эга ахборот-таҳлилий тизимлар.
- Ноаниқлик шароитида мониторинг, ташхислаш, ўқитиш ва бошқариш тизимлари [32,33,34].

Маълумотларнинг интеллектуал таҳлили (МИТ) – маълумотлар омборида билимларни қидириш ва ҳосил қилиш. МИТ, маълумотларнинг тезкор таҳлили (OLAP) ва маълумотлар омбори интеллектуал АТ бизнеси асосини ташкил этади – Business Intelligence [25,24].

- Интеллектуал объект ва синфлар мажмуаси сифатида келадиган ахборот жараёнлари ва тизимларини ифодалаш ва фаоллаштиришга асосланган моделлаштиришнинг, таҳлилнинг, лойиҳалашнинг ва дастурлашнинг объектга йўналтирилган технологиялари.

Мазкур тадқиқот ишида Л.Заде ёндашувига асосланган норавшанликларни мантиқий лингвистик формаллаштиришга таянади, улар қуйидагилардан иборат. Норавшан қисм тўплам умумий тегишлилик тушунчасини киритиш орқали ҳосил қилинади, яъни икки элементли $\{0,1\}$ характерга эга бўлган функцияни континуумга $[0,1]$ кенгайтирилади. Бу тўлиқ тегишлиликдан сакраб ўтиш эмас, балки текис, босқичма-босқич ўтишни назарда тутаяди, тегишлилик $[0,1]$ оралиқдаги сонлар билан ифодаланади.

1-таъриф. $\tilde{A} = (\mathcal{X}, \mu_{\tilde{A}}(x))$ норавшан тўплам математик тартибланган жуфтлик X универсал тўпламнинг x элементида ва мос равишдаги $\mu_{\tilde{A}}(x)$ тегишлилик функцияси ёки бевосита $\mu_{\tilde{A}}(x) : X \in [0,1]$ функцияси кўринишида (тегишлилик функцияси норавшан қисм тўпламни йўқотувчи бўлгани учун) аниқланади. Норавшан \tilde{A} қисм тўпламнинг X универсал тўплами деб $\mu_{\tilde{A}}$ тегишлилик функцияси билан аниқланувчи соҳага айтилади.

Норавшан тўпламлар назариясида $\frac{\mu_{\tilde{A}}(x_j)}{x_j}$ - белгилашни « x_j - \tilde{A} тўпламга $\mu_{\tilde{A}}(x_j)$ тегишлилик даражаси билан тегишли». Норавшан қисм тўпламнинг ўзи қуйидаги кўринишда берилган:

$$\tilde{A} = \bigcup_{j=1}^n \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_j)}{x_j}.$$

Бу ерда бирлаштириш белгиси $\frac{\mu_{\tilde{A}}(x_j)}{x_j}$ элементларини бирлаштириш учун фойдаланилган. Бундан кейин адабиётларда қабул қилинган “норавшан қисм тўплам” атамаси ўрнига “норавшан тўплам” (НТ) атамасидан фойдаланамиз.

2-таъриф. X ва Y тўпламлар ўртасидаги R норавшан муносабатлар деб $\mu_R : X \times Y \rightarrow [0,1]$ тегишлилик функцияси билан характерланувчи $X \times Y$ декарт кўпайтма қисм тўпламига айтилади.

$\mu_R(x, y)$ функция қиймати субъектив ўлчам ёки x ва y элементлар ўртасидаги R муносабатнинг бажарилиши даражаси сифатида тушунилади. Кейинги ишлатиладиган муносабат ёзувларида $R(x, y)$ ёзуви билан бир қаторда $\mu_R(x, y)$ ни ҳам ишлатамиз. Агар X ва Y тўплам тугалланган бўлса, X ва Y лар ўртасидаги R норавшан муносабатни X ва Y тўпламлари элементларига мос равишда сатрлар ва устунларнинг мос муносабатлар матрицаси кўринишда акс эттирилади, x сатр ва y устунларнинг кесишмасига $R(x, y)$ элемент жойлаштирилади. X ва Y тўплам мос тушиб қолган ҳолати учун $\mu_R : X \times X \rightarrow [0,1]$ норавшан муносабат X тўпламдаги норавшан муносабат деб юритилади.

Тегишлилик функцияси 0 ва 1 қийматнигина қабул қиладиган оддий муносабатни норавшан муносабатнинг хусусий ҳоли сифатида қараш ўринли. Бу ерда оддий ва норавшан муносабатларнинг турличалигини акс эттирувчи мисол келтириш ўринли. Бунинг учун икки “ўхшаш” муносабатни $[0,1]$ ораликда қараш маъқул, шу қаторда таъкидлаш лозимки уларнинг бири

оддий (аниқ), иккинчиси эса норавшан. Оддий муносабат учун $R (\geq)$ (“катта ёки тенг”) муносабатини, норавшан муносабат учун эса $\tilde{R} (>>)$ (“кўп катта”) муносабатни олиш оламиз.

Норавшан муносабатларни аниқлашдан ташқари бундан кейин ишлатиладиган баъзи амалларни аниқлашни киритамиз.

3-таъриф. $X \times Y$ да аниқланган \tilde{R} ва \tilde{S} норавшан муносабатлар бирлашмаси деб $X \times Y$ да аниқланувчи $\tilde{R} \cup \tilde{S}$ кўринишдаги норавшан муносабатга айтилади ва у қуйидаги кўринишдаги тегишлилик функцияси кўринишда аниқланади:

$$\mu_{\tilde{R} \cup \tilde{S}}(x, y) = \max(\mu_{\tilde{R}}(x, y), \mu_{\tilde{S}}(x, y)), \quad \forall x, y \in X.$$

4-таъриф. $X \times Y$ да аниқланган \tilde{R} ва \tilde{S} норавшан муносабатлар бирлашмаси деб $X \times Y$ да аниқланувчи $\tilde{R} \cap \tilde{S}$ кўринишдаги норавшан муносабатга айтилади ва у қуйидаги кўринишдаги тегишлилик функцияси кўринишда аниқланади:

$$\mu_{\tilde{R} \cap \tilde{S}}(x, y) = \min(\mu_{\tilde{R}}(x, y), \mu_{\tilde{S}}(x, y)), \quad \forall x, y \in X.$$

5-таъриф. \tilde{R} норавшан муносабатга қўшимчани $\bar{\tilde{R}}$ кўринишда белгиланади ва қуйидаги кўринишдаги тегишлилик функцияси норавшан муносабати билан аталади:

$$\mu_{\bar{\tilde{R}}}(x, y) = 1 - \mu_{\tilde{R}}(x, y), \quad \forall x, y \in X$$

6-таъриф. \tilde{R} норавшан муносабатга тескариси сифатида \tilde{R}^{-1} олинади ва қуйидаги кўринишдаги тегишлилик функцияси норавшан муносабати билан аталади:

$$\mu_{\tilde{R}^{-1}}(x, y) = \mu_{\tilde{R}}(y, x), \quad \forall x, y \in X$$

7-таъриф. $X \times Y$ ва $Y \times Z$ да аниқланган \tilde{R} ва \tilde{S} норавшан муносабатининг максимин композицияси деб $Y \times Z$ да аниқланган $\tilde{Q} = \tilde{R} \circ \tilde{S}$ норавшан муносабатининг қуйидаги кўринишдаги тегишлилик функциясига айтилади:

$$\mu_{\tilde{Q}}(x, z) = \max_{y \in Y} \min(\mu_{\tilde{R}}(x, y), \mu_{\tilde{S}}(y, z)), \quad \forall x \in X, y \in Y, z \in Z.$$

Норавшан тўплам назариясининг асосий элементларидан тадқиқ қилинаётган объектнинг хусусиятларини формаллаштирилмаган тилдаги муносабат билдиришлар орқали ифодаланишида вужудга келувчи норавшан ва лингвистик ўзгарувчилар ҳисобланади.

Л.А.Заде [6] норавшан ҳол учун оддий ўзгарувчи тушунчасини умумлаштирди ва норавшан ўзгарувчилар қиймати бўлган лингвистик ўзгарувчиларни аниқлаб берди.

Оддий ўзгарувчини u (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 лойиҳанинг “Юқори даражадаги таваккал”ни англатса, u U сифатида $[0; 100]$ оралиқ олиниши мумкин, C эса ушбу оралиқнинг қисм тўплами бўлиши мумкин [13,34].

Норавшан ўзгарувчи ($X, U, M(x)$) жамланма билан характерланади, бу ерда X – ўзгарувчи номи, U – универсал тўплам, аммо бу ерда оддий ўзгарувчи ўрнида $M(X) = \bigcup_{u \in U} \frac{\mu_{M(X)}(u)}{u}$ кўринишдаги U норавшан қисм тўплам, u 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 эттирилса, бошқа томондан бу ифодани юқорида аналитик ифодада келтирилган фикрдаги норавшан ўзгарувчи номи сифатида қараш мумкин. Норавшан тўпламлар назариясида ўзгарувчи лингвистик

Ўзгарувчи ҳисобланади, у (X, T, U, G, M) жамланма билан характерланади, бу ерда X – лингвистик терм номи, E – қийматлар ёки термлар тўплами (бунда уларнинг ҳар бир $(T_i, U, M(T_i))$) норавадан ўзгарувчи ҳисобланади, уларни яна асосий терм-тўплам ҳам дейилади, U - универсал тўплам, T тўпламда лингвистик ўзгарувчи қийматини аниқловчи G – синтактик қоида, $M - T_x$ янги термга бириктириш имконини берувчи $M(T_x)$ мазмуни.

2. Тиббиётдаги сушт шаклланган масалаларни норавшан тўпламли ёндашув орқали ечишнинг тизимли таҳлили

Сушт шаклланган масала учун норавшан модел $IF X THEN Y$ қоидалар мажмуаси кўринишида келтирилади. Қоиданинг биринчи элементи қоида шартларини акс эттиради ва кўйидаги кўринишга эга бўлади: $IF (X \text{ бу } A^k)$, бу ерда $X = [x_1, \dots, x_n]^T$ - ўзгарувчи шартлар вектори, A^k - X норавшан қийматни тавсифловчи кўп ўлчамли тегишлилик функцияли норавшан тўплам X , k - қоида тартиби.

Иккинчи элемент хулоса, натижаларни акс эттиради, яъни хулосалаш қоидаси. Сугено типдаги қоидаларда хулосалашлар ўзида қоидалар шартида бўлган кирувчи ўзгарувчилар функциясини ифодалайди. Шунинг учун хулосалар қоидалари $THEN (Y = y_k)$ кўринишда ифодаланаяди, бунда $y_k = f(x)$. Бу ерда $f(x)$ - бу k -қоидада мавжуд бўлган функция, y_k эса сонли қийматлар, яъни тадқиқ қилинаётган объектнинг қиймати. Кўрсатилган икки элементнинг кўшилишидан $R^{(k)}$ хулосалар қоидалари тўплами шаклланган

$$R^{(k)}: IF (x \text{ бу } A^k) THEN y = f(x), \quad k = \overline{1, N}, \quad (1.2.1)$$

Сушт шаклланган масалани ечиш учун норавшан хулосалаш тизими (НХТ) асосини ташкил этувчи (1.2.1) қоидалар тўпамини, қоидалар базасини ҳосил қилади.

N қоидалари сонидан ошиб кетувчи X нинг кирувчи ўзгарувчиларининг катта ҳажмлилигида НХТ икки босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичнинг биринчи қадамида кластеризация амалга оширилади, кирувчи маълумотларни N та кластерга ажратилади, уларнинг ҳар-бири НХТнинг қоидаларидан биттаси сифатида келади. Бу масала субтрактив кластеризациянинг тоғли усулида амалга оширилади. Натижада кластер марказлари ҳисобланади, у НХТ қоидасининг A^k норавшан қийматини акс эттиради. Ушбу босқичнинг иккинчи қадамида шаклланган кластерлар

соҳаларига ўқитиш маълумотларини бўлишни амалга оширувчи нейрон тўри синтезланади (ўқитилади). Бу қадамда киришга ҳеч қайси синфга тегишли бўлмаган нукта координаталари тушиб қолганда қандай реакция бериши, тўрнинг қанчалик коррект ўқитилганлиги текширилади. Бундай ҳолатда тўр чиқишлари $[0,1]$ ораликда қиймат қабул қилади ва нуктанинг ҳар қайси синфга (кирувчи сигналлар) $\mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)$ “тегишлилик функцияси” сифатида интерпретацияланади:

$$\sum_{k=1}^N \mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) = 1,$$

бунда

$$\mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) = \frac{\mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)}{\sum_{k=1}^N \mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)}.$$

Шу қаторда априор аниқланган норавшан тўпламлар кирувчи вектори тегишлилик функциясини ҳисобга олувчи ҳулосалаш тизими қурилган.

Чиқиш суммаси ҳулосалаш қондаси миқдорий қийматини аниқлайди, у қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$\bar{y} = \sum_{k=1}^N \mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n),$$

унда $\mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)$ кирувчи маълумотнинг мос норавшан тўпламга (синфга) тегишлилиги сифатида интерпретацияланади. Натижада биз “*center average defuzzification*” дефаззификация усулига мос келувчи ва қабул қилинган ҳулосалаш усулидн келиб чиққан ҳолда қуйидаги ифодани оламиз:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^N \mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)}{\sum_{k=1}^N \mu_{A^k}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)}.$$

Иккинчи босқичда НХТни амалга оширувчи нейрон тўр синтезланади, яъни A^k кирувчи ўзгарувчининг жорий қийматларида тадқиқ қилинаётган жараёнларнинг башорат қийматини чиқаради. НХТнинг фаолият

кўрсатишини қуйидагича айтиш мумкин: агар комбинацияланган кирувчи маълумотлар нейрон тўр ёрдамида, масалан, m синфга ўтказилган бўлса, яъни

$$\mu_{A^k} = \begin{cases} 1, & k = m \text{ учун,} \\ 0, & k \neq m \text{ учун} \end{cases}$$

у ҳолда ушбу ҳолатни m – шарт бажарилган деб қабул қилса бўлади. Ушбу (A^k) шарт қийматини ҳулосани $f^{(n)}$ функция кўринишида амалга оширувчи нейрон тўр киришига қўйиш лозим

$$\bar{y} = f^{(n)}(x_1, \dots, x_n).$$

Умумий кўринишда норавшан ташхис қилиш модели кирувчи ва чиқувчи параметрларини баҳолаш учун терм сифатида кванторлардан фойдаланамиз.

Ушбу таклиф этилаётган модел асосида сушт шакллантирилган масалаларни моделлаштириш имкониятлари вужудга келади. Тадқиқот ишимизнинг кейинги босқичларида айнан тиббиётдаги сушт шакллантирилган масалаларни моделлаштириш, ечиш кўриб ўтилади.

