

A
X 72

Т АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ХОЛМОНОВ СУНАТИЛЛО МАХМУДОВИЧ

**УЗЛУКСИЗ ОБЪЕКТ ВА НЕЙРОН ТАРМОҚЛАРИ ХОССАЛАРИ
АСОСИДА АХБОРОТЛАРГА ИШЛОВ БЕРИШНИ
МАҚБУЛЛАШТИРИШ УСУЛИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.02- Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

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

A/2602

A.

X-72 Жолмонов, С.М.

Улуксий объект ва ней-

рон тармоклари хоёса

лари асосида ахборот-

ларга ишлов беришни

мақбуллатири усул ва

алгоритмларга дис. ав-

тореферати

hD) диссертацияси

гацин

им наукам

hilosophy (PhD)

ида ахборотларга

и..... 3

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

основе свойств

..... 19

basis of properties

..... 35

..... 39

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ХОЛМОНОВ СУНАТИЛЛО МАХМУДОВИЧ

УЗЛУКСИЗ ОБЪЕКТ ВА НЕЙРОН ТАРМОҚЛАРИ ХОССАЛАРИ
АСОСИДА АХБОРОТЛАРГА ИШЛОВ БЕРИШНИ
МАҚБУЛЛАШТИРИШ УСУЛИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.02- Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

ТЕХНИКА ФАНЛАР БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент–2019

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.PhD/T190 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат университетидида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Жуманов Исроил Ибрагимович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оponentлар:

Сафаров Ташпулат
техника фанлари доктори, профессор

Кабильджанов Александр Сабитович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент давлат техника университети

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «18» декабр соат 16⁰⁰ 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 (A/2602 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2019 йил «5» декабр да тарқатилди.
(2019 йил «19» ноябр даги 20 рақамли реестр баённомаси.)



Р.Х.Хамдамов
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.Рахматуллаев
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 мавжуд технологияларни такомиллаштиришга, ишлаб чиқариш самарадорлигини ва технологик агрегатлар қувватини оширишга, ишлаб чиқариш мажмуалари бошқаруви тараққиётига ҳамда оптимал бошқаришга қаратилган замонавий технологияларини яратишга алоҳида эътибор берилмоқда. Кейинги пайтда, тезкорлик билан ривожланаётган турли тармоқларда реал технологик объектларни бошқариш жараёни сифатини ва юқори даражада сифатли бўлган маҳсулотларни кам энерго ва ресурс харажатларда амалга оширишни таъминлашнинг жиддий ашёвий воситалари сифатида ахборот технологияларини қўллаш жуда долзарб масалалардан бири эканлиги эътироф қилинмоқда. Бу соҳада тадқиқотлар жаҳоннинг бир қатор мамлакатларида, хусусан АҚШ, Хитой, Ҳиндистон, Россия Федерацияси, Канада, Япония, Англия, Германия, Франция, Жанубий Кореяда бажарилмоқда ҳамда ишлаб чиқаришлар самарадорлиги ва маҳсулотлар рақобатдошлигини таъминловчи технологик объектларни бошқариш тизимларини такомиллаштиришга жиддий эътибор беришмоқда.

Жаҳонда автоматлаштириш, электронлаштиришнинг ҳар хил соҳаси тизимларини, бошқариш автоматлаштирилган тизимларни турли хўжалик тармоқларида жадаллик билан қўллаш ва тараққий қилишни ҳамда биринчи навбатдаги масала сифатида инновацион ғоялар ва бошқариш технологияларни қўллаш жиддий тадқиқот саволлари сифатида таъкидланади. Шу жумладан, ностационар объектга эга мураккаб тизимлар тафаккурли таҳлил, бошқариш, бошқарув қарорларини қабул қилишни қўллашга қаратилган ҳамда статистик, динамик, нейрон тармоқлари ва бошқа эволюцион ҳисоблаш моделларига асосланган ахборотларга ишлов бериш усуллари интеграциясини амалга оширишни бошқарувига қаратилган усул, модель, алгоритмларни яратилишини илмий жиҳатдан асослаш жуда муҳим.

Ҳозирги кунда Ўзбекистон Республикасида қабул қилинган чора-тадбирларда тафаккурли бошқарув тизимларини ва ягона ахборот муҳити яратилиши тараққиёти бошқарув тизимларини оптималлаштирувчи усул, модель ва ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш асосида амалга оширишга алоҳида эътибор берилган. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантириш ...»¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда ностационар узлуксиз табиатли объект маълумотлари статистик параметрлари, динамик хусусий таърифларида фойдаланувчи информатив элементларини танлаш, ахборот ишончилигини назорат этиш, ўзгарувчилар

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

қийматини мувофиқлаштириш механизмларига асосланган кам харажатда тасодифий вақтли қаторни идентификациялашни самарали ва ахборотларни қайта ишлашни амалга оширувчи модель ва алгоритмларни ишлаб чиқиш масалалари муҳим вазибалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси», 2018 йил 19 феврал ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари» Фармонлар, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада яхшилашга доир чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъриий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазибаларни 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 технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Турли функцияга йўналтирилган, ахборотга мақбул ишлов бериш ҳамда идентификациялаш, информатив элементни танлаш янги технологиялари яратилиши билан боғлиқ илмий-тадқиқотлар илғор мамлакатлар илмий марказларида, илмгоҳларида, университетларида бажарилмоқда. Шу билан бирга юқори даражада эҳтиёж борлиги нейрон тармоқларига (НТ) асосланган янги иловалар, технологиялар яратилишига асос бўлмоқда.

Кейинги 10-15 йиллар адабиётлари таҳлили бўйича шуни таъкидлаш мумкинки, ахборотга ишлов бериш назария ва амалиёти тадқиқотлари тараққиётига ҳисса қўшган чет эллик олимлардан Ch.W.Bachman, W.W.Peterson, D.Ritchi, E.F.Codd, C.J.Date, Alan Turing, E.N.Gilbert, R.C.Bose, Danish Jamil, Peter Pin-Shan Chen, Чжо Зо Е, В.Б.Кудрявцев, Д.А.Полянский, Э.Э.Гасанов, А.И.Репин, А.Н.Савельев, В.Р.Сабанин, В.С.Бурцев, В.А.Котельников, Ю.В. Гуляев ва бошқаларни кўрсатиш мумкин. Мамлакатимизда ахборотни тафаккурли таҳлил қилишни мақбул технологиялари назариясига салмоқли ҳисса қўшган олимлардан Д.А.Абдуллаев, Ф.Б.Абуталиев, Т.Д.Раджабов, Н.Р.Юсупбеков, Т.Ф.Бекмуратов, М.М.Камилов, Х.З.Игамбердиев, А.Р.Марахимов, Р.Х.Хамдамов, А.Н. Нишанов, М.А. Рахматуллаев, Ш.Х.Фазилов, И.И.Жуманов, Х.Н.Зайнидинов ва бошқаларни кўрсатиш мумкин.

Дастлабки маълумот танқислиги, параметрли ноаниклик шароитларида узлуксиз объект хоссалари бўйича маълумот ишончлиги ва аниқлигини таъминловчи ва нейрон тармоқларига асосланган технологиялар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Тадқиқот Самарқанд давлат университети илмий-тадқиқот режаси ҳамда давлат илмий тадқиқот дастури А5-039 «Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишнинг параллел алгоритмларини куриш дастурий воситаларини ишлаб чиқиш» (2015-2017) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ишлаб чиқариш мажмуаларини бошқариш тизимида қарор қабул қилишни мақбуллаштириш учун ностационар объект ва нейрон тармоқлари хоссаларидан фойдаланишга асосланган ахборотга оптимал ишлов бериш модели, алгоритм ва дастурий воситаларини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

муаммо услубияти таҳлили, модель ва усуллар хусусиятлари ва имкониятларини белгилаш, ноаниклик мавжуд шароитда ахборотга оптимал ишлов бериш конструктив ёндашув, принцип ва меъзонларни таклиф қилиш;

объектларни статистик тавсифлашга қаратилган таркибий-параметрли моделларни синтезлаш, информацион-статистик параметрлар – дисперсия, энтропия, корреляция коэффициентлари, регрессия, ишончлилик бўсага чегараларини топиш механизмлари бўйича ахборотга мақбул ишлов бериш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

хусусий таснифларни ажратиш, «кирув ва чиқув» ночизик боғланиши, рекуррентли кўриниш, матрицани ўгириш, ўзгарувчиларни мослаштириш, когнитив таҳлил қилиш, стохастик моделлаштириш механизмлари асосида динамик тавсифлашни амалга оширувчи усул ва алгоритм ишлаб чиқиш;

ахборотга оптимал ишлов берувчи такомиллашган механизмни кўп ва уч қобикли нейрон тармоқларини ўргатиш асосида ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқариш-технологик мажмуа бошқариш тизимларида тасодифий вақтли қаторлар башорати учун ахборотга ишлов беришни мақбуллаштирувчи дастурий мажмуа ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида дастлабки ахборот танқислиги, ностационарлик, ноаниклик, қайта ишланувчи маълумотлар ишончсизлиги мавжуд шароитлар ва информацион жараёнлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети ишлаб чиқариш технологияларини мақбул бошқариш, ахборотни тафаккурли таҳлил қилиш технологиясини турли соҳада қўллашга қаратилган усул, алгоритм, дастурий мажмуалардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, бошқариш, ахборотларни қайта ишлаш, алгоритмлаштириш, моделлаштириш, тасодифий жараёнлар, адаптация, статистик таҳлил, нейрон тармоқлари ва юмшоқ ҳисоблаш назариялари усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгиллиги қуйидагилардан иборат:

ахборотга ишлов бериш алгоритмлари асосида бошқарув қарори қабул қилиш тизимида тасодифий вақтли қаторни идентификациялаш, ўзгарувчиларни мослаш механизмлари самарадорлиги ишлаб чиқилган;

узлуксиз объект ва нейрон тармоқлари хоссалари асосида ахборотларга ишлов беришни мақбуллаштириш усул ва алгоритмлари такомиллаштирилган;

статистик параметр, динамик хосса, вақтли қатор информатив элементини танлаш, маълумот ишончлигини таъминлаш кенг спектрдаги моделлар синтезига таянган тавсифлаш механизмлари ишлаб чиқилган;

кўп, уч кобиқли, радиал-базисли нейрон тармоқлари компонентларининг ҳисоб схемалари такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

тасодифий вақтли қатор информатив элементини танлаш, маълумот ишончлигини назорат қилиш, модель ўзгарувчиларини мувофиқлаштириш, ахборот хоссаларини ажратиш ва фойдаланиш ҳамда мақбул ишлов бериш функцияларини амалга оширувчи алгоритм, модуллар, ҳамда дастурий мажмуа ишлаб чиқилган;

