

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ**

ЮЛДАШЕВ ЗАФАР БАХТИЯРОВИЧ

**ДИСКРЕТ КАСР-ЧИЗИҚЛИ ФУНКЦИОНАЛЛАР АСОСИДА
ИНФОРМАТИВ БЕЛГИЛАРНИ ТАНЛАШ УСУЛИ ВА
АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Юлдашев Зафар Бахтиярович

Дискрет каср-чизиқли функционаллар асосида информатив белгиларни
аниқлаш усул ва алгоритмлари..... 3

Юлдашев Зафар Бахтиярович

Методы и алгоритмы выбора информативных признаков на основе
дискретных дробно-линейных функционалов.....21

Yuldashev Zafar Baxtiyarovich

Methods and algorithms for selecting informative features based on discrete linear-
fractional functionals.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....43

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ**

ЮЛДАШЕВ ЗАФАР БАХТИЯРОВИЧ

**ДИСКРЕТ КАСР-ЧИЗИҚЛИ ФУНКЦИОНАЛЛАР АСОСИДА
ИНФОРМАТИВ БЕЛГИЛАРНИ ТАНЛАШ УСУЛИ ВА
АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (Phd) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.4.PhD/T1421 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Маматов Нарзилло Солидҷонович техника фанлари доктори, катта илмий ходим
Расмий оппонентлар:	Қабуллов Анвар Василевич техника фанлари доктори, профессор Утеулиев Ниётбой Утеулиевич физика-математика фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	Ислом Қаримов номидаги Тошкент давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc13/30.12.2019.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «__» _____ соат __ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (__ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2021 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2021 йил «__» _____ даги __ рақамли реестр баённомаси.)

Р.Ҳ.Ҳамдамов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ф.М.Нуралиев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

М.А.Исмаилов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш имконини берадиган тизимларни ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишларда маълумотларни қайта ишлаш ва таниб олиш масалаларини ечишга мўлжалланган математик усуллар, алгоритмлар ва дастурларни ишлаб чиқиш муҳим масалаларидан бири бўлиб қолмоқда. Ҳозирги кунда таниб олиш ва таснифлашнинг детерминлашган, эҳтимолий, мантиқий, тузилмавий каби кўплаб усуллари мавжуд. Хорижий мамлакатларда, жумладан АҚШ, Россия Федерацияси, Германия, Хитой, Япония, Украина ва бошқа мамлакатларда тимсолларни таниб олиш ва таснифлаш тизимларини назарий ва амалий масалаларини ечишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда объект, ҳодиса ва жараёнларни оптимал бошқариш, башоратлаш, таниб олиш масалаларини ечишга йўналтирилган ва информатив белгилар орқали таниб олиш алгоритмларига асосланган интеллектуал тизимларини яратишга қаратилган кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан, объект, ҳодиса ва жараёнлар қонуниятларини аниқлайдиган ва ривожланишини ташхислайдиган қоида ва моделларни куриш ҳамда тўпланган маълумотлардаги функционал ва мантиқий қонуниятларни топиш усул ва алгоритмларини такомиллаштириш, маълумотларга дастлабки ишлов бериш ва қайта ишлаш усуллариини ишлаб чиқиш, объектларни информатив таснифлаш, таниб олиш, информатив ва ноинформатив белгиларни аниқлаш усул ва алгоритмларини яратиш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Мамлакатимиз иқтисодий, ижтимоий, халқ хўжалиги ва бошқа соҳаларини корпоратив бошқаришга ахборот-коммуникация технологиялари кенг қўлланилмоқда. Ушбу йўналишда ахборотларга дастлабки ишлов бериш, қайта ишлаш ва таҳлил қилишга, жумладан, объект, ҳодиса ва жараёнлар белгилар фазосини шакллантириш ва уларни информатив таснифлаш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... корпоратив бошқарувнинг замонавий стандарт ва усуллариини жорий этиш, ... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, маълумотларга дастлабки ишлов бериш, таниб олиш ва таснифлаш тизимларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Бу борада, маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ҳамда дастлабки ишлов бериш усул ва алгоритмларини такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги Фармони

ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғриси»даги, 2017 йил 29 ноябрдаги ПФ-5264-сон «Ўзбекистон Республикаси инновацион ривожлантириш вазирлигини ташкил этиш тўғрисидаги» Фармонлари, 2012 йил 21 мартдаги ПҚ-1730-сон «Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини янада жорий этиш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2014 йил 3 апрелдаги ПҚ-2158-сон «Ахборот-коммуникация технологияларини иқтисодийнинг реал секторига янада жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологиялари ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Маълумотларни таҳлил қилиш, хусусан тимсолларни таниб олиш масалаларида белгилар фазоси ўлчамини камайтиришнинг илмий асослари С.А.Айвазян, Б.Н.Адасовский, В.В.Александров, С.В.Абламейко, В.И.Васильев, Н.Д.Горский, Н.Г.Загоруйко, Г.С.Лбов, Н.А.Игнатъев, Ш.Ю.Раудис, В.В.Старовойтов, I.Marill, D.M.Green ва бошқа олимлар томонидан яратилган ва уларнинг ишларида баён этилган. Ю.И.Журавлев, М.М.Камилов, З.Т.Адылова, Р.А.Лутфуллаев, Ш.Е.Тулягановларнинг ишларида дастлабки белгининг муҳимлик ўлчови хоссалари тадқиқ этилган, бунда белгининг муҳимлик ўлчови белгини олиб ташлашда тегишли равишда қайта ишланган “овозлар” деб аталувчиларни камайтириш даражасини ифодалайди. Ушбу ўлчов усул муаллифлари томонидан белгининг ахборот оғирлиги деб аталган.

А.Л.Горелик, Г.И.Кутин, К.А.Чепонис, Д.А.Жвинерайте, Б.С.Бусыгин, Л.В.Мирошниченко, R.Fisher каби олимларнинг ишлари белгилар информативлигининг эвристик мезонлари тадқиқи ҳамда бу мезонлар асосида объектларнинг информатив тавсифини шакллантиришга мўлжалланган танлов усулларини ишлаб чиқишга бағишланган. Кейинчалик бу ёндошув М.М.Камилов, Ш.Х.Фозилов, А.Х.Нишанов томонидан ривожлантирилган бўлиб, уларнинг ишларида информатив белгилар мажмуасини аниқлашнинг қидирув усуллари таклиф этилган ва белгиларнинг ℓ -информатив вектори тушунчаси киритилган. Р.Ҳамдамовнинг ишларида Фишер эвристик информативлик мезони асосида информатив белгиларни аниқлашнинг аналитик усулларини биринчилардан бўлиб таклиф этилган.

Тимсолларини таниб олишда белгилар фазоси ўлчамини камайтириш масаласини ечиш билан боғлиқ тадқиқотларнинг деярли барчаси ҳал этиладиган масала учун энг мақбул мезон ва усул жуфтлигини танлашга келтирилади, яъни ҳисоблаш сарф-ҳаражатлари кам ва таниб олиш сифати

юқори бўлган мезон ва усул жуфтлигини танлаш талаб этилади. Бунда белгилар информативлигининг кенг тарқалган мезонларига мос математик асосланган усулларни яратиш муаммоси долзарб бўлиб, ҳозирги кунда етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази ва Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг №БВ-Атех-2018 «Юз тасвирларини оқимли қайта ишлаш асосида шахсни идентификация қилиш алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш» (2018-2019); №А5-051 «Видеокузатув тизимида динамик объектлар видеотасвирини қайта ишлаш алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш» (2015-2017); №БВ-М-Ф4-09 «Норавшан муҳитда мураккаб тузилмали ахборотларга ишлов бериш, таниб олиш ва башоратлашнинг баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари мантикий-эвристик синфига асосланган интеллектуал тизимлари» (2017-2018) мавзулардаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади дискрет каср-чизиқли функционаллар асосида объектларни информатив тавсифлаш усул ва алгоритмлар ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

- каср-чизиқли функционаллар хоссаларини ўрганиш;
- информатив белгилар мажмуасини шакллантиришда фойдаланиладиган дискрет каср-чизиқли функционаллар хоссаларини аниқлаш;
- каср-чизиқли функционалларни шартсиз оптималлаштириш усулини ишлаб чиқиш;
- белгиларнинг ўзаро боғлиқликлари таҳлили асосида информатив белгиларни аниқлаш алгоритминини ишлаб чиқиш;
- каср-чизиқли функционаллар асосида информатив белгилар мажмуасини аниқлаш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;
- информатив белгилар мажмуасини аниқлашнинг мавжуд ва таклиф этилган усул ва алгоритмлари асосида дастурий мажмуа яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида қийматлари “объект-хосса” жадвали кўринишда берилган объектларнинг (жараёнлар, ҳодисалар, воқеалар) белгилари (хоссалари, параметрлари, характеристикалари) олинган.

Тадқиқотнинг предмети информатив белгилар мажмуасини шакллантиришда фойдаланиладиган каср-чизиқли функционаллар, усуллар ва алгоритмлардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишнинг назарий тадқиқотлари математик анализ, дискрет математика ва тимсолларни аниқлаш усулларига асосланган, информатив белгилар фазосини шакллантириш ва бу фазода номаълум объектларни таниб олишнинг компьютерли моделидан тажрибалар асоси

сифатида фойдаланилган ҳамда тадқиқ қилинган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

информатив белгилар мажмуасини аниқлашда фойдаланиладиган дискрет каср-чизикли функционалларнинг ажратиш самарадорлигини инобатга олган ҳолда уларнинг хоссалари аниқланган;

белгиларнинг ўзаро боғлиқликлари асосида информатив белгиларни аниқлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

дискрет каср-чизикли функционаллар асосида информатив белгилар мажмуасини аниқлаш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

дискрет каср-чизикли функционаллар асосида ноинформатив белгилар мажмуасини аниқлаш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

нисбатан кам сарф-ҳаражатларда олинган натижалар тўла танлов усули натижалари билан мос тушадиган информатив ва ноинформатив белгилар мажмуасини аниқлашнинг қидирув усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

энг мақбул «функционал-усул» жуфтлигини танлашни сезиларли камайтирадиган информативлик мезони сифатида фойдаланиладиган каср-чизикли функционаллар учун информатив ва ноинформатив белгилар мажмуасини аниқлашнинг мос усули ва алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги белгилар фазоси ўлчамини камайтириш масаласи қўйилиши корректлиги дискрет оптимизация масаласи каби қатъий математик исботланган теорема ва хоссалар кўринишидаги ҳисоблашлар ҳамда ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларни реал, модел масалалар ва тажриба синовларда олинган натижаларни солиштириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти объект, ҳодиса ва жараёнларнинг информатив таснифини шакллантиришда каср-чизикли функционаллар асосида белгилар фазоси ўлчамини камайтиришнинг қатъий математик усуллари ишлаб чиқиш орқали тимсолларни таниб олиш назариясини ривожлантиришга хизмат қилади. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар таниб олиш ва тавсифлаш тизимлари, техник ташхислаш, робототехник тизимлар, материалшунослик, технологик жараёнлар, саноат объектларини бошқариш каби техник ва саноат иловаларни яратишда кенг қўламда қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган алгоритмлар ва дастурий таъминотни лойиҳалаш ва яратиладиган турли замонавий таниб олиш тизимларининг ишчи белгилар луғатини шакллантириш билан изоҳланади. Тадқиқот натижаларини қўллаш объект, ҳодиса ва жараёнларнинг информатив тавсифи орқали таснифлаш ва таниб олишга сарфланадиган манбаларни қисқартириш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Дискрет каср-чизикли функционаллар асосида информатив белгиларни аниқлашнинг мавжуд ҳамда

таклиф этилган усул ва алгоритмлари асосида яратилган дастурий таъминот асосида:

датчиклардан олинган маълумотлар базасини яратиш, сақлаш, қайта ишлаш, дастлабки ишлов бериш имконини берувчи каср-чизиқли функционаллар хоссалари асосида информатив белгилар мажмуасини аниқлаш усул ва алгоритмлар асосида яратилган дастурий мажмуа Қорақалпоғистон Республикаси Ички ишлар вазирлиги Йўл ҳаракати хавфсизлиги бошқармасига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 18 декабрдаги 33-8/7761-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида транспорт оқимларини баҳолаш ва тирбандликларни аниқлашга сарфланадиган вақтни 10%га қисқартириш имконини берган;

ишлаб чиқарилаётган маҳсулотлар маълумотлар базасини шакллантириш, дастлабки ишлов бериш ва асосий кўрсаткичларини аниқлаш дастурий воситаси «Namangan Pharm Plant» МЧЖга жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 18 декабрдаги 33-8/7761-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида хом-ашё кўрсаткичларини аниқлаш ҳисобига ишлаб чиқиладиган маҳсулот сифати турғунлиги таъминланди, бу эса сифат назоратига сарфланадиган вақтни 15%га қисқартириш имконини берган;

беморлар маълумотлар базасини шакллантириш, дастлабки ишлов бериш ва ташхислашдаги доимий назорат талаб қиладиган кўрсаткичларини аниқлаш дастурий воситаси Қорақалпоғистон Республикаси Нукус шаҳри кўп тармоқли поликлиникасига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 18 декабрдаги 33-8/7761-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ташхислашга сарфланадиган вақтни 10% га қисқартириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг назарий ва амалий натижалари 2 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 21 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та илмий мақола, 4 таси республика ва 5 таси хорижий журналларда чоп этилган ҳамда 3 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 115 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлик даражаси асослаб берилган, мақсад ва вазифалар шакллантирилган, тадқиқот

объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фани ва технологияларининг устувор йўналишлари мослиги белгиланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари кўрсатиб ўтилган, олинган натижаларнинг ҳаққонийлиги асослаб берилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиқ этилиши рўйхати, ишнинг синов натижалари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилмаси тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Тимсолларни таниб олишда информатив белгилар фазосини шакллантириш мезонлари ва усуллари» деб номланган биринчи боби белгилар информативлигининг эвристик мезонларини таҳлили ва тартиблашга, ўқув танланмаси объекти кўринишида ифодалаш мумкин бўлган информатив белгилар фазосини шакллантириш усулларига бағишланган.

Мазкур бобнинг 1.1-параграфида ўқув танланма объектларининг “ажралиш” баҳосига асосланган белгилар информативлигининг эвристик мезонлари таҳлили натижалари ва бунда айнан Фишер типдаги 0-тартибли, бир жинсли k -тартибли ва бир жинсли бўлмаган эвристик мезонлар келтирилган. Кўриб чиқилган мезонларнинг умумий кўринишлари ҳам келтирилган.

1.2-параграф Фишер типдаги 0-тартибли бир жинсли информативлик мезонлари асосида информатив белгилар фазосини шакллантириш усуллари таҳлилига бағишланган бўлиб, унда кенг тарқалган “қисман танлов” усулларига алоҳида эътибор берилган. Бундан ташқари, мазкур бобнинг 1.3-параграфида диссертация ишининг мақсади ва вазифалари келтирилган.

Диссертациянинг «Белгилар ўзаро боғлиқликлари асосида информатив ва ноинформатив белгиларни аниқлаш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш» деб номланган иккинчи боби каср-чизиқли функционаллар кўринишдаги информативлик мезонлардан фойдаланган ҳолда информатив ва ноинформатив белгилар фазосини шакллантириш усуллари ва алгоритмлари тадқиқи ва яратилишига бағишланган.

2.1-параграфда А.Л.Горелик, М.М.Комилов, Ш.Х.Фозилов, Р.Ҳамдамов, А.Х.Нишонов ва Н.С.Маматовларнинг ишларига мос ҳолда ишнинг назарий қисмини баён қилиш учун фойдаланиладиган асосий тушунчалар, таъриф ва белгилашлар киритилган.

Фараз қилайлик, $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m_1}, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m_2}, \dots, x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{km_k}$, ўқув танланмаси берилган ва ҳар бир объектлар тўплами $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p}$ маълум бир $x_p, p = \overline{1, k}$ синфга тегишли бўлсин.

Ҳар бир x_{pi} -объектнинг белгилари N -ўлчовли сон қийматли вектор кўринишида ифодаланган бўлсин, яъни $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N)$.

Берилган объектлар ўқув танланмалари $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, k}$ учун информатив белгилар қисм фазосини бир қийматли характерловчи

$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N) (\lambda_i \in \{0;1\}, i = \overline{1, N})$ векторни киритиб оламиз. Бу ерда x_{p_i} - N -ўлчовли белгилар фазоси вектори. λ векторнинг бирга тенг бўлган компоненталарига мос келувчи белгилар ажратиб олинаётган қисм фазода иштирок этишини билдирса, нолга тенг бўлган компоненталари эса унга мос белгиларни ажратиб олинаётган қисм фазода иштирок этмаслигини билдиради.

$\{x : (x^1, x^2, \dots, x^N)\}$ - барча белгилар фазосини Евклид фазоси деб ҳисоблаймиз ва уни R^N орқали белгилаймиз.

Таъриф 1. $R^N = \{x = (x^1, x^2, \dots, x^N)\}$ фазони λ бўйича акслантирмаси деб $R^N|_{\lambda} = \{x|_{\lambda} = (\lambda_1 x^1, \lambda_2 x^2, \dots, \lambda_N x^N)\}$ фазога айтилади.

R^N фазодаги x, y объектлар орасидаги акслантирма масофа сифатида $R^N|_{\lambda}$ фазодаги икки $x|_{\lambda}$ ва $y|_{\lambda}$ объектлар орасидаги

$$\|x - y\|_{\lambda} = \sqrt{\sum_{k=1}^N \lambda_k (x^k - y^k)^2}$$
 Евклид масофасини оламиз.

Таъриф 2. λ вектор ℓ -информатив дейилади, агарда унинг компоненталари йиғиндиси ℓ га тенг бўлса, яъни $\sum_{i=1}^N \lambda^i = \ell$.

Ҳар бир қисм системадаги λ ℓ -информатив вектор учун унга мос ℓ -ўлчовли белгилар қисм фазоси аниқланган ва бу қисм фазоларда λ мос Евклид нормасидан фойдаланамиз.

x_p синфнинг характерловчи белгиларнинг ўртача қиймати \bar{x}_p қуйидагича аниқланади:

$$x_p = \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} x_{p_i}, \quad p = \overline{1, k}.$$

Қуйидаги функцияни киритиб оламиз:

$$r_p(x_p, x) = \sqrt{\frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^N r(x_p, x_i)}.$$

$r_p(x_p, x)$ функция x_p синфдаги λ вектор асосида ажратиб олинган объектларнинг боғланишлари бўйича ўртача тарқоқлигини ифодалайди. Информативлик мезони сифатида қуйидаги функционални оламиз:

$$I(\lambda) = \frac{r(\bar{x}, \bar{y})}{\sum_{p=1}^h r_p(x_p, x)}. \quad (1)$$

Мазкур функционал Фишер функционалининг содда кўринишини ифодалайди.

Қуйидаги белгилашларни киритиб оламиз:

$$a = (a^1, a^2, \dots, a^N); b = (b^1, b^2, \dots, b^N), a_i = r(\overline{x_i}, \overline{y_i}), b_i = \sum_{j=1}^N r(x_i, x_j), i = \overline{1, N}.$$

У ҳолда (1) функционал куйидаги кўринишга келади.

$$I(\lambda) = \frac{(a, \lambda)}{(b, \lambda)},$$

бу ерда (*, *)-векторларнинг скаляр кўпайтмаси.

a^j, b^j коэффициентлар λ га боғлиқ бўлмагани учун олдиндан ҳисоблаб олиш мумкин. $I(\lambda)$ мезонни ҳар бир λ га мос қийматини топиш учун N тартибли амаллар бажариш зарур бўлади.

2.2-параграф белгиларнинг ўзаро боғлиқликлари асосида информатив белгилар мажмуасини аниқлаш усуллари ишлаб чиқишга бағишланган. “Тартибланиш” усулини оптималлик шартлари куйидаги масала учун келтирилган:

$$\begin{cases} I(\lambda) \rightarrow \max, \\ \lambda \in \Lambda^l, \lambda_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, \\ a, b \in R^N, a_i \geq 0, b_i > 0, i = \overline{1, N}, \end{cases} \quad (2)$$

бу ерда $\Lambda^l - \ell$ - информатив белгилар тўплами:

$$\Lambda^l = \left\{ \lambda \left| \lambda_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, \sum_{i=1}^N \lambda_i = l \right. \right\}.$$

Фараз қилайлик, a ва b векторлар компоненталарига нисбатан мос равишда куйидагича тартибланган бўлсин:

$$\frac{a_1}{b_1} \geq \frac{a_2}{b_2} \geq \dots \geq \frac{a_N}{b_N}. \quad (3)$$

a, b ва $c \geq 0, d > 0 (a + c \geq 0, b + d > 0)$ ҳақиқий сонлар учун куйидаги хоссалардан бири ўринли:

1^o. Агар $a > 0, b > 0$ бўлиб, $\frac{c}{d} > \frac{a}{b}$ бўлса, у ҳолда $\frac{a}{b} < \frac{a+c}{b+d} < \frac{c}{d}$ бўлади.

2^o. Агар $a > 0, b > 0$ бўлиб, $\frac{c}{d} < \frac{a}{b}$ бўлса, у ҳолда $\frac{a}{b} > \frac{a+c}{b+d} > \frac{c}{d}$ бўлади.

3^o. Агар $a < 0, b < 0$ бўлиб, $\frac{c}{d} < \frac{a}{b}$ бўлса, у ҳолда $\frac{a}{b} > \frac{a+c}{b+d} < \frac{c}{d}$ бўлади.

4^o. Агар $a < 0, b < 0$ бўлиб, $\frac{c}{d} > \frac{a}{b}$ бўлса, у ҳолда $\frac{a}{b} < \frac{a+c}{b+d} > \frac{c}{d}$ бўлади.

5^o. Агар $a \geq 0, b \leq 0$ бўлса, у ҳолда $\frac{a+c}{b+d} \geq \frac{c}{d}$ бўлади.

6^o. Агар $a \leq 0, b \geq 0$ бўлса, у ҳолда $\frac{a+c}{b+d} \leq \frac{c}{d}$ бўлади.

Энди куйидаги белгиланишларни киритайлик:

$$A = \sum_{i=1}^{\ell} a_i, B = \sum_{i=1}^{\ell} b_i, \begin{cases} \Delta a_{ij} = a_j - a_i \\ \Delta b_{ij} = b_j - b_i, i = \overline{1, \ell}, j = \overline{\ell + 1, N} \end{cases}, \lambda = \left(\underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell \text{ ма}}, \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{N - \ell \text{ ма}} \right).$$

Юқоридаги хоссаларда $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}, c = A, d = B$ деб олсак, у ҳолда

$$\forall i, j \text{ лар учун } \begin{cases} A + \Delta a_{ij} \geq 0, \\ B + \Delta b_{ij} > 0 \end{cases} \text{ бўлиб, юқоридаги хоссалардан бири ўринли}$$

бўлади.

1-теорема. Тартибланган (3) кетма-кетлик ёрдамида танлаб олинган λ вектор (2) масаланинг мақбул ечим бўлиши учун 2-хосса ва 4-хосса шартларини қаноатлантирувчи $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}$ ларнинг мавжуд бўлмаслиги зарур ва етарли.

Агар (3) кетма-кетлик ёрдамида олинган λ вектор (2) масаланинг ечими бўлмаса, у ҳолда (2) масаланинг мақбул ечимини аниқлаш учун 2- ва 4-хоссалар асосида алмаштиришлар бажарилади. Алмаштириш жараёни 2- ва 4-хоссалар шартларини қаноатлантирувчи Δa_{ij} ва Δb_{ij} мавжуд бўлмагунча давом этирилади. Агар 2- ва 4-хоссалар шартларини қаноатлантирувчи Δa_{ij} ва Δb_{ij} қолмаса, 1-теорема натижасига кўра ҳосил бўлган ечим мақбул.