3. Тиббиётдаги суст шакллантирилган масалаларни ечиш стратегиясини қуриш ва тадқиқот масаласининг қўйилиши

Ахборотлар норавшанлик хусусиятига эга бўлган шароитларда S муҳит ҳолатлари бўйича “норавшан” билимларга эга бўлган ҳолат билан характерланади. Шу билан бирга Y - бошқарув идораси Φ тўплам ўзининг φ_k қарорларини ва $F = \{f_{jk}\}_{j,k=1}^{n,m}$ баҳолаш функционали қиймати, мумкин бўлган θ_j ҳолатларнинг Θ тўлиқ тўпламини аниқлайди.

$\{\Phi, A_0, F\}$ ҚҚҚ ҳолатида $\varphi_{k_0} \in \Phi$ оптимал қарорни аниқ муҳитда ҚҚҚ биринчи ахборот ҳолати бўйича мезонларни умумлаштириш орқали топиш масаласи шакллантирилди, булар: байес, баҳолаш функционали қийматларини максимум эҳтимолликда тарқатиш, баҳолаш функционалининг минимал дисперсия қиймати ва модал мезонлар.

Норавшан тўплам хусусиятлари ва аниқланишлари асосида S муҳитнинг ҳолатларини норавшан берилишининг асосий усулларини қараб ўтамиз.

1 Норавшан тўпламлар таърифлари ва амаллари. X элементли A норавшан тўплам $x \in X$ элементлари $[0,1]$ ораликда $\mu_A(x)$ акслантиришни берилиши орқали аниқланади. Шу қаторда A норавшан тўпламга тегишли x элементнинг $\mu_A(x)$ тегишлилик функцияси дейилади, у $\{x \in A\}$ воқеанинг ҳаққонийлик даражасини характерлайди, бу ҳолатда A тўплам қуйидаги кўринишда ёзилади

$$A = \{x, \mu_A(x)\}_{x \in X}.$$

$\mu_A(x)$ тегишлилик функцияси классик тўпламлар назариясида фақатгина 0 ёки 1 қийматни қабул қилади ва ушбу тўпламни аниқлб беради.

Норавшан тўпламлар билан асосий амалларни келтириб ўтамиз (барча $x \in X$ лар учун қаралади).

1. Эквивалентлик $A \approx B \Leftrightarrow \mu_A(x) \equiv \mu_B(x)$.

2. Кириштиш $A \subset B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$.
3. Тўлдириш $\bar{A} \Leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$.
4. Бирлаштириш $A \cup B \Leftrightarrow \mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$.
5. Кесиштиш $A \cap B \Leftrightarrow \mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$.
6. Кўпайтма $A \cdot B \Leftrightarrow \mu_{A \cdot B}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x)$.
7. Сумма $A+B \Leftrightarrow \mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x)$.
8. Ани $\alpha \in [0, 1]: \alpha \Leftrightarrow \mu_{\alpha A}(x) = \alpha(\mu_A(x))$ га кўпайтириш.
9. Ани даражага кўтариш $\alpha > 0: A^\alpha \Leftrightarrow \mu_{A^\alpha}(x) = (\mu_A(x))^\alpha$.
10. Концентирлаш $\text{CON}(A) = A^2$.
11. Чўзиш $\text{DIL}(A) = A^{0.5}$.
12. Контраст интенсифлаштириш

$$\text{INT}(A) = \begin{cases} 2A^2 & 0 \leq \mu_A(x) \leq 0,5 \text{ да,} \\ 2(\bar{A})^2 & 0,5 \leq \mu_A(x) \leq 1 \text{ да.} \end{cases}$$

А норавадан тўпلام қуйидаги кўринишда бўлса субнормал (нормал) дейилади

$$\max_{x \in X} \mu_A(x) < 1 \quad (\min_{x \in X} \mu_A(x) = 0).$$

А норавадан тўпلام $A(\alpha)$ даража тўплари $A(\alpha) = \{x \in X : \mu_A(x) \leq \alpha\}$, кўринишдаги аниқ тўпلام, шу қаторда $A(\alpha)$ $\alpha \in [0, 1]$ бўйича монотон, яъни $\alpha_1 \geq \alpha_2 \Rightarrow A(\alpha_1) \subset A(\alpha_2)$. А норавадан тўпلام қуйидаги кўринишдаги ўзининг $A(\alpha)$ даражали тўпلامлари билан аниқланади

$$A = \sum_{\alpha} \alpha A(\alpha),$$

унда \sum_{α} норавадан тўпلامда сумма амалининг бажарилиши сифатида тушунилади; $\alpha A(\alpha)$ – субнормал аниқ тўпلام, унинг учун $\mu_{\alpha A(\alpha)}(x) = \alpha \mu_{A(\alpha)}(x), \forall x \in X$, у қуйидагига эквивалент

$$\mu_{\alpha A(\alpha)}(x) = \begin{cases} \alpha, & x \in A(\alpha) \text{ учун,} \\ 0, & x \notin A(\alpha) \text{ учун.} \end{cases}$$

2 Норовшан ходисаларнинг эҳтимоллик ўлчамлари.

$\{R^n, \sigma, P\}$ – эҳтимоллик фазоси бўлсин, унда R – n ўлчамли ашёвий векторлари фазоси; σ – R^n даги борел тўплами майдони (σ – алгебра); P – R^n даги эҳтимоллик ўлчами.

А R^n даги норовшан тасоддий ходиса норовшан тўпланинг ўзи, унинг $\mu_A(x) \in \{R^n \rightarrow [0, 1]\}$ тегишлилик функцияси Борел бўйича $x \in X$ да ўлчана олади $x \in X$. А норовшан тасоддий ходиса эҳтимоллигининг математик кутилмаси μ_A тегишлилик функциясига тенг ва Лебега – Стильтьес бўйича куйидаги кўринишда аниқланади

$$P[A] = \int_{R^n} \mu_A(x) dP(x) = M[\mu_A].$$

Юқоридаги келтирилган асосий амалларни норовшан тасоддий ходисаларга қўллаган ҳалда куйидаги кўринишдаги норовшан тасоддий ходиса хусусиятларини оламиз:

$$A \subset B \Rightarrow P(A) \leq P(B), \quad \bar{A} \Rightarrow P(\bar{A}) = 1 - P(A), \quad P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B), \\ P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A \cdot B),$$

$$P\left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) = \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{\substack{i,j \\ i \neq j}} P(A_i \cap A_j) + \sum_{\substack{i,j,l \\ i \neq j \neq l}} P(A_i \cap A_j \cap A_l) + \dots + (-1)^{n-1} P\left(\bigcap_{i=1}^n A_i\right)$$

$$P(A_1 + \dots + A_n) = \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{\substack{i,j \\ i \neq j}} P(A_i \cdot A_j) + \sum_{\substack{i,j,l \\ i \neq j \neq l}} P(A_i \cdot A_j \cdot A_l) + \dots + (-1)^{n-1} P(A_1 \dots A_n).$$

А ва В $\{R^n, \sigma, P\}$ даги иккита норовшан ходиса, у ҳолда А ва В – агар $P(A \cdot B) = P(A)P(B)$ бўлса, мустақил норовшан ходиса. А норовшан ходисасининг шартли эҳтимоллиги Байес формуласи аналоги билан ҳисобланади $P(A|B) = P(A \cdot B) / (P(B))$, $P(B) > 0$ шартда. А ва В мустақил норовшан ходисада $P(A|B) = P(A)$ ни оламиз.

А ва В норовшан ходисаларнинг тўлдириш, бирлаштириш, кесишиш, суммаси ва кўпайтмасида $1 - \mu_A$, $\max\{\mu_A, \mu_B\}$, $\min\{\mu_A, \mu_B\}$, $\mu_A + \mu_B$, $\mu_A \cdot \mu_B$ дан фойдаланади, улар Борел бўйича ўлчаниши мумкин, агар $\mu_A(x)$ ва $\mu_B(x)$ ўлчаниб топилса, у ҳолда норовшан ходисалар тўлдириш

ва кесишмаси σ – борел алгебрасини ҳосил қилади. $\{R^n, \sigma, P\}$ эҳтимоллик фазосига индуцирлашган норавшан эҳтимоллик фазосини топиш имкониятини туғдиради.

Бу тасоддий норавшан ходисанинг математик кутилмаси, дисперсияси, бошланғич ва марказий моментлар каби характеристикаларини аниқлаш имконини беради.

$$M[A] = \frac{1}{P(A)} \int_{R^n} x \mu_A(x) dP(x), \quad \sigma^2[A] = \frac{1}{P(A)} \int_{R^n} [x - M[A]]^2 \mu_A(x) dP(x),$$

$$m_\nu[A] = \frac{1}{P(A)} \int_{R^n} x^\nu \mu_A(x) dP(x), \quad M_\nu[A] = \frac{1}{P(A)} \int_{R^n} [x - M[A]]^\nu \mu_A(x) dP(x).$$

Дискрет норавшан тўпламлар ва тасоддий ходисаларда тегишлилик функцияси фақатгина X ёки R^n дискрет элементларидан берилади, интегрални эса мос сумма билан алмаштирилади.

3 Тартибнинг норавшан муносабатлари. x ва y ихтиёрий табиатли X ва Y - тўплам элементи бўлсин (масалан, X ва Y R^n га тегишли). S норавшан бинар муносабат $S = \{((x, y), \mu_S(x, y))\}$ норавшан тўплам кўринишида аниқланган бўлсин, у ерда $(x, y) \in X \times Y$. n -жуфтли муносабат аналогик кўринишда аниқланади $S = \{((x_1, \dots, x_n), \mu_S(x_1, \dots, x_n))\}$, у ерда $(x_1, \dots, x_n) \in X_1 \times \dots \times X_n$. $\mu_S(x, y)$ S муносабатнинг x ва y ўртасидаги даража сифатида қаралади.

Норавшан муносабат норавшан муносабат тўплами сифатида қаралганидек, норавшан муносабатлар устида амаллар ҳам норавшан тўпламлардаги сингари амалга оширилади.

S_1, S_2 норавшан бинар муносабатлар композицияси (max – min композицияси) деб $S_1 \circ S_2$ норавшан муносабатга айтилади, ($x \in X, z \in Z$ учун) тегишлилик функцияси қуйидаги кўринишда аниқланади

$$\mu_{S_1 \circ S_2}(x, z) = \min_{y \in Y} \max[\mu_{S_1}(x, y), \mu_{S_2}(y, z)].$$

Норавшан муносабатлар композицияси қуйидаги хусусиятларга эга:

- 1) $S_1 \circ (S_2 \circ S_3) = (S_1 \circ S_2) \circ S_3$,
- 2) $S_1 \circ (S_2 \cup S_3) = (S_1 \circ S_2) \cup (S_1 \circ S_3)$,
- 3) $S_1 \subset S_2 \Rightarrow S_3 \circ S_1 \subset S_3 \circ S_2$.

S даги муносабатларга ўхшаш муносабат, норовшан X бинар $X \times X$ муносабатда берилди, у қуйидаги хусусиятларни қаноатлантиради: 1) рефлексив, яъни барча $\mu_S(x, x) = 1 \quad x \in \text{dom } S$, унда $\text{dom } S$ – S норовшан эгалик муносабати X тўпламда $\mu_{\text{dom } S}(x) = \max_{y \in X} \mu_S(x, y)$ тегишлилик функцияси кўринишида аниқланади; 2) симметрик, яъни $\mu_S(x, y) = \mu_S(y, x) \forall x, y \in \text{dom } S$; 3) транзитив, яъни $S \supset S \circ S$ ёки кенгайтирилган кўринишда $\mu_S(x, z) \geq \max_{x \in X} \min[\mu_S(x, y), \mu_S(x, z)]$.

S нинг X даги норовшан қисман тартиби $X \times X$ даги S бинар норовшан муносабат орқали аниқланади ва у қуйидаги хусусиятларга эга: 1) рефлексив; 2) антисимметрик, яъни $\mu_S(x, y) > 0$ ва $\mu_S(y, x) > 0 \Rightarrow x = y \forall x \in X$; 3) транзитив.

Агар S норовшан қисм тартиб $(0 < \alpha \leq 1) S = \sum \alpha S_\alpha$ кўринишда ифодаланган бўлса, у ҳолда ҳар қандай S_α – X даги киритилган аниқ қисман тартибининг кетма-кетлиги, яъни $\alpha_1 > \alpha_2 \Leftrightarrow S_{\alpha_1} \subset S_{\alpha_2}$, у ҳолда S_1 бўш бўлмаган ва $\text{dom } S_\alpha = \text{dom } S_1 \quad \forall \alpha \in [0, 1]$, ва у ҳолда S – X нинг норовшан қисм тартиби бўлади.

X даги S норовшан қайта тартиблаш $X \times X$ муносабатнинг ўзи бўлиб, у рефлексив ва транзитивлик хусусиятларини қаноатлантиради.

X даги S қайта тартиблаш $(0 \leq \alpha \leq 1)$ тарқатишга йўл қўяди

$$S = \sum_{\alpha} S_{\alpha},$$

бу ерда S_α даражали тўпلام X даги аниқ қайта тартиблаш ҳисобланади.

X даги S норовшан кучсиз тартиблаш X даги S қайта тартиблашнинг ўзи, унинг учун $x \neq y \Rightarrow \mu_S(x, y) > 0$ ёки $\mu_S(y, x) > 0 \forall x, y \in X$ аксиома бажарилган.

X даги S норавшан тартиблаш $X \times X$ да транзитивлилик аксиомасини каноатлантирувчи муносабат орқали норавшан муносабат сифатида аниқланади.

X даги S норавшан чизиқли тартиблаш антисимметриклик ва транзитивлик хусусиятларини каноатлантирувчи норавшан кучсиз тартиблаш.

Ушбу бобда амалга оширилган тадқиқотлар таҳлили ва таклиф этилаётган ёндашувлар асосида норавшан моделларни қуриш учун қарор қабул қилиш тизимини қуришнинг назарий асослари белгилаб олинди. Бунда норавшан моделларни идентификация қилиш орқали модел параметрларини соzлашни амалга ошириш, идентификациялаш жараёни тузилмавий ва параметрик кўринишда амалга оширилиши келтирилган. Норавшан моделларни соzлаш орқали норавшан қоидалар базаси ҳам шакллантирилиб олинади, бу эса билимлар базасини шакллантиришнинг негизини ташкил этади. Масалани ечишга бундай тартибда ёндашиш орқали қарорларни қабул қилишга кўмаклашиш тизимини амалга оширишнинг ўзига ҳос усули таклиф этилди, бу ўз навбатида ишнинг асосий устқурмаси ҳисобланган норавшан қоидалар базасини шакллантириш ва модел параметрларини соzлаш орқали модел иш самарадорлигини ошириш баробарида қарор қабул қилиш сифатини оширишга ҳизмат қилади.