дастурий мажмуа самарадорлиги ўртаквадратик хатолик, мураккаблик ва нарх қиймати коэффицентлари бўйича номойишланган, натижада ахборотга ишлов бериш аниқлиги уч тартибга ошишлиги, мураккаблик ва нарх қиймати коэффицентлари 5-6 мартаба камайишлиги исботланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлиги ва тўғрилиги ишлаб чиқилган дастурий мажмуа ва унинг модуллари қўлланилишга яроқлилиги, назарий ва амалий натижалар мослиги, ностационар объектларни башорат қилиш масалаларини реал шароитларда ечиш ҳамда жорийлаштирилган алгоритмлар самарадорлигининг қиёсий тахлили асосида изоҳланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ахборот статистик параметрлари, динамик, хусусий таснифларини олиш ҳамда нейрон тармоқлари хоссаларини қўллаш концепция ва принциплари асосида маълумотларга ишлов беришда юқори аниқликни таъминловчи усул ва алгоритмларни яратиш ҳамда натижаларни статистик, динамик моделлар ва тафаккурли гибрид тавсифлашни амалга оширувчи ёндашув асосида изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти тасодифий вақтли қатор информатив элементларини танлаш, ахборот ишончлигини назорат этиш, ўзгарувчиларни мувофиқлаштириш, ахборот хоссаларини олиш механизмлари, НТ компонентлари, НТни ўргатиш ҳисоб схемаларини қўллаш бўйича изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Кўрсаткичларни башорат қилишга қаратилган ахборотга ишлов берувчи модель, алгоритм ва дастурий воситалар ҳамда информатив белгиларни танлаш, ахборот ишончлигини назорат қилиш, ўзгарувчилар қийматини мувофиқлаштириш ва мақбуллаштириш механизмлари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

информатив элементларни танлаш, ахборот ишончлигини назорат қилиш, ўзгарувчилар қийматини мувофиқлаштириш ва мақбуллаштириш механизмлари бўйича ишлаб чиқилган модель, алгоритм ва дастурий воситалар «Самарқанддонмахсулот» АЖДа жорий этилган («Ўздонмахсулот»

АКнинг 2019 йил 6 майдаги 5-3/54-918-сон маълумотномаси). Натижада тасодифий вақтли қатор идентификацияси аниқлиги уч тартибга ошиши, ахборотга ишлов бериш мураккаблик ва нарх қиймати коэффицентлари 7-8 маротаба камайиши кўрсатилган. Ахборот ишончлигини оширувчи, сегментация, фильтрация, информатив элементларни танлаш, ўзгарувчиларни мувофиқлаштириш, тасодифий вақтли қаторни тавсифлаш механизмлари қўлланиши эса, маҳсулот ишлаб чиқаришга кетадиган моддий харажатлар миқдорини ўртача 8-9% камайтириш имконини берган;

ишлаб чиқаришнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини мақбуллаштиришнинг ишлаб чиқилган модель ва алгоритмлари «Ўзбектелеком» Самарқанд филиали фаолиятида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2019 йил 10 июндаги 33-8/3952-сон маълумотномаси). Натижада тасодифий вақтли қатор идентификацияси аниқлиги уч тартибга ошиши, ахборотга ишлов бериш мураккаблик ва нархи қиймати коэффицентлари 7-8 маротаба, ишлаб чиқаришга чамаланган моддий харажатлар миқдори ўртача 20% камайиши имконини берган;

информатив элементларни танлаш, ахборот ишончлигини назорат қилиш, ўзгарувчилар қийматини мувофиқлаштириш ва мақбуллаштириш механизмлари бўйича ишлаб чиқилган модель, алгоритм ва дастурий воситалар Самарқанд вилояти, Оқдарё тумани Худудий электр тармоғи корхонаси фаолиятида жорий этилган («Худудий электр тармоқлари» АЖнинг 2019 йил 30 сентябрдаги, 01-02/331-сон маълумотномаси). Натижада тасодифий вақтли қатор идентификацияси ҳатолиги тренд моделлари бўйича 30%, авторегрессия модели бўйича 47%, адаптив муайянлаштириш модели бўйича 52%, сирпанувчи регрессия модели бўйича 58% камайиши; ахборот ишончлиги икки тартибга, электр истеъмоли башорати аниқлиги эса 97% гача ошиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 10 республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 38 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 12 та мақола, 1 таси хорижий ва 11 таси республика журналларида чоп этилган, шунингдек 4 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўрт боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида мавзунинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади, вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, Республика фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, илмий янгилиги ва амалий натижалари ҳамда уларнинг назарий, амалий моҳияти талқин қилинган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Ахборотга мақбул ишлов беришнинг конструктив ёндашуви, принцип ва моделлари» номли биринчи бобида турли бошқариш тизимларида маълумотларга ишлов бериш учун яратилган усулларнинг замонавий назария ва амалиёти таҳлил қилинган, аҳамиятли жиҳат ва хусусиятлари аниқланган, информатив белгиларни танлаш, ахборот ишончилигини ошириш, модель ўзгарувчилари қийматини мувофиқлаштирувчи механизмлар асосида ностационар объектни тавсифлаш конструктив ёндошув, принциплари таклиф этилган. Асос сифатида, статистик параметрлар, белги ва факторлар алоқалари, кўп факторли боғланишлар, турли корреляция коэффициентларини аниқлаш, ҳамда натижавий кўрсаткичнинг факторлар билан боғланиши, тасодифий вақтли катор (ТВК) динамикаси нозик тренд тенденциялари моделлари, регрессион боғланиш, муайянлаштириш функцияларни танлаш ва улардан мақбуллаштиришда фойдаланиш механизмлари аниқланган.

Қидириш, статистик ва динамик тавсифлаш, информатив элементини танлаш, ўргатиш танламаларини шакллантириш, маълумот ишончилигини назорат қилиш, ўзгарувчиларни мувофиқлаштириш ҳисоб схемалари ҳамда воситалари бажарилиши турли ва катта сонли ўзгарувчиларни жойлаштиришдаги мураккабликлардан боғлиқлиги таъкидланган.

Мавжуд статистик ёндошув усулларни маълумотларга ишлов беришни мақбуллаштириш учун қўллаш мақсадида математик кутилма, дисперсия, автокорреляция функцияси, ўзаро, жуфт, тўплам корреляция ва регрессия коэффициентлари каби статистик параметрларни аниқлаш, баҳолаш ва масалаларни ечиш механизмлари яратилишига қаратилган. Динамик ёндошув ва усуллар эса, жараён стационарлик, бўлакли стационарлик, ностационарлик хосса ва объект хусусиятларини ажратувчи механизмларга таянади. Шунини таъкидлаш керакки, яратилган ёндошувлар бўйича масалалар дастлабки маълумотга танқислик, параметрли ноаниқлик, жараён ностационарлиги, ахборотга ишончсизлик, ишлов беришда катта хатолик мавжуд бўлиши мумкин шароитларда мураккаб ечимга эга. Объектни тавсифлаш модели эса, дастлабки маълумотлар ҳажми етарли даражада берилса ҳамда тавсифловчи усуллар стационар ва бўлакли-стационар жараёнларга қўлланилган ҳоллардагина ишончли ҳамда самарали бўлишади.

Диссертацияда объектни тавсифлаш, маълумот хоссаларини ажратиш механизмларидан фойдаланиш учун таклиф этилган конструктив ёндашув ва

принциплар асосида яратилган модель, усул ва дастурий мажмуалар (ДМ) онтологияси курилган.

ТВҚга дастлабки статистик ишлов бериш ҳисоб схемаларини такомиллаштириш услубияти таклиф этилган. Шу асосда, статистик параметрларни, ансамбл таркибидаги модель содда ҳисоб схемаларини танлаш, ностационар объектларни тавсифлашда моделни мақбул ўргатувчи дастурий воситаларни олиш жиддий моҳиятга эғалиги асосланган.

ТВҚни ҳос равишда тавсифлаш мақсадида 47 тренд функциялар асосида: чизикли, ночизик, логарифмик, кўрсаткичли, рационал-касрли; авторегрессия, кўпхадли регрессив боғланиш; Р.Браун мослашувчан модели, статистик башорат қилувчи, алгебраик кўпхад, полиномлар асосидаги аппроксимацияловчи моделлар ансамбли таркиблаштирилган.

Эвристик кидирув, информатив элементни танлаш, хатоликни руҳсат чегараси қийматларида назорат қилиш, модель ўзгарувчиларини мувофиқлаштириш механизмларига эга ТВҚни ҳос равишда тавсифловчи ҳисоб схемалари таклиф этилган. Тадқиқотлар ахборотни қайта ишлаш ўрта квадратик хатолиги, мураккаблик ва харажат қиймати коэффицентлари каби меъзонлар бўйича бажарилган.

ТВҚни авторегрессия асосида тавсифлаш, информатив элементни танлаш, маълумот ишончилигини назорат қилиш, ўзгарувчиларни қуйи ва юқори чегараси мавжуд бўлган ишонч интервалида мувофиқлаштириш механизмларини қамраган услубият ишлаб чиқилган. Яратилган услубиятда кетма-кет таҳлил, Байес баҳоси ва $\pm 3\sigma$ коидаларидан фойдаланилган.

Ахборотга ишончлик функцияси бўсага, орттирмалар қиймати, статистик башорат, алгебраик кўпхадларни қўллаш натижалари бўйича назорат қилишга қаратилган алгоритмлар самарадорликлари тадқиқ қилинган. Масала ечими мақбул назорат қилиш чегараларини, хатолар аниқланмаслиги эҳтимоли функцияси ифодаларини олишга қаратилган. Олинган минимал эҳтимолик функцияси ифодаси бўйича натижалар ахборотда хатолик содир бўлишининг ўртача эҳтимоли $P = 3,7 \cdot 10^{-3}$, жараён дисперсияси $\sigma_a(t) = 0,1$ қийматларида ҳисобланган ҳамда бу функция қиймати танланган параметрлар қийматлари камайишига пропорционал боғликлиги аниқланган.

Ахборотга ишлов бериш ўртаквадратик хатолиги меъзони бўйича ўтказилган тадқиқотларда, яратилган алгоритмлар ахборотга ишлов бериш аниқчилигини икки тартибгача ошириши мумкинлиги асосланди. Қўйилган мақсадда, жорийлаштирилган трендли моделлар (ТМ), авторегрессия ифодалар (АР), Р.Браун адаптив модели (АМ), статистик экстрополяция моделлари (СР) синовдан ўтказилган. Бундан ташқари барча турдаги алгоритмлар учун ўртақиймат натижалар кўринишида рейтинг баҳолари олинган. Тадқиқот натижаси, унумдорлик бўйича СР яхши рейтингга эга эканлигини, маълумотга ишлов бериш аниқлигига эришиш нуктаи назаридан АМ энг самарадор эканлигини кўрсатди. Ностационар жараёнларни идентификациялашда эса, АР бўйича ижобий натижалар кўрсатилди.

