

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА
КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ

МУҲАММАД АЛ-ҲОРАЗМӢЙ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
САМАРҚАНД ФИЛИАЛИ

Қўлёзма ҳуқуқида

УДК: 004.932

ФАЙЗИЕВ ВОҲИД

**НОРАВШАН БЕЛГИЛАР БИЛАН БЕРИЛГАН
ОБЪЕКТЛАРНИ АНГЛАШ АЛГОРИТМИ ВА
ДАСТУРИЙ ТАЪМИНОТИ**

5A330501- “Компьютер тизимларини лойиҳалаш”
мутахассислиги бўйича магистр академик даражасини олиш учун ёзилган

ДИССЕРТАЦИЯ

Илмий раҳбар: т.ф.н., доц. Бекмурадов Қ.А.

Самарқанд-2020

МУНДАРИЖА

КИРИШ	8
I БОБ. НОРАВШАН БЕЛГИЛАР БИЛАН БЕРИЛГАН ОБЪЕКТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТАҲЛИЛЛАШ ЁНДАШУВЛАРИ	14
1.1. Норовшан тўпламлар назарияси ҳақида қисқача маълумот	14
1.2. Объектларнинг турли типли белгилар фазосида ифодаланиши	18
1.3. Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишда тимсолларни англаш масалалари, усуллари ва алгоритмлари	21
1.4. Норовшан мантиқий хулосалаш қоидалари	27
I боб бўйича хулоса.....	32
II БОБ. ТАСВИРЛАРДА НОРАВШАН БЕЛГИЛАР БИЛАН БЕРИЛГАН ОБЪЕКТЛАРНИ АНГЛАШДА НОРАВШАН МАНТИҚ УСУЛЛАРИГА ТАЯНИЛГАН ЁНДАШУВ.....	34
2.1. Норовшан тизимлар ёрдамида тасвирга рақамли ишлов бериш алгоритми	34
2.2. Норовшан тўплам аппаратида фойдаланиб тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини ажратиш.....	39
2.3. Тасвирдаги норовшан белгилар билан берилган объектларни интуиционистик норовшан кластеризациялаш модели	46
II боб бўйича хулоса	51
III БОБ. ТАСВИРЛАРГА БОШЛАНҒИЧ ИШЛОВ БЕРИШДА НОРАВШАН МАНТИҚНИ ҚЎЛЛАШ АЛГОРИТМИ ВА ДАСТУРИЙ ТАЪМИНОТИ.....	52
3.1. Норовшан ишлов бериш жараёни алгоритмлари.....	52
3.2. Норовшан мантиқ асосида тасвирга ишлов беришда Python тили имкониятлари	55

3.3. Нимранг тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектни англаш ва ранг қийматларини ўзгартириш	56
ХУЛОСА	63
ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ	65
ИЛОВА.....	68

КИРИШ

Диссертация мавзусининг долзарблиги. Тиббиёт, техника ва табиатга оид норавшан белгилар билан берилган объектларни таниб олишда сушт шаклланган ёки норавшан маълумотларни қайта ишлаш, уларнинг сифатини ошириш, айниқса, инсон кўзи билан кўриши ва таниб олиши мураккаб бўлган тасвирларни ўрганишда тасвирларига рақамли ишлов бериш ўта муҳим, кам ўрганилган ва истиқболли муаммолар сирасига киради.

Мамлакатимизда ахборотлашган жамият куриш бўйича халқ хўжалиги соҳаларида, ишлаб чиқариш ва таълим тизимида кенг миқёсда ислохотлар олиб борилмоқда. Ўзбекистон Республикаси биринчи Президентининг 2012 йил 21 мартдаги ПҚ-1730 сонли «Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини янада жорий этиш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 19 декабрдаги “Ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш жамғармасини янада ривожлантириш ва унинг маблағларидан самарали фойдаланиш тўғрисида”ги 356-сонли Қарорининг қабул қилиниши ахборот-коммуникация технологияларини соҳаларга сингдириш ва уларни ривожлантириш борасида жадал қўйилган қадамлар ҳисобланади.

Тасвирларга ишлов бериш ва улардаги тимсолларни англаш ва мавзусида дунёда кўплаб олимлар ва тадқиқотчилар иш олиб боришган. Бу масала XX асрнинг сўнгги йилларида ривожланиб, ҳозирги кунда икки ва уч ўлчовли тасвирлар устида турли амаллар бижариш, уларни аниқлаш, тасвирларни бир-бири билан ўзаро боғлиқлиги каби хусусиятлари кенг ўрганилмоқда. Ушбу масала бўйича дунёнинг етук олимлари тадқиқотлар олиб борган ва ҳозирда ҳам бу ишлар давом эттирилмоқда. Белоруссияда 1990-2000 йиллар оралиғида Абламейко С.В., Лагуновский Д.М, Мурашко Н.И., Кулешов А.Я., Самаль Д.И., Старовойтов В.В., Семенов О.И., Москвада 1972 йиллар Розенфельд А., 1975-1990 йилларда Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К., Бакут П.А., Колмогоров Г.С., Ворновицкий И.Э., Бочко В.А.,

Быков Р.Е., Гуревич С.Б., Даджион Д., Мерсеро Р., Денисов Д.А., Низовкин В.А., Дж. Ту, Р. Гонсалес., Коулмэн Г.Б., Мартинес Ф., Недзьведь А.М, Павлидис Т., Прэтт У.К., Путятин Е.П., Аверин С.И., 1995-2000 йиллар оралиғида Плесков А.В., Писаревский В.Н., Талёб М. А. ва бошқа олимлар ушбу масала устида турли илмий изланишлар олиб борганлар ва амалий алгоритмлар яратишган. Жумладан, тадқиқотчи Улд Ахмед Талёб шу йўналиш бўйича илмий изланишлар олиб бориб, унинг тадқиқот ишида қуйидаги масалалар ҳал этилган: рангли тасвирлар устида рақамли амаллар бажариш усуллари, рангли тасвирларни бўлаклаш масаласи алгоритмлари ва уларни тадқиқот тажрибалари бўйича кенг маълумотлар келтирилган. Уларда тасвирга дастлабки ишлов бериш, нимранг(кулранг) тасвирларни бўлаклаш, соҳалар тушунчаси, рангли тасвирларни бўлаклаш, тасвирларни ёрқинлик градиенти ва соҳа ўстириш усули ёрдамида бўлаклаш, белгиларни аниқлаш, бўлаклаш натижаларини расмийлаштириш ва таҳлил қилиш масалалари илмий тадқиқот ишининг асоси ҳисобланади.

Рус олимларидан Вадим Конушин ва Владимир Вежневевнинг “Тасвирларни бўлаклаш усуллари: интерактив усуллар” мавзусидаги бажарган изланишларида асосан курсор ёрдамида тасвир нуқталарини танлаш ёрдамида тасвир қисмини бўлаклаш ишларига урғу берилган. Унинг бир жихати шундаки, тасвир устига ихтиёрий чизилган чизиқ тасвирнинг контурига нисбатан яқин жойлашганлиги аниқланади ва тасвирни бўлаклаш амалга оширилади.

И.С.Грузман, В.С.Киричук ва бошқаларнинг “Ахборот тизимларида рақамли тасвирларни ишлаш” номли ўқув қўлланмаси тасвир сифатини ошириш, тасвирни филтрлаш турлари: чизиқли, Винер ва бошқалар, тасвирни тиклаш, тасвирда геометрик алмаштиришларини амалга ошириш, фотограмметрия ва стерео кўриш имконияти ва шу каби маълумотларга бағишланган. Унинг амалий аҳамияти шундаки, нафақат оддий тасвирлар, балки реал вақтда камера тасвирларини қайта ишлаш ва йўқотилган тасвирни тиклаш масалалари ечилган.

Ўзбекистонда тасвирларга рақамли ишлов бериш соҳасида илмий тадқиқотлар олиб борган С.С.Содиқов, Қодирова Г.Х., Самандаров И.Р., Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н., Тўхтасинов М., Раджабов С., Мамарауфов О. каби олимларни айтиб ўтишимиз мумкин.

Кейинги йилларда ахборотни интеллектуал қайта ишлаш усулларига илмий ва амалий қизиқиш ортиб бормоқда. Ахборотни қайта ишлашнинг бундай усулларига норавшан мантиқ моделлари, нейрон тўрлар, гибрид нейрон тўрлари ва бошқа “табiiй” ёндашувли, комбинацияланган моделлари каби бир қатор “Юмшоқ ҳисоблаш” воситаларини киритиш мумкин [Ошибка! Источник ссылки не найден.,Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Бу соҳада Ўзбекистонда Т.Бекмурадов, Д.Мухаммадиева, Р.Усмонов, О.Бобомурадов ва З.Минглиқулов каби олимларимиз шуғулланиб келмоқдалар.

XX асрнинг 60-йилларида Л.Заде [Ошибка! Источник ссылки не найден.] томонидан асос солинган норавшан мантиқ бир неча ўн йилликлар мобайнида инсон фикрлашига яқин моделлаштириш, классификациялаш ва маълумотлар таҳлили каби масалаларни моделлаштиришнинг қудратли воситасига айланди. Норавшан тўпламлар назариясининг математик аппарати норавшан фикрлаш ва қоидаларга асосланиб объект моделини қуриш имкониятига эга. Норавшан моделлар реал дунё жараён ва ҳодисаларини лингвистик термлар орқали табiiй тилда баён қилади, норавшан хулосалаш механизми эса одам учун шаффоф ва тушунарли бўлади. Ушбу устунликлар илм, техника ва иқтисодиётнинг турли амалий соҳаларини автоматик бошқариш, қарор қабул қилиш, башоратлаш каби бир қатор масалаларини ечиш учун кенг қўллаш имкониятини яратади [23].

Н.М.Мирзаев норавшан тўплам аппаратида фойдаланиб тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини ажратишда маълум турдаги халақитлар учун турғун бўлган алгоритмлар синфи ишлаб чиқилган. Таклиф қилинган алгоритмларнинг асосий ғояси норавшан “орторма”, “катта”, “кичик”, “негатив”, “позитив” каби тушунчалардан фойдаланган ҳолда контур чизиқларини аниқлашдан иборат. Қаралаётган нуқта учун ихтиёрий йўналиш

норавшан орттирма ҳисоблаш қоидаси келтирилган ва уни ишга яроқли эканлигини текшириш бўйича экспериментал тадқиқот ўтказилган. Амалда босма ҳарфлар билан қўлда ёзилган ҳарфлар таниб олиш масаласига табиқи қаралган ва унинг самарадорлиги кўрсатилган.

Тасвирларга рақамли ишлов беришда тасвир пикселлари хусусиятлари учун норавшан тегишлилик тўпламларини қуришда бир қатор параметрларни танлашда норавшан хулосалашни назарда тутадиган бўлсак, тасвирда норавшан шаклланган объектлар, пикселларда норавшан тақсимланган ҳалақитлар, объект чегаралари каби тушунчаларни қараш мумкин.

Тадқиқот объекти ва предметининг белгиланиши. Диссертация мавзусининг тадқиқот **объекти** – рақамли кулранг тасвирлар, реал вақтда тасвирларга рақамли ишлов бериш усуллари ва норавшан мантиқ асосида тасвирларга дастлаб ишлов бериш алгоритмларидир. Тадқиқот **предмети** сифатида эса тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектларни кластеризациялаш усуллари, норавшан филтрлаш алгоритмлари ва дастурий воситалари қаралади.

Тадқиқот мақсади ва вазифалари. Мазкур диссертация ишининг мақсади эталон танловдаги объектлар, масалан, тасвирлардаги объектлар норавшан белгилар билан берилганда улар устида норавшан тўпламлар амалларини қўллаш натижасида ҳар бир синфга хос норавшан белгиларни ҳосил қилиш ва улар асосида объектларни интеллектуал англаш алгоритми ва дастурий таъминоти ишлаб чиқилади.

Тадқиқот вазифалари:

- норавшан белгилар билан берилган объектларни интеллектуал таҳлиллаш ёндашувларини тадқиқ қилиш;
- тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектларни англашда норавшан мантиқ усулларига таянилган ёндашувлар таҳлил қилиш;
- норавшан мантиқий хулосалаш асосида тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектларни кластеризациялаш усул ва алгоритминини ишлаб чиқиш;

- нимранг тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектни англаш ва ранг қийматларини ўзгартириш дастурини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг асосий масалалари ва фаразлари. Очик кодли компьютерли кўриш кутубхоналари (OpenCV) ва Python юқори дастурлаш тилида турли хил форматдаги тасвирларни таҳлил қилиш, тасвирларни рақамли ишлов беришда норавшан тўпламлар ва норавшан қоидаларнинг қўллаш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш объект ҳақида кўпроқ маълумот олиш имконини беради ҳамда иқтисодий жиҳатдан тежамкорликка олиб келади.

Тадқиқотда қўлланилган услубларнинг қисқача тавсифи. OpenCV кутубхоналари ва алгоритмлари орқали тасвирларни филтрлаш, тасвирнинг контрастини ўзгартириш, Python 2.7 дастурлаш тилида OpenCV кутубхоналари ва Scikit-Fuzzy пакетидан норавшан мантиқий хулосалаш механизми учун алгоритмлар ишлаб чиқилди.

Тадқиқот натижаларининг назарий ва амалий аҳамияти. Тасвир контурини ажратишда норавшан мантиқий хулосалаш, тасвирларнинг мос хусусиятларини аниқлаш ва улар асосида таққослаш усул, модел ва алгоритмлари норавшан моделлар параметрларини созлаш асосида рақамли тасвирларга ишлов беришни интеллектуаллаштирилган тизимларини қуриш назариясини ривожланишига ҳизмат қилади. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар интеллектуал камералар, робот-манипуляторлар учун дастурий воситалар ишлаб чиқишда амалий аҳамиятга эга.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги. Диссертация ишида норавшан тўпламнинг интуиционистик назариясини қўллаш орқали рангларни кластеризациялаш норавшан C-ўртача алгоритми алгоритми модификацияланди. Ишлаб чиқилган модел норавшан C-ўртача алгоритмидаги ўзига хос хатоликлар бартараф қилади ва турли ранг моделларида рангларни кластеризациялаш яхшилайди.

Диссертация таркибининг қисқача тавсифи. Диссертация кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар ва иловадан таркиб топган.

Биринчи бобда норавшан белгилар билан берилган объектларни интеллектуал таҳлиллаш ёндашувлари таҳлил қилинган. Норавшан тўпламлар назарияси ҳақида қисқача маълумот баён этилган. Объектларнинг турли типли белгилар фазосида ифодаланиши, маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишда тимсолларни англаш масалалари, усуллари ва алгоритмлари тадқиқ қилинган.

Иккинчи бобда эса тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектларни англашда норавшан мантиқ усулларига таянилган ёндашув ёритилган. Унда норавшан тизимлар ёрдамида тасвирга рақамли ишлов бериш алгоритми, норавшан тўплам аппаратида фойдаланиб тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини ажратиш ва тасвирдаги рангларни интуиционистик норавшан кластеризациялаш модели ишлаб чиқилган.

Учинчи боб тасвирларга бошланғич ишлов беришда норавшан мантиқни қўллаш алгоритми ва дастурий таъминоти ҳақида бўлиб, унда норавшан ишлов бериш жараёни алгоритмлари, норавшан мантиқ асосида тасвирга ишлов беришда Python тили имкониятлари ҳамда нимранг тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектни англаш ва ранг қийматларини ўзгартириш дастури изоҳлаб берилган.

Олинган илмий-амалий натижалар қисқача хулосаланган, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва яратилган дастур коди иловад келтирилган.

I БОБ. НОРАВШАН БЕЛГИЛАР БИЛАН БЕРИЛГАН ОБЪЕКТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТАҲЛИЛЛАШ ЁНДАШУВЛАРИ

1.1. Норавадан тўпламлар назарияси ҳақида қисқача маълумот

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

АТни интеллектуаллаштиришнинг мақсади уларнинг хусусиятларини ЭҲМда ифодалаш ва формал бўлмаган билимларни қайта ишлашдан иборат. Формал бўлмаган масалалар деганда одатда қатъий математик воситалар билан ифодалана олинмайдиган масалаларни тушунамиз.