Норавшан моделларни қуришдаги бундай ёндашув моделни қуриш ва параметрларини соzлаш орқали иш самарадорлигини ошириш масалаларини ечиш долзарблигини асослаб берди. Шунга кўра норавшан моделларни қуришда идентификация қилиш моделини ишлаб чиқиш навбатдаги ечиш зарур бўлган масала сифатида қаралди ва у навбатдаги бобларда қаралган масалаларнинг негизини ташкил этди.

I БОБ БЎЙИЧА ХУЛОСАЛАР

1. Суст шаклланган масалаларни ечишда норавшан тўпламлар назарияси усуллари ва элементларидан фойдаланиш долзарбилиги кўрсатилди.
2. Суст шаклланган масалаларни ечишга мўлжалланган интеллектуал тизимларни яратиш борасида амалга оширилган тизимли таҳлил, бундай тизимларда норавшан ёндашувли усул ва алгоритмлар тизим самарадорлигини оширишини тасдиқлади.
3. Суст шакллантирилган масалаларни жумладан тиббиётдаги ташхислаш масалаларини ечишда норавшан-тўпламли ёндашувларнинг ҳозирги замонавий ҳолатлари таҳлили келтирилди.
4. Тиббиётдаги суст шаклланган масалаларни ечишда норавшан моделлар, норавшан хулосалашни ташкил этишда норавшан қоидалар базасини қуриш, тизим самарадорлигини ошириш учун модел параметрларини созлаш ҳамда комбинацияланган усуллардан фойдаланиш афзаллигини кўрсатди.
5. Амалга оширилган таҳлиллар ва ишланмалар асосида тадқиқотнинг асосий йўналиши аниқланиб олинди ва дастлабки воситалар ҳамда тушунчалар ҳосил қилинди.

II. СУСТ ШАКЛЛАНГАН ОБЪЕКТНИНГ НОРАВШАН МОДЕЛИНИ ҚУРИШ МАСАЛАСИ

1. Норавшан модел қоидалар базасини шакллантириш алгоритми

Норавшан моделнинг марказий элементи қоидалар базаси ҳисобланади, 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 хатоликларни бартараф этиш имкониятини беради.

Норавшан моделнинг қоида ёки норавшан тўплам миқдорининг ошиши реал тизимни тасвирлаш имкониятини кенгайтиради. Бирок мураккабликнинг ошиши билан моделлаштирилаётган тизимни ифодаловчи ахборот ҳажмининг сезиларли даражада ошади. Шу қаторда моделлаштирилаётган тизим ҳақидаги ахборот ҳажми янада мураккаброқ моделни қуриш учун етарли бўлмай қолиши мумкин, бу ҳолатда моделнинг мураккаблиги унинг камчилигига айланади.

Агар моделнинг киришлари сони x_i ни ω 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 қоладиган.

Қоидалар базаси норавшан моделнинг талаб этилган аниқлигига эришишини таъминлаши лозим. Шу билан бир вақтда ҳисоблаш харажатларини камайтириш ҳамда моделнинг янада “шаффофлиги”ни

таъминлаш учун базада сақланаётган қоидалар миқдорини имкон қадар камайтириш лозим бўлади.

Ушбу бўлимда содда ва юқори самарадорликка эга бўлган сонли маълумотлар асосида норавшан қоидалар базасини қуриш усулини таклиф этамиз. Ушбу усул мавжуд қоидалар базасини сонли маълумотлар асосида тўлдирилган ўқитиш маълумотлари сифатида олинган сонли маълумотлар ва қоидалар базаси кўринишида олинган лингвистик ахборотларни бирлаштириш имконини беради.

Биз норавшан тизим учун n киришли ва битта чиқишли қоидалар базасини ташкил этамиз [15,16]. Тиббиётдаги сушт шаклланган масалаларда кирувчи параметрлар ташхисланувчи касаллик белгилари бўлиши мумкин. чиқувчи параметр касалликнинг ташхис натижаси ҳисобланади. Демак, моделда қуйидаги жуфтликлар тўплами кўринишдаги ўқитиш маълумотлари зарурлиги аён бўлади

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

унда $x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i)$ - норавшан ташхислаш моделига бериладиган сигналлар, $d(i)$ - эса кутилаётган (эталонли) ташхис 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.

Шу берилган маълумотлардан фойдаланган ҳолда норавшан моделнинг қоидалари шундай тузилсинки, тизимнинг чиқиши ва кутилаётган ташхис орасидаги фарқ минимум бўлсин. Ушбу жараённи қуйидаги кетма-кетликлар асосида амалга ошириш мумкин:

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

Бизга ҳар бир кирувчи ва чиқувчи ахборотнинг минимал ва максимал қийматлари аниқ деб фараз қилайлик. Улар орқали мумкин бўлган қийматлар ётган ораликни аниқлаш мумкин. x_i кирувчи сигнал учун бундай ораликни

$[x_i^-, x_i^+]$ каби белгилаб оламиз. 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 $[d^-, d^+]$ ораликни оламиз.

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

Лингвистик ўзгарувчилар қийматларини баҳолаш учун ягона сифат терм ўлчовларидан фойдаланамиз: Н - қуйи, НС – ўртадан пастрок, С – ўрта, ВС – ўртадан юқори, В - юқори. Ҳар бир термлар мос тегишлилик функциялари билан берилган норавшан тўпламни ифодалайди.

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

Жадвал ва \bullet (ВА - min) ва \vee (ЁКИ - max)лардан фойдаланган ҳолда диагнозлар ва кирувчи ўзгарувчиларни тегишлилик функциясини боғлаб турувчи норавшан 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 битта кўринишдаги тегишлилик функциясидан фойдаланамиз.

2-қадам. Ўқитиш маълумотлари асосида норавшан қоидаларни қуриш.

Аввало 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 аниқлаймиз. Бу даражалар норавшан тўпламнинг ҳар бир

гуруҳи учун мос тегишлилик функцияси қиймати билан ифодаланadi. Ҳар бир ўқитилувчи маълумотлар жуфтлиги учун битта қоида яратилади, яъни

$$R^{\circ}: IF \langle x_1 \text{ бу } T_1 \text{ AND } x_2 \text{ бу } T_2 \text{ AND } \dots x_n \text{ бу } T_n \rangle THEN y \text{ бу } T_k.$$

Бунда T терм қийматлар ва уларнинг қийматлари (Н, НС, С, ВС, В) каби кўринишда бўлиши мумкин.

3-қадам. Ҳар бир қоиданинг ишончлилик даражасини аниқлаймиз.

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 муаммосигина эмас, балки, уларнинг умумий миқдори ҳам камайтириб олинади. Агар бизга ушбу кўринишдаги қоида берилган бўлса

$$R: IF \langle x_1 \text{ бу } A_1 \text{ AND } x_2 \text{ бу } A_2 \text{ AND } \dots x_n \text{ бу } A_n \rangle THEN \langle y \text{ бу } B \rangle,$$

ушбу қоида учун ишончлилик даражаси қуйидагича ҳисобланади

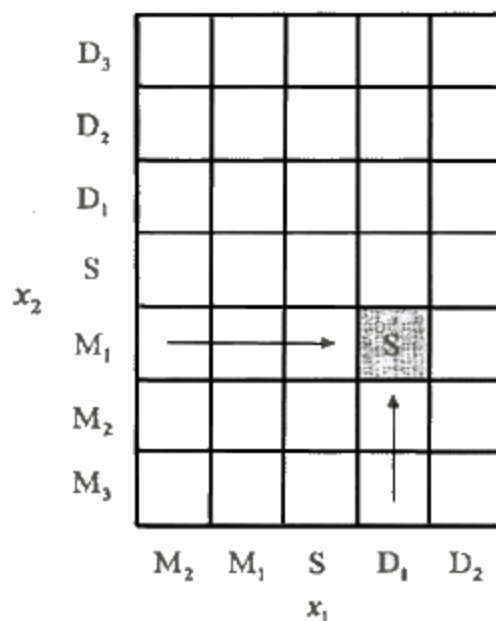
$$SP(R) = \mu_{A_1} \langle x_1 \rangle \cdot \mu_{A_2} \langle x_2 \rangle \cdot \dots \cdot \mu_{A_n} \langle x_n \rangle \cdot \mu_B \langle y \rangle$$

4-қадам. Норавшан қоидалар базасини шакллантириш.

Қоидалар базасини қуриш усули 2.1 расмда келтирилган. Ушбу қоидалар базаси умумий ҳолда жадвални (гиперкубни) ташкил этиши мумкин: агар кирувчи параметрлар сони иккита ва қоида қуйидаги кўринишда бўлса

$$R^{\circ}: IF \langle x_1 \text{ бу } D_1 \text{ AND } x_2 \text{ бу } M_2 \rangle THEN y \text{ бу } S,$$

x_1 сигналга мос келувчи D_1 терм қиймати билан ифодаланувчи сатр ва x_2 сигналга мос келувчи M_1 терм қиймати билан ифодаланувчи устунларнинг кесишиш нуқтасида y чиқувчи сигналга мос келувчи S терм қиймати ётади. Агар бир бирига ўхшаш бўлган бир нечта қоидалар мавжуд бўладиган бўлса, улар орасидан ишончлилик даражаси энг юқориси танлаб олинади.



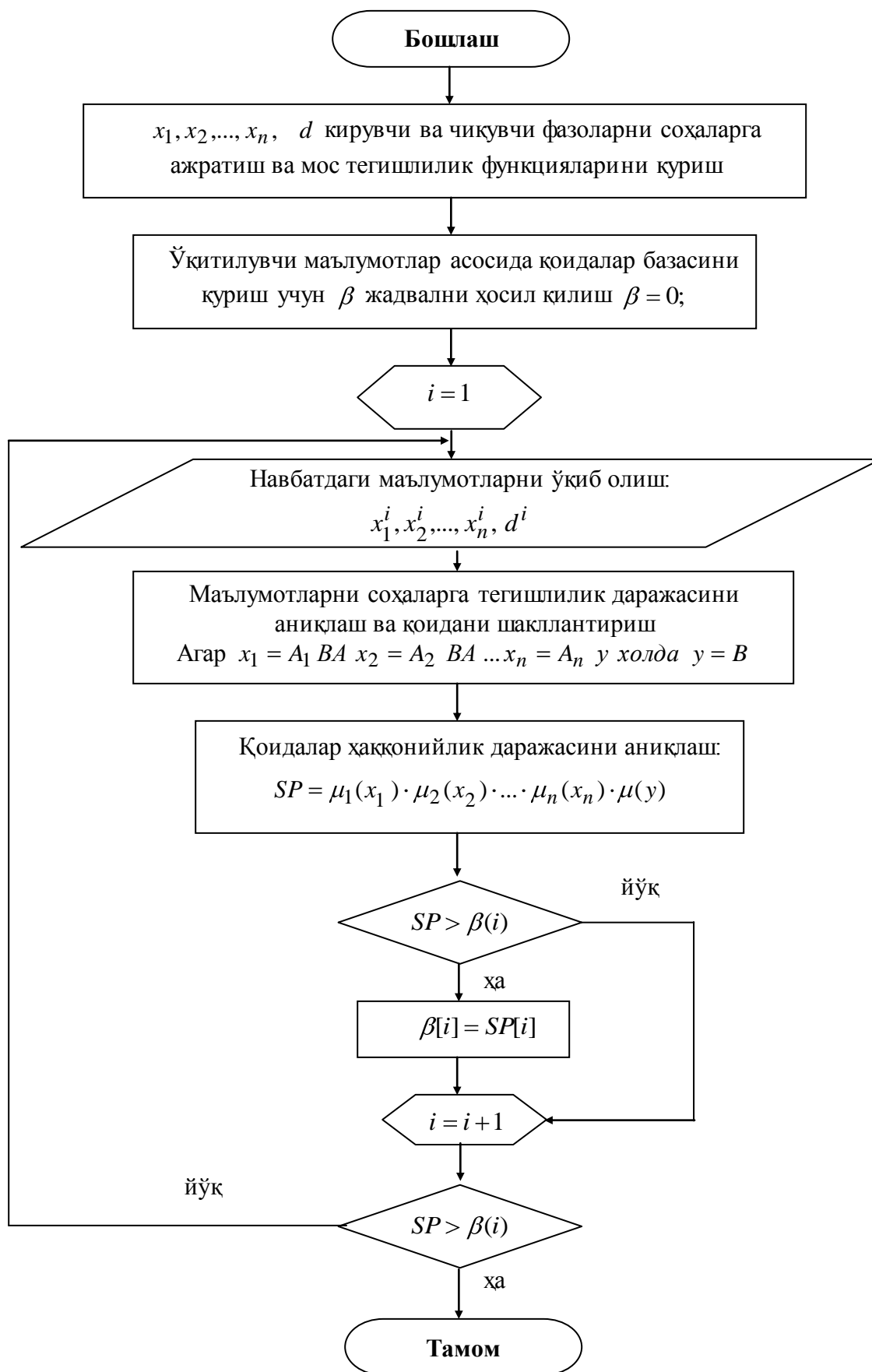
Расм. 2.1. Норавшан қоидалар базаси жадвали

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 ташхислаш тизимининг чиқувчи қиймати. $(x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i))$ кировчи сигнал маълумотлари учун y бошқарув таъсири миқдорий қийматини аниқлашда дефаззификация амалини бажариш зарур. Аввало $(x_1(i), x_2(i), \dots, x_n(i))$ кировчи сигналлар учун кўпайтириш амали ёрдамида k норавшан қоида шартларини бирлаштирамиз. Бунинг ёрдамида k қоиданинг фаоллик даражаси аниқланади.

y чиқувчи қийматни ҳисоблаш учун ўрта марказ бўйича дефаззификация усулидан фойдаланамиз.

Қуйида норавшан қоидалар базасини қуриш алгоритмининг блок-схемаси келтирилган (2.2-расм).



2.2. Норавшан қоидалар базасини қуриш алгоритми

Қурилаётган норавшан модел шаффофлигини ошириш мақсадида бир қатор алгоритмлар интеграциясидан фойдаланилади. Модел параметрларининг энг мақбул ечимини топиш модел шаффофлигининг асосий омилларидан бири ҳисобланади.

Модел параметрларини созлаш учун юмшоқ ҳисоблашларнинг бир қатор алгоритмлардан фойдаланиш мумкин. Ушбу ишда генетик алгоритм ва Хопфилд нейрон тўрларидан фойдаланиш жараёни кўриб ўтилади.