Берилган шартда АМ ва АR алгоритмлари рейтинг баҳолари, дастлабки ва редуцияланган маълумот танламалари мисолида қарийб бир хил бўлди. Яна яратилган алгоритмларнинг маълумотларга ишлов беришда қуйидаги устуликка эга хусусиятлари кўрсатилди. Синтезлашган ТМ асосида ахборотга ишлов бериш хатолиги кўлами қарийб 30% га, АR бўйича 47% гача, АМ бўйича 52% гача, СR бўйича 58% гача камаяди ва яратилган усуллар ностационар жараёнлар синовида анча самарадор экан. ТВҚни тавсифловчи гибрид модель кўринишини ташкил қилиш назарий жиҳатдан асосланган. Умумлашган моделлар самарадорлиги чизикли, ночизикли филтрлари, ортогонал полином, параболлик, кубик сплайн-функциялар бўйича тадқиқ қилинган.

Диссертациянинг «Қарор қабул қилиш тизимида ахборотга мақбул ишлов бериш» номли иккинчи бобида маълумотларга мақбул ишлов бериш учун ностационар объектни динамик тавсифлаш, информатив белгини танлаш, маълумот ишончилигини назорат қилиш, ўзгарувчиларни мувофиқлаштириш механизмларига таянган усул ва алгоритмлар яратилган. Ишда информатив белгиларни танлаш механизми асосий параметрлари сифатида математик кутилма, дисперсия, корреляция функциялари, тақсимот функцияларини маълумот статистикасига танқислик мавжуд ҳолларда тезкор ҳисоблашни таъминловчи услубият формал модели таклиф этилган. Ахборотни ўгирувчи моделлар тури, статистик ва корреляция боғлиқликни, регрессия коэффицентларини, энтропия ва информация миқдорини, дисперсия баҳоларини берувчи услубият ишлаб чиқилган. Ахборот динамик тавсифларини олиш ҳисоб схемаларининг такомиллаштирилган вариантлари таклиф этилган. Яратилган услубиятлар самарадорлиги классик услубият баҳолари билан солиштирган ҳолда тадқиқ қилинди. Ҳисоб натижалари аниқлиги, аънавийлардан кам эмаслиги, ҳамда улар ҳисоб вақтини 2 мартабо камайтиришга олиб келишлиги кўрсатилди. ТВҚ хоссаларини трансляция ҳамда АРМ бўйича экстраполяция қилувчи, олдинги нукталар бўйича натижанинг чизикли кўринишини таъминловчи усул таклиф этилган.

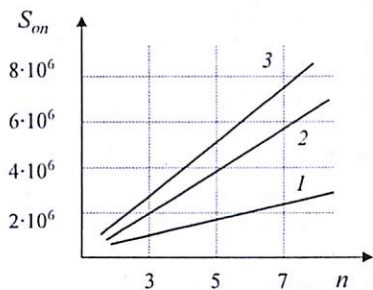
Таклиф этилган ёндошувда ТВҚ элементи миқдорий коэффицентини ўзгартириш, эски миқдорий коэффицентлар векторига бу ўзгаришни киритиш, градиент бўйича мақбуллаштириш коэффицентига кўпайтириш каби функциялар амалга оширилади. Шу сабаб, миқдорий параметр градиентини дифференциаллаш ҳисоб схемаси такомиллаштирилган.

ТВҚни тавсифлашда содир бўладиган ўртаквадратик хатоликнинг аналитик баҳолари статистик ва динамик моделлар ансамбли асосида экспоненциал, кўнгиракли, учбурчакли кўринишидаги автокорреляция функциялари қийматларида тадқиқ қилинган. Шу қаторда “кириш ва чиқиш” боғланиши стохастик моделларига таянган натижавий кўрсаткич факторли таъсир ҳамда эластиклик коэффицентларини ҳисоблаш формулалари олинган. ТВҚни динамик тавсифлаш учун Лагранж, Ньютон, Чебышев алгебраик кўпхадлар хусусиятларидан фойдаланувчи усул ишлаб чиқилган.

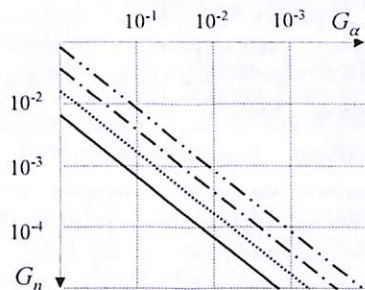
Натижада, ТВҚни самарали идентификациялаш модели сифатида Ньютон кўпхадли таклиф этилган ҳолда ҳисоблаш операциялари мураккаблиги ва қийматлари Лагранж ва Чебышев алгебраик кўпхадлари қўлланганда нисбатан 6-7 мартабага қисқариши асосланган. Масала шартли полиномнинг бошқа ҳадлари қўрилмаслиги талаби бўйича фақат охириги ҳад даражасини мувофиқлаштирувчи соддагина механизмни қўллашдан иборат.

1-расмда, ахборотга ишлов бериш алгоритмларининг алгебраик кўпхаднинг n даражасига боғлиқ ҳолида бажариладиган S_{on} -хисоб операцияси мураккаблик ва қиймат коэффициентлари графиклари намойишланган. Бунда, (1-чизик) Ньютон, (2-чизик) Лагранж, (3-чизик) Чебышев кўпхадлари бўйича олинган натижалардир. Шу қаторда алгоритмнинг кўпхад $n=5$ даражасидаги ўртакватратик хатолиги кўрсатилган. Аммо $n \leq 4$ ёки $n=6$ ва 7 даражаларида алгоритмлар самарадорлиги унча фарқ қилмайди. Тадқиқот асосида олинган ўртакватратик хатолик қийматини аниқлаш имконини берувчи ифодалар масаланинг аналитик ечимини ташкил қилади.

2-расмда, ахборотга ишлов бериш алгоритми нисбий ўртакватратик хатолиги $G_n = \sigma_n^2 / B$ графиклари параметр $G_\alpha = \sigma_\alpha(t) / B$ -жараён нисбий дисперсиясига боғлиқлик равишида намойиш қилинган. Алгоритмлар учбурчак, экспоненциал, қўнғирокли кўринишидаги автокорреляция функциялари асосида тадқиқ қилинган.



1-расм. Кўпхадга боғлиқ мураккаблик



2-расм. Ахборотга ишлов бериш алгоритмлари аниқлиги

Бунда, (ясси чизик) авторегрессия моделлари, (пунктир чизик) Ньютон алгебраик кўпхадли, (штрихпунктирли чизик) статистик башорат қилиш моделлари, (штрих икки пунктирли чизик) когнитив таҳлилга эга стохастик моделлар бўйича яратилган алгоритмлар графиклари. Натижалар $\tau = \delta / \omega = 0,1$; $\sigma_\alpha(t) = 1,0$; $B = 10^2$ ҳамда $P = 10^{-3}$ параметрлар қийматларида кўрсатилган. Стохастик таҳлил, силжиш қадами бўйича назорат ва эмпирик таҳлика баҳосини берувчи моделлар имкониятлари умумлаштирилган.

Диссертациянинг «Узлуксиз объектни нейрон тармоқлари бўйича гибрид тавсифлаш асосида ахборотга мақбул ишлов бериш» номли учинчи бобида когнитив таҳлилли стохастик моделлар, нейрон тармоқлари

ва маълумотлар хоссаларини олувчи механизмларни синтезлаштириш концепция ва принциплари асосида ахборотга мақбул ишлов бериш усул ва алгоритмлари таклиф қилинган. Когнитив таҳлил, ТВҚ хоссаларини НТга трансляциялаш амалларини бажариш, стохастик моделлаштириш, тасвирли юзаларни визуаллаштириш, графикли акслантириш, ўзгарувчилар қийматини рухсат этилган чегарада мослаштирувчи механизмларни куриш назарий услубиятлари ишлаб чиқилган.

ТВҚни идентификация қилиш масалалари маълумот танқислиги, ностационарлик, ноаниклик, ташқи таъсирлар мавжуд шартларда ечилган ҳамда ахборотга мақбул ишлов бериш усул ва алгоритмлари имкониятларини кенгайтириш чегара ва сохалари аниқланган. Қабул қилинган шартларда ахборотга ишлов беришнинг икки вариантдаги такомиллаштирилган ҳисоб схемалари ишлаб чиқилган. Биринчисида, «кирув ва чиқув» рекуррентли функция кўринишида берилган механизм ўзгарувчиларни мувофиқлаштиради, иккинчисида эса, нейрон тармоғи компоненталари ва ўргатиш алгоритмлари ҳисоб схемалари ўзгарувчиларини мувофиқлаштирувчи ва стохастик модель синтезига асосланган мақбуллаштирувчи механизм яратилади. НТга асосланган механизмлар яширин қобикларда нейрон сонлари ва активация функциялари кўриниши маълум бўлишлигини талаб қилади. Ишда, НТни ўргатувчи такомиллашган ҳисоб схемаси чизикмас дискрет тенгламалар тизимини ечишга асосланган.

Динамик тавсифлаш моделини қўллашда куйидаги белгиланишда берилган параметрларни: N -тармоқ кируви сони; h -тармоқ яширин қобигидаги нейронлар сони; Z -тармоқ чиқуви сони; Q -ўргатувчи маълумот танламаси ўлчамини $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$; $c_j = (c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jN})$ -тармоқ яширин қобигидаги j нейрон активация функцияси координатаси; σ_j -тармоқ j -яширин қобигидаги нейрон активация функцияси ойнаси кенглиги мувофиқлаштириш механизмларини куриш услубияти ҳамда НТни ўргатувчи алгоритм варианты ишлаб чиқилган.

Яратилган тармоқни ўргатувчи алгоритм, кирув нейронлари миқдорини ҳисоблаш, тахрир қилиш, активация функциясини бериш процедуралари асосида умумлаштирилган. НТни ўргатишнинг таклиф этилган қондаси куйидагича берилади:

$$w_{k+1} = w_k - [H_k + \eta I]^{-1} g_k,$$

буида $H_k = J^T J$, $g = J^T e$; J -Якобиан, e -хатолик вектори; η -скаляр катталиқ, I -бирлик матрицаси.

НТ ўргатиш қондасига асосан, мабода хатолик функцияси қиймати камайса η коэффициенти η^+ маротабага оширилади, тескари хол кузатилса η^- маротабага камайтирилади. Ишда НТ чиқув нейронлари миқдорини билиш учун куйидаги тенгламалар тизими ечилган

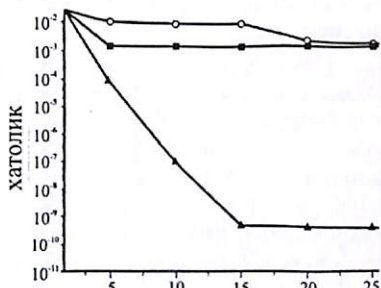
$$w^T = \Phi^{-1} D.$$

Масала ечимининг асосий хусусияти мурожаат-матрицани шакллантириш ва Гаусса-Ньютон усулини қўллашдан иборат. Масаланинг хусусий ечими псевдо мурожаат матричасига асосланади.