Мазкур усулда функционалнинг қиймати ва λ векторнинг компоненталари хоссалар асосида қуйидагича шакллантирилади.

Фараз қилайлик, Δa_{ij} ва Δb_{ij} лар учун 2-ёки 4-хоссалардан бири ўринли бўлсин. У ҳолда хоссалар натижасига кўра $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B}$ тенгсизлик ўринли

бўлади ва λ векторнинг i - ва j -компоненталари қийматлари ўзаро алмаштирилади.

Ушбу усул асосида яратилган қуйидаги алгоритм диссертация ишида A_1 орқали белгиланган.

1-қадам. $\lambda = \{ \underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell}, 0, 0, \dots, 0 \}$ га тенг бўлган λ вектор берилди.

2-қадам. A ва B ларнинг қийматлари ҳисобланади, яъни $A = (a, \lambda), B = (b, \lambda)$.

3-қадам. $i = 1, j = N$; $A_1 = A, B_1 = B$ ўзлаштириш амалга оширилади.

4-қадам. Δa_{ij} ва Δb_{ij} лар ҳисобланади.

5-қадам. 4-хосса шартлари текширилади. Агар Δa_{ij} ва Δb_{ij} 4-хосса шартларини қаноатлантирса, хосса натижаси асосида алмаштиришлар бажарилади, яъни λ векторнинг i - ва j -компоненталари қийматлари ўзаро алмаштирилади, $A = A + \Delta a_{ij}, B = B + \Delta b_{ij}$ ҳисобланади ва 7-қадамга ўтилади.

6-қадам. 2-хосса шартлари текширилади. Агар Δa_{ij} ва Δb_{ij} ушбу хосса шартларини қаноатлантирса, λ векторнинг i - ва j -компоненталари қийматлари ўзаро алмаштирилади ва $A = A + \Delta a_{ij}$, $B = B + \Delta b_{ij}$ ҳисобланади.

7-қадам. $j > \ell$ шарт текширилади. Агар у бажарилса, $j = j - 1$ ўзлаштириш амалга оширилади ва 4-қадамга ўтилади.

8-қадам. $i < \ell$ шарт текширилади. Агар у бажарилса, $i = i + 1$ ўзлаштириш амалга оширилади ва 4-қадамга ўтилади.

9-қадам. $A_1 = A$ ва $B_1 = B$ шартлар текширилади. Агар улар бажарилса, у ҳолда λ оптимал ечим бўлади ва 10-қадамга, акс ҳолда 3-қадамга ўтилади.

10-қадам. Тамом.

Кўп ҳолларда дастлаб олинган вектор (2) масаланинг мақбул ечими бўлиши мумкин. Қуйида келтириладиган теорема орқали ихтиёрий олинган векторнинг (2) масаланинг қачон мақбул ечим бўлишини аниқлаш имкони пайдо бўлади.

$\forall \lambda \in \Lambda^\ell$ танланган бўлсин.

2-теорема. Танланган λ вектор (2) масаланинг оптимал ечими бўлиши учун 2-хосса, 4-хосса ва 5-хосса шартларини қаноатлантирувчи $a = \Delta a_{ij}$ ва $b = \Delta b_{ij}$ ($i = \overline{1, l}$, $j = \overline{l+1, N}$) ларнинг мавжуд бўлмаслиги зарур ва етарли.

λ вектор (2) масаланинг ечими бўлмаса, у ҳолда 2-, 4- ва 5-хоссалар асосида алмаштиришлар бажарилади. Алмаштириш жараёни 2-, 4- ва 5-хоссаалар шартларини қаноатлантирувчи Δa_{ij} ва Δb_{ij} мавжуд бўлмагунча давом эттирилади. Агар Δa_{ij} ва Δb_{ij} 2-, 4- ва 5-хоссалар шартларини қаноатлантирувчи Δa_{ij} ва Δb_{ij} мавжуд бўлмаса, 2-теорема натижасига кўра олинган ечим мақбул.

Мазкур усулда функционалнинг қиймати ва λ векторнинг компоненталари қуйидагича шакллантирилади.

Фараз қилайлик, Δa_{ij} ва Δb_{ij} лар учун 2-ёки 4-ёки 5-хоссалардан бири ўринли бўлсин. У ҳолда хоссалар натижасига кўра $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B}$ бўлади. λ

векторнинг i - ва j -компоненталари қийматлари ўзаро алмаштирилади.

Алмаштириш жараёни 2-теорема шартларини қаноатлантирилгунча давом эттирилади.

2.3 параграфда белгиларни ўзаро боғлиқликлари асосида ноинформатив белгиларни аниқлаш масаласини ечиш кўриб чиқилган. Ушбу масалани қуйидаги кўринишда ифодалаб олинган.

$$\begin{cases} I(\lambda) \rightarrow \min, \\ \lambda \in \Lambda^\ell, \lambda_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, \\ a, b \in R^N, a_i \geq 0, b_i > 0, i = \overline{1, N}, \end{cases} \quad (4)$$

бу ерда $\Lambda^{\ell - \ell}$ ноинформатив векторлар тўплами.

Фараз қилайлик, a ва b векторларнинг компоненталари нисбатлари ўсиш тартибида тартибланган бўлсин:

$$\frac{a_1}{b_1} \leq \frac{a_2}{b_2} \leq \dots \leq \frac{a_N}{b_N}. \quad (5)$$

Ушбу масалани ечиш учун юқорида келтирилган хосса ва теоремалардан фойдаланилади ва улар диссертациянинг 2.2-параграфида келтирилган.

$$(5) \text{ бажарилгани учун дастлаб } \lambda^0 \text{ векторни } \lambda^0 = \left(\underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell \text{ ма}}, \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{N - \ell \text{ ма}} \right)$$

кўринишда оламиз ва қуйидаги белгилашларни киритамиз:

$$A = \sum_{i=1}^{\ell} a_i, \quad B = \sum_{i=1}^{\ell} b_i, \quad \begin{cases} \Delta a_{ij} = a_j - a_i; \\ \Delta b_{ij} = b_j - b_i, \quad i = \overline{1, \ell}, \quad j = \overline{\ell + 1, N}. \end{cases}$$

Агар юқорида келтирилган хоссаларда $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}, c = A, d = B$ деб

олинса, у ҳолда $\forall i, j \left(i = \overline{1, \ell}, j = \overline{\ell + 1, N} \right)$ учун $\begin{cases} A + \Delta a_{ij} \geq 0, \\ B + \Delta b_{ij} > 0 \end{cases}$ бўлиб,

хоссалардан бири ўринли бўлади.

3-теорема. (5) кетма-кетлик ёрдамида шакллантирилган λ^0 вектор (4)-масаланинг мақбул ечими бўлиши учун 2- ва 4-хоссаларни қаноатлантирувчи $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}$ мавжуд бўлмаслиги зарур ва етарли.

Агар (5) кетма-кетлик асосида шакллантирилган λ вектор (4) масалани мақбул ечими бўлмаса, у ҳолда 2- ва 4- хоссалар асосида алмаштиришлар бажарилади ва бу жараён мазкур хоссаларни қаноатлантирувчи барча Δa_{ij} ва Δb_{ij} қолмагунча давом эттирилади. Натижада 3-теоремага кўра ҳосил қилинган ечим мақбул бўлади.

Мазкур усулда функционал қиймати ва λ вектор хоссалар асосида қуйидагича шакллантирилади.

Фараз қилайлик, Δa_{ij} ва Δb_{ij} учун 2- ёки 4-хоссалардан бири ўринли

бўлсин. Бу ҳолда $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B}$ эканлигини инобатга олиб, λ векторнинг мос

равишда i - ва j - компоненталари ўзаро алмаштирилади. Бунда λ векторга мос

функционал қиймати $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}}$ га тенг бўлади.

Айрим ҳолларда дастлаб олинган λ вектор (4) масаланинг мақбул ечими бўлиши мумкин. Қуйидаги теорема танланган ечимни мақбуллигини текшириш имконини беради.

Фараз қилайлик, $\forall \lambda \in \Lambda^{\ell}$ танланган бўлсин.

4-теорема. Танланган λ вектор (4) масаланинг мақбул ечими бўлиши учун 2, 4 ва 5 хоссалар шартларини қаноатлантирувчи $a = \Delta a_{ij}$ ва $b = \Delta b_{ij}$ ($i = \overline{1, \ell}, j = \overline{\ell + 1, N}$) ларнинг мавжуд бўлмаслиги зарур ва етарли.

Агар λ вектор (4) масаланинг мақбул ечими бўлмаса, у ҳолда 2, 4 ва 5 хоссалар асосида алмаштириш амалга оширилади.

Алмаштириш жараёни 2, 4 ва 5 хоссалар шартларини қаноатлантирувчи барча Δa_{ij} ва Δb_{ij} лар қолмагунча давом эттирилади ва бунда 4-теоремага мувофиқ топилган ечим мақбул бўлади.

Ушбу усулда функционал қиймати ва λ вектор компоненталари қуйидагича аниқланади.

Фараз қилайлик, Δa_{ij} ва Δb_{ij} лар учун 2, 4 ва 5 хоссалардан бири ўринли бўлсин. Бундай ҳолда, ушбу хоссаларга мувофиқ $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B}$ муносабат

ўринли бўлади ва λ векторнинг i ва j компоненталари қийматлари ўзаро алмаштирилади.

Кетма-кет ўзаро алмаштириш жараёни 4-теорема шартлари бажарилмагунча давом этади.

Диссертациянинг «**Дискрет каср-чизиқли функционаллар асосида информатив белгиларни аниқлаш усул ва алгоритмлари**» деб номланган учинчи бобида дискрет каср-чизиқли функционаллар асосида информатив белгиларни аниқлаш усул ва алгоритмлари таклиф этилган.

Мазкур бобнинг 3.1-параграфида 0-тартибли каср-чизиқли функционал асосида информатив белгиларни аниқлаш усул ва алгоритми келтирилган.

Дискрет оптимизация масаласи – бу чекли ёки санокли дискрет D тўпламда берилган f функциянинг максимуми ёки минимумини топиш масаласидир.

$$f(x) \rightarrow \text{extr}, x \in \Omega$$

f функция мақсад функция дейилади, Ω тўплам элементлари – мумкин бўлган ечимлар деб аталади.

Дискрет тўплам берилган бўлсин: $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup \dots \cup \Omega_N$,
 $m_i = |\Omega_i|, i = \overline{1, N}, |\Omega| = \prod_{i=1}^N m_i$ ва $f(\alpha, \beta, x) = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^N \beta_i x_i}$ каср-чизиқли функция,

бунда $x_i \in \Omega_i, i = \overline{1, N}$.

Ω тўпламда қуйидаги оптималлаштириш масаласини кўриб чиқамиз

$$\begin{cases} f(\alpha, \beta, x) \rightarrow \max, \\ x_i \in \Omega_i, i = \overline{1, N}. \end{cases} \quad (6)$$

$\forall x_i, y_i \in \Omega_i, x_i \neq y_i, i = \overline{1, N}$ танланган бўлсин.

Қуйидаги белгилашларни киритамиз:

$$A = \sum_{i=1}^N \alpha_i x_i, B = \sum_{i=1}^N \beta_i x_i, \begin{cases} \Delta \alpha_t = \alpha_t (y_t - x_t) \\ \Delta \beta_t = \beta_t (y_t - x_t) \end{cases}, t = \overline{1, N}.$$

Агар хоссаларда $a = \Delta \alpha_t, b = \Delta \beta_t, c = A, d = B$ деб олинса, у ҳолда

$$\forall t (t = \overline{1, N}) \text{ учун } \begin{cases} A + \Delta \alpha_t \geq 0, \\ B + \Delta \beta_t > 0 \end{cases} \text{ ни ҳисобга олган ҳолда, ушбу хоссалардан}$$

бири ўринли бўлади.