Одатда норавшан модел параметрлари қийматлари ни созлаш бир қатор қийматлар комбинацияси орасидан энг оптимал қийматлар комбинациясини танлаб олиш масаласини келтириб чиқаради.

Генетик алгоритм ва Хопфилд нейрон тўрлари мураккаб комбинаторик масалаларни, шу жумладан оптимал қийматни аниқлаш, вақт оралиғида ўзгарувчан тақсимланган топологик тизимларни қуришда кенг қўлланилади.

2. Генетик алгоритм асосида модел параметрларини созлаш

Ушбу бўлимда генетик алгоритм асосида қоидалар вазнлари ва тегишлилик функцияси параметрларини созлаш масаласи кўриб ўтилади.

Қоидалар вазнларини созлаш. Ҳар бир қоида учун экспертнинг ишончлилиқ коэффициенти қоидалар вазнлари билан ифодаланади. Қоидалар базалари $[0, 1]$ оралиқда ётувчи қийматлардан иборат бўлади.

Топилаётган $y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ муносабатни ифодаловчи қоидалар базаси қуйидаги кўринишда берилган:

$$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{p=1}^{k_j} \left\{ w_{jp} \left[\bigwedge_{i=1}^n \mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right] \right\}, \quad j = \overline{1, m}$$

бунда d_j - чиқувчи қийматга мос келувчи ечим синфи, $j = \overline{1, m}$;

$a_i^{jp} - A_i$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, k_j}$ терм-тўпладан олинган j - дизъюнкция, p - сатрдаги x_i кирувчига мос келувчи лингвистик баҳо;

k_j - қоидалар сони;

w_{jp} - қоидалар вазни.

Юқорида келтирилган қоидалар базасидаги \vee ва \wedge амалларни норавшан тўпламлар назариясидаги мос \min ва \max амаллари билан алмаштирган ҳолда қуйидаги қоидалар базасига эга бўламиз:

$$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max_{p=1, k_j} \left\{ w_{jp} \min_{i=1, n} \left[\mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right] \right\}, \quad j = \overline{1, m}$$

Генетик алгоритм асосида параметрларни созлашда қуйидаги мезон асосий рол тутди

$$\sum_{l=1}^M \left[\sum_{j=1}^m \left[\mu^{d_j}(X^l, W, B, C) - \mu^{d_j}(X^l) \right]^2 \right] = \min_{W, B, C}$$

$$\text{бунда } \mu^{d_j} = \begin{cases} 1, & d_j = d^l \\ 0, & d_j \neq d^l. \end{cases}$$

Ушбу мезон кутилайётган қиймат ва модел чиқиши орасидаги минимал фаркни ифодалайди.

Генетик алгоритм ёрдамида параметрларни сошлаш учун дастлаб W, B, C параметрлар учун хромосомаларни генерация қилиш талаб этилади. Ушбу уччала параметрни бирлаштирган ҳолда хромосома ташкил этамиз:

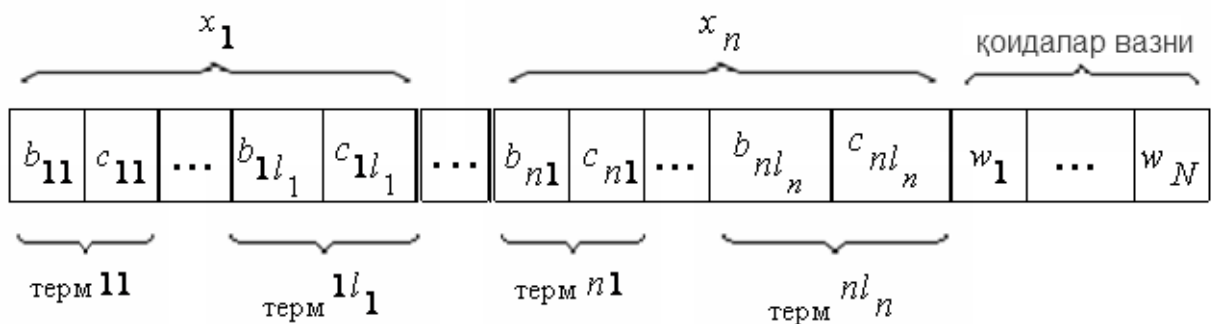
$$S = \langle W, B, C \rangle = \langle w_1, \dots, w_N, b_{11}, c_{11}, \dots, b_{1l_1}, c_{1l_1}, \dots, b_{nl}, c_{nl}, \dots, b_{nl_n}, c_{nl_n} \rangle,$$

бунда N - норавшан қоидалар базасидаги умумий сатрлар сони;

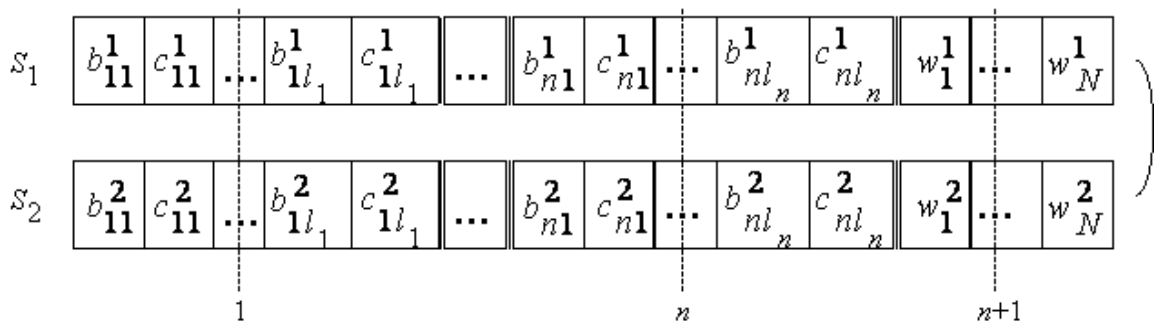
$l_i - x_i$ ўзгарувчига мос келган терм-баҳолар сони, $l_1 + l_2 + \dots + l_n = q, i = \overline{1, n}$;

q - умумий термлар сони;

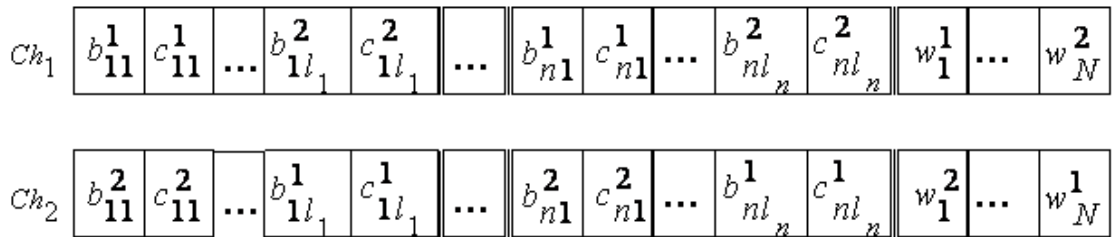
Хромосоманинг умумий таркиби қуйидагича кўринишда бўлади



Ушбу масала учун генетик алгоритмнинг амалларини бажариш жараёнини кўриб ўтамиз. Дастлаб генетик алгоритмнинг асосий амалларини бажарилишини кўриб ўтамиз. Ушбу масалада кесиштирув (скрещивания) амали асосий амаллардан бири ҳисобланиб, унинг самарадорлиги ўз навбатида генетик алгоритм самарадорлигини белгилаб беради. S_1 ва S_2 хромосомаларнинг кесиштирмасидан ҳосил қилинган Ch_1 ва Ch_2 натижавий хромосомалар дастлабки хромосомаларнинг $(n+1)$ – нуқтасидан бошлаб кесиштириш натижасида амалга оширилади.



Дастлабки хромосодалар



Натижавий хромосомалар

Кўришиб турибдики ушбу $A_i = [a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^N]$ термлар тўплами ўсиш тартибида тартибланган кетма-кетликда тақдим этилади (яъни, паст, ўрта, юқори ва ҳ.к.), аммо скрешивания амали бажарилганидан сўнг ушбу кетма кетлик бузулиши мумкин. Шунинг учун скрешивания амали бажарилганидан сўэнг термлар тўплами ўсиш тартибида жойлашганлик кетма-кетлиги бузулмаганлигини текшириши талаб этилади. Қуйидаги белгилашларни киритамиз:

$w_j^{S_1}$ - S_1 хромосомадан олинган j -қоида вазни,

$w_j^{S_2}$ - S_2 хромосомадан олинган j -қоида вазни,

$w_j^{Ch_1}$ - Ch_1 натижавий хромосомадаги j -қоида вазни,

$w_j^{Ch_2}$ - Ch_2 натижавий хромосомадаги j -қоида вазни, $j = \overline{1, N}$,

$b_{ip}^{S_1}$ - S_1 хромосомадаги $ip - b$ параметр,

$b_{ip}^{S_2}$ - S_2 хромосомадаги $ip - b$ параметр,

$b_{ip}^{Ch_1}$ - Ch_1 хромосомадаги $ip - b$ параметр,

$b_{ip}^{Ch_2}$ - Ch_2 хромосомадаги $ip - b$ параметр.

S_1 ва S_2 бошланғич хромосомаларни кесиштириш амалининг бажарилиши натижасида Ch_1 ва Ch_2 хромосомаларнинг олиниш алгоритми куйидагича амалга оширилади:

1°. Ихтиёрий z_i тасодифий сон генерация қилинади, улар сони $(n+1)$ та бўлади ва куйидаги шартлар бажарилиши керак $1 \leq z_i < l_i$, бунда l_i - кирувчи $x_i, i = \overline{1, n}$ параметрнинг терм-қиймати;

$1 \leq z_{n+1} < N$, бу ерда N - норавшан билимлар базасидаги умумий сатрлар сони.

2°. Мос равишда белгилан нуқтадан бошлаб генлар кетма кет ушбу қоида асосида алмаштириб борилади:

$$b_{ip}^{Ch_1} = \begin{cases} S_1, & p \leq z_i \\ S_2, & p > z_i \end{cases}, \quad b_{ip}^{Ch_2} = \begin{cases} S_2, & p \leq z_i \\ S_1, & p > z_i, \quad 1 \leq p < l_i, \quad i = \overline{1, n}, \end{cases}$$

$$w_j^{Ch_1} = \begin{cases} S_1, & j \leq z_{n+1} \\ S_2, & j > z_{n+1} \end{cases}, \quad w_j^{Ch_2} = \begin{cases} S_2, & j \leq z_{n+1} \\ S_1, & j > z_{n+1}, \quad 1 \leq j < N. \end{cases}$$

3°. Термлар кетма кетлик тартиби текширилади:

$$\left(b_{i\xi} > b_{i\eta} \right) \wedge (\xi < \eta) \Rightarrow b_{i\xi} \leftrightarrow b_{i\eta}, \quad c_{i\xi} \leftrightarrow c_{i\eta}, \quad 1 \leq \xi, \eta \leq l_i, \quad i = \overline{1, n},$$

бунда \leftrightarrow белгиси алмаштириш маъносини беради.

Мутация. Ҳар бир S векторнинг ихтиёрий элементи P_m эҳтимоллик билан мутация амалига киритилиши мумкин. s элементни мутацияда иштирок этиш амалини $Mu \left(\begin{matrix} \leftarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \right)$ кўринишида белгилаймиз:

$$Mu \left(\begin{matrix} \leftarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \right) \left(w_j \right) \stackrel{\text{RANDOM}}{=} \left(\left[\begin{matrix} \leftarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \right] \left(w, \bar{w} \right) \right), \quad j = \overline{1, N},$$

$$Mu \left(\begin{matrix} \leftarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \right) \left(b_{ip} \right) \stackrel{\text{RANDOM}}{=} \left(\left[\begin{matrix} \leftarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \right] \left(b_i, \bar{b}_i \right) \right),$$

$$Mu \left(\begin{matrix} \leftarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \right) \left(c_{ip} \right) \stackrel{\text{RANDOM}}{=} \left(\left[\begin{matrix} \leftarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \right] \left(c_i, \bar{c}_i \right) \right),$$

бунда w (\bar{w})- қоидалар вазнларининг мумкин бўлган қийматларининг қуйи (юқори) чегаралари, $[w, \bar{w}] \subset [0,1]$;

$[c_i, \bar{c}_i]$ - тегишлилик функциясининг кенглик – концентрация коэффициентининг мумкин бўлган қийматлар оралиғи $[c_i, \bar{c}_i] \subset [0, +\infty]$, $i = \overline{1, n}$;

$RANDOM [0, \bar{\xi}]$ ифода $[0, \bar{\xi}]$ ораликда тенг тақсимланган тасодифий сонлардан бирини топишни ифодалайди.

Мутация алгоритми қуйидагича тузилган:

1°. Хромосома векторидаги ҳар бир $s \in S$ элемент учун $z = RANDOM [0, 1]$ тасодифий сон генерация қиламиз.

Агар $z > p_m$ шарт бажарилса мутация амали бажарилмайди, акс ҳолда эса навбатдаги 2 қадамга ўтаемиз.

2°. Юқорида келтириб ўтилган формулалар асосида $s \in S$ элемент учун мутация амалини бажарамиз.

3°. Терм тўпламларнинг тартиби бузулмаганликка текшираемиз.

Мувофиқлик функцияси. S хромосоманинг мувофиқлик функциясини $FF [0, \infty)$ (англ. fitness function) каби ифодалаймиз. Мувофиқлик функцияси сифатида мос равишда минус ишораси билан оптималлаштириш мезонини оламиз. Ушбу функциянинг умумий кўринишини тахминан қуйидагича ифодалашимиз мумкин:

$$FF [0, \infty) = - \sum_{l=1}^M \left[\sum_{j=1}^m \left| \mu^{d_j} [X^l, W, B, C] - \mu^{d_j} [X^l] \right|^2 \right]$$

Ишлаб чиқиладиган $F [0, \infty) [X^l, W, B, C]$ норавшан модел учун объект узлуксиз кўринишида тақдим этилса, мувофиқлик функциясини қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$FF [0, \infty) = - \sum_{l=1}^M \left| F [X^l, W, B, C] - y^l \right|^2.$$

Мувофиқлик функциясидаги минус ишораси функциянинг маъносини сақлаб қолиш учун ишлатилади. Яъни, норавшан таъхислаш моделининг

сифати қанчалик кам бўлса, унинг мувофиқлик коэффициенти шунчалик кичик бўлади.

Бош хромосомаларни танлиш. Генетик алгоритмнинг қоидаларидан маълумки, асосий бош хромосомаларни скрешивания амали учун танлаш тасодифий тарзда амалга оширилмайди. Танлаш вақтида шунга этибор бериш керакки, хромосоманинг мувофиқлик функциясининг қиймати қанча катта бўлса, шу хромосома мақсадга эришишимиз учун шунчалик катта ва тез улуш кўшади.