НТни ўргатиш учун умумлаштирилган алгоритмнинг икки такомиллаштирилган вариантлари яратилган. Биринчисида, ахборотга дастлабки ишлов бериш ва ТВҚни сегментация қилиш, тренд, авторегрессия моделлари бўйича мослашувчан муайянлаштириш ҳамда сигмоидали, радианли боғланишдаги уч қобикли НТ ҳисоб схемалари ва стохастик моделлар синтезлаштирилган. Иккинчисида, НТни ўргатувчи умумлашган алгоритми ТВҚни филтрациялаш, хоссасини трансляция қилиш, филтер элементи микдорий коэффицентини мувофиқлаштириш, ностационарликни бартараф қилиш, динамик тармоқни ёйишда L яширин қобикда N^L нейронларга эга филтрни кечиктириш босқичини амалга оширувчи механизмлар асосида яратилган. 10^{-1} , 20^{-1} ва 30^{-1} архитектураларда кўпқобикли статистик ва динамик тадқиқ қилинган.

Активация функцияси сифатида гиперболик тангенс, тармоқ чикуви қобигида эса нейронлар чизикли активация функциялари қўлланилган. Ишлаб чиқилган назарий услубиятга асосан умумлаштирилган алгоритмлар самарадорлиги таҳлил қилинган.

Натижада, алгоритмларнинг хатоликга нисбатан турғунлиги сезиларли даражада ошиши, жараён ностационарлиги сусайиши, тармоқ чикувидан олинган маълумотлар дисперсияси қиймати 5% дан ортиқ бўлмаслиги, ҳамда харажатлар қиймати талабга мос келиши асосланди.



3-расм. НТни ўргатиш усули самарадорлиги

3-расмда умумлашган алгоритмнинг ўрта квадратик хатолик функцияси графиклари $\sigma_{об}(t)$ НТни ўргатиш вақти t дан боғлиқ бўлган ҳолларда намоёнланган.

Бунда ■ – икки қобикли градиент мақбуллаштириш алгоритми; ▲ – уч қобикли кўшма градиентли мақбуллаштириш алгоритми; ○ – уч қобикли стохастик мақбуллаштириш алгоритми.

Алгоритмлар MATLAB муҳитида синалган. Дастурий воситалар кўп

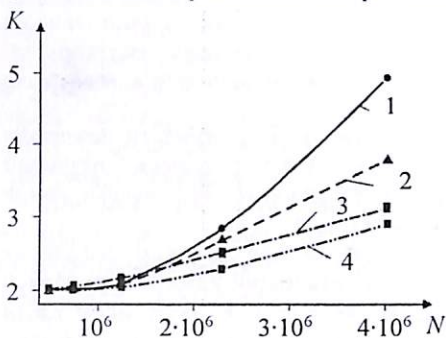
функционалли РС1 6025E кирув/чикув платаларига асосланган.

Диссертациянинг «Узлуксиз объект ва нейрон тармоқлари бўйича ахборотга мақбул ишлов берувчи дастурий мажмуа» номи тўртинчи бобида ТВҚ информатив элементини танлаш, маълумот ишончилигини назорат қилиш, модель ўзгарувчиларини мувофиқлаштириш, статистик параметрлар, динамик таснифлар ва НТ хусусиятларини қўллаш механизмларига асосланган ва ностационар объектни башорат қилишга қаратилган кўп модулли, муаммога йўналтирилган ахборотга мақбул ишлов берувчи дастурий мажмуа (ДМ) ишлаб чиқилган.

ДМнинг мослаштирилган дастурий таъминоти НТни мақбул ўргатиш, тармоқ компоненталари ҳисоб схемалари параметрларини мувофиқлаштириш, ахборотни киритиш, тақдимлаш, ўгириш, ташкиллаштириш модулларидан иборат. ДАМ интерфейси кўп босқичли меню ва экран формаси панели кнопкалари орқали таъминланади.

Жорийлаштиришнинг асосий жиҳати, ТВҚни нуқта модели сплайн-функция бўйича муайянлаштирувчи умумлашган алгоритм дастурий модулини предмет соҳага қўллашга қаратилган ҳамда C++ тилида бир ядроли режимда, икки ядроли AMD Athlon 64X2 4800+ процессори асосида, GPU аппарат-дастурий воситаларига эга CUDA параллел ҳисобланиш муҳитида амалга оширишдан иборат.

4-расмда умумлаштирилган алгоритмнинг ахборотга ишлов бериш самарадорлиги турли моделлар, жараён дисперсиясининг ўртакватрат ҳатолигига нисбати коэффициенти бўйича K таққосланган. Абцисса ўқи бўйича ишлов бериладиган ахборот ҳажми N ўлчанади.



4-расм. Алгоритмнинг самарадорлиги

1-график (штрих икки пункт чизик) авторегрессия модели, 2-график (штрихпунктир чизик), 3-график (штрихли чизик), 4-график (ясси чизик) уч, беш, етти нуқтали ТВҚни муайянлаштирувчи кубик-сплайнлар, уч кобиқли НТ, кўп сеткали цикллаштириш воситаларини қўллаш асосида намойишланган.

Натижада, алгоритмлар тақсимланадиган хотирага эришиш тезлигини, глобал хотирага эришиш тезлигига нисбатан икки тартибга ошириш имкониятига эгаллиги

аниқланди. Тақсимланган хотирага маълумотни блокчи юклаш усули қўлланилса, бажарилиши зарур операциялар тезлиги сезиларли даражада ошиши кузатилди. Икки ўлчовли индексация қилиш усули параллел оқимларда қўлланилса ахборотга ишлов бериш вақти қарийб 1,5-1,8 мартабага камайтиради.

1-жадвалда ахборотга ишлов беришга тавсия этилган алгоритмлар самарадорлиги киёсий таҳлили аниқлик, мураккаблик ва қиймат коэффицентлари асосида кўрсатилган. Ишда, алгоритмларнинг ахборотга пакетли ишлов бериш тизими кўрсаткичларига нисбатан маълумотни қайта ишлаш аниқлигини икки-уч тартибга ошириши; мураккаблик ва қиймат коэффицентларини беш-олти мартабага камайтириши асосланди.

Самарқанд вилояти турли корхоналари фаолиятида ДМ ни қўллаш учун самарадорлик ҳисоби услубияти яратилган. Ишлаб чиқилган, визуаллаштириш, трансформациялаш, таҳлил қилиш, компьютерда ишлов бериш алгоритмлари аниқ предмет соҳага қўлланишлиги учун тавсия этилган.

Маълумотга ишлов бериш алгоритмлари самардорлигининг қиёсий таҳлили

№	Маълумотга ишлов бериш алгоритмлари	Самардорлик мезонлари кийматлари				Мослаштирувчи параметрлар
		Маълумотга ишлов бериш хатолиги - σ_p	Хатolik камайиши $K_C = \sigma_p / \sigma_i$	Маълумотга ишлов бериш мураккаблиги камайиши- K_{TP}	Маълумотга бериш харажат киймати камайиши- K_{Cp}	
1	2	3	4	5	6	7
	Ахборотга пакетли режимида ишлов бериш	10^{-1}	100	1	1	визуал
	Объектлар статистик таснифи ҳамда ахборот С хоссаларидан фойдаланувчи механизмлар асосида мақбуллаштириш					
..	ТВҚ информатив элементларини танлаш	$3 \cdot 10^{-3}$	30	2	2	статистик
	маълумотни узатиш ва қайта ишлаш ишончилигини назорат қилиш	$5 \cdot 10^{-3}$	500	2,7	2	бўсага чегаралари
	ўзгарувчиларни мувофиқлаштириш ва мослаштириш	$7 \cdot 10^{-4}$	700	3,2	3	регрессия коэфф.
	Объектлар динамик таснифи ҳамда ахборот D-хоссаларидан фойдаланувчи механизмлар асосида мақбуллаштириш					
	ТВҚ информатив элементларини танлаш	$1,5 \cdot 10^{-4}$	150	2,8	2	корреляция коэфф.
	маълумотни узатиш ва қайта ишлаш ишончилигини назорат қилиш	$7 \cdot 10^{-4}$	700	3,2	3	мослаш чегаралари
	ўзгарувчиларни мувофиқлаштириш	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1500	6	6	регрессия коэфф.
	HT-Д-хоссаларидан фойдаланувчи механизмлар ҳамда тақомиллаштирилган мақбуллаштириш хисоб схемалари					
	активация функциялари ойнаси кенглиги, объекти соати, қобикларда нейронлар сони, нейронлар микродорлари	$1,5 \cdot 10^{-4}$	150	2,8	2	HT компонентлари хисоб схемалари
	динамик қўшимчив моделлар ва HT шумлаштириш	$7 \cdot 10^{-3}$	70	3	3	ўргатувчи алгоритмлар параметрлари
	HTни ўргатувчи алгоритмлар, рекуррент, мушаммақ функцияни берувчи механизмлар	$1,5 \cdot 10^{-5}$	150	2,8	4	ўргатувчи алгоритмлар параметрлари
	мушаммақ функциядан вариантлар шумлаштириш	$1,7 \cdot 10^{-6}$	1700	7	7	HTни ўргатиш хисоб схемалари ўзгарувчилари

ULUTMADA-XORAZMIY NOMIDAGI
 FIZIKA-MATEMATIKA AXBOROT
 INJENIRLIK UNIVERSITETI
 2022
 AXBOROT-RESURS MARKAZI

Дастурий восита, модул ва мажмуалар имконияти ЭХМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномаларида кўрсатилган. ДМ дастурий воситалари тўла ҳажмда, «Самарканддонмахсулот» АЖ, «Ўзбектелеком» Самарқанд филиали акционерлик жамияти, Самарқанд вилояти, Оқдарё тумани ҳудудий электр тармоғи корхоналари фаолиятларида тезкор бошқарув ва башорат қилиш масалалари ечимида синовдан ўтказилган ва жорий қилинган. Дастурий модуллар СамДУ ўқув, илмий бўлимлари, «Ахборот технологиялари» маркази фаолиятида ҳам қўлланилган.

ХУЛОСА

«Узлуксиз объектлар ва нейрон тармоқлари хоссалари асосида ахборотларга ишлов беришни мақбуллаштириш усул ва алгоритмлари» мавзусидаги диссертация ишида олинган тадқиқот натижалари қуйидаги хулосаларни тақдим этиш имконини беради:

1. Яратилган конструктив ёндошув, принцип, ТВҚни тавсифловчи моделлар ҳамда информатив элементларни ажратиш, ахборот ишончилигини ошириш, ўзгарувчилар қийматини мувофиқлаштириш, НТ асосида ТВҚни тавсифлаш такомиллашган ҳисоб схемалар, ҳамда узлуксиз табиатли объект ва НТ хоссаларини олиш механизмлари бошқарув қарорларини қабул қилиш тизимини қувватлашга қаратилган илмий услубиятини ташкил этади.

2. Объект ТВҚларини кенг спектрли модель, алгоритмлар асосида тавсифлаш ҳамда ахборот-статистик, динамик, хусусий таснифларини ажратувчи, хатоликни мақбул назорат чегарасини олиш механизмларини қўллашга қаратилган масалалар ечими тақлиф этилган.