$x = (x_1, x_2, \dots, x_N), x_i \in \Omega_i, i = \overline{1, N}$ вектор берилган бўлсин.

6-теорема. Танланган x вектор (8) масаланинг мақбул ечими бўлиши учун 2, 4 ва 5 хоссалар шартларини қаноатлантирувчи $a = \Delta \alpha_i$ ва $b = \Delta \beta_i$ ларнинг мавжуд бўлмаслиги зарур ва етарли.

Агар x вектор (6) масаланинг мақбул ечими бўлмаса, у ҳолда 2, 4 ва 5 хоссалар асосида алмаштириш амалга оширилади.

Алмаштириш жараёни 2, 4 ва 5 хоссалар шартларини қаноатлантирувчи барча $\Delta \alpha_i^{(k)}$ ва $\Delta \beta_i^{(k)}$ лар қолмагунча давом эттирилади ва бунда 6-теоремага мувофиқ топилган ечим мақбул бўлади.

Ушбу усулда функционал қиймати ва x вектор компоненталари қуйидагича аниқланади.

Фараз қилайлик, $\Delta \alpha_i^{(k)}$ ва $\Delta \beta_i^{(k)}$ лар учун 2, 4 ва 5 хоссалардан бири ўринли бўлсин. Бундай ҳолда, ушбу хоссаларга мувофиқ $\frac{A + \Delta \alpha_i}{B + \Delta \beta_i} > \frac{A}{B}$

муносабат ўринли бўлади ва x векторнинг i ва j компоненталари қийматлари ўзаро алмаштирилади.

Кетма-кет ўзаро алмаштириш жараёни 6-теорема шартлари бажарилмагунча давом этади.

(6) масалани тўла танлов усулида ечилганда ўзаро алмаштиришлар сони $\prod_{i=1}^N m_i$ тани ташкил қилади, таклиф этилган усулда эса мақбул ечим $\sum_{i=1}^N m_i$ та алмаштиришда амалга оширилади.

3.2-параграфда эса «-1» -тартибли каср-чизикли функционал асосида ℓ -информатив белгиларни аниқлаш масаласини ечиш кўриб чиқилган. Ушбу масалани қуйидаги кўринишда ифодалаб олинган.

Дискрет тўпلام берилган бўлсин: $\mathfrak{S} = \mathfrak{S}_1 \cup \mathfrak{S}_2 \cup \dots \cup \mathfrak{S}_N,$

$$p_i = \left| \mathfrak{S}_i \right|, i = \overline{1, N}, \quad \left| \mathfrak{S} \right| = \prod_{i=1}^N p_i \quad \text{ва} \quad \varphi(\alpha, \beta, \gamma, x) = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^N \beta_i x_i \prod_{i=1}^N \gamma_i x_i} \quad \text{«-1»-тартибли}$$

каср-чизикли функция, бу ерда $x_i \in \mathfrak{Z}_i, i = \overline{1, N}, \sum_{i=1}^N \beta_i x_i \square \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i \neq 0$.

Таъриф 3. φ функция k -тартибли бир жинсли функция дейлади, агар $\forall \beta \in R, (\beta \neq 0)$ учун $\varphi(\beta x_1, \beta x_2, \dots, \beta x_k) = \beta^k \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k)$ тенглик бажарилса.

Қуйидаги мақсад функция берилган бўлсин

$$\varphi(\alpha, \beta, \gamma, x) = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^N \beta_i x_i \square \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i},$$

«-1»-тартибли бир жинсли бўлсин, яъни $k = -1$.

\mathfrak{Z} тўпламда қуйидаги оптималлаштириш масаласини кўриб чиқамиз

$$\begin{cases} \varphi(\alpha, \beta, \gamma, x) \rightarrow \max, \\ x_i \in \mathfrak{Z}_i, i = \overline{1, N}. \end{cases} \quad (7)$$

$d, e, f > 0$ ва $e + b > 0, f + c > 0$ шартларни қаноатлантирувчи a, b, c ҳақиқий сонлар берилган бўлсин. У ҳолда қуйидаги шартлардан бири ўринли бўлади.

7^o. Агар $\frac{a}{d} \geq \frac{b}{e} + \frac{c}{f} + \frac{bc}{ef}$ бўлса, у ҳолда $\frac{d}{ef} \leq \frac{d+a}{(b+e)(c+f)}$ бажарилади.

8^o. Агар $\frac{a}{d} < \frac{b}{e} + \frac{c}{f} + \frac{bc}{ef}$ бўлса, у ҳолда $\frac{d}{ef} > \frac{d+a}{(b+e)(c+f)}$ бажарилади.

$\forall x_i, y_i \in \mathfrak{Z}_i, x_i \neq y_i, i = \overline{1, N}$ танланган бўлсин.

Қуйидаги белгилашларни киритиб оламиз:

$$A = \sum_{i=1}^N \alpha_i x_i, B = \sum_{i=1}^N \beta_i x_i, C = \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i, \begin{cases} \Delta \alpha_t = \alpha_t (y_t - x_t) \\ \Delta \beta_t = \beta_t (y_t - x_t), t = \overline{1, N} \\ \Delta \gamma_t = \gamma_t (y_t - x_t) \end{cases}$$

Агар шартларда $a = \Delta \alpha_t, b = \Delta \beta_t, c = \Delta \gamma_t, d = A, e = B, f = C$ деб олинса,

у ҳолда $\forall t (t = \overline{1, N})$ учун $\begin{cases} A + \Delta \alpha_t \geq 0; \\ B + \Delta \beta_t > 0, \text{ ни ҳисобга олган ҳолда, ушбу} \\ C + \Delta \gamma_t > 0, \end{cases}$

хоссалардан бири ўринли бўлади.

$x = (x_1, x_2, \dots, x_N), x_i \in \mathfrak{Z}_i, i = \overline{1, N}$ вектор берилган бўлсин.

7-теорема. Танланган x вектор (7) масаланинг мақбул ечими бўлиши учун, 1-хосса шартларини қаноатлантирувчи $a = \Delta \alpha_t, b = \Delta \beta_t$ ва $c = \Delta \gamma_t, (t = \overline{1, N})$ ларнинг мавжуд бўлмаслиги зарур ва етарли.

3.3-параграфда қуйидаги талабларга жавоб берувчи ўқув ва назорат

танланмаларидан иборат бошланғич маълумотлар базасини шакллантирилди:

- ўқув ва назорат танланмалари бир хил қонун ва қоидалар асосида яратилган бўлсин;
- ўқув ва назорат танланмалар объектларининг синфлари сони камида учта бўлсин;
- информатив белгилар сони ℓ ($1 \leq \ell \leq N$) та ва бу белгилар олдиндан маълум бўлсин.

Бундан ташқари, мазкур параграф N ўлчовли R^N белгилар фазосида қурилган учта K_1, K_2 ва K_3 синфлар учун тажрибавий тадқиқотлар натижаларини акс эттиради. N ўлчов олдиндан берилган бирор бир унча катта бўлмаган ℓ сонига қаррали қилиб олинган, яъни $N = \ell * h$ ($h \in N$). Бошланғич $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ белгилар мажмуасини ҳар бир гуруҳда ℓ тадан белгини мужассамлаштирган белгилар гуруҳига ажратилган, яъни $(x_1, \dots, x_\ell, x_{\ell+1}, \dots, x_{2\ell}, x_{2\ell+1}, \dots, x_{(h-1)\ell+1}, \dots, x_{h\ell})$. Бу белгилар гуруҳи шундай ажратилганки, белгилар гуруҳлар бўйича ўзаро боғлиқсиз бўлиб, гуруҳлар ичида кучли боғланган, яъни бирор бир гуруҳ ичидаги ихтиёрий белгини чиқариб юборилса, у ҳолда ўша гуруҳ белгилари орасидаги боғлиқлик, яъни белгилар мажмуасининг информативлиги бирданига ёмонлашиб кетади.

Тадқиқотлар (7) функционал учун оптимизация масаласини таклиф этилган ва тўла танлов усуллари асосида ечиш билан боғлиқ. Таклиф этилган усулида олинган информатив белгилар мажмуасини аниқлаш натижалари тўла танлов усулида олинган натижалар билан тўла мос тушди. Бунда тўла танлов усулида итерациялар сони C_N^ℓ ни, таклиф этилган усули учун ℓ га тенг бўлди.

Диссертациянинг «**Дастурий мажмуа ва унинг амалий масалаларда қўлланилиши**» деб номланган тўртинчи боби диссертацияда таклиф этилган информатив ва ноинформатив белгиларни танлаш усул ва алгоритмларининг тажрибавий тадқиқини ўтказиш учун фойдаланиладиган ўқув ва назорат танланмалари ҳамда белгилар фазосини шакллантириш услубиятини акс эттиради. Бундан ташқари, мазкур бобда «SIFonLFF» дастурлар мажмуасинининг тавсифи ва уни амалий тадбиқи келтирилган.

Диссертациянинг 4.1-параграфида «SIFonLFF» дастурлар мажмуасини тузилмаси ва вазифалари келтирилган.

4.2-параграф «SIFonLFF» дастурлар мажмуасининг амалий тадбиқига бағишланган бўлиб, унда юрак ишемик ва онкологик хасталикка чалинган беморлардан олинган маълумотларни қайта ишлаш ва кассалик ҳолатига қаттиқ таъсир этувчи асосий омилларни аниқлаш амалий масалаларининг натижаларини ўзида акс эттирган.

Бу масалалар ечими натижалари мос фан соҳалари мутахассислари томонидан ижобий баҳоланди.

Илова қисмида диссертация тадқиқот натижаларини амалиётда қўлланганлигини тасдиқловчи ҳужжатлар нусхалари ҳамда Ўзбекистон

Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги томонидан дастурлар мажмуасини қонуний рўйхатдан ўтганлиги тўғрисидаги гувоҳнома нусхалари келтирилган. Булардан ташқари иловада амалий масалаларнинг дастлабки ва статистик маълумотлари келтирилган.

ХУЛОСА

«Дискрет каср-чизиқли функционаллар асосида информатив белгиларни аниқлаш усул ва алгоритмлари» мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Информатив белгиларни уларнинг ўзаро боғлиқлиги асосида аниқлашнинг усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилди. Мазкур усул ва алгоритмлар информатив белгилар ишончилигини оширишга хизмат қилди.

2. Дастлабки белгилар фазоси ўлчамини камайтириш масаласи дастлабки N -ўлчовли белгилар системасида белгилар информативлигининг берилган ўлчовдаги экстремал қийматларини берадиган шундай l -ўлчовли ($l < N$) белгилар қисм системаси топишдан иборат оптималлаштириш масаласига келтирилди. Мазкур оптималлаштириш масаласини ечиш кам сондаги белгиларда объектларни информатив тавсифлаш имконини берди.

3. 0- ва «-1»-тартибли каср-чизиқли функционаллар хоссалари таҳлили натижасида ушбу икки функционалнинг кескин фарқ қилиши аниқланди. Бунда «-1»-тартибли функционал хусумий мезонларни йиғиндисини амалга оширмайди, фақатгина бирини танлайди, яъни максимал ёки минимал. Бу эса синфлар ажралиши ишончилигини оширишга хизмат қилди.

4. Танланган ечимнинг зарурий ва етарли оптималлик шартлари аниқланди ҳамда ушбу ечимлар асосида тезкор усул ишлаб чиқилди. Ушбу усул оддий каср-чизиқли функционал асосида информатив белгилар фазосини шакллантиришда ҳосил бўлган ечимлар оптималлигини аниқлаш, шунингдек бошқа усуллар ёрдамида олинган субоптимал ечимлардан оптимал ечимларни олишда хизмат қилди.