Бош хромосомаларни танлашда дастлаб қуйидаги ифода асосида барча S_i хромосомаларга мос равишда p_i қиймат қўйиб чиқамиз:

$$p_i \geq 0, \sum_{i=1}^K p_i = 1, FF \zeta_i \succ FF \zeta_j \Rightarrow p_i > p_j,$$

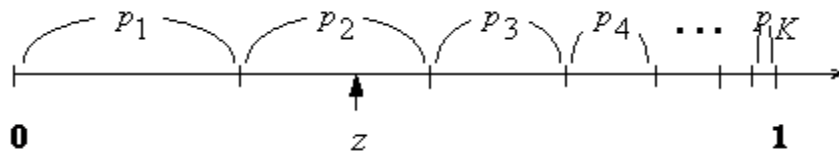
бунда K - популяциядаги хромосомалар сони. Ифодадаги p_i сон қуйидаги ифода билан ифодаланувчи эҳтимоллик сингари ҳисобланади:

$$p_i = \frac{\overline{FF \zeta_i}}{\sum_{j=1}^K \overline{FF \zeta_j}}$$

$$\text{бунда } \overline{FF \zeta_i} \succ \overline{FF \zeta_j} \succ \min_{j=1, K} \overline{FF \zeta_j}.$$

Барча хромосомалар учун скрешивания амалини бажариш мақсадида барча p_i сонларни топиш қуйидаги алгоритм асосида амалга оширилади:

1°. Ҳар бир хромосома учун p_i сонларни ҳисоблаймиз.



2°. Расмда келтирилгани каби $[0,1]$ ораликқа тенг тақсимланган сонлар орасидан тасодифий z сонни генерация қиламиз.

3°. z сонга мос келган ва p_i қийматлар оралиғига мос келувчи S_i хромосомаларни танлаймиз. Масалан, расмда келтирилган мисолимизда бош хромосома сифатида S_2 хромосома танланган.

4°. Навбатдаги хромосомаларни танлаш учун 1-3 қадамлар такрорланади.

Популяцияларни шакллантириш. Популяцияларни шакллантириш деганда скрешивания амалини бажариш учун дастлабки ечимлар тўпламини аниқлаш тушунилади. Дастлабки ечимлар қуйидаги тартибда берилади:

$$w_i^0 = \text{RANDOM} \left[\xi_i, \bar{w}_i \right],$$

$$b_i^0 = \text{RANDOM} \left[\xi_i, \bar{b}_i \right],$$

$$c_i^0 = \text{RANDOM} \left[\xi_i, \bar{c}_i \right],$$

бунда $\text{RANDOM} \left[\xi_i, \bar{\xi}_i \right]$ ифода $\left[\xi_i, \bar{\xi}_i \right]$ ораликқа тенг тақсимланган ихтиёрий сонлардан бирини танлаш маъносини беради.

Тасодикий сонлар танлаб бўлинганидан сўэнг, термлар тўплами ўсиш тартибда тартибланганлигини текшириш талаб этилади.

Дастлабки популяцияда хромосомалар сони K та бўлади.

Якуний генетик алгоритм.

Генетик алгоритмнинг ҳар бир итерациясида хромосомалар сони $K \cdot p_c$ тага ортиб боради, бунда p_c – скрешивания коэффициентини. Популяциянинг доимий ҳажмини сақлаб қолиш учун ҳар бир итерациядан олдин яроқсиз (кам қийматли) $K \cdot p_c$ хромосомаларни популяция таркибидан чиқариб ташлаш керак бўлади. Шуларни ҳисобла олган ҳолда $F(X, W, B, C)$ норавшан моделни созлаш учун генетик алгоритм қуйидагича таркиб топади:

1°. Дастлабки популяцияни шакллантираимиз.

2°. Мувофиқлик функциялари қийматларини ҳисоблаймиз $FF \left(\xi_i \right)_{i=1, K}$.

3°. Бир қатор, $\frac{K \cdot p_c}{2}$ жуфтлик хромосомаларни танлаб оламиз.

4°. Ҳар бир жуфтлик хромосома учун скрешивания амалини бажарамиз.

5°. Топилган p_m эҳтимолликка асосан барча хромосомалар учун мутация амалини бажарамиз.

6°. Олинган $K + K \cdot p_c$ хромосомалардан мувофиқлик функцияси қиймати кичик бўлган $K \cdot p_c$ тасини популяциядан чиқариб ташлаймиз.

7°. Агар мувофиқлик функцияси қиймати $FF \llcorner_i \geq 0$ бўлган хромосома топилса алгоритмни тўхтатамиз, акс ҳолда эса 8 қадамга ўтамиз.

8°. Агар белгиланган қадамлар сони бажарилиб бўлмаган бўлса 2 қадамга ўтамиз, акс ҳолда мувофиқлик функцияси энг катта қийматга эга бўлган хромосома субоптимал ечим сифатида танланади. Шу билан алгоритм тугайди.

Бундан кейинги ечимни яхшилаш жараёни оддий эвристик қидириш усули ёрдамида амалга оширилиши мумкин.

3 КОМБИНАТОРЛИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ МАСАЛАСИНИ ХОПФИЛД ТҶРИ ЁРДАМИДА ЕЧИШ

Бугунги кунда ҳаётнинг турли соҳаларида кўплаб оптималлаштириш масалаларини кўриб ечиш жараёнини кузатиш мумкин. Аксарият ҳолларда бирор бир қидирув соҳаси доирасида ўзгарувчиларнинг ўрнини алмаштириш, аниқ бир метрика ёки қоидалар тўплами киритиш асосида оптимал ечимга эришиш ҳолларини кузатиш мумкин. Яна шундай бир оптимал ечимни қидириш усули борки, унда ечим чекли тўпламлардан олинган уникал компоненталар комбинациясидан танланади. Бунда асосий мақсад компоненталарнинг оптимал комбинациясини қидиришдан иборатдир. Одатда бундай оптималлаштириш масалалари комбинаторли оптимизация масалалари деб аталади.

Комбинаторли оптималлаштириш – бу, амалий математикадаги оптималлаш назариясининг бир қисми ҳисобланади. У амалларни тадқиқ қилиш, алгоритмлар назарияси ва мураккаб ҳисоблашлар назариялари билан узвий боғлиқдир. Комбинаторли оптималлаштириш масаласининг асосий вазифаси чекли сондаги объектлар тўплами орасидан оптимал объектни қидиришдан иборатдир. Кўпгина комбинаторли оптималлаштириш масалаларида барча вариантларни кўриб чиқиш (полный перебор) самарали натижа бермайди. Комбинаторли оптималлаштириш масаласи одатда NP-мураккабликка эга бўлган масалаларни ечишда, жумладан ресурсларни оптимал тақсимлаш масалаларида, авиярейсларни оптимал тақсимлаш масалаларида, коммивояжер масаласида ва бошқа бир қатор шунга ўхшаш масалаларни ҳал қилишда кенг қўлланилади. Ушбу бўлимда айнан коммивояжер тест масаласини Хопфилд нейрон тўри ёрдамида ечишни кўриб ўтамиз.

Коммивояжер масаласи қийин ечилувчи оптималлаштириш масалаларидан бири ҳисобланади. Умумий ҳолда коммивояжер масаласи (traveling salesmen problem, TSP) қуйидагича таснифланади: аниқ бир ҳудудда

бир нечта шаҳарлар ва уларни боғлаб турувчи йўллар берилган. Шу йўллар орқали барча шаҳарга бориш кетма-катлиги шундай ташкил этилсинки, босиб ўтилган йўл бошқа вариантдаги кетма-кетликда босиб ўтилган йўлларга нисбатан минимум масофани ташкил этсин. Йўналиш якуни албатта дастлабки шаҳарга қайтиш билан тегалланиши керак.

Графлар назарияси асосида ушбу масалани қуйидагича формаллаштириш мумкин. Шундай $G = (V, E)$ тўла граф олайлик, бунда V чўққилар (шаҳарлар) тўплами ва E чўққиларни туташтириб турувчи қирралар (йўллар) тўплами. Ҳар бир қирранинг (i ва j шаҳарлар оралиғи) вазни $d(i, j)$, $(i, j) \in E$ мос равишда икки шаҳар орасидаги масофани, нархини ёки шу шаҳарлар орасидаги йўлни босиб ўтиш учун кетган вақтни ифодалаши мумкин. Коммивояжер масаласи контур деб аталади, қачонки йўналиш мобайнида G графнинг барча чўққиларига ҳеч бўлмаганда бир марта кирилса. Агар графнинг барча чўққиларига фақат ва фақат бир мартадан кириш бажарилса, бундай йўналиш гамилтон контури ёки цикли деб аталади.

Шундай C гамилтон циклини топиш талаб этиладики, у энг кам вазнга эга бўлсин.

$$d(C) = \sum_{(i,j) \in E} d(i,j) \rightarrow \min.$$

Умумий ҳолда коммивояжер масаласи NP-даражадаги мураккабликка эга бўлган масала ҳисобланади. Тугунлар (шаҳарлар) сони кўп бўлмаган ҳолда ушбу масалани ечишда барча вариантларни кўриб чиқишга мўлжалланган содда алгоритмлардан (масалан, танланмани тўла кўриб чиқиш алгоритми “Полный перебор”, дарахт ва чегаралар усули “ветвей и границ”) фойдаланган ҳолда ечиш мумкин. Умумий ҳолатда тугунлар сонини гамилтон цикллари (кўрилиши мумкин бўлган ечимлар, субоптимал ечимлар) сонига боғлиқлигини қуйидагича $\frac{n!}{2n}$ муносабат билан ифодаланади. Бундан кўринадики, шаҳарлар сони катта бўлган ҳолларда барча вариантларни тўлиқ

кўриб чиқиш ёки йўналтирилган (направленный перебор) ҳолда кўриб чиқиш самарали натижа бермаслиги мумкин. Масалан: шаҳарлар сони 60 та бўлганда умумий йўналиш, маршрутлар сони тахминан 10^{80} тага яқин бўлади. Демак бундай ҳолларда оптимал ечимларни тахминий топишга мўлжалланган усуллардан фойдаланишга тўғри келади. Бунда олинган натижа глобал оптимум бўлмаслиги ҳам мумкин.

Масалани ечиш натижасида борилиши керак бўлган шаҳарларнинг кетма-кетлиги тузилиши талаб этилади, шунингдек якуний функция эса улар орасидаги масофа, йўлларнинг умумий йиғиндисини ифодаласин.

Бунинг учун $V \times V$ ўлчамли матрица оламиз. Графнинг ҳар бир тугунини V нейрон сифатида оламиз. Бунда ҳар бир сатрда фақат ва фақат битта элемент бир бўлади, қолган элементлар эса нол бўладидан. Бунда ушбу бирнинг тартиб рақами йўналиш мобайнида шу шаҳарга кириш тартиб рақамини ифодалайди.

Ҳар бир шаҳарга фақат бир марта кирилади ва айти бир вақтда фақат бир шаҳарга кириш мумкин. Бундан келиб чиқадики, ҳар бир сатр ва устунда фақат биттадан бир бўлиши мумкин экан.

Берилган коммивояжер масаласининг қўйилиши учун Хопфилд нейрон тўрининг мақсад функциясини курамиз. Ҳар бир нейронни ифодалаш учун иккита индексдан фойдаланамиз. Бунда дастлабки индекс шаҳар номерини ифодаласа, иккинчи индекс эса йўналиш вақтидаги шаҳарга киришнинг тартиб рақамини ифодалайди. Масалан, $Y_{xi} = 1$ ифода йўналиш вақтида x рақамли шаҳарга i -бўлиб кирилишини ифодалайди.

Мақсад функцияси иккита шартни қаноатлантириши керак: биринчидан, қачонки ҳар бир сатр ва ҳар бир устунда ягона бир бўлган ҳолда минимал қийматга эга бўлсин; иккинчидан, танланган йўналиш бўйича олинган умумий йўлнинг узунлиги энг минимум бўлиши керак.

Мақсад функциясининг биринчи шартни бажаришини қуйидаги ифода асосида текшириш мумкин:

$$E_{1,2,3} = \frac{A}{2} \sum_X \sum_i \sum_X Y_{Xi} Y_{Xj} + \frac{B}{2} \sum_i \sum_X \sum_{T \neq X} Y_{Xi} Y_{Ti} + \frac{C}{2} \left[\left(\sum_X \sum_i Y_{Xi} \right) - V \right]^2, \quad (2.1)$$

бунда A , B ва C – ўзгармас сонлар. Ушбу ифодада мақсадга эришиш учун куйидаги шартлар бажарилади:

1. Агар ҳар бир сатрда биттадан ортиқ бўлмаган бир бўлса, биринчи учталиқ йиғинди нолга тенг бўлади.
2. Агар ҳар бир устунда (шаҳарга киришнинг тартиб рақами) биттадан ортиқ бўлмаган бир бўлса, иккинчи учталиқ йиғинди нолга тенг бўлади.
3. Агар матрицада V та бир мавжуд бўлса, учинчи йиғинди нолга тенг бўлади.

Мақсад функциясининг иккинчи шартни бажариши – мақсад функциясига кўшимча элемент қўшилиши асосида минимал йўлни топишга қаратилади:

$$E_4 = \frac{D}{4} \sum_X \sum_{T \neq X} \sum_i d_{XT} Y_{Xi} \left(Y_{T,i+1} + Y_{T,i-1} \right) \quad (2.2)$$

A , B ва C параметрларнинг етарли даражада катта қиймат олиши йўналишнинг энг кам харажатга эга бўлишини ифодаласа, D параметрнинг катта қиймати эса энг қисқа йўналиш танланганлигини кафолатлайди.

(2.1) ифода қавсларини очган ҳолда кўшимча ўзгарувчилар киритиб куйидаги нейрон тўр боғланишлари вазнлари матричасини ҳосил қиламиз:

$$w_{Xi,Ti} = -A \delta_{XT} \left(-\delta_{ij} \right) - B \delta_{ij} \left(-\delta_{XT} \right) - C - D \cdot d_{XT} \cdot \left(\delta_{j,i+1} + \delta_{j,i-1} \right)$$

бунда δ_{ij} - Кронекер параметри ҳисобланиб, агар $i=j$ шарт бажарилса 1 қиймат қабул қилади ва акс ҳолда 0 қиймат қабул қилади.

Ушбу масала учун F нейроннинг активация функцияси сифатида куйидаги кўринишдаги функцияни танлашни таклиф этдик:

$$F = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{e^{u_0} - 1}{e^{u_0} + 1} \right],$$

бу ерда u_0 - нейрон тўрнинг боғланишлари бўсағавий қиймати, e - экспоненциал функция, β - ўзгармас сон.