Интеллектуал ҳисоблаш технологияларининг амалий қўлланиши истиқболларига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- Сушт тизимлаштирилган қарорларни қабул қилиш тизимига эга ахборот-таҳлилий тизимлар.
- Норавадан шароитида мониторинг, ташхислаш, ўқитиш ва бошқариш тизимлари [Ошибка! Источник ссылки не найден.,Ошибка! Источник ссылки не найден.].
- 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.
- Интеллетуал 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 нораваданликларни мантиқий лингвистик формаллаштиришга таянади, улар қуйидагилардан иборат [20]. Норавадан 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 тутди, тегишлилик $[0,1]$ ораликдаги сонлар билан ифодаланади.

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

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

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

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

2-таъриф. X ва Y тўпламлар ўртасидаги R норавайн муносабатлари 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 норавайн муносабатни X ва Y тўпламлари элементларига мос равишда сатрлар ва устунларнинг мос муносабатлар матрицаси кўринишда акс

этирилади, x сатр ва y устунларнинг кесишмасига $R(x,y)$ элемент жойлаштирилади. X ва Y тўплам мос тушиб қолган ҳолати учун $\mu_R : X \times X \rightarrow [0,1]$ норавадан муносабат X тўпламдаги норавадан муносабат деб юритилади.

Тегишлилик функцияси 0 ва 1 қийматнигина қабул қиладиган оддий муносабатни норавадан муносабатнинг хусусий ҳоли сифатида қараш ўринли. Бу ерда оддий ва норавадан муносабатларнинг турличалигини акс этирувчи мисол келтириш ўринли. Бунинг учун икки “ўхшаш” муносабатни $[0,1]$ ораликда қараш маъқул, шу қаторда таъкидлаш лозимки уларнинг бири оддий (аниқ), иккинчиси эса норавадан. Оддий муносабат учун $R (\geq)$ (“катта ёки тенг”) муносабатини, норавадан муносабат учун эса $\tilde{R} (>)$ (“кўп катта”) муносабатни олиш оламиз.

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

3-таъриф. $X \times Y$ да аниқланган $\tilde{R}$ ва $\tilde{S}$ норавадан муносабатлар бирлашмаси деб $X \times Y$ да аниқланувчи $\tilde{R} \cup \tilde{S}$ кўринишдаги норавадан 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 $\tilde{S}$ норавадан муносабатлар бирлашмаси деб $X \times Y$ да аниқланувчи $\tilde{R} \cap \tilde{S}$ кўринишдаги норавадан 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. $\tilde{R}$ норавадан муносабатга қўшимчани $\tilde{\bar{R}}$ кўринишда белгиланади ва қуйидаги кўринишдаги тегишлилик функцияси норавадан муносабати билан аталади:

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

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

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

7-таъриф. $X \times Y$ ва $Y \times Z$ да аниқланган $\tilde{R}$ ва $\tilde{S}$ норавшан муносабатнинг максимин композицияси деб $Y \times Z$ да аниқланган $\tilde{Q} = \tilde{R} \circ \tilde{S}$ норавшан муносабатнинг куйидаги кўринишдаги тегишлик 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 [20] 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, $u \in U$ сифатида $[0; 100]$ оралик олиниши мумкин, C эса ушбу ораликнинг қисм тўплами бўлиши мумкин.

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 $(T_i, U, M(T_i))$) норавшан 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.

1.2. Объектларнинг турли типли белгилар фазосида ифодаланиши

Ўтган асрнинг ўрталаридан бошлаб, инсоннинг кўриш, эшитиш, ҳис қилиш, ҳид билиш каби сезги органлари ёрдамида табиий жараён (объект, предмет, ҳодиса, ҳолат, воқеа ва бошқалар) ҳақидаги ахборотларни етарлича тавсифлай олиш хусусиятларини ЭХМга тадбиқ этишга оид кибернетика фанининг турли илмий йўналишлари ривожлана борди. Замонавий компьютер технологиялари ҳамда маълумотларни таҳлил қилиш йўналишининг босқичма-босқич ривожланиб бориши бундай муаммоларни ҳал этиш суратини жадаллаштирди. Шундай бўлсада, инсон модели хатти-ҳаракатлари ва интеллектуал хусусиятларини интеллектуал тизимларга жорий қилиш бугунги кун илм-фанида тадқиқотчилар томонидан чуқур ўрганиш талаб этиладиган ниҳоясиз масалалардан ҳисобланади. Сўнгги йилларда халқ хўжалигининг барча тармоқларида инсоннинг муайян вақтда бажаришга қодир бўлмаган юмушларини бир зумда ҳал этишга хизмат қиладиган,

интеллектуал тизимлардан фойдаланадиган робото-техник қурилмаларни ишлаб чиқариш ва улардан кенг фойдаланиш оммалашиб бормокда.

Замонавий интеллектуал тизимларнинг янада такомиллаштирилиши учун предмет соҳа объектлари ҳақидаги ахборотларни чуқур ўрганишда замонавий ўлчов асбобларидан фойдаланиб, уларнинг белгилар фазосини шакллантириш, таҳлил қилиш, таниб олиш каби масалаларни юқори аниқликда ҳал этилишини тақоза этади. Ўрганилаётган объект ҳақидаги ахборотларни интеллектуал таҳлил қилиш мақсадида уларни характерловчи белгиларни тўғри аниқлаш ва ўлчаш, уларнинг қийматлар соҳасини аниқлаш ва шкалалаштириш муаммоларининг ҳал этилиши унинг реал ҳолатини ёритишда муҳим омил ҳисобланади.

Бир жинсли $\{S\}$ объектлар тўпламининг $\{X\}$ таснифий белгилар орқали ифодаланиши – *белгили тавсифлаш* деб юритилади. Предмет соҳа объектлари моделини белгили тавсифлашнинг мураккаблиги – бу белгиларнинг турли, кўп ўлчовли физик хусусиятлардан иборат бўлишига боғлиқ. Масалан, тирик мавжудотларни белгили тавсифлашда уларнинг географик, физик, морфологик, кимёвий, геномик каби турли хусусиятларидан фойдаланиш мумкин. Аммо ҳар бир туркум белгилари бир-бирига боғлиқ бўлмаган йўналишлар усуллари орқали тадқиқ қилинади. Бу узоқ вақт ва ортиқча маблағни талаб қилади. Шу боис, қўйилган масалага кўра объектларнинг математик ва компьютерли моделларини шакллантириш мақсадга мувофиқдир.

Бундан ташқари предмет соҳа объектларини моделлаштиришда қуйидаги ноаниқлик кўринишлари пайдо бўлиши мумкин:

- *кўп жинслилик*, бир турдаги объектларнинг турли ўлчамли белгилар билан ифодаланиши ва уларни бир жинсли кўринишга келтириш;
- бир белгининг *кўп сонли (икки ёки ундан ортиқ) ост белгилар билан ифодаланиши*. Бундай ҳолатларда объектларни қиёслаш мураккаблиги ортиб кетади;
- белгининг *кўп қийматлилиги* (белгининг қийматлари икки ёки ундан ортиқ бўлиши);

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

- *белгилари орасидаги ўзаро боғлиқликларни* аниқлашнинг мураккаблиги;

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

- *белгиларининг турли типлилиги* (мантикий, сонли, норавшан ва.х.к.).

Тадқиқот ишида объектлар ҳақидаги ахборотларнинг турли типлилиги ва айниқса норавшан тўпламлар орқали ифодаланганлигига алоҳида эътибор қаратилади.

Объектларни идентификациялашда ахборотга дастлабки ишлов бериш, уларнинг белгиларини (мантикий, номинал, миқдорий, тартибланган, лингвистик, интервалли, норавшан кўринишда) типлаштирилиши муҳим ўрин тутди.

Тимсолларни аниқлашнинг классик усулларида амалий соҳалар объектларининг сифатий белгилари 1.1-жадвалдаги сингари миқдорий кўринишларга ўтказилган.

1.1-жадвал

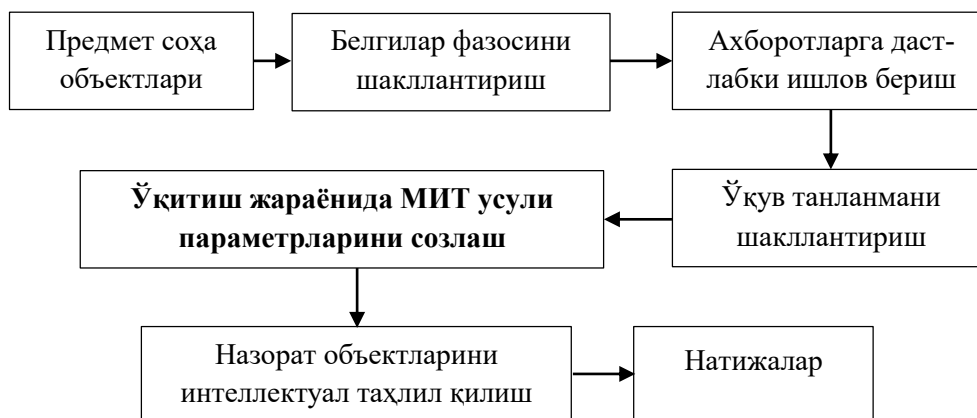
Объект белгиларининг баъзи типлари

	Миқдорий (сонли) белгилар	Сифатий белгилар
Мантикий	{0, 1}	{“мавжуд эмас”, “мавжуд”}
Дискрет сонлар	аниқ натурал ёки ҳақиқий сонлар	<i>k</i> тартибли миқдорлар, норавшан сонлар
Узлуксиз миқдорлар	(датчик ёки ўлчов асбоблари томонидан олинган қийматлар)	оралиқли қийматлар, норавшан сонлар
Номланиш	тартиб рақамга эътибор берилган	атамалар, ранглар ва х.к. номи
Лингвистик	ранжировка қилинган миқдорлар	Норавшан тўпламлар (сўзлар, жумлалар)

Классик математик усуллардан фойдаланган маълумотларни таҳлил қилиш йўналишининг мантиқий давоми ҳисобланган маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш (МИТ, Data Mining) йўналишида ахборотларнинг турли типлилик ҳолатида таҳлил қилиш муаммосига алоҳида эътибор қаратилди. Кейинги параграфда МИТ ва унда тимсолларни аниқлаш масалаларининг ўрни ҳақида фикр юритилади.

1.3. Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишда тимсолларни англаш масалалари, усуллари ва алгоритмлари

Инсон қабул қиладиган қарорларга мос бўлган маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш (МИТ) усуллари ишлаб чиқиш ҳамда улардан интеллектуал тизимларни ривожлантиришда фойдаланиш муҳим ҳисобланади. МИТ – тимсолларни аниқлаш, сунъий интеллект, ахборот (тасвир, овоз)ларга рақамли ишлов бериш, статистика, алгоритмлаштириш, визуаллаштириш, маълумотлар ва билимлар базаси каби фан йўналишларини ўз ичига қамраб олади [19]. МИТда ҳар бир фан йўналиши бўйича ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларнинг ўзаро интеграциясидан ҳосил қилинадиган гибрид усулларни ишлаб чиқиш оммалашиб бормоқда. 1.1-расмда интеллектуал тизимларнинг асосий босқичлари келтирилган бўлиб, мазкур ишда МИТ усуллари тақомиллаштириш вазифасига алоҳида эътибор қаратилади.



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

МИТ йўналишининг ривожланиш босқичлари. Маълумотларни сақлаш ва қайта ишлаш технологияси ривожланиши илк бора ҳисоблаш машиналарида маълумотларни сақлаш имконияти яратилиши билан боғлиқ (XX асрнинг 50 йиллари охири) [19,23].

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

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

80-йилларда МББТларнинг ривожлантирилган реляцион-объектга йўналтирилган, кенгайтирилган реляцион, дедуктив каби кўринишлари, шу қаторда МББТларнинг махсус йўналишларга “йўналтирилган” турлари вужудга келди.

90-йилларда мультимедиа маълумотлар базаси (МБ), www серверлари, OLAP ва нихоят Data Mining каби ривожланган илғор технологиялар жорий этила бошлади.

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

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

Сўнгги ўн йилликда маълумотларнинг кескин ортиб бориши катта ҳажмли маълумотлар устида ишлаш муаммосини пайдо қилди. Бунинг натижасида 2008 йилда “Big data” (“Катта маълумотлар”) термини пайдо бўлди [133] ва бу йўналиш МИТ йўналишининг деярли барча усул ва алгоритмларини қамраб олади. Ундан ташқари, маълумотларни йиғишнинг автоматик воситалари, МББТни кенг қамровли қўлланилиши, электрон ҳужжат алмашинуви, www, мультимедиали архивлар ва бошқалар. Буларнинг барчаси ахборот ҳажмнинг ўсишига ва сақланаётган ахборот тузилмасини мураккаблашишига олиб келмоқда. Бу каби муаммоларни бартараф этишда МИТнинг қуйидаги масалалари устида тадқиқот ишларини олиб бориш зарур:

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

МИТ масалаларининг қисқача тавсифи. Классификация (таснифлаш, ўқитувчи ёрдамида ўқитиш, гуруҳларга ажратиш) масаласидир. Унинг ёрдамида янги, назоратдаги объектни аввалдан маълум бўлган у ёки бу синфга тегишлилиги аниқланади. *Кластеризация* (автоматик классификация, таксономия, ўқитувчисиз ўқитиш) масаласида объектларнинг ўзаро яқинлиги бўйича автоматик равишда кластерларга ажратилади ва улар ажратилган кластерига (синфига) тегишли деб олинади. Кластеризация усуллари билан аксарият ҳолларда катта ҳажмли турли типли маълумотларни тадқиқ қилиш билан боғлиқ масалаларни ечиш учун хизмат қилади. *Регрессион таҳлил* ўзгарувчилар ўртасидаги муносабатлар миқдорий ифодаланган ҳолда уларнинг айрим комбинациялари кўринишида ишлатилади. Унда асосан,

стандарт статистик усуллар қўлланилади. Булардан бири чизиқли регрессиядир. Вақт кетма-кетликларини *башорат қилиш* бошланғич маълумотларни ёки ярим қайта ишланган маълумотларни таҳлил қилиш асосида бўлғуси башорат ўзгарувчилари қийматини баҳолаш имконини беради. *Ассоциация* бир нечта ҳодиса ва фактларнинг боғлиқлигини топиш усули ҳисобланади. Тартибни келтириб чиқариш таҳлил қилинаётган маълумотларни вақт тартиби занжирини аниқлаш ҳамда сочилиб ётган вақт тартибларини гуруҳлаштиришни амалга оширади. Яъни қўйилган мақсад ёки олдиндан кутилган ечимдан хатолик оғиши аниқланади. Булардан ташқари сўнгги вақтларда маълумотларни визуал талқин этиш (визуаллаштириш), матнли ахборотларни таҳлил этиш (Web Mining, Text Mining) каби йўналишлар ҳам ривожланиб бормоқда.

Ўтган асрнинг 60 йилларидан бошлаб бугунги кунгача МИТнинг асосий масалаларидан ҳисобланаган классификация ва кластеризация масалалари устида *тимсолларни аниқлаш* йўналиши орқали оммавий равишда тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда [2,15,31,33, 34,43,46,66,73,76].

Тимсолларни аниқлаш – бу муайян предмет соҳанинг бир жинсли объектлар тўпламини ўқитиш ва таниб олишга асосланган усул ва алгоритмларни тадқиқ этувчи фандир. Тирик мавжудот борки, у ҳаётининг ҳар дақиқасида таниб олиш масаласини ҳал этади. Масалан, инсон сезги органлари орқали ўзига маълум бўлган предмет, жараён ёки ҳолатларни аниқлайди.