5. 0- ва «-1»-тартибли каср-чизиқли функционаллардан фойдаланган ҳолда информатив белгилар тўпламини аниқлаш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилди. Ушбу усул ва алгоритмлар асосида олинган натижалар объектларни информатив тавсифлаш имконини берди.

6. Таклиф этилган усул ва алгоритмлар асосида «SIFonLFF» дастурий мажмуа ишлаб чиқилди. Яратилган дастурий мажмуанинг тузилиши, мақсади, вазифалари ва фойдаланувчи йўриқномаси тавсифланган. «SIFonLFF» дастурий мажмуасидан фойдаланиш натижасига кўра объектлар информатив белгиларини танлаш бўйича турли тавсиялар берилди. Дастурий мажмуа таснифлаш вақтини қисқартириш имкони берди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc13/30.12.2019.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ЮЛДАШЕВ ЗАФАР БАХТИЯРОВИЧ

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ВЫБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ
ПРИЗНАКОВ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНЫХ ДРОБНО-ЛИНЕЙНЫХ
ФУНКЦИОНАЛОВ**

05.01.03 - Теоретические основы информатики

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.4.PhD/T1421.

Диссертация выполнена в Научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:	Маматов Нарзилло Солидждонович доктор технических наук, старший научный сотрудник
Официальные оппоненты:	Кабулов Анвар Васильевич доктор технических наук, профессор Утеулиев Ниетбай Утеулиевич доктор физико-математических наук, профессор
Ведущая организация:	Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится «__» _____ 2021 г. в __ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №__). (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2021 года.
(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2021 г.).

Р.Х.Хамдамов

Председатель научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

Ф.М.Нуралиев

Ученый секретарь научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., доцент

М.А.Исмаилов

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире большое внимание уделяется разработке систем, позволяющих интеллектуально анализировать данные. В этой области разработка математических методов, алгоритмов и программ, решающих задачи обработки данных и распознавания образов, является одной из актуальных задач. К настоящему времени разработаны и исследованы разнообразные методы распознавания и классификации, такие как, детерминированные, вероятностные, логические, структурные. В зарубежных странах, в том числе в США, Германии, Российской Федерации, Китае, Японии, Украине и др., большое внимание уделяется решению теоретических и практических задач распознавания образов и классификационной обработки данных.

В мире ведутся исследовательские работы по созданию систем искусственного интеллекта, направленных на решение задач управления объектов, процессов и явлений, прогнозирования, идентификации, базирующихся на использовании алгоритмов распознавания образов. В этой связи, в том числе, важной задачей является усовершенствование методов и алгоритмов построения правил и моделей, которые определяют закономерности объектов, событий и процессов и диагностируют развитие, а также нахождение функциональных и логических закономерностей в собранных данных, разработка методов предварительной обработки исходных данных, создание методов и алгоритмов информативного описания объектов, распознавания, выбора информативных признаков, определения наборов неинформативных признаков.

В Республике информационно-коммуникационные технологии широко применяются в корпоративном управлении экономических, социальных, народно-хозяйственных и других сфер. В этом направлении особое внимание уделяется предварительной обработке и анализу информации, в частности, разработке методов и алгоритмов формирования пространства признаков объектов, явлений и процессов и информативному описанию их. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 гг. определены задачи по «... внедрению современных методов и стандартов в корпоративное управление, ... внедрению информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, систему управления»¹. Для реализации данных задач важным является создание систем предварительной обработки, распознавания и классификации данных. В этой связи, важное значение имеет усовершенствование методов и алгоритмов предварительной обработки и интеллектуального анализа данных.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, определенных указами Президента Республики

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5264 от 29 ноября 2017 года «Об образовании Министерства инновационного развития Республики Узбекистан», постановлениями Президента №ПП-1730 от 21 марта 2012 года «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий», №ПП-2158 от 3 апреля 2014 года «О мерах по дальнейшему внедрению информационно-коммуникационных технологий в реальном секторе экономики», а также другими нормативно-правовыми актами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Научные основы предварительной обработки данных, в том числе, снижения размерности признакового пространства в задачах анализа данных, в частности, в распознавании образов, разработаны и изложены в работах С.А.Айвазяна, Б.Н.Адамовского, В.В.Александрова, В.И.Васильева, С.В.Абламейко, Н.Д.Горского, Н.Г.Загоруйко, Г.С.Лбова, Н.А.Игнатъева, Ш.Ю.Раудиса, В.В.Старовойтова, I.Marill, D.M.Green и др. В работах Ю.И.Журавлева, М.М.Камилова, З.Т.Адыловой, Р.А.Лутфуллаева, Ш.Е.Туляганова исследованы свойства использования меры важности исходного признака, представляющей собой обработанную надлежащим образом степень уменьшения так называемых «голосов» при удалении этого признака. Авторами метода эта мера названа информационным весом признака.

Работы А.Л.Горелика, Г.И.Кутина, К.А.Чепониса, Д.А.Жвинерайте, Б.С.Бусыгина, Л.В.Мирошниченко, R.Fisher посвящены исследованию эвристических критериев информативности признаков, а также разработке методов перебора, направленных на формирование информативного описания объектов на основе этих критериев. В дальнейшем это направление было развито в работах М.М.Камилова, Ш.Х.Фазылова, А.Х.Нишанова, в которых были предложены поисковые методы определения информативных наборов признаков и введено понятие ℓ -информативного вектора признаков. В работах Р.Хамдамова впервые предложен аналитический метод определения информативных признаков на основе эвристических критериев информативности Фишера.

В распознавании образов почти во всех исследованиях, связанных с решением задачи снижения размерности признакового пространства, требуется выбор наиболее подходящей для конкретной задачи комбинации метода и критерия, т.е. фиксированием для этой задачи такой пары метода и критерия, при использовании которых минимизируются вычислительные затраты и улучшается качество распознавания. Поэтому для распространенных критериев информативности разработка математически

обоснованных соответствующих методов является актуальной проблемой, которая в настоящее время в достаточной степени не решена.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов плана научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий и Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий по следующим темам: №БВ-Атех-2018 «Разработка алгоритмов и программного обеспечения идентификации личности на основе потоковой обработки изображений лиц» (2018-2019); №А5-051 «Разработка алгоритмов и программного обеспечения для обработки видеоизображений динамических объектов в системах видеонаблюдения» (2015-2017); №БВ-М-Ф4-09 «Интеллектуальные системы обработки сложноструктурированной информации, распознавания и прогнозирования, основанные на классе логико-эвристических алгоритмов вычисления оценок в нечеткой среде» (2017-2018).

Целью исследования является разработка методов и алгоритмов формирования информативных описаний объектов на основе дискретных дробно-линейных функционалов.

Задачи исследования:

- изучение свойств дробно-линейных функционалов;
- определение свойств дискретных дробно-линейных функционалов, используемых при создании методов определения информативных наборов признаков;
- разработка методов безусловной оптимизации дробно-линейных функционалов;
- разработка алгоритма определения информативных признаков на основе анализа их взаимосвязей;
- разработка методов и алгоритмов определения информативных наборов признаков на основе дробно-линейных функционалов;
- создание программного обеспечения на основе предложенных методов и алгоритмов определения информативных наборов признаков.

Объектом исследования являются признаки (свойства, параметры, характеристики) объектов (процессов, явлений, событий), значения которых представлены в виде таблиц «объект-свойство».

Предмет исследования являются методы, алгоритмы и дробно-линейные функционалы, используемые для формирования информативных наборов признаков.

Методы исследования. Теоретические исследования в работе базировались на методах математического анализа, дискретной математики и распознавания образов, в основе экспериментов использовалось компьютерное моделирование процесса формирования пространства

информативных признаков с последующим распознаванием заданных объектов в этом пространстве.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены свойства дискретных дробно-линейных функционалов, используемых при создании методов определения информативных наборов признаков;

разработаны алгоритмы определения информативных признаков на основе анализа их взаимосвязей;

разработаны методы и алгоритмы определения информативных наборов признаков на основе дискретных дробно-линейных функционалов;

разработаны методы и алгоритмы определения неинформативных наборов признаков на основе дискретных дробно-линейных функционалов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны поисковые методы определения информативных и неинформативных наборов признаков, результаты реализации которых совпадают с результатами метода полного перебора при существенно меньших вычислительных затратах;

для некоторых типов дискретных дробных линейных функционалов разработан соответствующий метод определения информативных и неинформативных наборов признаков, что существенно упрощает выбор наиболее подходящей пары «критерий-метод» для конкретной практической задачи.

Достоверность результатов исследования обосновывается корректностью постановки задачи снижения размерности признакового пространства, строгостью математических выкладок, представленных в виде доказанных теорем, а также сравнениями результатов экспериментальных исследований предложенных методов и алгоритмов на реальных и модельных задачах.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования служит дальнейшему развитию теории распознавания образов в части разработки математически строгих методов снижения размерности признакового пространства с использованием дискретных дробно-линейных функционалов при формировании информативного описания объектов, явлений и процессов. Разработанные методы и алгоритмы обосновываются широким применением при разработке систем распознавания и классификации, технических и промышленных приложений технической диагностики, робототехнических систем, материаловедений, управление технологических процессов, промышленных объектов.

Практическая значимость результатов исследования обосновываются предложенными алгоритмами и программным обеспечением, которые могут быть использованы при проектировании и разработке современных систем распознавания в части формирования рабочего словаря признаков. Применение результатов исследования дают возможность сократить ресурсы, требуемые для идентификации, распознавания и классификации на

основе информативного описания объектов, явлений и процессов.

Внедрение результатов исследования. На основе программного обеспечения, созданного на базе существующих, а также предложенных в работе методов и алгоритмов выбора информативных признаков на основе дискретных дробно-линейных функционалов:

программный комплекс, разработанный на основе методов и алгоритмов выбора информативных признаков с помощью дискретных дробно-линейных функционалов и позволяющий осуществлять предварительную обработку данных, получаемых с датчиков, их хранение и создание базы данных, внедрен в Управление безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Республики Каракалпакстан (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/7761 от 18 декабря 2020 г.). На основе использования результатов научного исследования время определения заторов сократилось на 10% за счет оценки транспортных потоков;

разработанные программные средства формирования базы данных, предварительной обработки данных и определения основных показателей производимой продукции внедрены в ООО “Namangan Pharm Plant” (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/7761 от 18 декабря 2020 г.). На основе использования результатов научного исследования обеспечилась устойчивость качества производимой продукции за счет определения показателей сырья, которые необходимо постоянно контролировать, что дало возможность сократить на 15% время, требуемое для контроля качества;

программный комплекс формирования базы данных, предварительной обработки данных и определения основных показателей, требующих постоянного контроля, внедрен в многопрофильную поликлинику города Нукуса Республики Каракалпакстан (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/7761 от 18 декабря 2020 г.). На основе использования результатов научного исследования время диагностики сократилось на 10%.

Апробация результатов исследования. Теоретические и практические результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 2 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 21 научная работа, в том числе 9 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них 4 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, получены 3 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и

приложений. Объем диссертации составляет 115 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования, об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Методы и критерии формирования пространства информативных признаков при распознавании образов»** проведен анализ и систематизация эвристических критериев информативности признаков, а также приведены методы формирования пространства информативных признаков, которые можно выразить в виде объектов обучающей выборки.

В параграфе 1.1 настоящей главы приведены результаты анализа эвристических критериев информативности признаков, основанных на оценке “разделимости” объектов обучающей выборки, а именно критерии 0-го порядка типа Фишера, однородные критерии k -го порядка и неоднородные эвристические критерии. Также приведены обобщенные виды рассмотренных критериев.

Параграф 1.2 посвящен анализу методов формирования пространства информативных признаков на основе однородных критериев 0-го порядка типа Фишера. Здесь особое внимание уделяется известным методам “частичного перебора”. Кроме того, в параграфе 1.3 настоящей главы сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Вторая глава диссертации **«Разработка методов и алгоритмов выбора информативных и неинформативных признаков на основе их взаимосвязей»** посвящена исследованию и созданию методов и алгоритмов формирования пространства информативных и неинформативных признаков, используя информативные критерии в виде дробно-линейных функционалов.