Тажрибалар асосида кўпгина ҳолларда ушбу функция ёрдамида самарали натижаларга эришиш мумкинлиги кузатилди ва ушбу масала учун ҳам айнан шу функцияни таклиф қилдик.

Шундан сўнг нейрон тўрнинг вазн коэффициентларининг дастлабки ихтиёрий қийматлари олинади, кейинги қадамларда эса уларнинг қийматлари эволюцион тарзда ўзгартириб борилиши натижасида масала ечимини бера оловчи нейрон тўр параметрлари танлаб олинади.

Хопфилд тўрини созлаш жараёни токи тўр ҳолати ўзгармай қолгунга қадар ва функция минимум қийматга эришгунча итерацион тарзда давом эттирилади. Бунда ҳисоблаш жараёни тўхтатилганидан сўнг нейрон тўрининг чиқиши энг мақбул йўналиш сифатида олинади.

Олинган натижалар норавшан модел параметрларининг энг оптимал қийматлари сифатида олинади.

II БОБ БЎЙИЧА ҲУЛОСАЛАР

1. Суст шаклланган масалаларни норавшан моделини қуриш стратегияси ишлаб чиқилди.
2. Суст шаклланган масалаларни ечиш учун норавшан тизимнинг қоидалар базасини қуриш алгоритми ишлаб чиқилди.
3. Генетик алгоритм ёрдамида параметрик идентификация амали бажарилиши учун модификацияланган генетик алгоритм ишлаб чиқилди.
4. Хопфилд нейрон тўри ёрдамида ишлаб чиқиладиган норавшан модел параметрларини сошлаш стратегияси ишлаб чиқилди.

III боб. ТИББИЁТДАГИ СУСТ ШАҚЛЛАНГАН МАСАЛАЛАРНИ ЕЧИШГА НОРАВШАН ЁНДАШУВНИ ТАТБИҚ ЭТИШ

1. ИШЛАБ ЧИҚИЛГАН ТИЗИМНИ ТИББИЁТДАГИ ТАШХИСЛАШ ТЕСТ МАСАЛАЛАРИНИ ЕЧИШДА ҚЎЛЛАШ

Тажрибавий тадқиқотни амалга ошириш учун норавшан ёндашувли усулни қўллаш асосий мақсад қилиб олинди ва қуйидаги масалалар ечилган:

- Келтирилган масалани ҳал этишда норавшан тўпламли ёндашувни қўллаш.
- Норавшан қоидалар базасини ҳосил қилиш ҳамда норавшан қоидалар базасини норавшан модел параметрларини созлаш орқали қоидалар (қоида) тўпламини қисқартириш баробарида юқори самарадорликка (таниб олишнинг юқори фойздаги кўрсаткичига) эришиш.
- Турли масалаларда олинган натижаларнинг солиштирма таҳлилини жадвалли ва графикли кўринишда амалга ошириш.

Ишлаб чиқилган норавшан ёндашувли тизимни бугунги кунда кенг миқёсда қўлланилаётган бир қатор тиббиётдаги ташхислашнинг тест масалаларини ечиш жараёнларида қўлланилишини кўриб ўтамиз. Бу масалаларга диабет хасталигини ташхис қилиш масаласи (Pima Indians Diabetes), хаберман масаласи (Haberma'n's Survival Data Set), жигар хасталигини ташхис қилиш масаласи (Liver) кабилар киради. Ушбу санаб ўтилган масалаларни қуйидагича тавсифлаш мумкин.

Диабет масаласи (Pima Indians Diabetes). Ушбу масалада аёлларда диабет касаллигини ташхис қилиш жараёни кўриб ўтилган. Бунда 21 ёшдан катта бўлган 768 та аёлнинг тиббий кўрик натижалари берилган. Кузатув жараёни Бутун Жаҳон Соғлиқни сақлаш ташкилоти талаблари асосида американинг диабет ва бўйрак касалликлари институти томонидан амалга оширилган.

Кирувчи параметрлар куйидагиларни ўз ичига олади:

- 1 - prep – хомиладорлик сони;
- 2 - glu – стоматик тест натижасида плазма-глюкозалар концентрацияси;
- 3 - bp – қон босими (mm Hg) ;
- 4 - skin – уч бошли мускул букмасидаги тери қалинлиги (mm) ;
- 5 - ins – инсулин зардобининг миқдори (микро-U/ml);
- 6 - bmi – тана вазни индекси (вазн килограммларда/(бўй метрларда)²) ;
- 7 - ped – туғиш вақтидаги диабетнинг мавжудлиги;
- 8 - age - ёш (йилларда).

Дастурнинг чиқиши битта параметр – диабет мавжуд -1 ва деабит мавжуд эмас – 0 дан иборат.

Энг кам даражадаги хатоликни берувчи норавшан ёндашувли тизимни куриш талаб қилинади. Маълумотлар базасидаги 450 та объектдан тизимни ўқитишда, қолган объектлардан эса синовдан ўтказишда фойдаланилади.

Хаберман масаласи (Haberman's Survival Data Set). Хаберман масаласи 1958-1970 йиллар оралиғида Чикаго университетининг Биллингс клиникасида ўтқазилган тадқиқотлар натижасида пайдо бўлган. Бунда кўкрак беши саратони билан оғриган беморни жарроҳлик операциясидан сўнг яшаб қолиш даражасини аниқлаш масаласи кўрилади. Масалада фойдаланиладиган маълумотлар базасида 306 та ҳолат мавжуд бўлиб, уларнинг ҳар бири куйидаги 4 та белги билан тавсифланади:

1. операция вақтидаги беморнинг ёши (сонли);
2. беморни ишлаган йили (1900 - йил, сонли);
3. йўқотилган яроқли мускуллар (сонли);
4. яшаб қолиш мақоми (синф белгиси):
 - 1=бемор 5 йил ва ундан ортиқ яшайди;
 - 2=бемор 5 йил ичида вафот этади.

Хаберман масаласида, кўришиб турганидек, объектлар иккита синфга таснифланади. Маълумотлар базасидаги объектлардан 200 тасидан тизимни ўқитишда, қолганларидан синовдан ўтказишда фойдаланилади.

Жигар масаласи (Liver). Ушбу масалада меъеридан ортиқ спиртли ичимлик ичишнинг жигарга кўрсатган таъсири ташхиси кўриб ўтилади. Бунда асосий параметрлар ва белгилар сифатида жигар касаллигига ўта сезгир бўлган қоннинг хусусиятлари олинган. Масала асосан 7 та белгидан (6 та маълумот, 1 та ажратувчи селектор) фойдаланган ҳолда маълумотларни икки синфга, ташхисга ажратади.

Белгилар:

1. Эритроцитларнинг ўртача ҳажми;
2. alkphos ишқорли фосфатаза;
3. sgpt аламайн аминотрансферазлар;
4. sgot аспартатаминотрансферазлар;
5. gammagt гамма-глутамилтранспептидазлар;
6. кунлик спиртли ичимлик миқдори;
7. маълумотларни икки гуруҳга ажратувчи селектор.

Масалада жами 345 ҳолат, яъни 345 та объект мавжуд бўлиб, улардан **220** тасидан тизимни ўқитишда, қолганларидан синовдан ўтказишда фойдаланилади.

Қуйидаги 3.1-жадвалда келтириб ўтилган масалаларнинг формал кўриниши келтирилган.

3.1-жадвал. Масалаларнинг формал кўриниши

Масаланинг номи	Синфлар сони	Белгилар сони	Объектлар сони
Хаберман (Haberman)	2	4	306
Диабет (Pima)	2	8	768
Жигар (Liver)	2	6	345

Солиштириш мақсадида кўрилаётган масалалар бир қатор мавжуд алгоритмлар ёрдамида ҳам ечилди. 3.2-жадвалда таклиф этилаётган норавшан ёндашувли тизим асосида олинган натижалар SVM алгоритми натижалари билан солиштирилган ҳолда келтирилган.

3.2-жадвал. Норовшан модел натижаларини SVM алгоритми натижалари билан солиштириш

	Норовшан			SVM		
	Жуда ёмон	Жуда яхши	Ёмон	Жуда ёмон	Жуда яхши	Ёмон
Хаберман (Haberma)	82.7	87.5	85.1	72.3	82.1	78.8
Жигар (Liver)	78.4	86	82.3	60.4	68.3	65.5

Биз таклиф этаётган тизим самарадорлигини кўрсатиш мақсадида диабет масаласини ечишдаги натижалар бир қатор мавжуд алгоритмлар натижалари билан солиштирилди (3.3-жадвал). Натижалар шуни кўрсатди-ки, биз таклиф қилаётган норовшан модел кўрилган ушбу масалада бошқа усулларга нисбатан яхшироқ натижа берди ва кам миқдорда хатоликка эришилди.

3.3-жадвал. Диабет масаласи учун норовшан модел натижаларини мавжуд алгоритмлар натижалари билан солиштириш.

Масала			
	Бизнинг усул	DGC	SAMGA
Диабет (Pima)	87.2	81.82	73.00

Синов жараёнлари ҳар бир масала учун 10 мартали cross-validation дан фойдаланган ҳолда 10 мартадан текширув жараёнидан фойдаланган ҳолда амалга оширилган.

Натижалардан таклиф этилаётган моделнинг бошқа бир қатор синфлаштириш алгоритмларига қараганда аниқлиги юқорироқ эканлигини кўриш мумкин.

2. Норовшан ахборот ҳолатида амалий ташхислаш масаласини ечиш

Касаллик ҳақидаги ретроспектив маълумотлар, улар динамикаси кўп жихатдан одамга, у томонидан қабул қилинадиган қарорларга боғлиқ бўладиган ва ўзлари ҳам инсоният жамиятига таъсир ўтказадиган жараён ҳамда ҳодисаларни ўрганиш янги тушунча – мураккаб тизимлар тушунчасини вужудга келишига сабаб бўлди. Мураккаб тизимлар одатда катта сондаги параметрлар ва шунчалик катта сондаги ўзаро боғланишлар билан тавсифланади, бундай турдаги масалаларни аналитик йўл билан ечиш имконияти мавжуд эмас. Амалда бундай масалаларни тажрибалар ўтказиш учун соддалаштириш мумкин эмас. Яъни тажриба вақти тизимнинг фаолият кўрсатиш вақти билан қиёсланарли даражада яқиндир.

Суст шаклланган, мураккаб тизимлар назариясининг асосий вазифаси алоҳида элементлар фаолиятларининг ўзига хос томонларини ўрганиш, уларнинг ўзига хос белгиларини олиш ва элементлар ўртасидаги ўзаро алоқаларни таҳлил қилиш асосида тизимнинг умумий белгиларини аниқлашга имкон берувчи усулларни ишлаб чиқиш ҳисобланади.

Суст шаклланган, мураккаб тизимларни ўрганишда фаолиятлари юқори даражадаги норавшанлик билан характерланувчи одамнинг мулоҳаза, фикр ва ҳаракатлари жуда муҳим аҳамиятга эга. Шунинг учун ҳам мураккаб тизимнинг ўрганилаётган хусусиятларининг жадаллиги, қисманлиги, намоён бўлиш даражасини ҳисобга олишга имкон берадиган норавшан тўпламлар аппаратида фойдаланиш афзалроқдир [31, 32, 19].

Норовшан тўпламлар назариясидан фойдаланганда мураккаб тизимнинг элементлари тегишлилик функцияси $\mu_i^e \in [0, 1]; i = 1, \dots, n$ (n -тизимнинг эркин ўзгарувчилари сони) бўлган норавшан тўпламлар кўринишида тасвирланиши мумкин, уларнинг ўзаро таъсирлари эса мураккаб тизим тўғрисидаги априор маълумотларни норавшан бирлаштириш операторларида ҳисобга олинади [35, 36].

Мураккаб тизимнинг маълум бўлган хоссаларини ҳам тегишлилик функцияси $\mu_i^s(\xi), j = 1, \dots, m$ (m —тизимнинг аввалдан берилган хоссалари сони) бўлган норавшан тўпламлар кўринишида тасвирлаш мумкин. Натижада мураккаб тизимнинг математик моделига тегишли норавшан ечим тегишлилик функцияси $\mu(\xi) = \mu_1^e(\xi) * \dots * \mu_n^e(\xi) * \mu_1^s(\xi) * \dots * \mu_m^s(\xi)$ бўлган норавшан тўплам кўринишида тасвирланади, бу ерда $*$ – норавшан операторлар [33].

Мураккаб тизимларни таҳлил қилишда босқичдан босқичга узатиладиган маълумотларни камайтиришга имкон берувчи поғонавий тузилмага кўп дуч келинади. Бу ҳолда оралик (қисм-тизимларга тегишли) норавшан ечимларни яратиш мумкин, уларнинг асосида маълумотларни бирлаштиришнинг стандарт операторлари орқали мураккаб тизимнинг якуний норавшан ечими қурилади, бу эса математик модел қуриш жараёнини осонлаштиради [36].

Олинadиган норавшан ечимнинг турғунлигини ўрганишни юқорида баён этилган ёндашув асосида амалга ошириш мумкин.

Илмий асосланган ташхисни олишда кўпинча ижтимоий ва табиий фанлардан маълумотларни жалб қилиш зарур бўлади. Улардан фойдаланишда ҳам норавшан тўпламлар аппарати афзал ҳисобланади [37].

Детерминистик ва стохастик ёндашувларда тўла ахборот асосининг мавжудлиги назарда тутилади, барча муҳим омиллар ҳисобга олиниши керак. Ўлчанадиган омилларнинг аниқлиги юқори даражада бўлиши керак.

Норавшан ёндашув ҳар қандай априор маълумотларга суянишга ва аниқлик даражаси ҳамда бошланғич маълумотларнинг мавжудлиги бўйича мос норавшан ечимни олишга имкон беради [38].

Олиб борилган тадқиқот натижасида ташхислашнинг маълум масаласи бўлган «юрак ишимик касаллиги» масаласининг ҳақиқий маълумотлари асосида норавшан билимлар базаси ёрдамида аппроксимацияловчи модели яратилди.

Юракнинг ишемияли касаллиги (ЮИК) одамларнинг етуклик даврида иш қобилиятининг пасайиши ҳамда ўлимининг кенг тарқалган сабабларидан биридир. ЮИКни даволаш муваффақияти унга дифференциал ташхис қўйиш, яъни клиник амалиётда қабул қилинган оғирлик даражалари: нейроциркуляр дистония ҳамда стенокардияга ажаратиш имконияти билан аниқланади. Ташхиснинг сифати шифокорнинг малакасига жуда боғлиқдир. Бу ташхисли қарорларни қабул қилишни онгли қўллаб-қувватлашнинг компьютерли тизимини яратиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Қабул қилинган клиник амалиётга мувофиқ равишда ЮИКнинг оғирлигини қуйидаги босқичларда (қуйидан юқорига қараб) аниқлаймиз:

d_1 - енгил даражали нейроциркуляр дистония (НЦД);

d_2 - ўрта даражали НЦД;

d_3 - оғир даражали НЦД;

d_4 - биринчи функционал синф стенокардияси;

d_5 - иккинчи функционал синф стенокардияси;

d_6 - учинчи функционал синф стенокардияси.