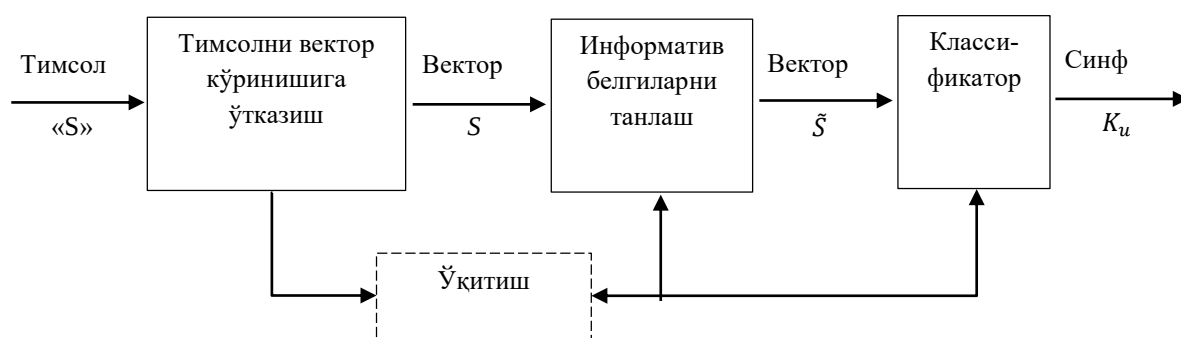
Инсон таниб олиш масалаларини ҳал этиши учун у ташқи муҳит ҳақидаги зарурий ахборотларга эга бўлиши талаб этилади. Шунга кўра, ҳисоблаш техникаларини интеллектуаллаштириш жараёни ҳам кўп босқичли ўқитиш жараёнини босиб ўтишни талаб қилади.

Тимсолларни аниқлаш йўналишидаги дастлабки ишланма АҚШда ўтган асрнинг 60-йиллари бошларида конверт символларини таниб олувчи тизим бўлди. Бу ишланма тимсолларни аниқлаш йўналишининг ривожланишига турки бўлди.

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

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

Қуйида тимсолларни аниқлашнинг асосий босқичлари шакллантирилган умумий схема келтирилади (1.2-расмга қаранг):



1.2-расм. Тимсолларни аниқлашнинг умумий схемаси

1.2-расмда тимсолларни аниқлаш босқичларида прецедентга (ўқув танланмага) асосланган эвристик-мантиқий таниб олувчи усул ва алгоритмлар ишлаб чиқилган [44].

Прецедент – аввал содир бўлган бирор воқеа, ходиса ёки жараённинг айнан шу турдаги ҳолатларига намуна бўла оладиган кўринишда акс эттирилиши тушунилади. Бу ерда таниб олинаётган тимсол прецедент-намунанинг барча тимсоллари билан ўзаро қиёсланиши ва унинг қайси прецедент синфига тегишлилик даражасини аниқлаш ғояси ётади. Тимсолларни аниқлашда прецедентлар жадвалидан асосан “ўқитувчи

ёрдамида” ўқитиш яъни таснифлаш масалаларида ўқув танланма (эталон) жадвали сифатида фойдаланилади.

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

- биринчи босқичда R_A - таниб олиш оператори шакллантирилади;
- иккинчи босқичда r_A - ҳал қилувчи қоида қурилади.

Қуйида прецедентлар ва қисмий прецедентлик тамойилларига асосланган усулларга мисоллар келтирилади.

Прецедентлар бўйича таниб олиш усуллари:

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

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

Қисмий прецедентликка асосланган таниб олиш усуллари:

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

Булардан ташқари тимсолларни аниқлашда кенг қўлланилаётган нейрон тармоқлар (Neural networks), тимсолларни аниқлашнинг тузилмавий усуллари (Structural pattern recognition), тимсолларни аниқлашнинг синтактик усуллари (Syntactic pattern recognition), тимсолларни аниқлашга яқинлашувчи мулоҳазали ёндашув (Approximate reasoning approach to pattern recognition),

таянч векторлар машинаси (Support Vector Machine – SVM), Норовшан тўпламлар иловалари (The application of fuzzy sets) ва ҳ.к. усулларини келтириш мумкин [82 б.152].

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

1.4. Норовшан мантикий хулосалаш қоидалари

Қарорларни қабул қилиш (ҚҚҚ) тизимларида бошқарув қарорларининг хусусияти ва қийматлари R муносабатни чиқаришнинг композиция қоидаси асосида белгиланади. Формал кўринишда бундай ҚҚҚ модели (X, R, Y) учлиги билан берилади. Бу ерда $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ - A_i киришлар ва B_j чиқишлар билан берилган асосий тўпламлар, R – “Кириш - чиқиш” норовшан муносабати.

Одатда P муносабат эксперт томонидан сўз билан ифодаланган ва кейинчалик формаллаштирилган сифатли ахборот асосида қурилади. Эксперт ахборотлари “Агар A_1 , у ҳолда B_1 , ёки Агар A_2 , у ҳолда B_2 , ... , ёки Агар A_n , у ҳолда B_n ” шаклидаги мулоҳазалар йиғиндиси кўринишда ифодаланади. Бу ерда A_i , B_i – тегишли $\mu_{A_i}(x)$, $\mu_{B_i}(y)$, $x \in X$, $y \in Y$ мансублик функциялари билан бериладиган кириш ва чиқишга эга бўлган норовшан тўпламлар (НрТ). $R_i = \langle\langle \text{Агар } A_i, \text{ у ҳолда } B_i \rangle\rangle$ қоидаси $\mu_{R=A \rightarrow B}(x, y)$ мансублик функцияси билан белгиланади. Унинг қиймати юқорида келтирилган формула ёрдамида топилади. “Ёки” боғламаси R_i қоидалар йиғиндисини бирлаштиради ва натижада умумлаштирилган якуний P қоидаси

$$R = \bigcup_i R_i = \max_i (\min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y))), i = \overline{1, N}$$

ҳосил бўлади.

Агар жорий вақт учун тизимнинг кириш ҳолати аниқ $\tilde{A}'$ қисм тўплам билан белгиланган ва умумий R бошқарув қарори маълум бўлса, у ҳолда ушбу R қарорнинг тизимни киришига таъсири натижаси $\tilde{B}' = \tilde{A}' \circ R$ чиқаришнинг композиция қоидаси ёрдамида белгиланади. Бу ҳолатда $\mu_{B'}(y)$ қийматлари юқорида келтирилган максиминли амали

$$\begin{aligned}\mu_{B'}(y) &= \bigvee_x (\mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x, y)) = \bigvee_x (\mu_{A'}(x) \wedge (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y))) = \\ &= (\bigvee_x (\mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x))) \wedge \mu_B(y) = \mu_{A' \cap A}(x) \wedge \mu_B(y) = \delta \wedge \mu_B(y).\end{aligned}$$

ёрдамида топилади.

Бу ерда $\delta = \mu_{A' \cap A}(x)$ - "Агар A , у ҳолда B " қоида(импликация)да "Агар A " ва "Агар A " мулоҳазанинг тўғрилиқ даражасини кўрсатади. У фойдаланувчи талаблари ва қоидаларида бериладиган маълумотлар ўртасидаги мувофиқлик даражасини белгилайди.

Норавшан мантиқий хулосалаш (НМХ)нинг бир қанча алгоритмлари мавжуд. Улар бир-биридан импликация қоидаларидан фойдаланиши билан фарқ қилади. Тегишли аниқ қоидани эксперт ўзининг мезонига қараб танлаб олади.

Мамдани бўйича норавшан хулоса чиқариш. Фараз қилайлик, куйидаги икки қоида

$$R_1 : \text{Агар } x \text{ бу } A_1 \text{ ва } u \text{ бу } B_1, \text{ у ҳолда } z \text{ бу } C_1;$$

$$R_2 : \text{Агар } x \text{ бу } A_2 \text{ ва } u \text{ бу } B_2, \text{ у ҳолда } z \text{ бу } C_2$$

берилган бўлсин, бу ерда: x, u – кириш ўзгарувчанлар; z – чиқиш ўзгарувчан; $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$ – кириш ва чиқиш ўзгарувчанларнинг муайян(аниқ) мансублик функциялари, яъни тегишли МФ билан берилган норавшан термлари.

Бериладиган x_0, u_0 аниқ(равшан) қийматлари асосида z_0 нинг аниқ қийматини топиш керак.

R_1 va R_2 қоидалар учун тегишли α_1 va α_2 тўғрилиқ даражалари $\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_o) \wedge \mu_{B_1}(y_o)$, $\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_o) \wedge \mu_{B_2}(y_o)$ ифодалар билан белгиланади.

ҚМХЧ алгоритми қуйидаги процедураларнинг бажарилишидан иборат:

1) Аниқ (равшан) x_0, y_0 қийматларни фаззификациялаш, яъни A_1, A_2, B_1 va B_2 НрТларнинг x_0 va y_0 аниқ қийматлари учун тегишли МФ қийматларига асосланиб, α_1 va α_2 тўғрилиқ даражаларини ҳисоблаш.

2) R_1 va R_2 муносабатлар учун оралиқ - $\mu_{C'_1}(z)$ ва $\mu_{C'_2}(z)$ норавшан чиқаришларни шакллантириш. Бунда импликация амали сифатида минимум (норавшан конъюнкция) амали

$$\mu_{C'_1}(z) = \alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(z),$$

$$\mu_{C'_2}(z) = \alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(z)$$

қўлланилади.

Кейин олинган $\mu_{C'_1}(z)$ ва $\mu_{C'_2}(z)$ НрТлар, максимум (норавшан дизъюнкция) амали ёрдамида бирлаштирилади ва якуний $\mu_c(z)$ НМХ қиймати

$$\begin{aligned} \mu_c(z) &= \mu_{C'_1}(z) \vee \mu_{C'_2}(z) = [\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(z)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(z)] = \\ &= \max[\min(\alpha_1, \mu_{C_1}(z)), \min(\alpha_2, \mu_{C_2}(z))] \end{aligned}$$

топилади.

3) Ноаниқ $\mu_c(z)$ қийматни, киришнинг ўзгарувчан аниқ x_0, y_0 қийматларига муносиб бўлган, аниқ z_0 қийматга ўзгартирилади (дефаззификацияланади). Бунинг учун амалда иккита, яъни центроидни ва максимум центроидни топиш усуллари қўлланилади.

Центроидни топиш усули учун

$$Z_{цт} = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j) z_j}{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j)}$$

фойдаланилади.

Максимум центроидни топиш усули учун

$$Z_{MM} = \sum_{j=1}^m \frac{z_j}{m}$$

ишлатилади.

Дефаззификациялаш учун бошқа усуллар ҳам мавжуд, яъни майдон маркази, чап(биринчи) максимум, ўнг(охирги) максимум ва б.қ.

Ларсен бўйича норавшан хулоса чиқариш. Бу ерда алгебраик кўпайтма амали кўринишдаги норавшан импликация амали қўлланилади. Бу ҳолда ечим $\mu_{C_1'}(z) = \alpha_1 \cdot \mu_{C_1}(z)$, $\mu_{C_2'}(z) = \alpha_2 \cdot \mu_{C_2}(z)$ кўринишларда топилади. Уларни бирлаштириш натижасида якуний $\mu_c(z)$ НМХ қиймати $\mu_C(z) = [\alpha_1 \cdot \mu_{C_1}(z)] \vee [\alpha_2 \cdot \mu_{C_2}(z)]$ аниқланади.

Заде бўйича норавшан хулоса чиқариш. Бу ҳолда максимин амали кўринишдаги норавшан импликация амали қўлланилади. Ечим кўйидаги

$$\mu_{C_1'}(z) = (1 - \alpha_1) \vee \mu_{C_1}(z);$$

$$\mu_{C_2'}(z) = (1 - \alpha_2) \vee \mu_{C_2}(z);$$

$$\mu_C(z) = [(1 - \alpha_1) \vee \mu_{C_1}(z)] \vee [(1 - \alpha_2) \vee \mu_{C_2}(z)]$$

кўринишларда топилади.

Лукасевич бўйича норавшан хулоса чиқариш. Бу ҳолда Лукасевич коидаси кўринишдаги норавшан импликация амали қўлланилади. Ечим

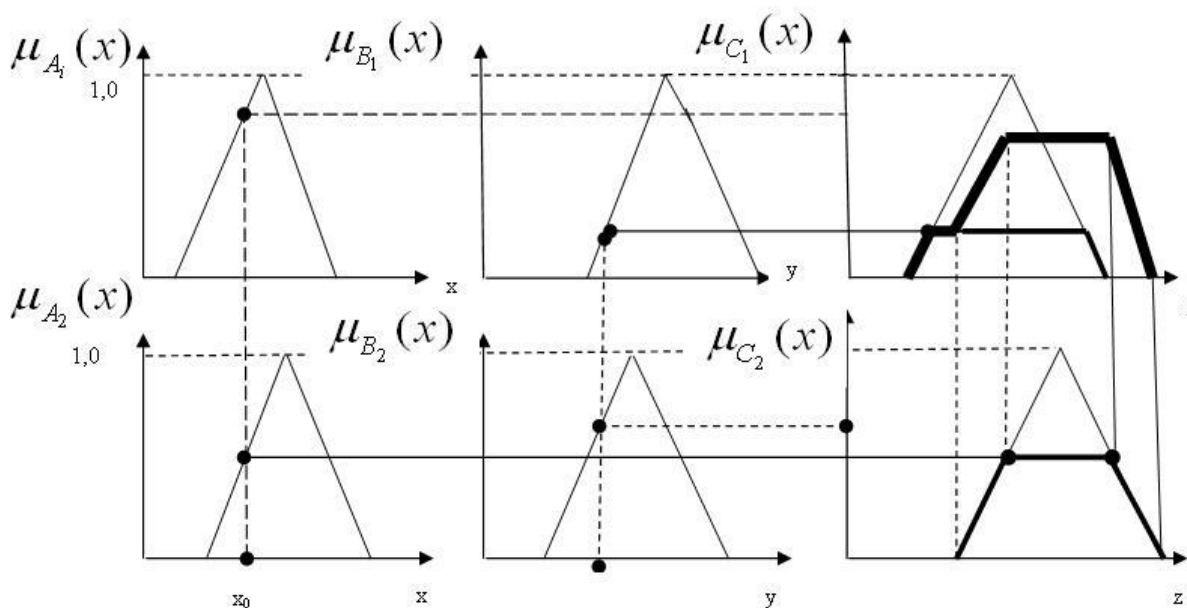
$$\mu_C(z) = [1 \wedge (1 - \alpha_1 + \mu_{C_1}(z))] \vee [1 \wedge (1 - \alpha_2 + \mu_{C_2}(z))]$$

кўринишда топилади.

1.7-расмда Мамдани бўйича норавшан хулоса чиқариш алгоритмининг график кўринишдаги ҳолати келтирилган.

C_1 ва C_2 НрТлар ва уларнинг $\mu_{C_1'}(z)$ ва $\mu_{C_2'}(z)$ МФлари графикларида ингичка қалин чизик билан кириш ўзгарувчан аниқ x_0, y_0 қийматларига муносиб бўлган оралиқ чиқаришлар қийматлари - $\mu_{C_1'}(z)$ ва $\mu_{C_2'}(z)$

кўрсатилган. НМХнинг якуний $\mu_c(z)$ қиймати C_1 ҚМТ графикда қалин чизик билан кўрсатилган. Максимум марказни топиш усулидан фойдаланган ҳолда $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ (ёки - z_2, z_3, z_4, z_5) қийматларининг ўрта арифметик қийматини ҳисоблаш керак. Улар $\mu_c(z)$ графикдаги трапециянинг бурчакларига мувофиқ бўлган чиқиш қийматлари бўлади.