В параграфе 2.1 для описания теоретической части диссертации использованы основные понятия и определения, введенные в работах А.Л.Горелика, М.М.Камилова, Ш.Х.Фазылова, Р.Х.Хамдамова, А.Х.Нишанова и Н.С.Маматова.

Пусть дана обучающая выборка $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m_1}, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m_2}, \dots, x_{r1}, x_{r2}, \dots, x_{rm_r}$, а каждый набор объектов $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p}$ принадлежит определённому X_p , $p = 1, r$ классу.

Пусть признаки каждого объекта x_{pi} выражаются в виде N -мерного вектора числовых значений, т.е. $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N)$.

Для данной обучающей выборки $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ введём вектор $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N), \lambda_i \in \{0;1\}, i = \overline{1, N}$, однозначно характеризующий пространство информативных признаков. Здесь x_{pi} – N -мерный вектор пространства признаков. Компоненты вектора λ , равные единице, указывают на то, что соответствующие признаки участвуют в выделяемом подпространстве, а компоненты, равные нулю, указывают на их отсутствие.

Пространство признаков $\{x : (x^1, x^2, \dots, x^N)\}$ рассмотрим как евклидово пространство и обозначим через R^N .

Определение 1. Усечением пространства $R^N = \{x = (x^1, x^2, \dots, x^N)\}$ по λ назовем пространство $R^N|_{\lambda} = \{x|_{\lambda} = (\lambda^1 x^1, \lambda^2 x^2, \dots, \lambda^N x^N)\}$.

Под усеченным расстоянием между двумя объектами $x, y \in R^N$ будем понимать евклидово расстояние между $x|_{\lambda}, y|_{\lambda}$ в $R^N|_{\lambda}$

$$\|x - y\|_{\lambda} = \sqrt{\sum_{k=1}^N \lambda^k (x^k - y^k)^2}.$$

Определение 2. Назовем вектор λ ℓ -информативным, если сумма его компонентов равна ℓ , т.е. $\sum_{i=1}^N \lambda^i = \ell$.

Для каждой подсистемы, заданной ℓ -информативным вектором λ , определено ℓ -мерное признаковое подпространство. В каждое из этих подпространств используем евклидову норму относительно усечения по λ .

Усредненный объект \bar{x}_p класса X_p вычисляется следующим образом:

$$\bar{x}_p = \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} x_{pi}, p = \overline{1, r}.$$

Введем функцию

$$r_p(x_p, x) = \sqrt{\frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} r(x_p, x_i)}.$$

Функция $r_p(x_p, x)$ характеризует средний разброс объектов класса X_p в подмножестве признаков, заданных вектором λ . Зададим критерий информативности подсистем в виде функционала

$$I(\lambda) = \frac{r(\bar{x}, \bar{y})}{\sum_{p=1}^r r_p(x_p, x)}. \quad (1)$$

Данный функционал является некоторым обобщением функционала Фишера.

Введем следующие обозначения:

$$a = (a^1, a^2, \dots, a^N); b = (b^1, b^2, \dots, b^N), a_i = r(\overline{x_i}, \overline{y_i}), b_i = \sum_{j=1}^N r(x_i, x_j), i = \overline{1, N}.$$

Тогда функционал (1) сводится к виду

$$I_1(\lambda) = \frac{(a, \lambda)}{(b, \lambda)},$$

где $(*, *)$ – скалярное произведение векторов.

Коэффициенты a^j, b^j не зависят от λ и вычисляются заранее. Для расчета функционала $I(\lambda)$ при каждом λ требуется операций порядка N .

Параграф 2.2 работы посвящён разработке методов определения набора информативных признаков на основе взаимосвязей признаков. Условия оптимальности метода “Упорядочивания” приведены для следующей задачи:

$$\begin{cases} I(\lambda) \rightarrow \max, \\ \lambda \in \Lambda^\ell, \lambda_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, \\ a, b \in R^N, a_i \geq 0, b_i > 0, i = \overline{1, N}, \end{cases} \quad (2)$$

где Λ^ℓ – ℓ -мерное информативное пространство признаков:

$$\Lambda^\ell = \left\{ \lambda \left| \lambda_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, \sum_{i=1}^N \lambda_i = \ell \right. \right\}.$$

Пусть отношения соответствующих компонент векторов a и b упорядочены следующим образом:

$$\frac{a_1}{b_1} \geq \frac{a_2}{b_2} \geq \dots \geq \frac{a_N}{b_N}. \quad (3)$$

Для действительных чисел a, b и $c \geq 0, d > 0$ ($a + c \geq 0, b + d > 0$) имеет место одно из следующих свойств.

1^o. Если $a > 0, b > 0$ и $\frac{c}{d} > \frac{a}{b}$, то $\frac{a}{b} < \frac{a+c}{b+d} < \frac{c}{d}$.

2^o. Если $a > 0, b > 0$ и $\frac{c}{d} < \frac{a}{b}$, то $\frac{a}{b} > \frac{a+c}{b+d} > \frac{c}{d}$.

3^o. Если $a < 0, b < 0$ и $\frac{c}{d} < \frac{a}{b}$, то $\frac{a}{b} > \frac{a+c}{b+d} < \frac{c}{d}$.

4^o. Если $a < 0, b < 0$ и $\frac{c}{d} > \frac{a}{b}$, то $\frac{a}{b} < \frac{a+c}{b+d} > \frac{c}{d}$.

5^o. Если $a \geq 0, b \leq 0$, то $\frac{a+c}{b+d} \geq \frac{c}{d}$.

6^o. Если $a \leq 0, b \geq 0$, то $\frac{a+c}{b+d} \leq \frac{c}{d}$.

Также введем следующие обозначения:

$$A = \sum_{i=1}^{\ell} a_i, B = \sum_{i=1}^{\ell} b_i, \left\{ \begin{array}{l} \Delta a_{ij} = a_j - a_i \\ \Delta b_{ij} = b_j - b_i, i = \overline{1, \ell}, j = \overline{\ell + 1, N} \end{array} \right., \lambda = \left(\underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell \text{ раз}}, \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{N - \ell \text{ раз}} \right).$$

Если в приведённых выше свойствах принять $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}, c = A, d = B$, то $\forall i, j (i = \overline{1, \ell}, j = \overline{\ell + 1, N})$ справедливо

$$\begin{cases} A + \Delta a_{ij} \geq 0, \\ B + \Delta b_{ij} > 0 \end{cases} \text{ и будет иметь место одно из этих свойств.}$$

Теорема 1. Для того, чтобы вектор λ , выбранный с помощью упорядоченной последовательности (3), являлся оптимальным решением задачи (2), необходимо и достаточно отсутствие соотношений $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}$, удовлетворяющих условиям свойств 2 и 4.

Если вектор λ , полученный с помощью последовательности (3), не является решением задачи (2), то для его нахождения необходимо произвести замены на основе свойств 2 и 4. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все Δa_{ij} и Δb_{ij} , удовлетворяющие условиям свойств 2 и 4. При этом, найденное решение будет оптимальным в соответствии с теоремой 1.

В данном методе значение функционала и компоненты вектора λ формируются на основе указанных свойств следующим образом.

Пусть для Δa_{ij} и Δb_{ij} имеют место свойства 2 и 4. Тогда, имея

$$\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B} \text{ и меняя местами компоненты } i \text{ и } j \text{ вектора } \lambda, \text{ получаем}$$

соответствующее этому λ значение функционала, равное $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}}$.

На основе этого метода предложен алгоритм, обозначенный через A_1 . Данный алгоритм состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Задаётся вектор λ , равный $\lambda = \{ \underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell}, 0, 0, \dots, 0 \}$.

Шаг 2. Вычисляются значения A и B , т.е. $A = (a, \lambda)$ и $B = (b, \lambda)$.

Шаг 3. Осуществляются присваивания $i = 1, j = N$; $A_1 = A, B_1 = B$.

Шаг 4. Вычисляются Δa_{ij} и Δb_{ij} .

Шаг 5. Проверяются условия свойства 4. Если Δa_{ij} и Δb_{ij} удовлетворяют этим условиям, то значения i -ой и j -ой компонент вектора λ взаимозаменяются, вычисляются $A = A + \Delta a_{ij}, B = B + \Delta b_{ij}$ и осуществляется переход к шагу 7.

Шаг 6. Проверяются условия свойства 2. Если Δa_{ij} и Δb_{ij} удовлетворяют условиям этого свойства, то значения i -ой и j -ой компонент вектора λ взаимозаменяются и вычисляются $A = A + \Delta a_{ij}, B = B + \Delta b_{ij}$.

Шаг 7. Проверяется условие $j > \ell$. Если оно выполняется, то осуществляются присваивание $j = j - 1$ и переход к шагу 4.

Шаг 8. Проверяется условие $i < \ell$. Если оно выполняется, то осуществляются присваивание $i = i + 1$ и переход к шагу 4.

Шаг 9. Проверяются условия $A_1 = A$ и $B_1 = B$. Если они выполняются, то вектор λ является оптимальным решением и осуществляется переход к шагу 10, в противном случае – переход к шагу 3.

Шаг 10. Конец.

Часто первый выбранный вектор λ может оказаться оптимальным решением задачи (2). Поэтому следующая теорема позволяет определить, при каких условиях это может произойти.

Пусть выбран $\forall \lambda \in \Lambda^\ell$.

Теорема 2. Для того, чтобы выбранный вектор λ являлся оптимальным решением задачи (3), необходимо и достаточно отсутствие $a = \Delta a_{ij}$ и $b = \Delta b_{ij}$ ($i = \overline{1, l}, j = \overline{l+1, N}$), удовлетворяющих условиям свойств 2, 4 и 5.

Если вектор λ не является оптимальным решением задачи (2), то производится замена на основе свойств 2, 4 и 5. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все Δa_{ij} и Δb_{ij} , удовлетворяющие условиям свойств 2, 4 и 5. При этом, в соответствии с теоремой 2 найденное решение будет оптимальным.

В данном методе значения функционала и компоненты вектора λ определяются следующим образом.

Допустим, для Δa_{ij} и Δb_{ij} справедливо одно из свойств 2, 4 и 5. Тогда в соответствии с этими свойствами, имеет место соотношение $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B}$ и

значения i -ой и j -ой компонент вектора λ взаимозаменяются.

Процесс последовательной взаимозамены продолжается до тех пор, пока не будут выполнены условия теоремы 2.

В параграфе 2.3 рассмотрена задача определения неинформативных признаков на основе взаимосвязей признаков. Данная задача выражена в следующем виде

$$\begin{cases} I(\lambda) \rightarrow \min, \\ \lambda \in \Lambda^\ell, \lambda_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, \\ a, b \in R^N, a_i \geq 0, b_i > 0, i = \overline{1, N}, \end{cases} \quad (4)$$

где Λ^ℓ – пространство ℓ -неинформативных векторов.

Пусть отношения компонент векторов a и b упорядочены следующим образом:

$$\frac{a_1}{b_1} \leq \frac{a_2}{b_2} \leq \dots \leq \frac{a_N}{b_N}. \quad (5)$$

Для решения данной задачи применены свойства и теоремы, приведенные в параграфе 2.2.

Так как выполняется (5), сначала выберем вектор λ^0 в виде $\lambda^0 = \left(\underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell \text{ ма}}, \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{N - \ell \text{ ма}} \right)$ и введем следующие обозначения:

$$A = \sum_{i=1}^{\ell} a_i, \quad B = \sum_{i=1}^{\ell} b_i, \quad \begin{cases} \Delta a_{ij} = a_j - a_i \\ \Delta b_{ij} = b_j - b_i, i = \overline{1, \ell}, j = \overline{\ell + 1, N} \end{cases}.$$

Если в приведённых выше свойствах принять $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}, c = A, d = B$, то

для $\forall i, j (i = \overline{1, \ell}, j = \overline{\ell + 1, N})$ удовлетворяет $\begin{cases} A + \Delta a_{ij} \geq 0, \\ B + \Delta b_{ij} > 0 \end{cases}$ и будет иметь место

одно из этих свойств.