3. Ишлаб чиқилган, ТВҚ ностационар таркибини, тасодифий тошилмаларини филтрловчи, ўзгарувчилар қийматини мувофиқлаштирувчи механизмларга асосланган модель ва алгоритмлар дастурий модуллари дастлабки маълумотга танқислик, ноаниқлик, ташқи муҳит таъсири мавжуд шароитларда синовдан ўтказилган. Натижада, ахборотга ишлов бериш мураккаблик ва нарх қиймати коэффицентлари 5-6 маротаба камайиши мумкинлиги аниқланди.

4. Ностационар объектни башорат қилиш учун йўналтирилган, турли топологиядаги НТ, стохастик модель, динамик тармоқни ёйиш ва мослаштириш операторлари, НТни ўргатувчи алгоритмлар, ночизик филтрлаш механизмига эга ТВҚнинг катта аниқликдаги идентификатори умумлаштирилган самарали ҳисоб схемалари жорийлаштирилган.

5. «CUDA» параллел ҳисоблаш муҳитида, уч қобикли НТ, уч, беш нуқтали кубик сплайн модель ва алгоритмлари, такомиллаштирилган тармоқни ўргатиш, ахборотга ишлов беришни мақбуллаштириш ҳисоб схемалари синтезлашувига таянган дастурий-алгоритмик мажмуа ишлаб чиқилган ва жорийлаштирилган. Дастурий мажмуани қўллаш ахборотга ишлов бериш қиёсий ўртаквадратик хатолиги қийматини уч тартибгача камайтириш имконини беришлиги исботланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХОЛМОНОВ СУНАТИЛЛО МАХМУДОВИЧ

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ НЕПРЕРЫВНЫХ ОБЪЕКТОВ И
НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

05.01.02 - Системный анализ, управление и обработка информации

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

Ташкент–2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.2.PhD/T190.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете.

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.ziyounet.uz).

Научный руководитель: Жуманов Исраил Ибрагимович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Сафаров Ташпулат
доктор технических наук, профессор
Кабильджанов Александр Сабитович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: Ташкентский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «18» декабря 2019 г. в 16⁰⁰ 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 № А/2602 (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «5» декабря 2019 года.
(протокол рассылки № 20 от «19» ноября 2019 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.Рахматуллаев
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется совершенствованию существующих технологий, повышению эффективности производства и мощности технологических агрегатов, развитию управления производственными комплексами, а также разработке технологий оптимального управления. В последнее время, одной из наиболее актуальных задач в стремительно развивающихся отраслях является применение информационных технологий управления технологическими объектами, позволяющих улучшить его качества и увеличить выпуск высококачественных продукции с наименьшими энерго и ресурсными затратами. В этой области исследования проводятся в нескольких странах мира, включая США, Китай, Индию, Российскую Федерацию, Канаду, Японию, Англию, Германию, Францию и Южную Корею, которые уделяют большое внимание совершенствованию систем управления технологическими объектами, обеспечению конкурентоспособности продукции и эффективности производства.

В мире в качестве важных вопросов отмечаются разработки различных систем автоматизации, электронизации и среди них большое внимание уделяется ускоренному введению и развитию автоматизированных систем управления в различные отрасли хозяйства, современных математических методов и информационных технологий, направленных в первую очередь на внедрение инновационных идей и технологий управления. В тоже время важно научно обосновать необходимость построения методов, моделей, алгоритмов управления сложными системами с нестационарными объектами на основе интеграции интеллектуальных методов анализа, управления, обработки информации, принятия управленческих решений с использованием статистических, динамических, нейросетевых и других моделей эволюционных вычислений.

В рамках, принятых в Республике Узбекистан комплекса мер по развитию интеллектуальных систем управления и созданию единого информационного пространства особое внимание уделено разработке и внедрению систем управления на основе методов, моделей оптимального управления и информационно-коммуникационных технологий. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи, направленные на опережающее развитие «...высокотехнологических обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов...»¹. При осуществлении данных задач одним из важнейших вопросов является разработка эффективных моделей и алгоритмов обработки информации на основе использования информационно-статистических параметров, динамических,

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года.

специфических характеристик информации, особенностей непрерывных объектов с механизмами отбора информативных элементов идентификация случайных временных рядов, контроль достоверности данных, регулирование переменных с наименьшими затратами.

Данное диссертационное исследование направлено в определенной степени на выполнение задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 29 августа 2017 года №ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», от 19 февраля 2018 года №УП-5349 «О мерах по дальнейшему совершенствованию информационно-коммуникационных отраслей» и другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Исследования, посвященные разработке методов, алгоритмов, технологий интеллектуального анализа данных (ИАД) различного функционального назначения, программного обеспечения идентификации, отбора информативных элементов, оптимизации обработки данных интенсивно ведутся в научных центрах, институтах, университетах ведущих стран. Вместе с тем, по мере увеличения потребностей пользователей активно выполняются исследования, посвященные разработке новых направлений и приложений, основанных на применении нейронных сетей (НС) и оптимизации принятия решений.

Анализ литературы за последнее 10-15 лет позволяет отметить, что в мировых исследованиях большой вклад в развитие теории и практики обработки информации в системах управления, внесли зарубежные ученые Ch.W.Bachman, W.W.Peterson, D.Ritchi, E.F.Codd, C.J.Date, Alan Turing, E.N.Gilbert, R.C.Bose, Danish Jamil, Peter Pin-Shan Chen, Чжо Зо Е, В.Б.Кудрявцев, Д.А.Полянский, Э.Э.Гасанов, А.И.Репин, А.Н.Савельев, В.Р.Сабанин, В.С.Бурцев, В.А.Котельников, Ю.В. Гуляев и др. В теорию построения технологий интеллектуального анализа данных значительный вклад внесли отечественные ученые Д.А.Абдуллаев, Ф.Б.Абуталиев, Т.Д.Раджабов, Н.Р.Юсупбеков, Т.Ф.Бекмуратов, М.М.Камилов, Х.З.Игамбердиев, А.Р.Марахимов, С.С.Косимов, И.И.Жуманов, Д.Т.Мухаммадиева, Р.Х.Хамдамов, А.Н.Нишанов, М.А.Рахматуллаев, Ш.Х.Фазилов, Х.Н.Зайнидинов и др.

Определено, что интеллектуальные технологии, гарантирующие достоверность данных при условии нестационарности, априорной ограниченности, неопределенности с механизмом использования свойства

информации непрерывных объектов и нейронных сетей недостаточно изучены.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Исследование выполнено в рамках плана НИР Самаркандского государственного университета, тема государственной научно-технической программы А5-039 «Интеллектуальный анализ данных на основе построения программных инструментов параллельных алгоритмов» (2015-2017 гг).

Цель исследования заключается в разработке моделей, алгоритмов, программных комплексов оптимальной обработки данных в системе принятия управленческих решений на основе использования свойств информации нестационарных объектов и нейронных сетей.

Задачи исследования заключаются в следующем:

анализ методологии проблемы, выделение особенностей и возможностей моделей и методов, выработка подходов и принципов, критериев оптимизации обработки данных в условиях неопределенности;

разработка алгоритмов адаптивной обработки данных на основе структурно-параметрического синтеза моделей статистического описания объектов, механизмов извлечения информационно-статистических параметров – дисперсии, энтропии, коэффициентов корреляции, регрессии, контроля достоверности информации по оптимальным порогам;

разработка и реализация механизмов извлечения динамических и специфических характеристик информации, использования рекуррентных представлений нелинейных зависимостей «входы и выходы», обращения матриц, стохастической оптимизации с настройкой переменных;

разработка методов оптимизации на основе нейронных сетей, совершенствование вычислительных схем обучения трехслойной нейронной сети, радиально-базисных сетей с методом Левенберга-Марквардта;

разработка и реализация программных комплексов оптимизации обработки данных для прогнозирования случайных временных рядов в различных производственно-технологических комплексах.

Объектом исследования являются информационные процессы управления в условиях недостаточности первичной информации, нестационарности, неопределенности и неточности данных.

Предмет исследования – методы, алгоритмы, программные комплексы, используемые на основе интеллектуального анализа данных для оптимизации обработки информации.

Методы исследования. В исследованиях применены методы теории системного анализа, адаптивного управления, алгоритмизации, моделирования, статистического анализа, нейронных сетей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

доказана эффективность алгоритмов оптимизации обработки данных в системе принятия управленческих решений, разработаны механизмы

регулирования переменных и идентификации случайных временных рядов; усовершенствованы методы и алгоритмы оптимизации обработки информации на основе свойств непрерывных объектов и нейронных сетей; разработаны механизмы описания, базирующиеся на извлечение статистических параметров, динамических свойств, информативных элементов временного ряда, синтез широкого спектра моделей обеспечения достоверности информации;

усовершенствованы вычислительные схемы компонентов многослойной, трехслойной и радиально-базисной сетей.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны алгоритмы и программные модули, выполняющие функции идентификации, отбора информативных элементов случайных временных рядов, контроля достоверности данных, регулирования переменных и оптимизации, которые реализованы в виде комплекса обработки данных для анализа и прогнозирования нестационарных объектов;

эффективность программного комплекса проверена по критериям среднеквадратической погрешности, трудоемкости и стоимости обработки данных, которая отражается повышением относительной точности до трех порядков, снижением коэффициентов трудоемкости и стоимости в 5-6 раз.

Достоверность результатов исследования и их непротиворечивость доказана корректным применением разработанного программного комплекса и его модулей, согласованностью полученных теоретических и практических результатов при решении задач прогнозирования нестационарных объектов в реальных условиях, а также сравнительным анализом эффективности реализованных алгоритмов по принятым критериям.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в совершенствовании, развитии и разработке широкого класса алгоритмов обработки информации на основе совмещения возможностей статистических, динамических моделей, нейронных сетей и оптимизации в условиях априорной недостаточности, неопределенности, нестационарности, низкой достоверности данных.

Практическая значимость результатов исследования заключается в реализации механизмов отбора информативных элементов случайных временных рядов, контроля достоверности данных, регулирования переменных, оптимизации, адаптивного обучения НС.