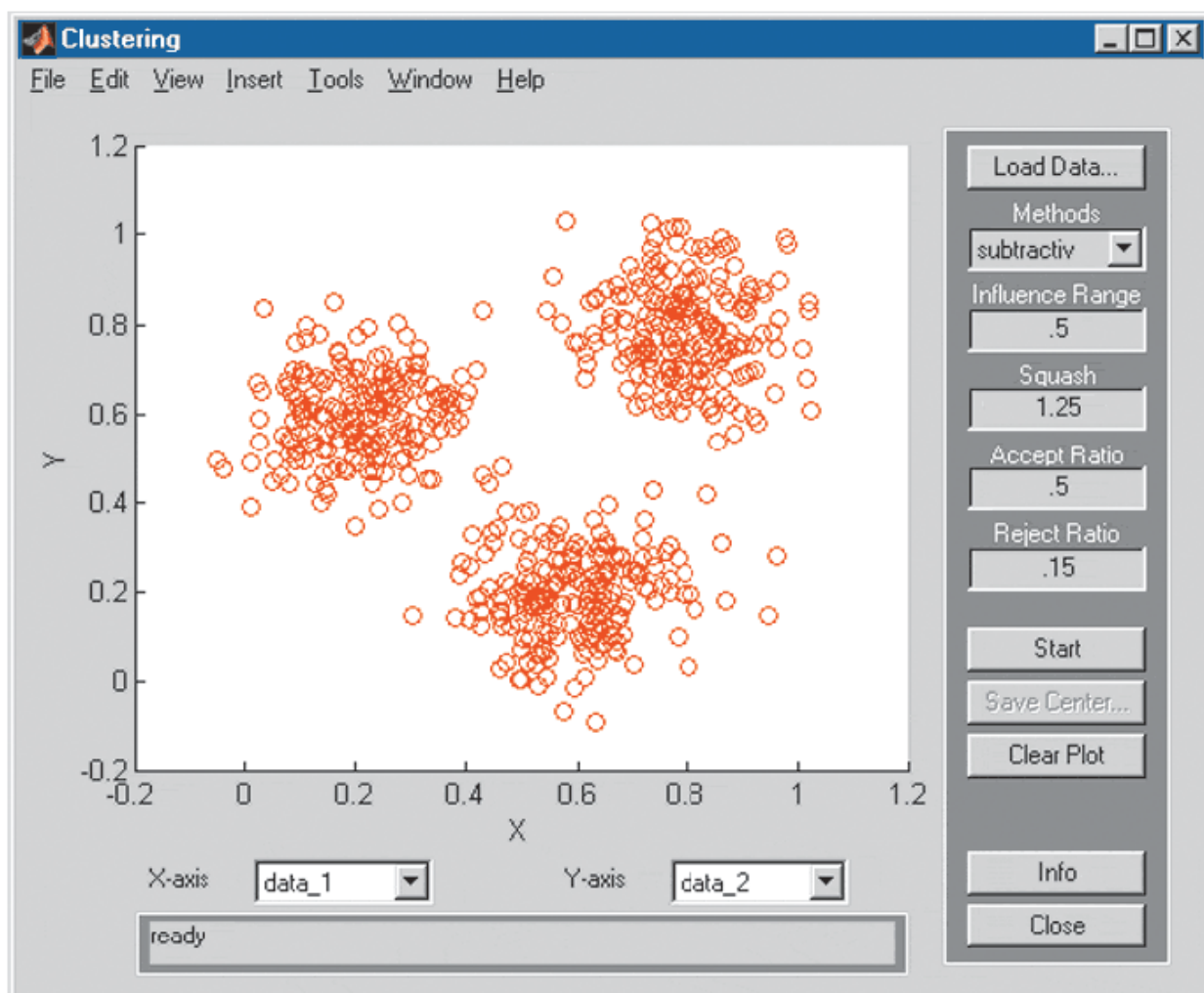
1.7-расм. Мамдани бўйича норавшан чиқариш алгоритмининг графиги.

Пакет норавшан мантиқ асосида эксперт тизимларини яратиш имконини беради, норавшан мантиқ алгоритмлари билан кластерлашни, шунингдек, норавшан нейротармоқни лойиҳалаштиришни амалга оширади.

Пакет норавшан тизимларни итерфаолли қадамларда лойиҳалаш учун график интерфейс, дастур ишлаб чиқишда буйруқлар сатри функцияси, шунингдек, Simulinkда норавшан мантиқ тизимини қуриш учун махсус блокларни ўз ичига олади.

Пакетнинг барча функциялари MATLABнинг очик тилида ёзилган бўлиб, алгоритмларнинг бажарилишини назорат қилиш, дастур матнини ўзгартириш, шунингдек, ўзингизнинг хусусий функциялар ва процедураларингизни қуриш имконини беради.

Мисол. Норавшан кластеризация. Fuzzy Logic Toolbox маълумотларни норавшан C-means, субтрактив кластеризациялаш ва классификациялашни ҳамда моделлаштиришни амалга ошира олади.



1.8-расм. Кластеризациялаш ойнаси.

Норавшан кластеризация учун фойдаланувчига интерфейсида классификациялаш алгоритмларини ишлаб чиқиш ва тизимларни моделлаштиришда сонли қиймалардан фойдаланилган.

I боб бўйича хулоса

1. Тасврларна сонли ишлов беришда норавшан филтрлаш коидаларини қуриш ва норавшан мантиқнинг асосий тушунчалари ўрганилди.
2. MATLAB дастурининг Fuzzy Logic Toolbox пакети ва амалиётда қўллаш усуллари таҳлил қилинди.

3. Image Processing Toolbox пакетида тасвирларга рақамли ишлов бериш воситалари таҳлил этилди ва табиий техноген объектларни тадқиқ этиш масалалари кўрилди.

4. MATLAB муҳитида табиий техноген объектларни рақамли тадқиқ этиш схемаси ишлаб чиқилди ва асосланди, ҳамда MATLAB амалий математик дастурлар пакетида график тасвирларни намоиш этиш форматлари кўриб чиқилди.

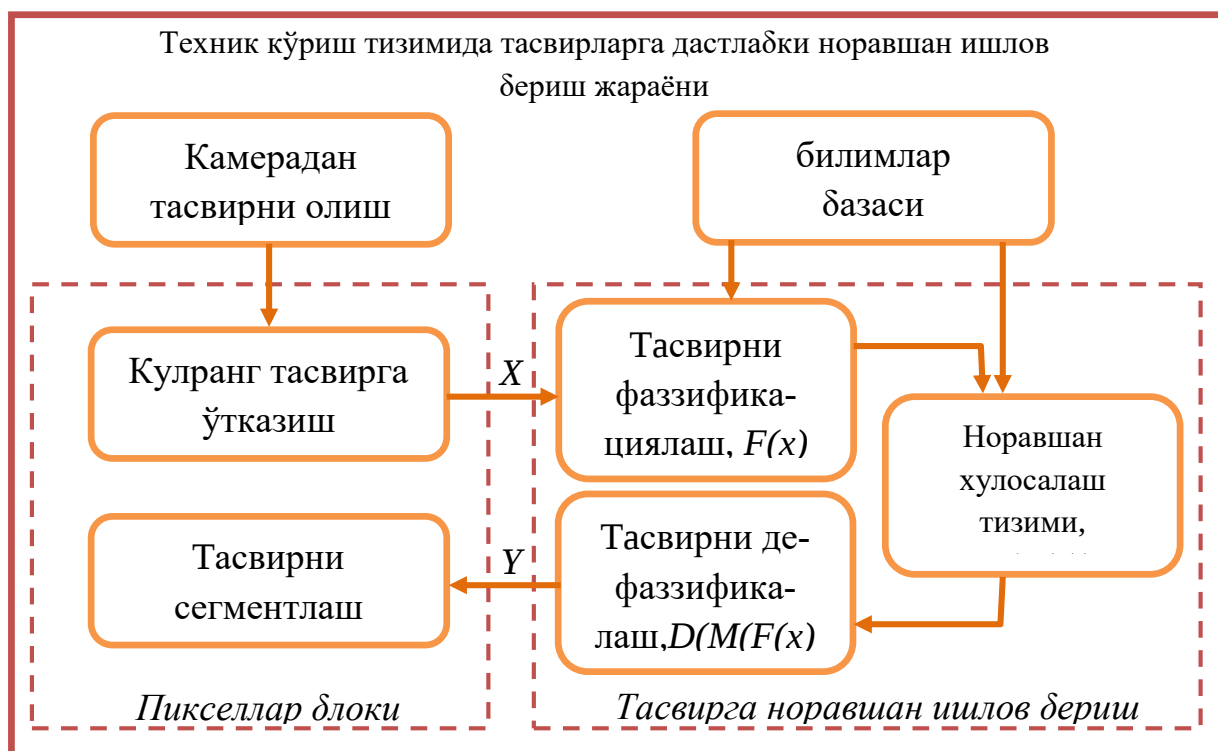
II БОБ. ТАСВИРЛАРДА НОРАВШАН БЕЛГИЛАР БИЛАН БЕРИЛГАН ОБЪЕКТЛАРНИ АНГЛАШДА НОРАВШАН МАНТИҚ УСУЛЛАРИГА ТАЯНИЛГАН ЁНДАШУВ

2.1. Норавшан тизимлар ёрдамида тасвирга рақамли ишлов бериш алгоритми

Ҳозирги кунда тасвирларга автоматик ишлов бериш сунъий интеллект соҳасининг муҳим йўналишларидан биридир. Таниб олиш учун энг самарали воситалар сифатида норавшан мантиқ ва сунъий нейрон тўрлар билан қурилган тизимлар ҳисобланади. Техник кўриш тизимларида бир масалани турли усул ва алгоритмлар билан ечишда юқори тезлик ва ишончли идентификация кўрсаткичларини таъминлаши лозим. Бунинг учун тасвирнинг қабул қилинишидан тортиб, уни таҳлил қилиш, дастлабки ишлов бериш, сегментация ва таниб олишга қадар бирча босқичларда зарурий параметрларни автоматик аниқлаш ҳамда танлаш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқилади.

Тасвирга рақамли ишлов беришда норавшан ишлов бериш – тушуниш, тасаввур этиш, қайта ишлаш ва сегментлашларда турли норавшан ёндашувлар ҳамда норавшан тўпламлар мажмуасини ифодалайди. Таниб олиш жараёнида тасвирни дастлабки норавшан ишлов бериш жараёни муҳим аҳамият касб этади, чунки сифатли маълумотлар кейинги босқичларда аниқликни оширади. Диссертацияда қўйилган вазифа доирасида ишлаб чиқилган дастлабки норавшан ишлов бериш алгоритмини кетма-кет босқичларда қуйидагича ифодалаш мумкин (2.1-расм):

- тасвирга олувчи қурилма ёрдамида рақамли тасвирни олиш;
- рангли тасвирни кулранг градациядаги тасвирга ўтказиш;
- тасвирга норавшан ишлов бериш.



2.1-расм. Тасвирга норавшан ишлов бериш алгоритми.

Шундай қилиб, биринчи қадамда рангли тасвирни кулранг тасвирга ўтказиш талаб этилади.

Барча ранг палитраси куб шаклида ифодаланганда унинг учлари турли рангларга мос келади. Кул ранг шкаласи кубнинг оқ ва қора учларини бирлаштирувчи диагоналда жойлашади ҳамда пикселлардаги ранг қиймати 0 ва 255 оралиғида бўлганлиги сабабли ундаги бажариладиган амаллар соддалашади. Рангли тасвирни кулранг тасвирга ўтказишда ҳар бир пикселда қизил, яшил ва кўк ранглар ажратилиб, ушбу

$$Gray_{ij} = 0,255 \cdot R_{ij} + 0,255 \cdot G_{ij} + 0,255 \cdot B_{ij} \quad (2.1)$$

формула билан амалга оширилади, бу ерда $Gray_{ij}$ – берилган рангли тасвирнинг i, j координатасидаги пикселнинг кулранг ёруғлик қиймати, R_{ij}, G_{ij}, B_{ij} – қизил, яшил ва кўк рангларнинг ёруғлик қиймати. Ҳар бир алгоритмда натижавий қиймат 0 ва 1 оралиғида ётади. Фақат кулранг тасвирга ўтказишда бир неча усуллар мавжуд. Равшанлигини аниқлаш усулида ранларнинг иккита энг юқори ва энг кичик қийматларининг ўртача қийматидан фойдаланилади:

$$Gray_{ij} = \frac{1}{2}(\max(R_{ij}, G_{ij}, B_{ij}) + \min(R_{ij}, G_{ij}, B_{ij})). \quad (2.2)$$

Ўртачалар усулида эса барча рангларнинг ўртачаси қўлланилади:

$$Gray_{ij} = \frac{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}{3}. \quad (2.3)$$

Бундай алмаштириш рангли тасвирдаги R, G, B ранг қийматлари турлича бўлганда яхши натижа беради.

Ёрқинлигини¹ аниқлаш усулида барча ранглар бўйича ўйлаб топилган ўрта қиймат қўлланилади, яъни инсон кўзининг яшил рангга сезгирлиги юқори бўлганлиги сабабли:

$$Gray_{ij} = 0,3 \cdot R_{ij} + 0,59 \cdot G_{ij} + 0,11 \cdot B_{ij}. \quad (2.4)$$

Тасвирларга ишлов беришда ёрқинликни аниқлаш усулининг дастурий таъминоти ишлатилади. MATLAB муҳитида «**rgb2gray**» функцияси амалга оширади ва компьютерли кўришда тез-тез қўлланилади.

Дастлабки норавшан ишлов бериш жараёнида RGB моделидаги рангли тасвирни кулранг тасвирга ёрқинликни аниқлаш усули ёрдамида ўтказилади. Сўнгра кулрангдан $[0,1]$ оқ-қорага алмаштирилади («**gray2bw**»). Бу жараёндан ҳосил қилинган бинар тасвир аслига кўра бузилади, яъни бу объектларда узилиш ва ювилишларнинг пайдо бўлиши, бир жинсли соҳаларда ҳалақитларнинг пайдо бўлиши ҳамда объектларнинг тузилмавий бутунлигининг йўқолиши билан тушунтирилади. Объект бутунлигининг йўқолиши ва улардаги узилишлар объектларни ўта нотекис ёритилиши ёки тегишиб туриши ёки бир-бирига устма-уст тушиши каби бир қатор сабаблар таъсирида юзага келиши мумкин. Ишлов беришда асосий мураккаблик айнан устма-уст тушишда (ёки тегишиб туришида), худди шундай бир томондан, бир неча объектлар битта объект каби талқин қилиниши мумкин, иккинчи томондан эса, объектнинг геометрик бутунлигини текшириш алгоритми объектларнинг тегишиш жойларини оқ фондаги узилишлар билан шакллантириш мумкин. Ишлов беришнинг мураккаблиги тегишган

¹ Муаллиф таржима: Ёрқинлиги– яркость, Равшанлиги – Светлоты.

объектларни талқин қилишда ахборотни йўқотмайдиган назарий ечимнинг мавжуд эмаслигидадир. Амалиётда алгоритм келтирилган вариантлардан тўғрисиани танлаши лозим: кесишиш жорий объектнинг давоми ёки кесишиш соҳаси объектга тегишли эмас. Одатда, бинарлаштириш порогли қийматлар орқали амалга оширилади. Порогли алмаштириш тасвирларни сегментлашда ҳам кенг қўлланилади.

Бинарлаштириш жараёнининг барча усуллари порогли сиртнинг курилишига кўра икки гуруҳга ажратилади – глобал ва локал бинарлаш. Глобал бинарлашда порогли сирт порогли ёруғликнинг доимий қиймати билан аниқланади, яъни порог қиймати тасвирнинг барча бир хил рангли пикселлари гистограммани таҳлили асосида ҳисоблаб чиқилади. Унинг камчилиги – агар дастлабки тасвирда нотекис ёритилиш бўлса, у ҳолда ёмон ёритилган соҳалар қора ранг 1 билан аниқланиши мумкин. Локал бинарлашда порогли қиймат айрим белгили соҳалардан бошқа нуқталарда унинг атрофи орқали аниқланади. Бундаги камчилик эса ҳар бир нуқтада алоҳида ҳисоблашлар эвазига алгоритмнинг нисбатан секин ишлашидадир.

Қўйилган масалани ечиш усули сифатида Бернсен усулидан фойдаланамиз. Бу усул пикселнинг атрофидаги пикселларнинг ёруғлик даражалари локал ўртача қийматига кўра алмаштириш ғояси билан асосланади (2.2-расм).

P_1	P_2	P_3
P_0	$\xrightarrow{(m,n)}$	P_4
P_7	P_6	P_5

2.2-расм. Тасвир пикселларини алмаштириш

Тасвир сифати(контрасти)ни ошириш алгоритми.