Санаб ўтилган $d_1 - d_6$ босқичларни таниб олиниши керак бўлган ташхис турлари деб ҳисоблаймиз. Аниқ бир беморга нисбатан ЮИК ташхисини ўрнатганда лаборатория шароитларида ўлчанадиган қуйидаги асосий параметрларни, белгиларни эътиборга оламиз (ўзгариш оралиқлари кавсларда кўрсатиб ўтилган):

x_1 - беморнинг ёши (31-57 ёш),

x_2 - пулснинг артериал босимга иккиламчи кўпайтмаси (ИК) (147-405),

x_3 - жисмоний юкланишга толерантлик (90-1200 kgm/min),

x_4 - ИКнинг бемор танаси вазнининг 1 кг га нисбатан ўсиши (0.6-3.9),

x_5 - ИКнинг бир кгм юкланишга ўсиши (0.1-0.4),

x_6 - аденозинтрифосфорли кислота АТФ (34.5-66.2 mmol/l),

x_7 - аденозиндифосфорли кислота АДФ (11.9-29.2 mmol/l),

x_8 - аденозинмонофосфорли кислота АМК (3.6-27.1 mmol/l),

x_9 - фосфорлаштириш коэффиценти (1-5.7),

x_{10} - бемор танасининг 1 кг га нисбатан максимал кислород истеъмоли (10.5-40.9 mlitr/min kg),

x_{11} - ИКнинг субмаксимал юкланишга жавобан ўсиши (46-312),

x_{12} - сутли ҳамда пироузумли кислоталар таркибининг нисбат коэффиценти (3.9-22.8).

Санаб ўтилган параметрлар (инсон ёшидан ташқари) лаборатория шароитларида ўлчанади. Ташхис масаласи параметрлар қийматларининг ҳар бир бирикмасига d_j ($j = \overline{1,6}$) ечимлардан бирини мос қўйишдан иборатдир.

3.4-жадвал

Моделли ҳамда верификацияли ташхисларни солиштириш

№	Бемор ҳолатининг параметрлари												Ташхис	
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	1)	2)
1	31	324	980	2.8	0.12	50.07	22.76	8.05	3.7	34.2	266	19.3	d1	d1
2	36	330	900	2.9	0.14	56.52	24.33	9.02	4.1	29.7	242	21.0	d1	d1
3	39	260	800	2.3	0.18	51.73	25.62	8.53	4.2	28.5	194	23.8	d2	d2
4	42	272	867	2.5	0.28	59.31	28.44	8.53	4.0	28.7	198	19.4	d2	d2
5	48	287	491	2.2	0.24	52.77	21.61	8.53	3.5	25.3	156	20.5	d3	d3
6	53	175	507	2.4	0.25	60.70	26.14	10.40	3.9	22.4	172	26.1	d3	d3
7	45	247	728	2.0	0.34	62.06	26.14	5.55	2.3	26.5	144	22.9	d4	d4
8	52	231	768	1.5	0.36	62.77	23.01	6.83	2.5	20.0	158	23.8	d4	d4
9	32	151	610	1.3	0.42	54.49	23.91	5.55	2.4	19.8	104	25.7	d5	d5
10	45	177	542	1.6	0.48	62.06	26.14	5.55	2.3	21.7	120	28.1	d5	d6 *
11	38	128	349	1.4	0.48	67.03	24.46	5.20	1.9	13.9	92	30.2	d6	d6
12	38	145	304	1.2	0.56	64.15	25.62	7.11	2.6	14.4	74	25.5	d6	d6
13	40	327	930	2.2	0.24	59.31	25.62	7.56	3.3	35.4	347	18.9	d1	d2 *
14	38	348	952	1.8	0.20	34.48	20.79	9.56	5.7	34.2	352	21.6	d1	d1
15	34	307	800	1.9	0.21	57.90	25.08	6.83	2.9	30.1	304	19.3	d2	d4 **

16	48	284	738	2.0	0.26	62.06	25.08	8.53	3.4	29.7	339	20.4	d2	d2
17	35	174	600	1.7	0.32	55.18	24.46	8.56	3.8	27.2	312	22.0	d3	d3
18	49	229	515	2.1	0.30	61.34	22.20	6.83	2.4	22.4	300	23.4	d3	d4 *
19	58	265	421	2.0	0.26	60.07	22.76	4.08	1.8	17.7	258	23.8	d4	d4
20	49	330	650	1.5	0.25	69.49	25.08	6.83	2.5	20.3	244	22.0	d4	d4
21	48	187	475	1.4	0.34	60.39	23.31	5.55	2.1	21.4	204	22.7	d5	d5
22	42	224	400	1.5	0.39	55.18	21.05	7.11	2.7	20.4	215	22.5	d5	d5
23	32	195	100	1.2	0.48	60.70	21.61	7.52	2.7	22.6	191	25.9	d6	d6
24	51	192	292	1.3	0.45	62.77	23.70	5.55	1.6	19.2	188	24.4	d6	d6
25	36	347	952	2.9	0.10	62.40	23.70	12.50	4.3	35.7	298	19.6	d1	d1
26	48	314	902	3.2	0.14	59.40	24.20	10.50	4.2	33.5	287	18.8	d1	d1
27	42	352	875	3.2	0.16	52.30	22.70	9.50	3.9	38.2	322	19.0	d1	d1
28	40	323	1040	2.7	0.20	59.60	25.20	8.80	3.2	30.4	290	18.2	d1	d2 *
29	41	377	988	2.9	0.09	60.40	24.30	10.20	3.4	32.5	275	17.7	d1	d1
30	34	309	932	3.2	0.15	60.80	25.40	9.40	4.4	31.5	312	18.5	d1	d1
31	52	279	1056	2.7	0.09	59.90	21.30	8.80	3.7	33.4	334	18.7	d1	d1
32	44	376	895	2.7	0.18	61.50	23.60	9.50	3.6	30.4	312	20.1	d2	d2
33	46	304	929	2.6	0.22	58.20	25.10	10.70	3.8	32.5	346	19.2	d2	d2
34	46	292	904	2.2	0.24	56.00	27.90	10.10	4.0	29.3	290	18.5	d2	d2
35	42	276	885	2.4	0.25	61.40	29.40	11.20	3.6	27.8	226	20.8	d2	d2
36	31	311	930	2.7	0.19	62.50	23.80	9.80	2.9	25.6	249	21.0	d2	d1 *
37	44	335	992	2.4	0.22	61.60	24.70	9.90	3.3	24.6	255	20.3	d2	d2
38	47	346	873	2.3	0.18	57.70	22.50	10.60	3.7	28.7	267	18.8	d2	d2
39	48	288	804	2.4	0.27	60.00	22.20	11.50	3.5	20.9	275	19.5	d3	d3
40	50	316	875	2.1	0.31	61.40	24.00	9.30	2.8	22.5	302	21.2	d3	d4 *
41	51	292	774	2.0	0.28	62.50	25.90	8.80	3.0	26.7	277	22.5	d3	d4 *
42	54	315	766	2.2	0.22	53.70	26.20	8.70	2.7	21.4	265	20.5	d3	d4 *
43	40	300	865	2.1	0.25	59.40	25.80	9.30	3.5	21.9	303	21.4	d3	d3
44	36	270	777	2.1	0.28	61.00	26.10	9.70	4.1	22.3	316	21.3	d3	d3
45	34	275	859	2.3	0.30	62.50	27.00	9.60	4.2	24.0	295	22.5	d3	d3
46	52	261	776	1.7	0.36	65.00	22.50	8.40	2.7	20.4	204	23.8	d4	d4
47	41	258	785	1.5	0.36	62.70	23.80	7.60	2.5	19.8	225	24.0	d4	d4
48	53	290	845	1.8	0.39	57.10	24.00	7.20	2.5	18.7	268	22.5	d4	d4
49	39	203	723	2.0	0.40	58.50	23.70	6.20	2.8	17.1	209	24.7	d4	d4

50	45	244	802	1.7	0.35	62.00	25.30	6.30	3.0	18.5	212	24.9	d4	d4
51	46	233	795	1.9	0.39	57.90	24.90	5.20	2.4	17.4	251	23.5	d4	d4
52	54	262	805	1.8	0.38	57.90	24.50	7.70	2.2	19.2	244	22.1	d4	d4
53	51	245	595	1.3	0.44	64.20	26.40	5.60	2.1	16.5	204	24.7	d5	d5
54	40	209	772	1.5	0.45	60.20	27.80	5.90	2.4	14.7	195	25.0	d5	d5
55	42	198	621	1.4	0.42	58.80	25.20	6.10	2.6	12.2	225	24.5	d5	d5
56	44	245	523	1.5	0.39	57.50	23.30	6.50	2.2	14.1	207	26.9	d5	d5
57	50	237	652	1.6	0.45	63.70	24.70	6.40	2.1	11.9	262	24.2	d5	d5
58	56	202	744	1.3	0.45	61.80	25.70	5.70	2.4	12.3	226	22.6	d5	d5
59	51	247	723	1.2	0.38	62.50	26.90	5.60	2.3	10.4	230	25.8	d5	d5
60	48	192	516	1.1	0.52	60.10	22.70	5.50	2.0	9.9	200	22.9	d6	d6
61	39	188	446	1.2	0.48	59.00	23.50	5.20	2.4	9.5	212	26.7	d6	d6
62	49	212	406	0.9	0.56	61.70	26.00	5.30	1.9	8.2	225	29.4	d6	d6
63	45	247	527	0.7	0.51	62.60	27.40	5.10	2.0	7.4	197	28.5	d6	d6
64	44	206	448	0.8	0.55	57.40	22.10	6.30	2.1	7.4	188	30.1	d6	d6
65	42	228	512	1.0	0.52	53.90	25.60	5.40	2.3	7.8	204	29.5	d6	d6

1) шифокор ташхиси,

2)компьютерли ташхис.

Ташхиснинг мураккаб алгоритмловчи масалаларини ечишда намоён бўлувчи норавшан экспертли тизимларнинг содда тизимлар олдидаги устуворликларини қуйидагича умумлаштириш мумкин.

1. Норавшан экспертли тизимларни қўллашда мустақил равишда қабул қилинувчи тажриба асосида ташхис қабул қилинади. Бизнинг ҳолимизда “мустақил равишда” деганда эксперт тизимнинг яратувчисига кирувчи маълумотлар ҳамда керакли ечим ўртасида математик аппаратни саралаб олиш, математик моделларни яратиш ва текшириш учун ортиқча вақт сарф қилмасдан туриб ўзаро алоқани ўрнатиш талаб қилинмаслигини англатади.

2. Норавшан экспертли тизим томонидан қабул қилинувчи ечим қатъий эмас. Тизим ечим билан биргаликда унга ишончлилик даражасини чиқаради,

бу эса фойдаланувчига унинг жавобини критик равишда баҳолашга имкон беради.

3. Норовшан экспертли тизим қарор қабул қилиш вазиятини моделлаштиришга имкон беради.

4. Норовшан экспертли тизимлар жуда ҳам тез натижалар олишга имкон беради, бу эса улардан тезкор қарор қабул қилишни талаб қилувчи турли хил динамик тизимларда фойдаланишга имкон беради.

5. Норовшан тармоқларнинг имкониятлари (таснифли моделини тўғирлаш, ўқитиш параметрларини минималлаштириш ва ҳ.к) экспертли тизимларни яратиш жараёнини соддалаштиради, илмий изланишнинг йўналишини аниқлаб беради.

Норовшан тизимларнинг асосий мезони амалиёт натижаларининг мавжудлигидир - ҳар хил шароитлардаги кўп маротабалик тажрибалар ҳамда текширишлар бўлиши керак.

3. Хопфилд нейрон тўридан фойдаланган ҳолда оптималлаштириш масаласини ечиш

Оптималлаштириш масаласи сифатида олдинги бўлимда кўриб ўтилган комбинаторли оптималлаштириш масаласи – коммивояжер масаласини ечишни кўриб ўтамиз. Ҳисоблаш эксперементларини шахарлар сони 10 та бўлган ҳолда кўриб ўтамиз. Бунда йўналиш вариантлари сони тахминан 10! та бўлиб, барча йўналишлар вариантларини кўриб чиқиш ҳолати жуда катта ҳисоблаш ва ресурс талаб қилади. Умуман олганда параллел ҳисоблаш технологиясида икки хил мақсадда фойдаланиш мумкин: а) ҳисоблаш жараёнини тезлаштириш, бунда бир масала бош – нолинчи процессор томонидан айнан танг кучли, тенг маъноли ўхшаш қисмларга ажратилади ва улар бир-биридан мустақил равишда ҳисоблаш учун параллел процессорларга юкланади. Яқунда ҳар бир процессорлардан олинган натижалар яна нолинчи процессорда бирлаштирилади. б) ечилаётган

масаланинг сифатини, ишончлилигини ошириш, бунда одатда кўплаб локал оптимум қийматларга эга бўлган оптималлаштириш масалаларини ечишда, кўп жиҳатдан юқори аҳамиятга эга бўлган масалаларни ишончли ечимига эришиш талаб этилган ҳолларда қўлланилади. Бу жараёнда, айнин бизни масалада кўрилгани каби бир масала параллел равишда бир нечта процессорларга жўнатилади. Табиийки ушбу процессорлардан турлича қийматлар, локал оптимумлар олинади. Яқунда барча локал оптимумлар ичидан энг кичиги глобал оптимум сифатида қабул қилинади. Кўриниб турибдики процессорлар сони қанча кўп бўлса, глобал оптимумга эгҳришиш эҳтимоллиги ҳам шунча юқори бўлади. Аммо бу борада Густафсон-Барсис конунини этиборда тутган ҳолда процессорлар сонини танлаш тавсия этилади.

Юқорида келтириб ўтилган алгоритмлар асосида Java дастурлаш тилида FMPI кутубхонасидан фойдаланган ҳолда дастурий таъминот ишлаб чиқилди ҳисоблаш экспериментлари ўтказилди. Бунда жами иккитадан ядрога эга бўлган икки процессорли (жами 60 та жараён - процессор) 15 та компьютер иштирок этда. Ҳисоблаш жараёнлари кетма-кет тарзда бир нечта процессорларда ишлаб кўрилди.