Внедрение результатов исследования. Научная значимость результатов исследования моделей, алгоритмов и программных комплексов обработки информации с механизмами отбора информативных признаков, контроля достоверности информации, регулирования переменных и оптимизации для решения задач прогнозирования технико-экономических показателей производства:

разработанные модели, алгоритмы и программные комплексы обработки информации с механизмами отбора информативных элементов,

контроля достоверности информации, регулирования переменных и оптимизации внедрены в АО «Самарканддонмахсулот» (Справка АК «Уздонмахсулот» от 6 мая 2019 года №5-3/54-918). В результате точность идентификации случайных временных рядов и обработки информации повышается на три порядка, коэффициенты трудоемкости и стоимости обработки информации снижаются 7-8 раз. Механизмы повышения достоверности информации, сегментации, фильтрации, отбора информативных элементов, регулирования переменных, описания случайных временных рядов материальные затраты на производства продукции позволяют уменьшить в среднем на 8-9 %;

разработанные модели и алгоритмы оптимизации технико-экономических показателей производства внедрены в АО «Узбектелеком» Самаркандского филиала (Справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 10 июня 2019 года №33-8/3952). В результате появились возможность повысить точность идентификации случайных временных рядов и обработки информации на три порядка, уменьшить значения коэффициентов трудоемкости и стоимости обработки информации в 7-8 раза, а материальных затрат на производство в среднем на 20%;

разработанные модели, алгоритмы и программные комплексы обработки информации с механизмами отбора информативных элементов, контроля достоверности информации, регулирования переменных и оптимизации для решения задач прогнозирования технико-экономических показателей производства внедрены на предприятиях электросети Акдарьинского района, Самаркандской области (Справка АО «Региональные электрические сети» от 30 сентября 2019 года №01-02/331). В результате погрешность идентификации случайных временных рядов при трендовых моделях уменьшается на 30%, авторегрессионных на 47%, адаптивно сглаживающих на 52%, скользящих регрессионных на 58%, достоверность информации повышается на два порядка, а точность прогноза показателя энергопотребления составляет 97%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждены на 2 международных и 10 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 38 научных работ, из них 12 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 в зарубежных, 11 в республиканских журналах, а также получено 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации состоит из 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель, задачи, объект, предмет исследования, научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость результатов, приведены перечень внедрений, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Конструктивные подходы, принципы и модели оптимизации обработки данных**» проведен анализ современной теории и практики построения методов обработки данных в различных системах управления, выделены характерные их черты, особенности, выработаны конструктивные подходы и принципы, направленные на описание нестационарных объектов, оптимизацию на основе разработки механизмов отбора информативных элементов, повышения достоверности данных, регулирования переменных и оптимизации. Существующие методы, главным образом, используют механизмы определения статистических параметров, связей факторов, многофакторных зависимостей, коэффициентов корреляций, проверок соответствия результатов входным факторам, подбора к тенденциям динамики случайных временных рядов (СВР) нелинейных трендовых моделей, регрессионных зависимостей и сглаживающих функций.

Установлено, что инструменты статистического и динамического описания обусловлены трудоемким вычислением и при операциях поиска, адекватного описания, отбора информативных элементов, формирования наборов обучения, контроля достоверности данных, регулирования переменных и оптимизации, как правило, они связаны с выполнением большого числа сочетаний различных переменных.

В статистических подходах, направленных на оптимизацию обработки данных проектируются механизмы, использующие статистические параметры такие, как математическое ожидание, дисперсия, функция автокорреляции, коэффициенты взаимной, парной, множественной корреляции и регрессии. А динамические подходы направлены на оптимизацию обработки данных с использованием механизмов извлечения характеристик стационарного, кусочно-нестационарного, нестационарного процессов и специфических особенностей объектов. Важно отметить, что методы таких подходов становятся, особенно, трудно реализуемыми, когда требуется учет условий априорной недостаточности, неопределенности, нестационарности, низкой достоверности данных. А модели применимы лишь в тех случаях, когда априори задаются полностью и используются механизмы стационарных и кусочно-стационарных процессов.

Построены онтология моделей, методов и программных комплексов (ПК), спроектированных конструктивные подходы, принципы и механизмы использования свойств информации непрерывных объектов и НС.

Разработана методика совершенствования статистической обработки СВР, представляющая инструментарий оптимизации описания нестационарных объектов, ускоренного расчета статистических параметров. Предложены вычислительные схемы для выбора адекватной модели из заданного ансамбля с учетом их зависимостей, свойств и динамики СВР.

Реализованы вычислительные схемы описания СВР на базе 47 трендовых функций: линейной, нелинейной, логарифмической, показательной, дробно-рациональной; авторегрессионной, регрессионной зависимости; адаптивной модели Р.Брауна, статистического предсказания; алгебраических многочленов, полиномов и других.

Модифицированы вычислительные схемы адекватного описания СВР, включающих механизмы эвристического поиска, отбора информативных элементов, контроля погрешности, регулирования переменных моделей по границам разрешенных значений. Исследование проведено по критериям минимальной среднеквадратической погрешности, трудоемкости и стоимости обработки данных.

Разработана методика, которая включает методы и алгоритмы авторегрессионного описания СВР, отбора информативных элементов, контроля достоверности данных, регулирования переменных по доверительному интервалу с нижней и верхней границами. Используются правила последовательного анализа, Байесовской оценки и $\pm 3\sigma$.

Исследована эффективность порогового контроля достоверности данных, контроля достоверности по приращениям, результатам статистических предсказаний алгебраических многочленов. Решены задачи нахождения оптимальных границ контроля и выражений минимальной вероятности необнаруженных ошибок при проверке достоверности информации. Значения вероятности необнаружения ошибок контроля достоверности получены при вероятности ошибок $P = 3,7 \cdot 10^{-1}$, дисперсии процесса $\sigma_{\alpha}(t) = 0,1$. Доказано, что функция эффективности алгоритма пропорционально зависима от дисперсии и вероятности ошибок и уменьшение их значений характеризуется убывающими графиками.

Исследование эффективности алгоритмов проведено по критерию среднеквадратической погрешности обработки данных на основе принятого ансамбля моделей. Установлено, что алгоритмы повышают точность обработки данных до двух порядков. Протестирована реализация трендовых моделей (ТМ), авторегрессионной зависимости (АР), адаптивной модели Р.Брауна (АМ), статистических экстраполяций (СР). Получены результаты рейтинговых оценок для всех алгоритмов в виде усредненных значений. Установлено, что лучший рейтинг по производительности дает СР, наиболее эффективными по точности являются АМ. Когда идентифицируются нестационарные процессы, то лучшие результаты ожидаются по АР. Рейтинговые оценки алгоритмов АМ и АР почти одинаковы для исходного и редуцированного наборов обучающих данных. Преимущественной при обеспечении точности обработки данных является ТМ. Благодаря ТМ

точность обработки данных повышается почти на 30%; AR на 47%; AM до 52%; CR до 58%. Кроме того проявляются положительные стороны методов при нестационарном процессе. Эффективность гибридного описания СВР показана при линейном и нелинейном фильтрах, полиномах, параболических, кубических сплайн-функциях сглаживания.

Во второй главе диссертации «**Оптимизация обработки данных в системе принятия решений**» разработаны методы и алгоритмы, основанные на механизме отбора информативных признаков, контроля достоверности данных, регулирования переменных. Предложена модель оптимизации на основе формализации методики отбора информативных признаков. Разработаны методики ускоренного расчета математического ожидания, дисперсии, функции корреляции, функции распределений при ограниченной априорной статистике данных, а также получения оценок энтропии, количество информации, дисперсии в зависимости от вида моделей преобразования данных, учета статистических и корреляционных связей, коррекции параметров регрессии. Разработаны вычислительные схемы извлечения динамических характеристик информации. Сравнены результаты, полученные по упрощенной методике, которые не менее точны, чем оценки классических методик. Доказано, что благодаря их применению в 2 раза уменьшается время вычислений.

Предложен метод оптимизации, основанный на перетрансляции свойства СВР, экстраполяции с помощью АРМ, представления результатов линейной совокупностью предыдущих точек. Разработанный алгоритм метода выполняет функции обновления весов элементов СВР, добавления к старому вектору весов поправки, умножения на градиентный коэффициент. Модифицирована вычислительная схема вычисления градиента путем дифференцирования параметра по весам.

Для ансамбля статистических и динамических моделей получены аналитические выражения среднеквадратической погрешности описания СВР при экспоненциальной, колоколообразной, треугольной функциях автокорреляции. Оценки взаимосвязей «входы и выходы» производятся в соответствии со стохастической моделью по формулам, полученным для коэффициентов влияний эластичности факторов на результативные показатели.

Разработан метод динамического описания СВР, основанный на использовании алгебраических многочленов Лагранжа, Ньютона, Чебышева. В качестве эффективной модели предложен многочлен Ньютона, при реализации которого вычислительные операции сокращаются до 6-7 раз по сравнению с алгебраическими многочленами Лагранжа и Чебышева. Это достигается простым регулированием лишь только последнего члена полинома при условии, что остальные члены являются неизменными.

На рис. 1 показаны графики трудоемкости и стоимости алгоритмов обработки данных, отражаемых количеством выполняемых вычислительных операций- S_{on} в зависимости от степени n алгебраических многочленов.

Результаты получены при многочлене Ньютона (линия 1), Лагранжа (линия 2) и Чебышева (линия 3). Установлено, что при степени многочлена $n=5$ алгоритм обеспечивает минимальную погрешность обработки данных. В то же время при степени $n \leq 4$ или же $n=6$ и 7 погрешности алгоритмов отличаются несущественно. Аналитические решения задач позволяют найти выражения оценки значения среднеквадратической погрешности.

На рис. 2 показаны графики относительной среднеквадратической погрешности алгоритмов $G_n = \sigma_n^2 / B$, построенные в зависимости от относительной дисперсии $G_\alpha = \sigma_\alpha(t) / B$. Исследование проведено при треугольной, экспоненциальной, колоколообразной функциях автокорреляции.

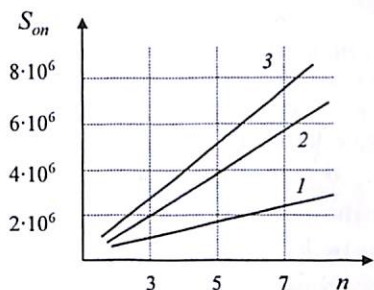


Рис. 1. Зависимость трудоемкости от вида многочленов

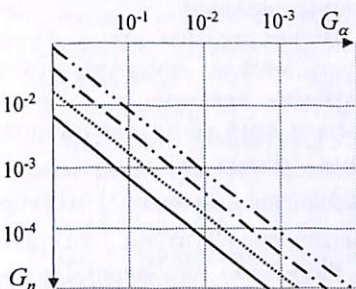


Рис. 2. Точность алгоритмов обработки данных

В виде графиков представлены модель авторегрессии (сплошная линия); многочлен Ньютона (пунктирная линия); статистическое предсказание (штрихпунктирная линия); стохастическая модель (штрих два пунктирная линия). Результаты представлены при значениях $\tau = \delta^3 / \omega = 0,1$; $\sigma_\alpha(t) = 1,0$; $B = 10^2$; $P = 10^{-3}$, соответствующих условиям обработки данных. Исследована эффективность алгоритма, синтезирующего модели стохастического анализа, скользящего контроля и эмпирического риска.

В третьей главе диссертации «Оптимизация обработки данных на основе гибридного описания непрерывных объектов и использования нейронных сетей» предложены методы и алгоритмы оптимизации обработки данных, основанных на концептуальных принципах синтеза стохастических моделей когнитивного анализа, нейронных сетей и механизмов извлечения свойств информации. Установлено, что методы стохастического моделирования, включающие механизмы когнитивного анализа, перетрансляции свойств СВР на НС позволяют визуализировать в пространстве поверхности объекта, графически отображать и адаптировать переменные в допустимых пределах их значений.

Кроме того, существенно расширяются возможности моделей,

оптимизируется идентификация СВР в условиях априорной недостаточности, нестационарности процессов, параметрической неопределенности и отсутствия внешнего воздействия.