Теорема 3. Для того чтобы вектор λ^0 , выбранный с помощью упорядоченной последовательности (5), являлся оптимальным решением задачи (4), необходимо и достаточно отсутствие соотношений $a = \Delta a_{ij}, b = \Delta b_{ij}$, удовлетворяющих условиям свойств 2 и 4.

Если вектор λ , выбранный с помощью последовательности (5), не является оптимальным решением задачи (4), то для его нахождения необходимо произвести замены на основе свойств 2 и 4. Данный процесс продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все Δa_{ij} и Δb_{ij} , удовлетворяющие условиям свойств 2 и 4. При этом, найденное решение будет оптимальным в соответствии с теоремой 3.

В данном методе значение функционала и компоненты вектора λ формируются на основе указанных свойств следующим образом.

Пусть для Δa_{ij} и Δb_{ij} имеют место свойства 2 и 4. Тогда, имея $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B}$ и меняя местами компоненты i и j вектора λ , получаем

соответствующее этому λ значение функционала, равное $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}}$.

Во многих случаях первый выбранный вектор λ может оказаться оптимальным решением задачи (4). Поэтому следующая теорема позволяет определить, при каких условиях это может произойти.

Пусть выбран $\forall \lambda \in \Lambda^{\ell}$.

Теорема 4. Для того чтобы выбранный вектор λ являлся оптимальным решением задачи (4), необходимо и достаточно отсутствие $a = \Delta a_{ij}$ и $b = \Delta b_{ij}$ ($i = \overline{1, l}, j = \overline{l + 1, N}$), удовлетворяющих условиям свойств 2, 4 и 5.

Если вектор λ не является оптимальным решением задачи (4), то производятся замены на основе свойств 2, 4 и 5.

Процесс замены продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все Δa_{ij} и Δb_{ij} , удовлетворяющие условиям свойств 2, 4 и 5, и при этом найденное решение будет оптимальным в соответствии с теоремой 5.

В данном методе значения функционала и компоненты вектора λ определяются следующим образом.

Допустим, для Δa_{ij} и Δb_{ij} справедливо одно из свойств 2, 4 и 5. Тогда, в соответствии с этими свойствами имеет место соотношение $\frac{A + \Delta a_{ij}}{B + \Delta b_{ij}} > \frac{A}{B}$ и

значения компонент i и j вектора λ взаимноменяются.

Процесс последовательной взаимозамены продолжается до тех пор, пока не будут выполнены условия теоремы 4.

В третьей главе диссертационной работы «Методы и алгоритмы выбора информативных признаков на основе дискретных дробно-линейных функционалов» приведено описание предложенных методов и алгоритмов определения информативных признаков на основе дискретных дробно-линейных функционалов.

В параграфе 3.1 данной главы приведены метод и алгоритм определения информативных признаков на основе дробно-линейного функционала 0-го порядка.

Задача дискретной оптимизации – это задача поиска максимума или минимума функции f , определенной на конечном или счетном дискретном множестве D .

$$f(x) \rightarrow \text{extr}, x \in \Omega$$

Функция f называется целевой функцией, элементы множества Ω – допустимыми решениями.

Пусть дано дискретное множество: $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup \dots \cup \Omega_N$,
 $m_i = |\Omega_i|, i = \overline{1, N}$, $|\Omega| = \prod_{i=1}^N m_i$ и $f(\alpha, \beta, x) = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^N \beta_i x_i}$ – дробно-линейная
 функция, где $x_i \in \Omega_i, i = \overline{1, N}$.

Рассмотрим в множестве Ω следующую оптимизационную задачу

$$\begin{cases} f(\alpha, \beta, x) \rightarrow \text{max}, \\ x_i \in \Omega_i, i = \overline{1, N}. \end{cases} \quad (6)$$

Пусть выбран $\forall x_i, y_i \in \Omega_i, x_i \neq y_i, i = \overline{1, N}$.

Введем следующие обозначения:

$$A = \sum_{i=1}^N \alpha_i x_i, B = \sum_{i=1}^N \beta_i x_i, \begin{cases} \Delta \alpha_t = \alpha_t (y_t - x_t) \\ \Delta \beta_t = \beta_t (y_t - x_t) \end{cases}, t = \overline{1, N}.$$

Если в свойствах принять $a = \Delta \alpha_i, b = \Delta \beta_i, c = A, d = B$, то для $\forall t (t = \overline{1, N})$ с учетом

$$\begin{cases} A + \Delta \alpha_i \geq 0, \\ B + \Delta \beta_i > 0 \end{cases}$$

будет иметь место одно из этих свойств.

Дан вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_N), x_i \in \Omega_i, i = \overline{1, N}$.

Теорема 6. Для того, чтобы выбранный вектор x являлся оптимальным решением задачи (6), необходимо и достаточно отсутствие $a = \Delta \alpha_i$ и $b = \Delta \beta_i$, удовлетворяющих условиям свойств 2, 4 и 5.

Если вектор x не является оптимальным решением задачи (6), то производятся замены на основе свойств 2, 4 и 5.

Процесс замены продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все $\Delta \alpha_i^{(k)}$ и $\Delta \beta_i^{(k)}$, удовлетворяющие условиям свойств 2, 4 и 5. При этом, найденное решение будет оптимальным в соответствии с теоремой 6.

В данном методе значения функционала и компоненты вектора x определяются следующим образом.

Допустим, для $\Delta \alpha_i^{(k)}$ и $\Delta \beta_i^{(k)}$ справедливо одно из свойств 2, 4 и 5. Тогда, в соответствии с этими свойствами, имеет место соотношение $\frac{A + \Delta \alpha_i}{B + \Delta \beta_i} > \frac{A}{B}$ и значения i -ой и j -ой компонент вектора x взаимозаменяются.

Процесс последовательной взаимозамены продолжается до тех пор, пока не будут выполнены условия теоремы 6.

При решении задачи (6) методом полного перебора число взаимозамен составляет $\prod_{i=1}^N m_i$, а в предлагаемом методе оптимальное решение находится

$\sum_{i=1}^N m_i$ взаимозаменами.

В параграфе 3.2 рассмотрено решение задачи определения ℓ -информативных признаков на основе дробно-линейных функционалов «-1»-го порядка. Эта задача сформулирована следующим образом.

Пусть дано дискретное множество $\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}_1 \cup \mathfrak{Z}_2 \cup \dots \cup \mathfrak{Z}_N$,

$$p_i = |\mathfrak{Z}_i|, i = \overline{1, N}, |\mathfrak{Z}| = \prod_{i=1}^N p_i \text{ И } \varphi(\alpha, \beta, \gamma, x) = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^N \beta_i x_i \square \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i} - \text{дробно-линейная}$$

функция «-1»-го порядка, где $x_i \in \mathfrak{Z}_i, i = \overline{1, N}, \sum_{i=1}^N \beta_i x_i \square \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i \neq 0$.

Определение 3. φ называется однородной функцией k -го порядка, если

для $\forall \beta \in R, (\beta \neq 0)$ справедливо равенство $\varphi(\beta x_1, \beta x_2, \dots, \beta x_k) = \beta^k \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k)$.

Пусть дана целевая функция

$$\varphi(\alpha, \beta, \gamma, x) = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^N \beta_i x_i + \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i},$$

которая является однородной «-1»-го порядка, т.е. здесь $k = -1$.

Рассмотрим в множестве \mathfrak{Z} следующую оптимизационную задачу

$$\begin{cases} \varphi(\alpha, \beta, \gamma, x) \rightarrow \max, \\ x_i \in \mathfrak{Z}_i, i = 1, N. \end{cases} \quad (7)$$

Пусть даны действительные числа a, b, c , а также $d, e, f > 0$ и $e + b > 0, f + c > 0$. Тогда имеет место одно из следующих свойств.

7^o. Если $\frac{a}{d} \geq \frac{b}{e} + \frac{c}{f} + \frac{bc}{ef}$, то выполняется неравенство $\frac{d}{ef} \leq \frac{d+a}{(b+e)(c+f)}$.

8^o. Если $\frac{a}{d} < \frac{b}{e} + \frac{c}{f} + \frac{bc}{ef}$, то выполняется неравенство $\frac{d}{ef} > \frac{d+a}{(b+e)(c+f)}$.

Пусть выбран $\forall x_i, y_i \in \mathfrak{Z}_i, x_i \neq y_i, i = 1, N$.

Введем следующие обозначения:

$$A = \sum_{i=1}^N \alpha_i x_i, B = \sum_{i=1}^N \beta_i x_i, C = \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i, \begin{cases} \Delta \alpha_t = \alpha_t (y_t - x_t) \\ \Delta \beta_t = \beta_t (y_t - x_t), t = 1, N \\ \Delta \gamma_t = \gamma_t (y_t - x_t) \end{cases}$$

Если в свойствах принять $a = \Delta \alpha_t, b = \Delta \beta_t, c = \Delta \gamma_t, d = A, e = B, f = C$, то для $\forall t (t = 1, N)$ с учетом

$$\begin{cases} A + \Delta \alpha_t \geq 0; \\ B + \Delta \beta_t > 0, \\ C + \Delta \gamma_t > 0, \end{cases}$$

будет иметь место одно из этих свойств.

Дан вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_N), x_i \in \mathfrak{Z}_i, i = 1, N$.

Теорема 7. Для того, чтобы выбранный вектор x являлся оптимальным решением задачи (7), необходимо и достаточно отсутствие $a = \Delta \alpha_t, b = \Delta \beta_t$ и $c = \Delta \gamma_t, (t = 1, N)$ удовлетворяющих условиям свойства 1.

В параграфе 3.3 сформирована исходная база данных, включающая обучающие и контрольные выборки, которые отвечают следующим требованиям:

1) обучающие и контрольные выборки формируются на основе

одинаковых законов и правил;

2) число классов обучающей и контрольной выборок должно быть не менее трех;

3) ℓ ($1 \leq \ell \leq N$) информативных признаков заранее известны.

Кроме того, данный параграф отражает результаты экспериментальных исследований, которые проводились для трех классов объектов K_1 , K_2 и K_3 , заданных в R^N признаковом пространстве. Размерность N выбрана кратной некоторому заданному небольшому числу ℓ , т.е. $N = \ell * h$ ($h \in N$). Набор признаков $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ скомпонован по группам

$(x_1, \dots, x_\ell, x_{\ell+1}, \dots, x_{2\ell}, x_{2\ell+1}, \dots, x_{(h-1)\ell+1}, \dots, x_{h\ell})$, каждая из которых содержит ℓ признаков. Классы выбраны так, чтобы с точки зрения их делимости группы признаков были взаимно независимы, а внутри одной группы признаки – сильно зависимы, т.е. удаление любого признака из своей группы влечет за собой резкое понижение информативности этой группы в целом.

Эксперименты были связаны с решением оптимизационной задачи для функционала (7) с использованием предложенных методов и полного перебора. Результаты определения информативных наборов признаков, полученные с помощью предложенного метода, полностью совпали с результатами, полученными на основе метода полного перебора. При этом число итераций при полном переборе составило C_N^ℓ , а для предложенного метода максимальное число итераций было равно ℓ .

Четвёртая глава диссертации «**Программный комплекс и его практическое применение при решении прикладных задач**» отражает методику формирования признакового пространства, обучающей и контрольной выборок, используемых для проведения экспериментальных исследований предложенных в диссертации методов и алгоритмов выбора информативных и неинформативных признаков. Кроме того, в данной главе приводятся описание и результаты практического применения программного комплекса «SIFonLFF».

В параграфе 4.1 диссертации описаны состав и структура программного комплекса «SIFonLFF».