1) INT- Оператори ёрдамида

1-қадам. Тегишлилик функцияси курилади:

$$\mu_{mn} = G(g_{mn}) = \left[1 + \frac{g_{\max} - g_{mn}}{F_d} \right]^{-F_e}$$

2-қадам. Қийматлар оралиғини ўзгартирилади:

$$\mu'_{mn} = \begin{cases} 2 \cdot [\mu_{mn}]^2 & 0 \leq \mu_{mn} \leq 0.5 \\ 1 - 2 \cdot [1 - \mu_{mn}]^2 & 0.5 \leq \mu_{mn} \leq 1 \end{cases}$$

3-қадам. Янги нимранг даражалар курилади:

$$g'_{mn} = G^{-1}(\mu'_{mn}) = g_{\max} - F_d \left((\mu'_{mn})^{\frac{-1}{F_e}} - 1 \right)$$

2) Норавшан кутиладиган белгиларлар ёрдамида

1-қадам. Тасвир гистограммалари ҳисобланади:

2-қадам. Норавшан кутиладиган белгилар қиймати (НКБҚ) аниқлаш:

3-қадам. НКБҚ дан нимранг-даражаларгача масофаларни ҳисоблаш:

$$D_{mn} = \sqrt{|(FEV)^2 - (g_{mn})^2|}$$

4-қадам. Янги нимранг-даражаларни куриш:

$$\begin{aligned} g'_{mn} &= \max(0, FEV - D_{mn}) && \text{if } g_{mn} < FEV \\ g'_{mn} &= \min(L - 1, FEV + D_{mn}) && \text{if } g_{mn} > FEV \\ g'_{mn} &= FEV && \text{otherwise.} \end{aligned}$$

3) Норавшан оширилган(гиперболизацияланган) гистаграмма усули

1-қадам. Тегишлилик функцияси шаклини созлаш (реал тасвирга нисбатан);

2-қадам. Бета-фаззификациялаш қийматларини ўрнатиш

3-қадам. Тегишлилик қийматини ҳисоблаш

4-қадам. Лингвистик чегаралашнинг тегишлилик қийматларини модификациялаш

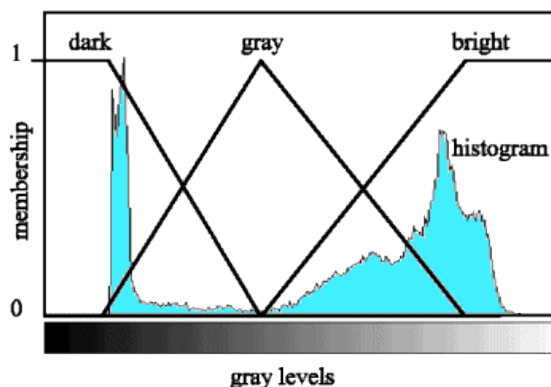
5-қадам. Янги кулранг-даражаларни ҳосил қилиш

$$g'_{mn} = \left(\frac{L - 1}{e^{-1} - 1} \right) \cdot \left[e^{-\mu_{mn}(g_{mn})^\beta} - 1 \right]$$

Контрастни норавшан If-Then қондаси билан яхшилаш алгоритми.

1-қадам. Мантиқий ҳулосалашда тизим параметрларини созлаш (кирувчи белгилар, тегишлилик функцияси, ...)

2-қадам. Фаол пикселларни фаззификациялаш (қорамтир, кулранг, ва ёрқин пикселлар гуруҳларига тегишлилиги)



2.3-расм. Учта функцияларнинг фаззификация гистограммаси

3-қадам. Хулоса чиқариш (масалан, “IF қорамтир THEN қорароқ”, “IF кулранг THEN кулранг”, “IF ёрқинроқ THEN ёрқин”)

4-қадам. Учта синглтонлар ёрдамида мантикий хулосалаш натижасини дефаззификациялаш.

2.2. Норавшан тўплам аппаратида фойдаланиб тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини ажратиш

Ҳозирги пайтда объектнинг контур чизиқларини ажратишга мўлжалланган бир неча алгоритмлар ишлаб чиқарилган [1-3]. У ёки бу алгоритмдан фойдаланиш берилган тасвирни ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда унга ишлов бериш тезлиги ва талаб қилинган даражадаги сифатга эришиш нуқтаи назардан аниқланади.

Маълумки [2,4], реал тасвирлар тўпламининг катта бир қисмида тасвирланган объектлар табиий бўлиб, турли сабабларга (масалан, атроф-муҳитнинг ёритилишига ёки сурагга олишнинг бошқа шароитига) кўра уларни ажратиш турувчи аниқ чегарага эга эмас. Шунинг учун турли хил тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини ажратиш билан боғлиқ алгоритмларни такомиллаштириш ва ишлаб чиқиш билан боғлиқ бўлган масалалар тасвирларга ишлов бериш технологиясининг энг долзарб масалалари синфига киради.

Қуйида норавшан тўплам асосларига таянган ҳолда турли тасвирлардаги объектлар чегарасини кўрсатувчи (ажратувчи) контур чизикларни қидириш алгоритми қараб чиқамиз.

Масаланинг қўйилиши. Контур чизикларини ажратиш масаласи қўшни элементлар устида бажариладиган операциялардан фойдаланишни талаб қилади. Бу операторлар тасвирдаги қўшни элементларнинг ёрқинлик даражаси ўзгаришига таъсирчан бўлиб, ундаги ўзгармас ёрқинликка эга бўлган соҳаларни йўқ қилади. Математик тил билан айтганда, идеал контур чизиклари жойлашган соҳада тасвирнинг ёрқинлик даражасини кўрсатувчи функциянинг $I(x_1, x_2)$ ($x_1, x_2 \in N$, N - натурал сонлар тўплами) қийматлари бир биридан кескин фарқ қилади.

Фараз қилайлик, берилган бошланғич кулранг тасвир $W \times H$ пикселдан иборат бўлсин. У ҳолда мазкур тасвир қўйидаги $W \times H$ ўлчовли X матрица билан ифодаланади ($X = \{I(x_1, x_2)\}$, $x_{ij} = I(i, j)$, $x_1 = i$, $x_2 = j$):

$$X = \begin{vmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1W} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{iW} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{H1} & \dots & x_{Hj} & \dots & x_{HW} \end{vmatrix}. \quad (2.5)$$

Ушбу тасвирни ҳар бир $W_0 \times H_0$ ($W_0 \ll W$, $H_0 \ll H$) қисми учун катта орттирмага эга бўлган пикселлар тўплами аниқланади. Асосий масала аниқланган пикселлар тўпламини таҳлил қилиш асосида тасвирдаги контур чизикларни ажратишдан иборат. Маълумки, агар объектнинг чегараси таҳлил қилинаётган (x_1, x_2) пикселдан ўтган бўлса, у ҳолда чегарага перпендикуляр йўналишда бўлган қўшни нуқталарнинг орттирмаси ҳам катта бўлади. Табиийки, бу фақат идеал контурлар учун бажарилганли сабабли уни реал тасвирларга тадбиқ қилиш асосида керакли натижани кўп ҳолларда олиб бўлмайди. Шу сабабли контур чизикларини ажратиш учун ёрқинлик даражасини норавшан катта ва норавшан кичик тушунчаларидан фойдаланиш заруратини туғдиради.

Таклиф қилинган ёндашув [Н.Мирзаев]асосида тасвирдаги объектнинг чегаравий контур чизиқларини ажратиш учун норавадан алгоритм ишлаб чиқилди. Унинг асосий ғояси берилган тасвирнинг ҳар бир элементи учун норавадан орттирмаларни ҳисоблаш ва уларни таҳлил қилишдан иборат.

Норавадан тўплам аппаратида таянган ҳолда ишлаб чиқилган контур ажратиш алгоритмлари қуйидаги асосий босқичларни ўз ичига олади.

1. Асосий элемент атрофини аниқлаш ва унда орттирмаларни шакллантириш. Ушбу босқич берилган тасвирнинг ҳар бир асосий элементи учун $W_0 \times H_0$ ўлчамга (одатда $W_0 = 2k_w + 1$, $H_0 = 2k_h + 1$, $k_w, k_h \in N$) эга бўлган қўзғалувчан ойна аниқланади. Бу ойнанинг ўлчами k_w ва k_h параметрлар билан аниқланади. Ушбу параметрларни қиймати масалани моҳиятидан келиб чиққан ҳолда аниқланади. Аммо, айрим ҳолларда бу параметрни берилган тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини визуал таҳлил қилиш асосида ҳам аниқлаш мумкин. Фараз қилайлик, масалани моҳиятидан келиб чиққан ҳолда k_w ва k_h параметрларнинг қиймати бирга тенг (яъни $k_w = k_h = 1$) бўлсин. Бу ҳолда ҳар бир асосий (марказий) элемент (x_1, x_2) учун саккизта орттирма ҳисобланади [1,3]:

$$d_1(x_1, x_2) = I(x_1 - 1, x_2 - 1) - I(x_1, x_2); \quad d_2(x_1, x_2) = I(x_1, x_2 - 1) - I(x_1, x_2);$$

$$d_3(x_1, x_2) = I(x_1 + 1, x_2 - 1) - I(x_1, x_2); \quad d_4(x_1, x_2) = I(x_1 + 1, x_2) - I(x_1, x_2);$$

$$d_5(x_1, x_2) = I(x_1 + 1, x_2 + 1) - I(x_1, x_2); \quad d_6(x_1, x_2) = I(x_1, x_2 + 1) - I(x_1, x_2);$$

$$d_7(x_1, x_2) = I(x_1 - 1, x_2 + 1) - I(x_1, x_2); \quad d_8(x_1, x_2) = I(x_1 - 1, x_2) - I(x_1, x_2).$$

Уларни орасида норавадан катта ва норавадан кичик орттирмаларни аниқлаш учун норавадан орттирмаларни тўпламини қуриш зарур. Норавадан орттирмаларни тўпламини ундаги элементларнинг тегишлилик функцияси билан характерлаш мумкин.

2. Норавадан орттирмаларни тегишлилик функциясини қуриш. Ушбу босқичда норавадан орттирмаларнинг тегишлилик функцияси аниқланади [5-6]. Бу босқичнинг асосий ғояси норавадан силлиқлашни амалга ошириш учун

тасвирдаги халақитларни ташкил этувчи тасодифий миқдорларга мослашиш мақсадида тегишлилик функцияни шакллантиришдан иборат.

Норавшан орттирманинг асосига тажрибадан олинган қуйидаги эмперик қоида қўйилган: агар объектнинг чегараси $I(x_1, -1, x_2 + 1) - I(x_1, +1, x_2 - 1)$ йўналиши бўйича (x_1, x_2) координатали пикселдан ўтади деб фараз қилсак, у ҳолда $d_1(x_1, x_2)$ орттирманинг қиймати катта бўлади. Аммо шу билан бирга объектнинг чегара чизиғига перпендикуляр бўлган қўшни пикселларнинг орттирмаси (яъни $d_7(x_1 - 1, x_2 + 1)$ ва $d_3(x_1 + 1, x_2 - 1)$ қийматлари) ҳам катта бўлади. Агар ушбу уч орттирмаларнинг икkitаси кичик бўлса, у ҳолда кўриб чиқиладиган йўналишда объектнинг чегара чизиқлари йўқ. Норавшан орттирмани ойдинлаштириш учун норавшан тўпламлар назариясининг тегишлилик функцияси тушунчасидан фойдаланиб норавшан “кичик орттирма” тушунчасини киритамиз [5-6]. “Кичик орттирма” тушунчасининг $\mu_i(d_i)$ тегишлилик функцияси билан аниқлаш мумкин:

$$\mu_i(d_i) = \begin{cases} b, & \text{агар } d_i \leq t; \\ 0, & \text{агар } d_i > t; \end{cases}$$

бу ерда $b = 1 - |d|/t$; t – норавшан орттирманинг мослашиш (адаптивлик) параметри [5,7].

У ҳолда “катта орттирма” тушунчасининг $\mu'_i(d_i)$ тегишлилик функциясини қуйидагича аниқлаш мумкин: $\mu'_i(d_i) = 1 - \mu_i(d_i)$. Норавшан орттирмаларнинг тегишлилик функциясини куриб бўлгандан сўнг, норавшан орттирмаларнинг қийматини ҳисоблаш имконияти пайдо бўлади.

3. Норавшан орттирмаларнинг қийматларини ҳисоблаш. Ушбу босқичда берилган тасвирнинг ҳар бир йўналишида унинг асосий элементи учун норавшан орттирмаларнинг қийматини аниқлаш масаласи қаралади. Бу орттирмаларни ҳисоблашда қуйидаги қоидалардан фойдаланилади: агар $P_i = 1$ бўлса ($i \in \{1, 2, \dots, 8\}$), у ҳолда $\nabla_i(x, y)$ кичик; бу ерда P_i предикатнинг қийматини ҳисоблаш қуйидаги формула бўйича амалга оширилади:

$$P_i \equiv (D_i(x, y) \wedge D_i(x-1, y+1)) \vee (D_i(x, y) \wedge D_i(x+1, y-1)) \vee \\ \vee (D_i(x-1, y+1) \wedge D_i(x+1, y-1)),$$

$$D_i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{агар } d_i(x, y) \text{ кичик бўлса;} \\ 0, & \text{акс холда.} \end{cases}$$

Ҳар бир йўналиш бўйича ҳисобланган орттирмалар учун бу қоидаларни ҳаммасидан (яъни $P_1, P_2, \dots, P_8$ предикатлардан) фойдаланилади. Маълумки [6], тасвирни норавшан филтрлаш учун пикселлар қийматларини модификация қилиш йўли билан берилган тасвир пикселларидаги халақитларни йўқотиш мумкин. Модификация қилинган параметрни R билан белгилаймиз ва унинг қийматларини ҳисоблаш учун ҳар бир йўналиш бўйича норавшан қоидалардан фойдаланамиз. Бу қоидаларнинг моҳияти қўйидагидан иборат: агар маълум бир йўналишда объектни чегараловчи контур чизик йўқ деб фараз қилинса, у ҳолда модификация қилинган R қийматни ҳисоблаш учун мазкур йўналишдаги орттирмаларнинг аниқ қийматидан фойдаланиш мумкин. Демак, норавшан орттирмаларни ҳисоблаш икки қисмдан иборат бўлиб, унинг биринчи қисмида тузилмавий объектларни чегарасини ажратиш, иккинчи қисмида эса - норавшан орттирманинг ижобий ва салбий қийматларини аниқлашдан иборат [4]:

$\gamma^+ P_i$: агар $\nabla_i^\Psi(x, y) \leq \Delta_i$ ва $\nabla_i(x, y)$ ижобий (ўсувчи) бўлса, у ҳолда c ҳам ижобий бўлади;

$\gamma^- P_i$: агар $\nabla_i^\Psi(x, y) \leq \Delta_i$ кичик ва $\nabla_i(x, y)$ салбий (камаювчи) бўлса, у ҳолда c ҳам салбий бўлади.

Бу ерда Δ_i - алгоритм параметри ($i = 1, \dots, 8$).

Ижобий ва салбий ёрқинлик тушунчаларини тушунтириш учун тегишлилик функциялари билан берилган норавшан тўпламдан фойдаланилади [7].

Норавшан орттирмаларнинг қийматларини ҳисоблангандан сўнг, уларни таҳлил қилиш асосида тасвирдаги жорий фрагментда контур чизикларини борлиги ёки йўқлиги ҳақида қарор қабул қилиш мумкин.

4. Қарор қабул қилиш. Ушбу босқичда таҳлил қилинаётган қўзгалувчан ойнада контур чизиғига тегишли элементларнинг мавжудлиги (борлиги) ҳақида қарор қабул қилинади. Буни ҳар бир пиксели учун маълум бир йўналишда орттирманинг қанчалик катта ёки кичик эканлигини характерловчи баҳонинг қийматини ҳисоблаш асосида амалга оширилади. Мазкур баҳони ҳисоблаш учун пикселнинг жорий қийматига қўшиладиган орттирманинг модификация қилинган қийматини аниқлаш талаб қилинади:

$$\delta = L \left(\sum (\gamma^+ R - \gamma^- R) \right) / 8,$$

бу ерда R - маълум бир йўналиш; L - тасвир ёрқинлигининг градациялар сони.

Қарор қабул қилиш ҳисобланган баҳони чегаравий сонлар (τ_1, τ_2) билан солиштириш асосида бажарилади [7]:

$$\tau = \begin{cases} 1, & \text{агар } \delta < \tau_1 \text{ бўлса;} \\ 0, & \text{агар } \tau_1 \leq \delta \leq \tau_2 \text{ бўлса;} \\ -1, & \text{агар } \tau_2 > \delta \text{ бўлса.} \end{cases}$$

Бу ерда τ_1 ва τ_2 - алгоритм параметрлари.

Ушбу қоида қуйидагича маънога эга. Агар $\tau=1$ бўлса, у ҳолда қаралаётган орттиранинг қиймати кичик ҳисобланади; агар $\tau=-1$ бўлса, у ҳолда - катта ҳисобланади; агар $\tau=0$ бўлса, у ҳолда мазкур орттирманинг қиймати ўртача ҳисобланади (бу ҳолда контур чизиғида узилиш нуқтаси пайдо бўлади).