Разработаны два варианта модифицированных вычислительных схем обработки данных. В первом, регулирование переменных стохастической модели основывается на рекуррентной функции представления взаимосвязей «входы и выходы», а во втором идентификация СВР по стохастической модели оптимизируется за счет регулирования переменных вычислительных схем компонентов и алгоритмов обучения НС. При этом сеть содержит в скрытых слоях фиксированное число нейронов и заранее известную функцию активации. Для получения вычислительной схемы обучения НС решена задача линеаризации нелинейной функции и дискретной нелинейной системы уравнений.

Вычислительная схема обучения НС модифицирована по принципам синтеза модели динамического описания и механизмов регулирования следующих переменных: N -количество входов сети; h -число нейронов скрытого слоя сети; Z -количество выходов сети; Q -размер обучающего набора данных $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$; $c_j = (c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jN})$ -координата центра активационной функции j -го нейрона скрытого слоя сети; σ_j -ширина окна активационной функции j -го скрытого слоя НС.

Разработан обобщенный алгоритм обучения сети, который включает процедуры коррекции правил, определения весов входных нейронов и вида функции активации. Для обучения НС предложено правило вида

$$w_{k+1} = w_k - [H_k + \eta I]^{-1} g_k,$$

где $H_k = J^T J$, $g = J^T e$; J -Якобиан, e -вектор ошибок; η -скалярная величина, I -единичная матрица.

В случае уменьшения значения функции ошибок, согласно предложенного правила, коэффициент η при обучении НС увеличивается в η^+ раз, в противоположном случае уменьшается в η^- раз. Для определения весов нейронов на выходе НС решается система уравнений вида

$$w^T = \Phi^{-1} D.$$

Для этого применен метод Гаусса-Ньютона при котором приходится формировать некоторую матрицу обращения. В вырожденном случае формируется матрица псевдообращения.

Разработаны два варианта обобщенных алгоритмов обучения НС. В первом, синтезированы вычислительные схемы предварительной обработки данных, сегментации СВР, описания по трендовым, авторегрессионным зависимостям, адаптивному сглаживанию, стохастическому моделированию, используется трехслойная НС с сигмоидальной и радиальной связями. Во втором, обобщенный алгоритм обучения НС модифицируется путем включения операторов фильтрации, перетрансляции свойств СВР,

регулирования весов элементов фильтра для устранения нестационарности, развёртки динамической сети, а также определения числа ступеней задержки фильтра в слое L с числом нейронов N^L .

Исследованы архитектуры 10^{-1} , 20^{-1} и 30^{-1} статических и динамических сетей. В скрытом слое НС в качестве функции активации используется гиперболический тангенс, а в выходном слое линейная функция активации.

Определено, что совмещение возможностей алгоритмов обработки данных при обучении НС приводит к существенному повышению устойчивости к ошибкам, сглаживанию нестационарности процесса, дисперсии не более 5%, значительному сокращению вычислительных затрат.

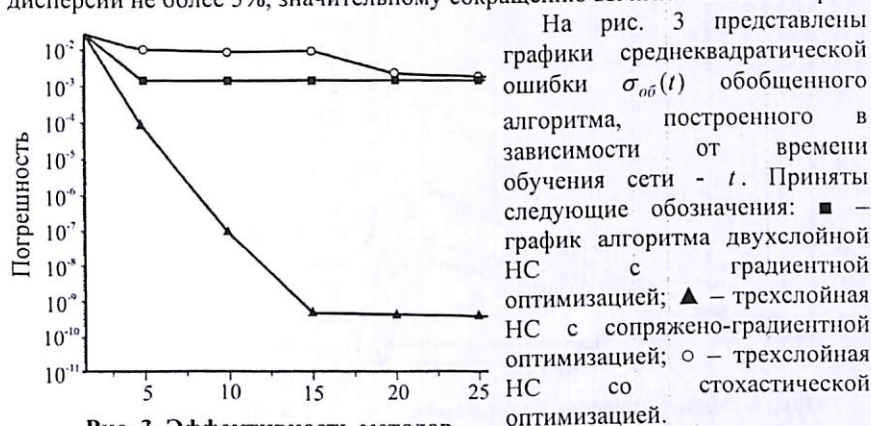


Рис. 3. Эффективность методов обучения НС

Обобщенные алгоритмы протестированы в среде MATLAB, поддерживаемой многофункциональной платой типа PCI 6025E.

В четвертой главе диссертации «Программный комплекс оптимизации обработки данных на основе использования свойств непрерывных объектов и нейронных сетей» разработан многомодульный, проблемно-ориентированный программно-алгоритмический комплекс (ПАК), который для оптимизации обработки данных основан на механизмах отбора информативных элементов СВР, контроля достоверности данных, регулирования переменных моделей, использования статистических параметров данных, динамических характеристик информации, свойств НС при решении задачи прогноза в различных предметных областях.

Адаптированное программное обеспечение ПАК включает модули ввода, представления, преобразования, трансформации входных данных, оптимизации обучения НС, регулирования параметров вычислительных схем компонентов сети.

Интерфейс комплекса обеспечивает взаимодействие с пользователем посредством многоуровневого меню и кнопок на панелях экранных форм.

Для применения в исследуемой предметной области программный модуль обобщенного алгоритма ориентирован на сглаживание СВР по

точечным моделям кубических сплайнов в среде параллельных вычислений CUDA с аппаратно-программными средствами GPU, реализованный на языке C++ для работы в режиме с одним ядром двоядерного процессора AMD Athlon 64X2 4800+.

На рис. 4 сравнена эффективность обобщенных алгоритмов, оцениваемая по коэффициенту K выигрыша точности обработки данных, который задается в виде отношения дисперсии процесса к среднеквадратической погрешности сглаживания при различных моделях. По оси абсциссы измеряется N объем обрабатываемой информации.

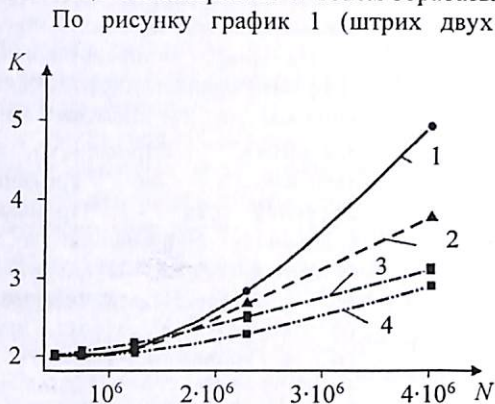


Рис.4. Эффективность алгоритмов

благодаря реализации по такому подходу скорость доступа к разделяемой памяти будет превосходить скорость доступа к глобальной примерно на два порядка.

Кроме того, применение разделяемой памяти значительно ускоряет расчет, реализуется процедура блочной загрузки данных. Двумерная индексация по параллельным потокам в 1,5-1,8 раза сокращает время обработки данных.

В табл. 1 приведены результаты сравнительного анализа эффективности рекомендованных к реализации в исследуемой предметной области алгоритмов по коэффициентам выигрыша в точности, трудоемкости и стоимости обработки данных. Благодаря применению алгоритмов точность обработки данных повышается до двух и трех порядков; показатели трудоемкости и стоимости снижаются в пять-шесть раз по сравнению со значениями показателя системы пакетной обработки данных.

Разработана методика расчета экономической эффективности внедрения ПК в деятельности различных предприятий Самаркандской области. Адаптированное программное обеспечение ПАК реализовано в конкретных предметных областях. Описание возможностей программных средств, модулей и комплексов изложено в соответствующих аннотациях свидетельств Агентства интеллектуальной собственности РУз.

Таблица 1.

Сравнительный анализ эффективности алгоритмов оптимизации обработки данных

№	Алгоритмы обработки данных	Значения критериев эффективности				Адаптируемые параметры
		Погрешности обработки данных – $\sigma_{\text{п}}$	Снижение погрешности $K_{\text{С}} = \sigma_{\text{п}} / \sigma_{\text{д}}$	Снижение трудоемкости обработки данных – $K_{\text{ТП}}$	Снижение стоимости обработки данных – $K_{\text{СП}}$	
1	2	3	4	5	6	7
	Пакетный режим обработки информации	10^{-1}	100	1	1	Визуальная
	Статистическое описание объектов и оптимизация на основе механизмов извлечения С-свойств информации					
...	Отбор информативных элементов СВР	$3 \cdot 10^{-3}$	30	2	2	статистические
	Контроль достоверности передачи и обработки данных	$5 \cdot 10^{-3}$	500	2,7	2	пороговые границы
	Регулирование и настройка переменных	$7 \cdot 10^{-4}$	700	3,2	3	коэффициент регрессии
	Динамическое описание объектов и оптимизация на основе механизмов извлечения D-свойств информации					
	Отбор информативных элементов СВР	$1,5 \cdot 10^{-4}$	150	2,8	2	коэффициент корреляции
	Контроль достоверности передачи и обработки данных	$7 \cdot 10^{-4}$	700	3,2	3	адаптивные границы
	Регулирование и настройка переменных	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1500	6	6	коэффициент регрессии
	Модифицированные вычислительные схемы оптимизации на основе механизмов извлечения U-свойств ИС					
...	Адаптация ширины окон активационных функций, числа слоев, нейронов в слоях, весов нейронов	$1,5 \cdot 10^{-4}$	150	2,8	2	вычислительные схемы компонентов
...	совмещение динамических когнитивных моделей и ИС	$7 \cdot 10^{-3}$	70	3	3	параметры алгоритма обучения
...	алгоритмы обучения ИС, рекуррентного представления, обращения матриц и сопряженный градиент	$1,5 \cdot 10^{-5}$	150	2,8	4	параметры алгоритма обучения
	Обобщенные варианты	$1,7 \cdot 10^{-6}$	1700	7	7	Переменные вычислительных схем обучения ИС

Определено, что экономический эффект от внедрения ПК на предприятии электросети Акдарьинского района Самаркандской области достигается по результатам обработки данных. Программные средства ПК апробированы также в полном объеме по данным задач оперативного управления и прогнозирования в деятельности АО «Самарканддонмахсулот», в филиал Самарканд АО «Узбектелеком». Программные модули ПАК реализованы в деятельности учебного, научного отделов, центра информационных технологий СамГУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты диссертационного исследования по теме: «Методы и алгоритмы оптимизации обработки данных на основе свойств непрерывных объектов и нейронной сети» сводятся к следующим основным выводам:

1. Разработаны конструктивные подходы, принципы, модели описания СВР, механизмы отбора информативных элементов, контроля достоверности данных, регулирования переменных и модифицированные схемы НС, которые в совокупности составляют научно-методические основы оптимизации обработки данных для поддержки систем принятия управленческих решений.

2. Предложены решения задач на основе широкого спектра моделей описания СВР и алгоритмов обработки данных с использованием механизмов извлечения информационно-статистических, динамических и специфических характеристик и нахождения границ контроля погрешности.

3. Разработаны модели и алгоритмы с механизмами фильтрации нестационарных составляющих СВР, случайных всплесков и регулирования переменных, программные модули которых протестированы при условии ограниченности первичных сведений, неопределенности, воздействия внешней среды. Установлено, что благодаря их применению достигается уменьшение значения коэффициентов трудоемкости и стоимости обработки информации в 5-6 раз.