В параграфе 4.2 приведены результаты практического применения программного комплекса «SIFonLFF» при решении задач предварительной обработки данных о пациентах, больных ишемией сердца и онкологическими заболеваниями, а также определения основных факторов, влияющих на состояние болезни этих пациентов.

Результаты решения этих задач были положительно оценены специалистами соответствующих предметных областей.

В приложении диссертации приведены копии документов, подтверждающих практическое применение результатов исследования, а также копии свидетельств об официальной регистрации программ, выданных Агентством по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции

Республики Узбекистан. Кроме того, в приложении также приведены исходные и статистические данные практических задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования на тему «Методы и алгоритмы выбора информативных признаков на основе дискретных дробно-линейных функционалов» сводятся к следующим основным выводам:

1. Разработаны методы и алгоритмы определения информативных признаков на основе анализа их взаимосвязей. Эти методы и алгоритмы служат для повышения достоверности информативных признаков.

2. Задача снижения размерности исходного пространства признаков приведена к оптимизационной задаче, которая заключается в нахождении в N -мерной исходной системе признаков такой l -мерной ($l < N$) подсистемы признаков, при которой критерий информативности признаков принимает экстремальное значение. Решение данной оптимизационной задачи позволит описать объекты наименьшим числом признаков.

3. На основе анализа свойств дробно-линейных функционалов 0-го порядка и «-1»-го порядка определено принципиальное отличие этих двух функционалов. При этом функционал «-1»-го порядка не производит суммирование частных критериев, а выбирает лишь один (максимальный либо минимальный). Это позволило повысить достоверность делимости классов.

4. Определены необходимые и достаточные оптимальные условия выбранного решения, и на основе этих решений разработан быстрый метод. Этот метод позволил определить оптимальность выбранного решений, полученных при формировании пространства информативных признаков на основе простого дробно-линейного функционала, а также выбрать оптимальное решение из субоптимальных решений, полученных с помощью других методов.

5. Разработаны методы и алгоритмы определения информативных наборов признаков с использованием дробно-линейных функционалов 0-го порядка и «-1»-го порядка. Результаты, полученные на основе этих методов и алгоритмов, позволили информативно описать объекты.

6. На основе предложенных методов и алгоритмов разработан программный комплекс «SIFonLFF». Описаны структура, цель, задачи и инструкция пользователя созданного программного комплекса. На основе результатов использования программного комплекса «SIFonLFF» даны различные рекомендации выбора информативных признаков объектов. Программный комплекс позволил сократить время классификации.

**AD HOC SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc13/30.12.2019.T.07.01 AT
TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTER OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT THE TASHKENT
UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

YULDASHEV ZAFAR BAXTIYAROVICH

**METHODS AND ALGORITHMS FOR SELECTING INFORMATIVE
FEATURES BASED ON DISCRETE LINEAR-FRACTIONAL
FUNCTIONALS**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.4.PhD/T1421.

The dissertation has been prepared at Scientific and Innovation Center of Information and Communication Technologies at the Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tuit.uz and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific adviser: **Mamatov Narzillo Solidjonovich**
Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher

Official opponents: **Kabulov Anvar Vasilovich**
Doctor of Technical Sciences, professor

Uteuliev Nietbay Uteulievich
Doctor of physical-mathematical sciences, professor

Leading organization: **Tashkent state technical university named after Islam Karimov**

The defense will take place “___” _____ 2021 at _____ on the meeting of Scientific council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. ____). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “___” _____ 2021 y.
(mailing report No. ___ on “___” _____ 2021 y.).

R.Kh. Khamdamov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

F.M. Nuraliev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

M.A. Ismailov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is the develop development of intelligent hybrid methods and algorithms for evaluating weakly formalized processes.

The aim of the research is to develop methods and algorithms for the formation of informative descriptions of objects based on discrete linear fractional functionals.

The object of the research work is the condition of weakly formalized processes.

The object of research is the signs (properties, parameters, characteristics) of objects (processes, phenomena, events), the values of which are presented in the form of tables "object-property".

The scientific novelty of the research work is as follows:

the properties of discrete fractional-linear functionals used to create methods for determining informative sets of features are determined;

algorithms for determining informative features based on the analysis of their relationships have been developed;

methods and algorithms for determining informative feature sets based on discrete linear fractional functionals have been developed;

methods and algorithms for determining noninformative feature sets based on discrete linear fractional functionals have been developed.

Research objectives:

studying the properties of linear fractional functionals;

determination of the properties of discrete fractional-linear functionals used in the creation of methods for determining informative feature sets;

development of methods for unconstrained optimization of linear fractional functionals;

development of an algorithm for determining informative features based on the analysis of their relationships;

development of methods and algorithms for determining informative feature sets based on linear fractional functionals;

creation of algorithmic and software for the proposed methods and algorithms for determining informative feature sets.

Implementation of the research results. Based on the software created on the basis of the existing ones, as well as intelligent hybrid methods and algorithms for evaluating weakly formalized processes proposed in the work:

a software package developed on the basis of methods and algorithms for selecting informative features using discrete fractional-linear functionals and allowing for preliminary processing of data received from sensors, their storage and creation of a database, has been introduced into the Traffic Safety Department of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Karakalpakstan (reference Ministry for the Development of Information Technologies and Communications No. 33-8 / 7761 dated December 18, 2020). Using research findings, congestion detection time was reduced by 10% by assessing traffic flows;

the developed software tools for the formation of a database, preliminary data processing and determination of the main indicators of manufactured products have been introduced in «Namangan Pharm Plant» LLC (reference of the Ministry for Development of Information Technologies and Communications No. 33-8 / 7761 dated December 18, 2020). Based on the use of the results of scientific research, the stability of the quality of the products was ensured by determining the indicators of raw materials, which must be constantly monitored, which made it possible to reduce the time required for quality control by 15%;

the software complex for the formation of a database, preliminary data processing and determination of the main indicators requiring constant monitoring has been introduced into the multidisciplinary clinic of the city of Nukus of the Republic of Karakalpakstan (reference of the Ministry for Development of Information Technologies and Communications No. 33-8 / 7761 dated December 18, 2020). Using the results of scientific research, the diagnostic time was reduced by 10%.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation is 115 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Юлдашев З.Б. Каср-чизикли функционаллар асосида информатив белгилар фазосини шакллантириш усули // “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал Тошкент, 2019. - № 4(10). - Б.41-43. (05.00.00; №10)
2. Маматов Н.С., Самижонов А.Н., Юлдашев З.Б., Асраев М.А. Выбор информативных признаков на основе дискретных-дробных функционалов // Проблемы вычислительной и прикладной математики – Ташкент, 2019. - №1(19). – С.100-109. (05.00.00; №23)
3. Бабомурадов О.Ж., Рахимов Н.О., Юлдашев З.Б. Билимлар базасида учрайдиган тузулмавий хатоликларни бартараф этиш ёндашувлари // “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал Тошкент, 2018. - №2(4). – Б.38-41.(05.00.00; 10)
4. Фозилов Ш.Х., Маматов Н.С., Юлдашев З.Б. Маълумотларга дастлабки ишлов бериш муаммолари // “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал Тошкент, 2018. - №3(4). – Б.48-51. (05.00.00; №10)
5. Mamatov N.S., Niyozmatova N.A., Samijonov A.N., Yuldashev Z.B., Dadakhanov M.X. Selection Of Informative Features using The Modified Version Of The Delta Method // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-2, December 2019 (Sopus; IF= 0.6)
6. Mamatov N.S., Yuldashev Z.B., Boboyev L.B., Samijonov A. The selection of informative features // “Trans Stellar” International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology Research. October 2018
7. Mamatov N.S., Samijonov A., Yuldashev Z. Selection of features based on relationship // International Journal of Mechanical and Production Engineering Reasearch and Development, Tamil Nadu, India 2019 (Scopus; IF=0.7)

II бўлим (II часть; II part)

8. Mamatov N.S., Samijonov A.N., Yuldashev Z.B., Niyozmatova N.A. Discrete Optimization of Linear Fractional Functionals // 2019 15th International Asian School-Seminar Optimization Problems of Complex Systems, OPCS, Novosibirsk, Russia, 2019. - P. 96-99, 8880208 (Scopus)
9. Маматов Н.С., Самижонов А.Н., Юлдашев З.Б. Эвристические критерии определения неинформативных признаков // “Инновационные идеи, разработки и современные проблемы их применения в производстве а

также в обучении” Международная научно-практическая конференция, Андижан, апрель 2019. – С. 65-68.

10. Нуримов П.Б., Юлдашев З.Б. Распознавание каракалпакской речи с помощью CMU SPHINX // “Роль информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии отраслей экономики” - Ташкент, 14-15 март 2019. – С. 111-113.

11. Seung-Hwan Gu., Tack-Hyun Shin., Yuldashev Z.B. A Study on the Enterprise Value Analysis using AHP and Logit Regressions // Journal of the Korea Academia-Industrial 2015 Seoul, S.Korea

12. Маматов Н.С., Самижонов А.Н., Юлдашев З.Б. Об одном методе формирования пространства неинформативных признаков с помощью эвристических критериев // “Инновационные идеи в области ИКТ и программного обеспечения” Самарканд, 16-17 апрель 2019. – С. 323-325.

13. Юлдашев З.Б. Принципы безопасности базы данных // “Иқтисодийнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти” Республика илмий-техник анжумани Тошкент, 6-7 апрель 2017. Б 373-377.

14. Юлдашев З.Б., Эгамбердиев Н.А. Определение начального количества ошибок в программном обеспечении типа клиент-сервер // “Иқтисодийнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти” Республика илмий-техник анжумани Тошкент, 6-7 апрель 2017. Б. 388-391.

15. Юлдашев З.Б. Глобал ва локал тармоқ хавфсизлигини таъминлашда масофавий рухсатларни ташкил этишнинг аутентификация протоколларини танлаш // Алгебра, амалий математика ва ахборот технологиялари масалалари Республика илмий конференция Наманган, 20-21 декабрь, 2016. Б. 223-226

16. Юлдашев З.Б. Android platformasida dasturlashni o'rgatuvchi multimediali elektron darslik // “Глобаллашув шароитида ёшларнинг медиасаводхонлигини ошириш” мавзусида республика илмий-амалий анжумани Тошкент, 23-24 июль 2015. Б. 69-71.

17. Доцанова М.Ю., Юлдашев З.Б. Применение нейронных сетей при оценке недвижимости предприятия // “Радиотехника, телекоммуникация ва ахборот технологиялари: муаммолари ва келажак ривожини” мавзусидаги халқаро илмий-техник анжумани Тошкент, 2015. Б. 246-249

18. З.Б.Юлдашев. Алгоритмы контроля достоверности передачи и обработки изображений элементов текста на основе моделей нечеткой логики и нейронной сети // “Ахборот технологиялари ва телекоммуникация тизимларини самарали ривожлантириш истикболлари” Республика илмий-техник анжумани Тошкент. 2014 й. Б.219-221

19. Маматов Н.С., Ниёзматова Н.А., Юлдашев З.Б., Самижонов А.Н. “Информатив белгилар мажмуасини аниқлаш дастури” Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги

тўғрисида гувоҳнома DGU 07072, Ўзбекистон Республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги 23.09.2019.

20. Эгамбердиев Н.А., Рўзиев О.Б., Юлдашев З.Б., Хўжаев О.Қ. “Баҳоларни ҳисоблаш алгоритми асосида юрак касалликларини аниқлаш учун дастур” Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисида гувоҳнома DGU 05828, Ўзбекистон Республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги 31.10.2018.

21. Керимов К.Ф., Медетова К.М., Юлдашев З.Б. “Централизованная защита информационных систем от атак типа DDoS” Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисида гувоҳнома DGU 05352, Ўзбекистон Республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги 01.05.2018.

Автореферат «Информатика ва энергетика муаммолари» Ўзбекистон илмий
журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз
тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100. Буюртма № 5.

«ЎзР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилди.
100170, Тошкент, Зиёлилар кўчаси, 13-уй.