Шундай қилиб, биз норавшан тўплам аппаратида таянган ҳолда алгоритмларни қуриш босқичларни кўриб чиқдик. Ушбу алгоритмлар тасвирдаги контур чизиқларини ажратишга мўлжалланган. Бу алгоритмларнинг ҳар бири юқорида кўриб чиқилган параметрлар тўплами $\tilde{\pi}$ ($\tilde{\pi} = (k_w, k_H, t, \Delta_1, \dots, \Delta_8, \tau_1, \tau_2)$) билан берилади. Бу параметрларни қийматларини ўзгартириш асосида турли хил ҳалақитларга эга бўлган тасвирларнинг контур чизиқларини ажратиш мумкин.

Кўриб чиқилган алгоритмларни ишга яроқли ёки яроқли эмаслигини кўрсатиш учун экспериментал тадқиқот ўтказиш керак.

Таклиф қилинган алгоритмлар асосида дастурий мажума яратилган ва уни ишга яроқли эканлигини текшириш бўйича экспериментал тадқиқот ўтказилган. Босма ҳарфлар билан қўлда ёзилган ҳарфлар таниб олиш масаласи қаралган ва уни самарадорлиги кўрсатилган.

Таклиф қилинган алгоритмни синовдан ўтказиш учун қўйидаги экспериментал тадқиқот амалга оширилди. Босма ҳарфлар билан қўлда ёзилган ҳарфлардан иборат 41 та тасвир олинади. Ҳар бир тасвирда талабанинг журналдаги тартиб рақами (2 та рақам), фамилияси ва исми (14 та ҳарф), курси ва гуруҳи (7 та символ), ҳамда қайси фандан (фаннинг қисқача номи - 5 та ҳарф) тест синовлари учун жавоб ёзилганлиги кўрсатилган. Ҳар бир символ алоҳида ажратиб (яъни ҳар бир катакчага фақат бир символ) ёзилган. Бундан сўнг вариант рақами (2 та рақам ва уни ишончилигини ошириш учун 1 та ҳарф), ҳар бир сатрга кетма-кет топшириқнинг рақами ва унинг жавоби ёзилган. Тасвирдаги символларни ўқиш (таниб олиш) эталон объект билан таққослаш усули асосида бажарилади. Таққослаш ҳар бир символни характерловчи занжирли код асосида амалга оширилади [3].

2.1-жадвал.

Таклиф қилинган ва Собел усули билан контур чизиклари ажратиб олиш асосида аниқланган занжирли кодлар бўйича символларни таниб олиш

натижаларини таққослаш

Тасвирлар сони	41
Тасвирлардаги белгилар сони	2091
Собел усули билан ишлов берилган тасвирларда нотўғри таниб олинган символлар сони	210
Таклиф қилинган усул билан ишлов берилган тасвирларда нотўғри таниб олинган символлар сони	176
Тузатилган хатолар сони	34

Таклиф қилинган ва Собел усули билан контур чизиқлари ажратилди, уларни таҳлил қилиш асосида ҳар бир символ учун занчирли код аниқланди. Мазкур кодлар бўйича берилган символларни таниб олиш натижалари 2.1-жадвалда келтирилган. Олинган натижалар таклиф қилинган алгоритмни ишга яроқли эканлигини кўрсатади.

Шуни таъкидлаб ўтиш зарурки, тасвирдаги символлар сонини ҳисоблашда саволларга берилган жавобларни тартиб рақами ҳисобга олинмаган. Чунки, талабаларни ёзма ишида ҳар бир жавоби қатъий тартиб бўйича ёзилган бўлиб, уларда хато бўлмайди. Шунинг учун тасвирдаги бундай символларни ўқишда уларни эталон рақамлар билан таққослаш ўрнига символ жойлашган сатрни аниқлайди ва мазкур сатрда бўш жойдан кейин келган ҳарфни ажратиб олади ва унга ишлов берилгандан сўнг эталон объектлар билан таққослайди.

2.3. Тасвирдаги норавшан белгилар билан берилган объектларни интуиционистик норавшан кластеризациялаш модели

Рангли тасвирларга дастлабки ишлов бериш жараёнини бошқарилмайдиган классификация (кластеризация) алгоритмларини қўллаган ҳолда бир нечта усулларни таҳлил қилиш, мавжуд алгоритмларга таянган ҳолда норавшан белгилар билан берилган рангларни кластерларга ажратувчи усулни ишлаб чиқишни қараб чиқамиз.

Кластеризация объектлар орасидаги масофани ҳисоблаш ёрдамида ўқитувчи ёрдамсиз бир-биридан фарқли икки ёки унда кўп (k та) синфларга ажратадиган усулдир [1]. Кластеризациялашнинг K -ўртача алгоритми каби норавшан S -ўртача алгоритми ҳам мақсад функцияни минималлаштиришга интилади. Бироқ K -ўртача алгоритмида белгилар векторлари қатъий кластерларга ажратилади ва бу векторлар фақат битта кластернинг элементлари ҳисобланади. Норавшан S -ўртача алгоритмида эса белгилар векторлари бир неча кластерлардаги бир неча синфларга тегишли бўлади. У $X=(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ объектлар тўпламини норавшан тўплам [2] $F=(F_1, F_2, \dots, F_c)$

кўринишидаги C та бир хил гуруҳларда синфларга ажратади. Яъни “ C ” гуруҳларни қуйидаги шартли функцияни минималлаштириш орқали ҳосил қилади

$$S_m(U, V: X) = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n \mu_{ij}^m d^2(x_j, \vartheta_i), \quad (2.6)$$

бу ерда, c – кластерлар сони, μ_{ij}^m - x_j нинг ϑ_i норавадан кластерга тегишлилик функцияси, m – фойдаланувчи томонидан аниқланадиган сон, масалан 2 бўлиши мумкин, $d^2(x_j, \vartheta_i)$ – объект ва кластер маркази орасидаги Евклид масофаси ёки ихтиёрий бошқа масофа.

Норавадан C -ўртача алгоритми рангли тасвирларда рангларни кластерларга аниқ ажратмайди, уни модификациялаш бўйича кўпгина тадқиқотлар [3-7] ишларда олиб борилган. [8] ишда норавадан C -ўртача алгоритмини микроскопик тиббий тасвирлардаги рангларни кластеризациялашда норавадан тўпламнинг интуиционистик назарияси [9] қўлланилган. Унда норавадан тўпламнинг интуиционистик назариясини қуришда Сугено типидagi интуиционистик норавадан генераторидан фойдаланилган ва тасвирда 6 та белги кластерланган.

Ушбу ишда норавадан тўпламнинг интуиционистик назариясини қўллаш орқали рангларни кластеризациялаш алгоритмига бошқача ёндашилади. Нотегисшлик даражасини ҳисоблашда Ягер типидagi [10] интуиционистик норавадан генераторидан фойдаланади. Интуиционистик норавадан тўплам назарияси [9] тегишлилик функциясини аниқлашда нораваданликни ёки ўзига тегишли хатоликни ҳисобга олади. У μ тегишлилик функцияси ва тўплам элементларидан ϑ нотегисшлик қийматларини биргаликда қаралишидан келиб чиқади.

A интуиционистик норавадан тўплам (ИНТ) қуйидагича ифодаланади

$$A = \{(x, \mu_A(x), \vartheta_A(x)) | x \in X\}, \mu_A: X \rightarrow [0,1], \vartheta_A: X \rightarrow [0,1] \quad (2.7)$$

бу ерда $\forall x \in X$ учун

$$0 \leq \mu_A(x) + \vartheta_A(x) \leq 1. \quad (2.8)$$

(2.7) формуладаги $\mu_A(x), \vartheta_A(x)$ - ихтиёрий x элементнинг X тўпламга мос равишда тегишлилик ва нотегисшлик функцияларидир. Агар A тўпламдаги

хар бир x элемент учун $\vartheta_A(x) = 1 - \mu_A(x)$ бажарилса, у ҳолда A тўплам норавшан тўплам бўлади. Ҳар бир ИНТ учун норавшанликнинг интуиционистик индексини

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \vartheta_A(x) \quad (2.9)$$

билан аниқлаш мумкин, бунда $0 \leq \pi_A(x) \leq 1$ эканлиги равшан.

Нотегишлилик даражаси туфайли тегишлилик қиймати $[\mu_A(x), \mu_A(x) + \pi_A(x)]$ интервалида ётади. Норавшан тўпламдан ИНТни куриш учун интуиционистик норавшан генератордан фойдаланилади.

Агар $\varphi(x) \leq 1 - x, \forall x \in [0,1]$ шарт бажарилса, у ҳолда $\varphi: [0,1]$ функция интуиционистик норавшан генератор дейилади. Бундан $\varphi(0) \leq 1$ ва $\varphi(1) = 0$ келиб чиқади. Интуиционистик норавшан генератор ёки норавшан тўлдирувчи Заде, Сугено, Ягер ва бошқа авторлар томонидан ўрганилган.

Ягер томонидан киритилган функция қуйидагича олинган:

$$g(\mu(x)) = \mu(x)^\alpha, \quad (2.10)$$

бу ерда $g(\cdot)$ - ўсувчи функция ва $g: [0,1] \rightarrow [0,1]$. Демак, функционалнинг норавшан тўлдирувчиси

$$N(\mu(x)) = g^{-1}(g(1) - g(\mu(x))) \quad (1.11)$$

бўлади. Ягернинг интуиционистик норавшан генераторини қуйидагича ёзилади:

$$N(\mu(x)) = [1 - \mu(x)^\alpha]^{1/\alpha}, \alpha = (0,1), \quad (2.12)$$

бу ерда, $N(1) = 0, N(0) = 1$.

Нотегишлилик қиймати Ягер типдаги $N(\mu(x))$ интуиционистик норавшан тўлдирувчи орқали ҳисобланади. Шундай қилиб, Ягер норавшан генератори ёрдамида ИНТ қуйидагича бўлади

$$A_\omega^{\text{ИНТ}} = \{x, \mu_A(x), (1 - \mu_A(x)^\alpha)^{1/\alpha} | x \in X\}, \quad (2.13)$$

нотегишлилик даражаси билан

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - (1 - \mu_A(x)^\alpha)^{1/\alpha}. \quad (2.14)$$

Ҳар бир ИНТ учун (2.8) шарт бажарилади.

Норавшан С-ўртача кластеризациялаш дастлаб кластерлар марказларини баҳолайди. Бундан хулосалаш мумкинки, пикселлар (объектлар) тўпламини норавшан ажратиш (2.6) шартли мақсад функцияни u_{ik} норавшан тегишлилик ва ϑ_i марказларга нисбатан минималлаштириш орқали амалга оширилади:

$$S_m(U, \vartheta; X) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (u_{ik})^m d^2(x_k, \vartheta_i), \quad (2.15)$$

бу ерда, $d(x_k, \vartheta_i)$ катталиқ ҳар бир кластернинг ϑ_i марказлари ва x_k (пикселлар)ларнинг ўхшашлик ўлчови, c – кластерлар сони, n – пикселлар сони ҳисобланади. u_{ik} – x_k пиксел ва ϑ_i кластернинг маркази орасига тегишли бўлади. S_m ни минималлаштириш U ва ϑ ларга мос эталон танловда қуйидаги тенглама ёрдамида итерацион жараёнда бажарилади:

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left[\frac{d_{ik}^2}{d_{jk}^2} \right]^{\frac{1}{m-1}}}, \quad \vartheta_{ik} = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_i}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m}, \quad \forall i, k.$$

Бу жараёнда оддий норавшан кластеризациялаш алгоритмига интуиционистик хусусият қўшилади ва кластерлар марказлари янгиланиб борилади. Дастлаб нотегишлилик даражаси (2.14) формула ёрдамида ҳисоблаб чиқилади. Нотегишлилик даражаси туфайли янгиланган (u_{ik}^*) тегишлилик қиймати қуйидагича ёзиб олинади:

$$u_{ik}^* = u_{ik} + \pi_{ik},$$

бу ерда u_{ik} - оддий норавшан тегишлилик ва π_{ik} – “ i ”нчи кластердаги k -элементнинг нотегишлилик даражаси. Интуиционистик тегишлилик матричасини ва модификацияланган кластер маркази (ϑ_i^*)ни оддий норавшан кластеризациялашга қўллаб қуйидагини ҳосил қилиш мумкин:

$$\vartheta_i^* = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^{*m} x_{ik}}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^{*m}}. \quad (2.16)$$

(2.16) тенглама ёрдамида кластерлар марказлари ва тегишлилик матричаси янгиланади. “*” белгиси янгиланган қийматни билдиради. Шундай қилиб, ҳар бир итерациядан кейин кластерлар марказлари ва тегишлилик

матрицаси янгиланиб бораверади. Янгиланган тегишлилик матрицаси қиймати ва олдинги матрица қиймати бир-биридан кам фарқ қилса, яъни

$$\max_{i,k} |U_{ik}^{*янги} - U_{ik}^{*олдинги}| < \varepsilon,$$

у ҳолда алгоритм тўхтатилади, бу ерда ε - етарлича кичик сон, масалан $\varepsilon = 0,01$.

ИНТ орқали норавшан C-ўртача кластеризациялаш алгоритми орқали рангли тасвирлардаги рангларни кластеризациялашдан олдин RGB тасвирда рангнинг RGB моделини дастлаб CIE XYZ моделига алмаштириш бажарилди ва кейин эса шу тасвирда рангнинг CIE XYZ моделидан CIELab моделга алмаштириш қўлланилди. Ишлаб чиқилган модел интуиционистик норавшан тўплам ёрдамида норавшан C-ўртача кластеризациялаш алгоритмини модификациялайди. Ушбу модел асосида олиб борилган тажрибалар шуни кўрсатдики, норавшан C-ўртача алгоритмидаги ўзига хос хатоликлар бартараф қилинди ва турли ранг моделларида рангларни кластеризациялаш яхшиланди.

II боб бўйича хулоса

Норавшан тўплам асосида тасвирларда объектларнинг контур чизиқларини ажратиш алгоритми ишлаб чиқилди. Таклиф қилинган алгоритмнинг ишга яроқли эканлигини аниқлаш мақсадида экспериментал тадқиқот ўтказилди. Норавшан тўплам назариясига таянган ҳолда ишлаб чиқилган алгоритм содда бўлишига қарамасдан, контур чизиқларини ажратиш алгоритмларига рақобатчи (конкурент) бўла олади. Таклиф қилинган мазкур алгоритмдан тасвирларга дастлабки ишлов бериш учун мўлжалланган дастурий мажмуаларни яратишда фойдаланиш мумкин.

III БОБ. ТАСВИРЛАРГА БОШЛАНҒИЧ ИШЛОВ БЕРИШДА НОРАВШАН МАНТИҚНИ ҚЎЛЛАШ АЛГОРИТМИ ВА ДАСТУРИЙ ТАЪМИНОТИ

3.1. Норавшан ишлов бериш жараёни алгоритмлари

Тасвирларга Норавшан ишлов бериш жараёнида RGB моделидаги рангли тасвирни кулранг тасвирга ёрқинликни аниқлаш усули ёрдамида ўтказилади. Сўнгра кулрангдан $[0,1]$ оқ-қорага алмаштирилади («**gray2bw**»). Бу жараёндан ҳосил қилинган бинар тасвир аслига кўра бузилади, яъни бу объектларда узилиш ва ювилишларнинг пайдо бўлиши, бир жинсли соҳаларда ҳалақитларнинг пайдо бўлиши ҳамда объектларнинг тузилмавий бутунлигининг йўқолиши билан тушунтирилади. Объект бутунлигининг йўқолиши ва улардаги узилишлар объектларни ўта нотекис ёритилиши ёки тегишиб туриши ёки бир-бирига устма-уст тушиши каби бир қатор сабаблар таъсирида юзага келиши мумкин. Ишлов беришда асосий мураккаблик айнан устма-уст тушишда (ёки тегишиб туришида), худди шундай бир томондан, бир неча объектлар битта объект каби талқин қилиниши мумкин, иккинчи томондан эса, объектнинг геометрик бутунлигини текшириш алгоритми объектларнинг тегишиш жойларини оқ фондаги узилишлар билан шакллантириш мумкин. Ишлов беришнинг мураккаблиги тегишган объектларни талқин қилишда ахборотни йўқотмайдиган назарий ечимнинг мавжуд эмаслигидадир. Амалиётда алгоритм келтирилган вариантлардан тўғрисиани танлаши лозим: кесишиш жорий объектнинг давоми ёки кесишиш соҳаси объектга тегишли эмас. Одатда, бинарлаштириш порогли қийматлар орқали амалга оширилади. Порогли алмаштириш тасвирларни сегментлашда ҳам кенг қўлланилади.