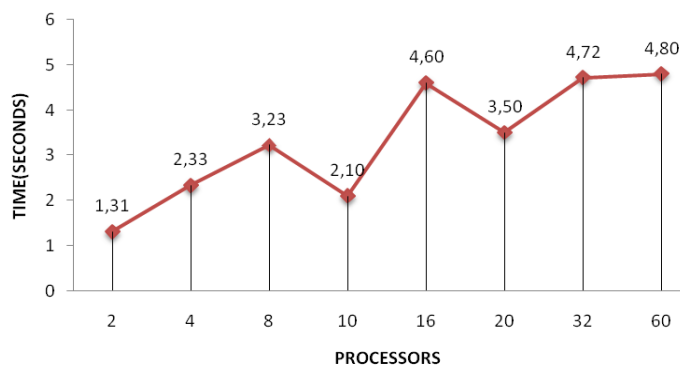
Қуйида ҳисоблаш эксперименти натижалари жадвал (3.5-жадвал) ва график кўринишида (3.1,3.2-расмлар) келтирилган

3.5 – жадвал. Ҳисоблаш экспериментларининг сонли натижалари

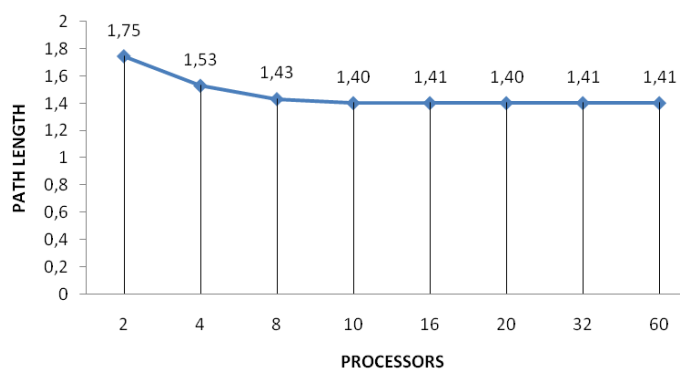
Жараёнлар сони	Асосий параметрлар	Ишлаш вақти (сек)	Натижалар
2	Шаҳарлар координаталари X Y	1,31	1.7464 1.7562000000000002 1,7464
4	0.4 0.4439 0.2439 0.1463	2,33	1.7659999999999998 1.8636

	0.1707 0.2293 0.2293 0.761 0.5171 0.9414		1.5317999999999998 1.8635999999999995 1,5317999999999998
8	0.8732 0.6536 0.6878 0.5219 0.8488 0.3609 0.6683 0.2536 0.6195 0.2634 Хопфилд тўрининг параметрлари: Устун учун	3,23	1.8927999999999998 1.5707999999999998 2.0196 1.4342000000000001 1.8927999999999998 1.7463999999999997 1.4342000000000001 1.5415999999999999 1,4342000000000001
10	const A = 500.0; Сатр учун const B = 500.0; Битта маршрут учун const C = 1000.0; Йўналиш нархини минималлаш учун const DD = 500.0;	2,1	1.9806 2.644 1.444 1.7073999999999998 2.644 1.4049999999999998 2.0683999999999996 1.5415999999999999 1.5415999999999994 1.4731999999999998 1,4049999999999998
16	Активация функцияси параметрлари const u0 = 0.02; const tao = 1.0;	4,6	1.8538 1.9415999999999998 2.0684 2.0878 1,405

20	Қадамлар const lamda = 0.0001;	3,5	1.8245999999999998 2.0 1.766 2.205 1,4049999999999998
32		4,72	2.2538 1.766 1.5026 1.5025999999999997 1,405
60		4,8	1.6392 2.322 1.444 1.8731999999999998 1,4049999999999998



3.1 – расм. Процессорлар сонини ҳисоблаш вақтига боғлиқлик динамикаси.



3.2 – расм. Процессорлар сонини оптимал қийматларни топишга боғлиқлик графиги.

Якуний натижалар шуни кўрсатдики самарасиз тарзда процессорлар сонини орттириш мақсадга мувофиқ эмас. Масаланинг ҳажми билан процессорлар сони орасидаги балансни сақлаш керак бўлади. Баъзи ҳолларда процессорлар сонининг орттирилиши самарали натижани бермай қўйиши мумкин. Ушбу ҳолатда ҳам айнан процессорлар (жараёнлар) сони 10 та бўлганда ҳам ишлаш вақти жиҳатидан ҳам самарали қийматга эришиш юзасидан энг яхши натижаларга эришилди.

Юқорида кўриб ўтилган масалада шахарлар сонининг ортиши оптимал ечимга эришиш жараёнини мураккаблаштириши мумкинлиги кўриб ўтдик. Бундай ҳолларда Хопфилд тўридан фойдаланиш етарлича самарали натижаларни бермаслиги, яъни ҳисоблаш учун жуда катта вақт ва ресурс талаб қилиши мумкин. Бундай ҳолларда кўп агентли эвристик алгоритмлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлиши мумкин.

Комбинаторли оптималлаштириш масаласини шахарлар сони жуда катта бўлган ҳолати учун арилар колонияси алгоритмидан фойдаланган мақсадга мувофиқ бўлиши мумкин.

Глобал оптимум қийматга эришиш жараёнини тезлаштириш мақсадида аниқ бир оптималлаштириш масаласи, коммивояжер масаласини ечиш алгоритмини бир вақтнинг ўзида N та процессорга юклаймиз. Ушбу процессорлар бир-биридан мустақил равишда ўз оптимал (локал) ечимларини оладилар. Олинган барча натижалар бош процессорда тўпланади ва улар орасидан энг кичик (\min) қийматга эга бўлган шахарлар кетма-

кетлигини оптимал ечим сифатида танлаймиз. Бунда процессорлар сонининг ортиши оптимал ечимни топилиш эҳтимолини ошириши билан бир қаторда, ҳисоблаш вақтини ошишига ҳам олиб келади.

Ш боб бўйича хулосалар

Ишлаб чиқилган усул ва моделлар асосида бир қатор алгоритмлар ва улардан олинган тажрибавий тадқиқот натижалари ушбу бобнинг асосий негизини ташкил этади. Натижалар қуйидагиларда ўз аксини топган:

1. Ишлаб чиқилган норавшан тизим ёрдамида, тиббий касалликларни ташхис қилиш учун алгоритмик-дастурий восита ва унинг ишлаш схемаси акс эттирилган. Ушбу алгоритмни шакллантиришда тадқиқотнинг асосий масалаларидан қоидалар базасини ишлаб чиқиш орқали норавшан моделни қуриш ва натижалар олиш келтирилган.

2. Интеллектуал тизимларда норавшан хулосалаш тизими орқали ташхис қилиш масалаларини ечиш таклиф этилган. Унда норавшан билимлар базаси ва норавшан хулосалаш тизимларини қуриш алгоритмлари келтирилган.

3. Келтирилган алгоритмлар тажрибавий тадқиқотларда синовлардан ўтказилган, қолаверса, синовдан ижобий натижалар олинганлиги асосланган.

4. Норавшан моделни созлаш усуллари асосида алгоритм ишлаб чиқилган ва уни синфлаштириш ҳамда масаласига қўлланган ҳолатда олинган натижалар акс эттирилган.

ХУЛОСА

1. Тиббиётдаги суст шаклланган масалаларни ечишда норавшан тўпламлар назарияси усулларидадан фойдаланиш масаласини ечиш долзарбилиги кўрсатилган.
2. Амалга оширилган тизимли таҳлиллар ва ишланмалар асосида тадқиқотнинг асосий йўналиши аниқланиб олинган ва бошланғич воситалар ишлаб чиқилди.
3. Тиббиётдаги суст шаклланган масалаларни норавшан ташхислаш тизимини қуришнинг асосий тамойиллари ишлаб чиқилди.
4. Суст шаклланган масалалар учун норавшан қарор қабул қилиш, жумладан тиббий ташхислаш тизимининг қоидалар базасини қуриш алгоритми ишлаб чиқилди.
5. Генетик алгоритм ёрдамида параметрик идентификация амали бажарилиши учун модификацияланган генетик алгоритм ишлаб чиқилди.
6. Хопфилд тўри ёрдамида параметрик идентификация амали бажарилиши учун алгоритм ишлаб чиқилди.
7. Ишлаб чиқилган норавшан тизимлар ёрдамида, тиббий касалликларни ташхис қилиш учун алгоритмик-дастурий восита ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган алгоритмлар тажрибавий тадқиқотларда экспериментал синовлардан ўтказилган.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Baum L.E. “An inequality and associated maximization technique in statistical estimation for probabilistic functions of Markov processes”, *Inequalities*, Vol.3, pp.1-8, 1972.
2. Bekmuratov T. F. Poorly structured decision - making in problems of management of risks // *Proc. of the 5th World conference on intelligent systems for industrial automation*, b - Quadrat Verlag. Tashkent (Uzbekistan). Novemder 25-27, 2008. P. 96-106.
3. Cordon O, Herrera F, Lozano M. On the bidirectional integration of fuzzy logic and genetic algorithms // *2nd Online Workshop on Evolutionary Computation (WEC2)*, Nagoya(Japan), 1996.-P. 13-17
4. D. J. Ramsbottom, M. J. Adams, J. Carroll Polymer characterization with a fuzzy classification algorithm//*J Automat Chem.* 1994; 16(5): 161–165.
5. Xing Zong-yi, Zhang Yong, Jia Li-min, Hu Wei-li. Construct Interpretable Fuzzy Classification System based on Fuzzy Clustering Initialization//*International Journal of Information Technology*, Vol.11 No.6 2005, pp.-199-206
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. – *Inf. Contr.* , - 1965. - V.8. – pp.338-353.
7. Акбаралиев Б.Б., Бобомурадов О.Ж. Об одном подходе к обработке данных в задачах распознавания образов // *Узб. журн. «Проблемы информатики и энергетики»*. – Ташкент, 2008. – № 2. – С.13-19.
8. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во ТГУ, 2000. - 352 с.
9. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез и планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. - 363 с.
10. Бекмуратов Т.Ф., Мухаммадиева Д.Т., Бобомурадов О.Ж., Акбаралиев Б.Б. Модели принятия слабоструктурированных решений.// *Труды Восьмой Международной симпозиум "ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ" (INTELS'2008)*, г.Нижний Новгород, Россия, стр.437-441

11. Бекмуратов Т. Ф., Мухамедиева Д. Т., Бобомуратов О. Ж. Модели нечетких критериев и алгоритм принятия слабоструктурированных решений// Электронное научно-техническое издание «Наука и образование»/ №7, июль 2010. - <http://technomag.edu.ru/doc/151504.html>
12. Бекмуратов Т.Ф., Мухамедиева Д.Т., Бобомуратов О.Ж. Нечеткая модель прогнозирования урожайности// Научный журнал СО РАН “Проблемы информатики”. – Новосибирск, 2010. № 3. – С. 11-23.
13. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. Вопросы анализа процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 172-215.
14. Бобомуратов О.Ж., Зиядуллаев Д.Ш., Жумаев Т.С. Аҳоли қатламининг ёш гуруҳлари бўйича криминоген қамровини аниқлаш дастури.// DGU 02065 Берилган санаси: 29.09.2010
15. Бобомуратов О.Ж. Норавшан 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
16. Бобомуратов О.Ж. Норавшан модел параметрларини сошлаш орқали классификация масалаларини ҳал этиш.// Вопросы вычислительной и прикладной математики. Аналитические методы и вычислительные алгоритмы решения задач математической физики. Сборник научных трудов. Ташкент-2011, Выпуск 126, стр. 143-151
17. Загоруйко Н.Г., Елкина В.Н., Лбов Г.С. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск: Наука, 1985. — 110 с.
18. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. — 165 с.
19. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982.-432 с.

20. Кравченко Ю.А. Перспективы развития гибридных интеллектуальных систем // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. -2002. -№ 3. С. 34-38.
21. Круглов В.В. Адаптивные системы нечеткого вывода // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2003. - № 5. - С. 15-19.
22. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. М.: Физматлит, 2002. - 256 с.
23. Орлов А. И. Принятие решений. Теория и методы разработки управленческих решений. Учебное пособие. — М.: МарТ, 2005. — 496 с. ISBN 5-241-00629-X
24. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. М: Финансы и статистика, 2002. - 344 с.
25. Паклин Н.Б. Нечетко-когнитивный подход к управлению динамическими системами // Искусственный интеллект. 2003. - № 4. - Донецк: Наука і освіта, 2003.-С. 342-348.p
26. Рапопорт Б.М. Оптимизация управленческих решений. - М.: Теис, 2006. - 264с.
27. Рыков А.С. Методы системного анализа: многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки. М.: «Экономика», 1999
28. Тейл Г. Экономические прогнозы и принятие решений. М.: «Прогресс» 1970.
29. ШТОВБА С.Д. "Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику". Режим доступа: <http://www.matlab.exponenta.ru>, свободный.
30. З.Б.Мингликулов, Э.Ш.Мамаев. Норавадан тўпламли ёндашув асосида модел куришда тегишлилик функцияларининг роли // Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари. Республика илмий - амалий конференция (ТАТУ), 2014 йил 13-14 март. – Тошкент, 2014. - С. 164-166.

31. *Алиев Р.А., Алиев Р.Р.* Теория интеллектуальных систем и ее применение. - Баку, Изд-во Чашыоглы, 2001. -720 с.
32. *Заде Л.А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // -В кн.: Математика сегодня. -М.: Знание, 1974. -С. 5-49.
33. *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. -М: Наука. 1981. -203 с.
34. *Ротштейн А.П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. -Винница: УНИВЕРСУМ-Винница. 1999. - 320 с.
35. *Ротштейн А.П., Штовба С.Д.* Управление динамикой системой на основе нечеткой базы знаний // Автоматика и вычислительная техника. 2001. -№2. -С.23-30.
36. *Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск. И.Д. Рудинского. -М.: Горячая линия-Телеком, 2004. -452 с.
37. *S. Alvisei, G. Mascellani, M. Franchini, and A. B'ardossy* Water level forecasting through fuzzy logic and artificial neural network approaches // Hydrology and Earth System Sciences, 10, 1-17, 2006, www.copernicus.org/EGU/hess/hess/10/1/ SRef-ID: 1607-7938/hess/2006-10-1 European Geosciences Union.
38. *H.Tozan, M.Yagimli A.* Fuzzy Prediction Based Trajectory Estimation. // Wseas transactions on systems. Issue 8, vol.-9, august 2010. pp.885-894.
39. *Мингликулов З.Б., Мамаев Э.Ш.* Сравнение результатов эвристических алгоритмов при решении задачи комбинаторной оптимизации // «Вестник ТУИТ». - Ташкент, 2014. - №3, - с. 9-14.

ИЛОВА