Бинарлаштириш жараёнининг барча усуллари порогли сиртнинг қурилишига кўра икки гуруҳга ажратилади – глобал ва локал бинарлаш. Глобал бинарлашда порогли сирт порогли ёруғликнинг доимий қиймати билан аниқланади, яъни порог қиймати тасвирнинг барча бир хил рангли пикселлари гистограммали таҳлили асосида ҳисоблаб чиқилади. Унинг камчилиги – агар

дастлабки тасвирда нотекис ёритилиш бўлса, у ҳолда ёмон ёритилган соҳалар қора ранг 1 билан аниқланиши мумкин. Локал бинарлашда порогли қиймат айрим белгили соҳалардан бошқа нукталарда унинг атрофи орқали аниқланади. Бундаги камчилик эса ҳар бир нуктада алоҳида ҳисоблашлар эвазига алгоритмнинг нисбатан секин ишлашидадир.

Қўйилган масалани ечиш усули сифатида Бернсен усулидан фойдаланамиз. Ушбу усул пикселнинг атрофидаги пикселларнинг ёруғлик даражалари локал ўртача қийматига кўра алмаштириш ғояси билан асосланади (3.1-расм).

P_1	P_2	P_3
P_0	$\xrightarrow{(m,n)}$	P_4
P_7	P_6	P_5

3.1-расм. Тасвир пикселларини алмаштириш

Тасвир сифати(контрасти)ни ошириш.

1) INT- Оператори ёрдамида

1-қадам. Тегишлилик функцияси қурилади:

$$\mu_{mn} = G(g_{mn}) = \left[1 + \frac{g_{\max} - g_{mn}}{F_d} \right]^{-F_e}$$

2-қадам. Қийматлар оралиғини ўзгартирилади:

$$\mu'_{mn} = \begin{cases} 2 \cdot [\mu_{mn}]^2 & 0 \leq \mu_{mn} \leq 0.5 \\ 1 - 2 \cdot [1 - \mu_{mn}]^2 & 0.5 \leq \mu_{mn} \leq 1 \end{cases}$$

3-қадам. Янги нимранг даражалар қурилади:

$$g'_{mn} = G^{-1}(\mu'_{mn}) = g_{\max} - F_d \left((\mu'_{mn})^{\frac{-1}{F_e}} - 1 \right)$$

2) Норавшан кутиладиган қийматлар ёрдамида

1-қадам. Тасвир гистограммалари ҳисобланади:

2-қадам. Норавшан кутиладиган қийматларни (НКҚ) аниқлаш:

3-қадам. НКҚ дан нимранг-даражаларгача масофаларни ҳисоблаш:

$$D_{mn} = \sqrt{|(FEV)^2 - (g_{mn})^2|}$$

4-қадам. Янги нимранг-даражаларни куриш:

$$\begin{aligned} g'_{mn} &= \max(0, FEV - D_{mn}) && \text{if } g_{mn} < FEV \\ g'_{mn} &= \min(L-1, FEV + D_{mn}) && \text{if } g_{mn} > FEV \\ g'_{mn} &= FEV && \text{otherwise.} \end{aligned}$$

3) Нораишан оширилган(гиперболизацияланган) гистагормма усули

1-қадам. Тегишлилик функцияси шаклини созлаш (реал тасвирга нисбатан);

2-қадам. Бета-фаззификациялаш қийматларини ўрнатиш

3-қадам. Тегишлилик қийматини ҳисоблаш

4-қадам. Лингвистик чегаралашнинг тегишлилик қийматларини модификациялаш

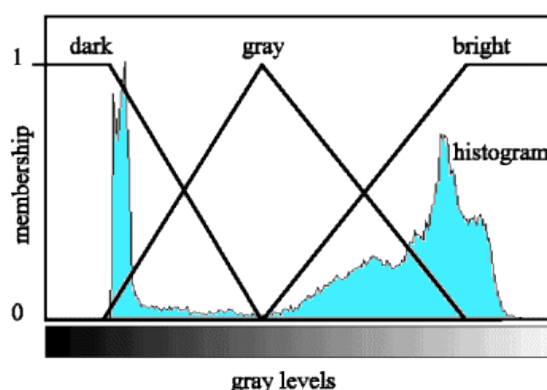
5-қадам. Янги кулранг-даражаларни ҳосил қилиш

$$g'_{mn} = \left(\frac{L-1}{e^{-1}-1} \right) \cdot \left[e^{-\beta_{mn} (g_{mn})^\beta} - 1 \right]$$

4) Контрастни Нораишан If-Then қондаси билан яхшилаш.

1-қадам. Мантиқий ҳулосалашда тизим параметрларини созлаш (кирувчи белгилар, тегишлилик функцияси, ...)

2-қадам. Фаол пикселларни фаззификациялаш (қорамтир, кулранг, ва ёрқин пикселлар гуруҳларига тегишлилиги)



3.2-расм. Учта функцияларнинг фаззификация гистагорммаси

3-қадам. Ҳулоса чиқариш (масалан, “IF қорамтир THEN қорарок”, “IF кулранг THEN кулранг”, “IF ёрқинроқ THEN ёрқин”)

4-кадам. Учита синглтонлар ёрдамида мантикий хулосалаш натижасини дефазификациялаш

3.2. Норавшан мантик асосида тасвирга ишлов беришда Python тили имкониятлари

Python – bu o'rganishga oson va shu bilan birga imkoniyatlari yuqori bo'lgan oz sonlik dasturlash tillari qatoriga kiradi. Унинг rasmiy sayti www.python.org bo'lib, Python dasturlash tili muallifi Gvido van Rossum hisoblanadi. Python samarador yuqori darajadagi ma'lumotlar strukturasi va oddiy, lekin samarador ob'yektga yo'naltirilgan dasturlash uslublarini taqdim etadi.

Oddiy, o'rganishga oson, sodda sintaksisga ega, dasturlashni boshlash uchun qulay, erkin va ochiq kodlik dasturiy ta'minot. Dasturinni yozish davomida quyi darajadagi detallarni, misol uchun xotirani boshqarishni xisobga olishingga xojat qolmaydi. Ko'plab platformalarda hech qanday o'zgartirishlarsiz ishlay oladi.

Interpretatsiya qilinadigan til. Kengayishga moyil til. Agar dasturning biror joyini tezroq ishlash lozim bo'lsa, u holda shu qismni C yoki C++ dasturlash tillarida yozib keyin shu qismni Python kodi orqali ishga tushirsa bo'ladi. Juda xam ko'p hilma-hil kutubxonalarga ega, ayniqsa, tasvirlarga ishlov berish algoritmlari uchun boy misol va kutubxonalar mavjud. Shu bilan birga, OpenCV, Matlab kutubxonalarini oson va qulay tarzda qo'llay oladi.

Ишлаб чиқилган алгоритмларни Python тилида амалга ошириш учун бизга қуйидагилар керак бўлади:

- очик кодли математик модулар кутубхонаси;
- Matplotlib—очик кодли маълумотларни визуализация қилиш кутубхонаси;
- Scikit-image—очик кодли график файллар билан ишлаш кутубхонаси;
- TensorFlow—очик кодли machine learning кутубхонаси;
- ffmpeg—мультимедия файлларни таҳрирлаш ва қайта ишлаш утилитаси;
- imagemagick—график файлларни таҳрирлаш ва қайта ишлаш дастури.

Норавшан мантиқдан фойдаланиб тасвирларга ишлов беришда бир неча функциялар мантиқан алоҳида гуруҳларга киритилган. Улардан асосийларини келтириб ўтаман:

- `fuzz.membership` – норавшан тегишлилик функциясини куриш;
- `fuzz.defuzzify` – норавшан тўпламдан равшан натижаларни қайтариб олиш учун дефаззификациялаш алгоритмлари;
- `fuzz.fuzzymath` – норавшан мантиқнинг энг кўп тарқалган амалларидан иборат `scikit-fuzzy` кутубхонаси ядроси;
- `fuzz.intervals` – интервалли математика. Унда Донг, Шах ва Вонг (DSW) ларнинг норавшан тўплам математикаси учун усуллари мавжуд;
- `fuzz.image` – тасвирларга норавшан мантиқ асосида ишлов бериш;
- `fuzz.cluster` – норавшан c-means кластерлаш;
- `fuzz.filters` - 1D ва 2D режимида Else-Action (FIRE) фильтри қоидалари асосида норавшан хулосалашни бошқариш.

Python тилида тасвирларга норавшан мантиқ асосида ишлов беришда `numpy` массиви билан ишловчи `scikit-fuzzy` пакети ҳисобланади. Бу пакетни `skfuzzy` каби юклаш учун Python Shell қобиғида

```
>>> import skfuzzy
```

буйруғи билан чақирилади. Соддалаштириш учун эса

```
>>> import skfuzzy as fuzz
```

каби ёзиш мумкин.

3.3. Нимранг тасвирларда норавшан белгилар билан берилган объектни англаш ва ранг қийматларини ўзгартириш

Нимранг тасвирга ранг беришда Python тилида кодни `colorize_picture.py` fayliga қуйидагича ёзиш мумкин:

```
import  
tensorflow  
as tf  
  
import skimage.transform
```

```

from skimage.io import imsave, imread

def load_image(path):
    img = imread(path)
    # crop image from center
    short_edge = min(img.shape[:2])
    yy = int((img.shape[0] - short_edge) / 2)
    xx = int((img.shape[1] - short_edge) / 2)
    crop_img = img[yy : yy + short_edge, xx : xx + short_edge]
    # resize to 224, 224
    img = skimage.transform.resize(crop_img, (224, 224))
    # desaturate image
    return (img[:, :, 0] + img[:, :, 1] + img[:, :, 2]) / 3.0

scene = load_image("girls.png").reshape(1, 224, 224, 1)

with open("colorize.tfmodel", mode='rb') as f:
    fileContent = f.read()

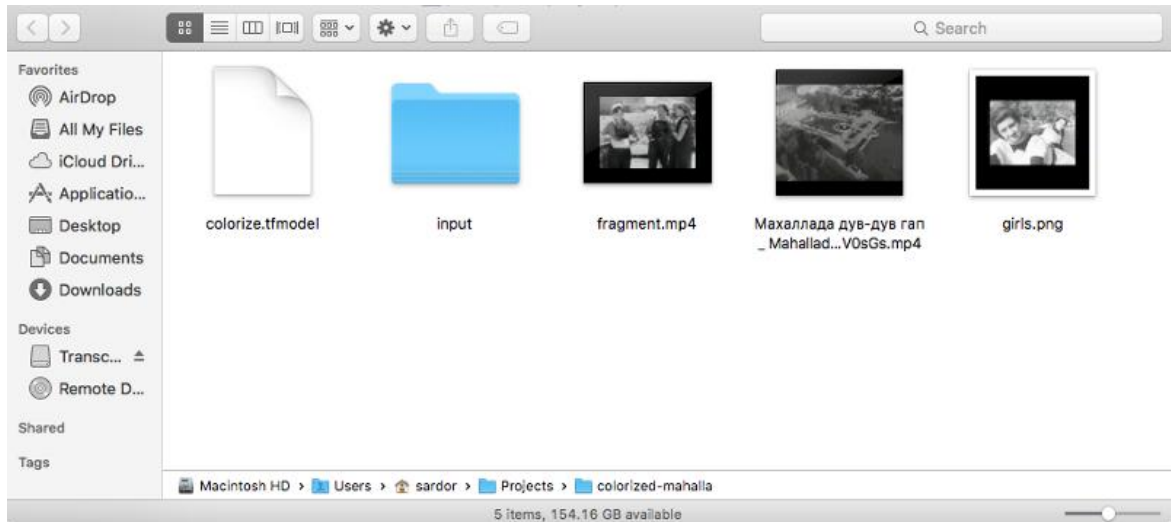
graph_def = tf.GraphDef()
graph_def.ParseFromString(fileContent)
grayscale = tf.placeholder("float", [1, 224, 224, 1])
tf.import_graph_def(graph_def, input_map={ "grayscale": grayscale },
name="")

with tf.Session() as sess:
    inferred_rgb = sess.graph.get_tensor_by_name("inferred_rgb:0")
    inferred_batch = sess.run(inferred_rgb, feed_dict={ grayscale: scene
})
    imsave("girls-color.jpg", inferred_batch[0])

```

```
print("Saved girls-color.jpg!")
sess.close()
```

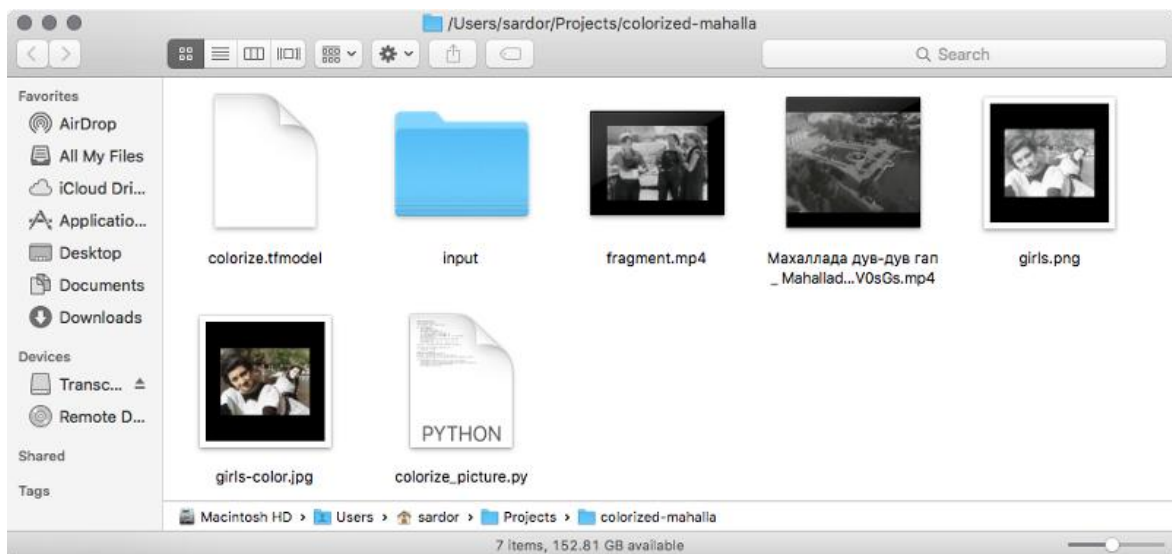
Мисол учун, оқ-қора тасвирли фильмдан бирор кадрни оламиз:



3.3-расм. Рангсиз тасвирни юклаш.

Агар олинган кадр тасвири “girls.png” файлида сақланган бўлса, у ҳолда дастурни ишга туширамыз:

```
$ python colorize_picture.py
Saved girls-color.jpg
```



3.4-расм. Рангсиз тасвирда юз соҳасида рангнинг норавшан белгиларини англаш ва ранглаш натижаси.

Битта расмга жамлаб, солиштириб кўрамиз:

```
$ convert girls.png girls-color.jpg +append result.jpg
```



3.5-расм. Рангсиз тасвирда юз соҳасини англаш ва ранглаш натижаси

Демак натижа ёмон эмас. Энди папкадаги ҳамма кадрларни ўқиб уларга ранг бериш кодини **colorize_pictures.py** файлига ёзамиз.

```
import
tensorflow
as tf

import skimage.transform
from skimage.io import imsave, imread
import os
from os import listdir, path
from os.path import isfile, join

def get_directory(folder):
    foundfile = []

    for path, subdirs, files in os.walk(folder):
        for name in files:
            found = os.path.join(path, name)
            if name.endswith('.png'):
                foundfile.append(found)
```

```

        break

foundfile.sort()
return foundfile

def load_image(path):
    img = imread(path)
    # crop image from center
    short_edge = min(img.shape[:2])
    yy = int((img.shape[0] - short_edge) / 2)
    xx = int((img.shape[1] - short_edge) / 2)
    crop_img = img[yy : yy + short_edge, xx : xx + short_edge]
    # resize to 224, 224
    img = skimage.transform.resize(crop_img, (224, 224))
    # desaturate image
    return (img[:, :, 0] + img[:, :, 1] + img[:, :, 2]) / 3.0

with open("colorize.tfmodel", mode='rb') as f:
    fileContent = f.read()

    graph_def = tf.GraphDef()
    graph_def.ParseFromString(fileContent)
    grayscale = tf.placeholder("float", [1, 224, 224, 1])
    tf.import_graph_def(graph_def, input_map={ "grayscale": grayscale
    }, name="")

images = get_directory("input")

for image in images:
    print(image)

```

```

scene = load_image(image).reshape(1, 224, 224, 1)

with tf.Session() as sess:
    inferred_rgb = sess.graph.get_tensor_by_name("inferred_rgb:0")
    inferred_batch = sess.run(inferred_rgb, feed_dict={ grayscale:
scene })

    filename = "output/"+image
    imsave(filename, inferred_batch[0])
    print("saved " + filename)

```

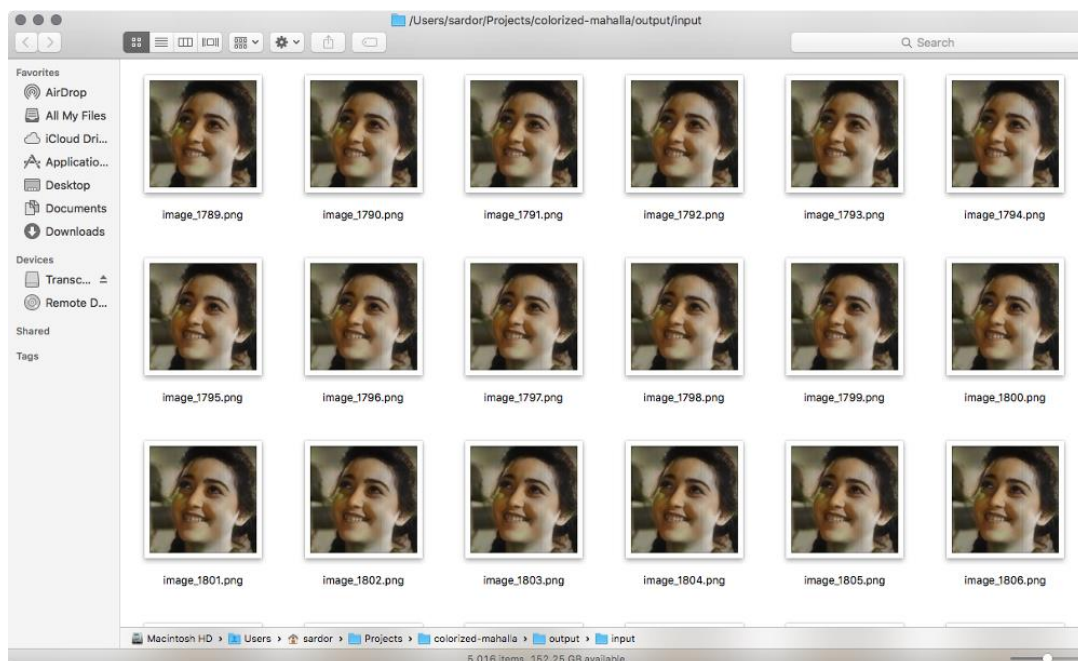
Кодни ишга туширамиз.

Қирқиб олинган кадрлар сони 5 мингдан ортиқлиги учун уларга кетадиган вақт жудаям кўп. Масалан: Acer lenovo 13" ноутбукда (Core i5 CPU, 4GB RAM) 12 соатдан зиёд вақт кетади. Мен эса бу иш учун Nvidia Titan X график картаси бор махсус сервердан фойдаландим. Албатта TensorFlow кутубхонасини CPU дан эмас GPU дан фойдаланадиган қилиб олдиндан компиляция қилиб олиш керак.

```

$ python colorize_pictures.py
input/image_1.png
input/image_2.png
input/image_3.png
input/image_4.png
input/image_5.png
...
input/image_5016.png

```



3.6-расм. Тасвирлар кетма-кетлигида юз соҳасини англаш ва ранглаш натижаси.

TensorFlow кутубхонасида сунъий нейрон тўрлари норавшан мантиқ элементлари билан биргаликда ишлатилган. Машинали ўқитиш асосида тузилган сунъий интеллект АКТ соҳаси келажаги эканлигига шубҳа йўқ. Бу блогпост “tutorial” тарзида ёзилгани учун назарий томонлама сунъий нейрон тармоқлари ва уларнинг ишлаш принциплари, моделлари ҳақида тўхталиб ўтирмадим.

ХУЛОСА

Ушбу “Норавшан белгилар билан берилган объектларни англаш алгоритми ва дастурий таъминоти” мавзусида магистрлик диссертация ишини бажаришда маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш, норавшан тўпламлар назарияси, норавшан мантикий хулосалаш, рангсиз тасвирларда объектларни интуиционистик норавшан мантиқ асосида кластеризациялаш, тасвирдан норавшан белгиларни олиш, норавшан мантикий қоидаларни қуриш ва улар асосида инсон иштирокисиз тасвирларни интеллектуал қайта ишлаш алгоритм ва усуллари билан танишиб чиқилди. Тасвирларга рақамли ишлов беришда норавшан филтрлаш қоидаларини қуриш ва норавшан мантиқнинг асосий тушунчалари ўрганилди. Python дастурлаш тилининг Scikit-Fuzzy пакети ва амалиётда қўллаш усуллари таҳлил қилинди. Scikit-Fuzzy пакетида тасвирларга рақамли ишлов беришда норавшан мантиқ воситалари таҳлил этилди ва рангсиз видео тасвирни ранглаш масалалари кўрилди. Python тилида тасвирларга норавшан тўплам элементлари асосида рақамли тадқиқ этиш схемаси ишлаб чиқилди ва асосланди, ҳамда Python юқори дастурлаш тилида Scikit-Fuzzy пакетида график тасвирларни намойиш этиш форматлари кўриб чиқилди.

Тасвирларга ишлов бериш жараёнини интеллектуаллаштиришда Python тилида OpenCV кутубхонаси ва Scikit-Fuzzy пакетларининг функциялари орқали норавшан мантикий хулосалаш тизимини ишлаб чиқишнинг усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилди. Содда ва юқори самарадорликка эга бўлган сонли маълумотлар асосида норавшан қоидалар базасини қуриш усулини таклиф этилди. 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.

Норавшан мантиқий хулосалаш тизими орқали тасвирда контур чизиқларини қуриш алгоритми ва дастури Python тилидаги Scikit-Fuzzy пакетида ишлаб чиқилди.

Тасвирда норавшан белгилар билан берилган объектларни англаш масаласи тасвирларда мос нуқталарни аниқлаш ва таққослаш алгоритми асосида ечилди. Унинг дастури Python тилидаги Scikit-Fuzzy пакетида фойдаланувчилар учун график интерфейс кўринишини чақириш усули келтирилган. Тажриба синови тасвирга дастлабки ишлов беришда норавшан мантиқ имкониятларидан фойдаланиш имконини беради.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар:

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2012 йил 21 мартдаги «Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини янада кенгрок жорий қилиш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-1730-сон қарори. 21.03.2012 й.
2. Каримов И.А. Мамлакатимизни модернизация қилиш йўлини изчил давом эттириш – тараққиётимизнинг муҳим омилидир/ Президент Ислом Каримовнинг Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 18 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маърузаси. Ташкент, 07.12.2010.

Илмий адабиётлар:

3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006.
4. Дамьяновски В. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии/Пер, с англ. - М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006, — 480 с: ил.
5. Иванов В.А. Моделирование корреляционного сопровождения объектов в реальном времени // Автометрия. 1991. № 3. С. 24-30.
6. Киричук В. С., И. И. Коршевер, В. В. Синельщиков Анализ изображений динамических сцен: модели, алгоритмы и системы реального времени // Автометрия. 1998. № 3. С. 3-9.
7. Киричук В. С., Иванов В. А., Ангерев В. Ю., Синельщиков В. В. Методика выделения подвижных точечных объектов при регистрации сцены с двух точек наблюдения // Автометрия. 2000. № 6. С. 3-10.
8. Киричук В. С., Шакенов А. К. Обнаружение точечных динамических объектов по изображениям, регистрируемым движущейся камерой // Автометрия. 2004. № 1. С. 3-9.
9. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений. – М.: «Ай-Эс-Эс Пресс», 2009. -518 с. ISBN 978-5-9901899-1-1

10. Содиков С.С., Маликов М.Н. Тасвирларга сонли ишлов бериш асослари, Т., 1994 й.
11. Чубукова И.А. Data Mining. Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 382 с.
12. Zadeh L. A. Fuzzy sets and systems. In: Fox J, editor. System Theory. Brooklyn, NY: Polytechnic Press, 1965.
13. Jain A.K., Murty M.N., Flynn P.J. Data Clustering: A Review// ACM Computing Surveys, Vol. 31, No. 3, September 1999
14. Ferahta N. et al., New fuzzy clustering algorithm applied to RMN segmentation, IEEE Trans on engineering, computing, and technology. №12, 2006. –P. 9–13.
15. Limand Y.W., Lee S.U. On the color image segmentation algorithm based on thresholding and Fuzzy c-means technique, Pattern Recognition. №73(9), 1990. –P. 935–952.
16. Kim D.W., Lee K.W., Lee D. A novel initialization scheme for the fuzzy c means algorithm for color clustering, Pattern Recognition letters. №25, 2004. –P.227–237.
17. Karayiannis N.B. Generalized fuzzy c-means algorithms, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems. №8(1), 2000. –P. 63–81.
18. Chaira T. Intuitionistic fuzzy color clustering of human cell images on different color models // Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. №23, 2012. –P. 43–51.
19. Atanassov K.T. Intuitionistic fuzzy sets, Theory and Applications, Series in Fuzziness and Soft Computing, Phisica-Verlag, 1999.
20. Yager R.R. Some aspects of intuitionistic fuzzy sets – Fuzzy Optimization and Decision making, №8(1), 2009. –P. 67–90.
21. Sogo T., Ishiguro H., Trivedi M. M. Real-Time Target Localization and Tracking by N-Ocular Stereo // Proceedings of the IEEE Workshop on Omnidirectional Vision. 2000. P. 153-163.

Интернет ҳаволалар:

22. Python тилининг расмий сайти - <https://www.python.org/>
23. Python норавшан пакетлари - <http://pyfuzzy.sourceforge.net/>
24. TensorFlow - <https://www.tensorflow.org/>
25. Automatic Colorization - <http://tinyclouds.org/colorize/>
26. Hypercolumns for Object Segmentation and Fine-grained Localization - <http://arxiv.org/pdf/1411.5752v2.pdf>
27. ILSVRC-2014 model (VGG team) with 16 weight layers and Tensorflow version - <https://gist.github.com/ksimonyan/211839e770f7b538e2d8#file-readme-md>

ИЛОВА

```
import numpy as np
import skfuzzy as fuzz
import matplotlib.pyplot as plt

x_qual = np.arange(0, 11, 1)
x_serv = np.arange(0, 11, 1)
x_tip = np.arange(0, 26, 1)

qual_lo = fuzz.trimf(x_qual, [0, 0, 5])
qual_md = fuzz.trimf(x_qual, [0, 5, 10])
qual_hi = fuzz.trimf(x_qual, [5, 10, 10])
serv_lo = fuzz.trimf(x_serv, [0, 0, 5])
serv_md = fuzz.trimf(x_serv, [0, 5, 10])
serv_hi = fuzz.trimf(x_serv, [5, 10, 10])
tip_lo = fuzz.trimf(x_tip, [0, 0, 13])
tip_md = fuzz.trimf(x_tip, [0, 13, 25])
tip_hi = fuzz.trimf(x_tip, [13, 25, 25])

fig, (ax0, ax1, ax2) = plt.subplots(nrows=3, figsize=(8, 9))

ax0.plot(x_qual, qual_lo, 'b', linewidth=1.5, label='Bad')
ax0.plot(x_qual, qual_md, 'g', linewidth=1.5, label='Decent')
ax0.plot(x_qual, qual_hi, 'r', linewidth=1.5, label='Great')
ax0.set_title('Food quality')
ax0.legend()

ax1.plot(x_serv, serv_lo, 'b', linewidth=1.5, label='Poor')
ax1.plot(x_serv, serv_md, 'g', linewidth=1.5, label='Acceptable')
ax1.plot(x_serv, serv_hi, 'r', linewidth=1.5, label='Amazing')
```

```
ax1.set_title('Service quality')
ax1.legend()
```

```
ax2.plot(x_tip, tip_lo, 'b', linewidth=1.5, label='Low')
ax2.plot(x_tip, tip_md, 'g', linewidth=1.5, label='Medium')
ax2.plot(x_tip, tip_hi, 'r', linewidth=1.5, label='High')
ax2.set_title('Tip amount')
ax2.legend()
```

```
for ax in (ax0, ax1, ax2):
    ax.spines['top'].set_visible(False)
    ax.spines['right'].set_visible(False)
    ax.get_xaxis().tick_bottom()
    ax.get_yaxis().tick_left()
```

```
plt.tight_layout()
```

```
qual_level_lo = fuzz.interp_membership(x_qual, qual_lo, 6.5)
qual_level_md = fuzz.interp_membership(x_qual, qual_md, 6.5)
qual_level_hi = fuzz.interp_membership(x_qual, qual_hi, 6.5)
```

```
serv_level_lo = fuzz.interp_membership(x_serv, serv_lo, 9.8)
serv_level_md = fuzz.interp_membership(x_serv, serv_md, 9.8)
serv_level_hi = fuzz.interp_membership(x_serv, serv_hi, 9.8)
```

```
active_rule1 = np.fmax(qual_level_lo, serv_level_lo)
```

```
tip_activation_lo = np.fmin(active_rule1, tip_lo) # removed entirely to 0
```

```
tip_activation_md = np.fmin(serv_level_md, tip_md)
```

```

active_rule3 = np.fmax(qual_level_hi, serv_level_hi)
tip_activation_hi = np.fmin(active_rule3, tip_hi)
tip0 = np.zeros_like(x_tip)

fig, ax0 = plt.subplots(figsize=(8, 3))

ax0.fill_between(x_tip, tip0, tip_activation_lo, facecolor='b', alpha=0.7)
ax0.plot(x_tip, tip_lo, 'b', linewidth=0.5, linestyle='--', )
ax0.fill_between(x_tip, tip0, tip_activation_md, facecolor='g', alpha=0.7)
ax0.plot(x_tip, tip_md, 'g', linewidth=0.5, linestyle='--')
ax0.fill_between(x_tip, tip0, tip_activation_hi, facecolor='r', alpha=0.7)
ax0.plot(x_tip, tip_hi, 'r', linewidth=0.5, linestyle='--')
ax0.set_title('Output membership activity')

for ax in (ax0,):
    ax.spines['top'].set_visible(False)
    ax.spines['right'].set_visible(False)
    ax.get_xaxis().tick_bottom()
    ax.get_yaxis().tick_left()

plt.tight_layout()

aggregated = np.fmax(tip_activation_lo,
                    np.fmax(tip_activation_md, tip_activation_hi))

tip = fuzz.defuzz(x_tip, aggregated, 'centroid')
tip_activation = fuzz.interp_membership(x_tip, aggregated, tip) # for plot

```

```

fig, ax0 = plt.subplots(figsize=(8, 3))

ax0.plot(x_tip, tip_lo, 'b', linewidth=0.5, linestyle='--', )
ax0.plot(x_tip, tip_md, 'g', linewidth=0.5, linestyle='--')
ax0.plot(x_tip, tip_hi, 'r', linewidth=0.5, linestyle='--')
ax0.fill_between(x_tip, tip0, aggregated, facecolor='Orange', alpha=0.7)
ax0.plot([tip, tip], [0, tip_activation], 'k', linewidth=1.5, alpha=0.9)
ax0.set_title('Aggregated membership and result (line)')

for ax in (ax0,):
    ax.spines['top'].set_visible(False)
    ax.spines['right'].set_visible(False)
    ax.get_xaxis().tick_bottom()
    ax.get_yaxis().tick_left()

plt.tight_layout()

```