4. Реализована эффективная схема построения высокоточного идентификатора с механизмом нелинейной фильтрации СВР, которая совмещается с вычислительными схемами НС различной топологии, стохастическими моделями, алгоритмами обучения НС с операторами развёртки и настройки динамических сетей для прогнозирования нестационарных объектов.

5. Разработан программно-алгоритмический комплекс обработки информации, который реализован в среде параллельных вычислений «CUDA» на основе алгоритмов синтеза вычислительных схем трехслойной НС, трех, пятиточечных моделей кубических сплайнов, механизмов модифицированного обучения сети и оптимизации обработки данных. Доказано, что благодаря его применению значения относительной среднеквадратической погрешности уменьшается до трех порядков.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27.06.2017.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

SAMARKAND STATE UNIVERSITY

KHOLMONOV SUNATILLO MAKHMUDOVICH

**METHODS AND ALGORITHMS FOR OPTIMIZING OF DATA
PROCESSING ON THE BASIS OF PROPERTIES OF CONTINUOUS
OBJECTS AND NEURAL NETWORK**

05.01.02 – System analysis, management and information processing

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

Tashkent–2019

The theme of dissertation 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 B2017.2.PhD/T190

The dissertation has been prepared at the Samarkand State University.

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

Scientific adviser:

Jumanov Isroil Ibragimovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents :

Safarov Tashpulat
Doctor of Technical Sciences, Professor

Kabildjanov Aleksandr Sabitovich
Candidate of Technical Sciences, Docent

Leading organization:

Tashkent State Technical University

The defense will take place "18" december 2019 at 16⁰⁰ the meeting of Scientific Council № 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 can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under № A/2602) (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (99871) 238-64-43, Fax: (99871) 238-65-52).

Abstract of the dissertation sent out on "5" december 2019 y.
(mailing report № 20 on "19" november 2019 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. Rakhmatullaev
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. The aim of the study is to develop models, methods and software-algorithmic complexes for optimizing the processing of data of non-stationary objects based on use of information and neural networking properties, as well as the implementation of results in various subject areas.

The object of the research work. Information processes in conditions of insufficient primary information, nonstationarity, uncertainty and inaccuracy of data.

The scientific novelty of the research work is as follows:

proved the effectiveness of data processing optimization algorithms in the system of managerial decision-making, the development of mechanisms for regulating variables and the identification of random time series;

improved methods and algorithms for optimizing of data processing on the basis of properties of continuous objects and neural network;

description mechanisms have been developed based on the extraction of statistical parameters, dynamic properties, informative elements of the time series, the synthesis of a wide range of models for ensuring the reliability of information;

computational schemes for multilayer, three-layer and radial basis networks have been improved.

Implementation of the research results. The scientific significance of the results of the study of models, algorithms and software systems for processing information with mechanisms for selecting informative features, monitoring the reliability of information, regulating variables and optimizing for solving the problems of forecasting technical and economic indicators of production:

the developed models, algorithms and software systems for processing information with mechanisms for selecting informative elements, monitoring the reliability of information, regulating variables and optimizing were introduced at JSC "Samarkanddonmahsulot" (reference of JSC "Uzdonmahsulot" dated May 6, 2019, № 5-3/54-918). As a result, the accuracy of identifying random time series and information processing is increased by three orders of magnitude, the complexity and cost of information processing are reduced 7-8 times. Mechanisms to increase the reliability of information, segmentation, filtering, selection of informative elements, variable control, description of random time series, material costs for production can be reduced by an average of 8-9%;

the developed models and optimization algorithms for technical and economic indicators of production were introduced at JSC "Uzbektelecom" of the Samarkand branch (reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of June 10, 2019, № 33-8/3952). As a result, it became possible to increase the accuracy of identifying random time series and processing information by three orders of magnitude, reduce the values of labor-intensiveness coefficients and the cost of processing information by 7-8 times, and the material costs of production by an average of 20%;

the developed models, algorithms and software systems for processing information with mechanisms for selecting informative elements, monitoring the reliability of information, regulating variables and optimizing for solving the problems of forecasting technical and economic indicators of production have been introduced at the electric enterprises of the Akdarya district, Samarkand region (reference of the JSC "Regional Electric Networks" September 30, 2019, № 01-02/331). As a result, the error in identifying random time series in trending models decreases by 30%, autoregressive by 47%, adaptively smoothing by 52%, sliding regression by 58%, the accuracy of the information is increased by two orders of magnitude, and the forecast accuracy of the energy consumption indicator is 97%.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and appendix. The volume of the thesis consists of 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Контроль погрешности сглаживания нестационарного процесса на основе CUDA при обучении нейронной сети // Журнал «Химическая технология. Контроль и управление» - Ташкент, 2009. - № 5. - с. 46-51. (05.00.00; № 12).
2. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Алгоритмы контроля погрешности обучения нейронной сети по эмпирическим интервальным оценкам // Журнал «Химическая технология. Контроль и управление». - Ташкент, 2009. - № 6. - с. 41-46. (05.00.00; № 12).
3. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Интервальный метод скользящего контроля погрешности обучения нейронной сети // Журнал «Вестник ТашГТУ». - Ташкент, 2010. - №1-2. - с. 37-40. (05.00.00; № 16).
4. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Определение погрешности сглаживания нестационарного процесса на основе циклического многосеточного метода // Журнал «Вестник ТашГТУ». - Ташкент, 2010. - №3. - с. 34-36. (05.00.00; № 16).
5. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Оптимизация идентификации и сглаживания нестационарного процесса на основе CUDA // Журнал «Вестник ТашГТУ» Ташкент, 2010. - №1-2. - с. 15-18. (05.00.00; № 16).
6. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Оптимизация обучения нейронных сетей на основе функций принадлежности признаков к интервалам характеристик обучающего подмножества // Журнал «Вестник ТУИТ», Ташкент, 2011. - №2. - с. 13-19. (05.00.00; № 31).
7. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Оптимизация обучения нейронной сети на основе адаптации параметров обучающей выборки и синтеза структуры // Журнал «Вестник ТУИТ», Ташкентский университет информационных технологий. - Ташкент, 2011. - №2. - с.12-17. (05.00.00; № 31).
8. Джуманов И.И., Холмонов С.М. Оптимизация обучения нейросетевой системы обработки данных на основе статистических свойств информации // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики», Изд. «Фан» АН РУз, - Ташкент, 2011. - №3. - с.50-56. (05.00.00; № 5).
9. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Модель и алгоритмы отбора информативных признаков на основе сглаживания данных нестационарных объектов сплайн-функциями // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики», Издательство «Фан» АН РУз, Ташкент. - №1, 2016. - с.13-19. (05.00.00; № 5).
10. Джуманов И.И., Холмонов С.М. Оптимизация идентификации нестационарных объектов на основе сегментации временных рядов и настройки параметров нейронной сети // Журнал «Вестник ТУИТ»,

Ташкентский университет информационных технологий. - Ташкент, 2016. - №4(40)/2016. - с. 32-41 (05.00.00; № 31).

11. Холмонов С.М. Обобщенный алгоритм настройки параметров нестационарных объектов и обучения нейронной сети для оптимизации обработки данных // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики», Издательство «Фан» АН РУз, Ташкент. - №5, 2016. - с.58-65. (05.00.00; № 5).

12. Холмонов С.М. Оптимизация обработки данных на основе моделированного обучения нейронной сети и сегментации случайных временных процессов // Журнал «Проблемы информатики», Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск. Российская Федерация. № 1(34), 2017. - с. 52-61 (05.00.00; №67).

13. Djumanov O.I., Kholmonov S.M. The modified model of training of neural networks in computer industrial systems with modules for nonstationary objects images processing // Journal of Korea Multimedia Society, Chemical Technology. Control and Management. South Korea, Seoul – Uzbekistan, Tashkent – 2016, № 5. p.54-58.

14. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Алгоритмы контроля погрешностей сглаживания при обучении нейросетевых систем обработки данных нестационарной природы // Журнал «Актуальные проблемы современной науки», «Спутник+», Москва, 2009. - №6 (50). - с. 185-191.

15. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Сглаживание данных обучающего подмножества нейронной сети на основе сплайн-функций // Журнал «Техника и технология», «Спутник+», Москва, 2009. - №6. - с. 36-41.

16. Djumanov O.I., Kholmonov S.M. Methods and algorithms of selection the informative attributes in systems of adaptive data processing for analysis and forecasting // “Applied Technologies and Innovations”, Prague Development Center. – Prague, 2012. – Volume 8, November 2012. – pp.45-55.

17. Холмонов С.М. Сглаживание динамического процесса сплайн-функциями при обучении нейросетевой системы обработки данных // «Илмий тадқиқотлар ахборотномаси» журнал, СамДУ, - Самарқанд, 2010. - №1 (59). - 25-30 б.б.

18. Холмонов С.М. Повышение устойчивости обучения нейросетевых систем адаптивной обработки данных нестационарного процесса // «Илмий тадқиқотлар ахборотномаси» журнал, СамДУ, – Самарқанд, 2010. - №3 (61). – 34-38 б.б.

19. Жуманов И.И., Холмонов С.М. Рекуррентное обучение нейронной сети на основе оптимизации формирования обучающего подмножества // «Илмий тадқиқотлар ахборотномаси» журнал, СамДУ, – Самарқанд, 2010. - №5 (63). – 14-20 б.б.

20. Холмонов С.М. Алгоритмы стохастического обучения нейросетевой системы обработки данных на основе кластеризации признакового

пространства // «Илмий тадқиқотлар ахборотномаси» журнал, СамДУ, – Самарқанд, 2010. – №5 (63). – 33-38 б.б.

21. Холмонов С.М. Методы и алгоритмы оптимизации обучения нейросетевых систем на основе информационных характеристик данных // «Илмий тадқиқотлар ахборотномаси» журнал, СамДУ, - Самарқанд, 2011. - №1 (65). – 31-36 б.б.

22. Холмонов С.М. Проектирование программно-алгоритмических комплексов обработки данных на основе гибридных моделей идентификации нестационарных объектов // «Илмий тадқиқотлар ахборотномаси» илмий-назарий, услубий журнал. – Самарқанд: СамДУ. - №5 (93), 2015. – с. 35-42.

23. Холмонов С.М. Обучение нейросетевой сети прозрачной структуры для анализа и прогнозирования слабоформализуемых процессов нестационарного процесса // “Ёш математикларнинг янги теоремалари – 2009” Республика илмий анжуманининг материаллари, НамДУ, 6-7 ноябрь 2009 й., 45-47 б.б.

24. Холмонов С.М. Программный комплекс обработки многомерных данных сплайн функциями при обучении нейросетевых систем // Материалы научно-практической конференции, «Актуальные проблемы математики и информатики», 30 июня 2010 г., СВВАКИУ, Самарқанд, с. 80-87.

25. Olimjon I. Djumanov, Sunatillo M. Holmonov. The threshold errors control while learning of casual processes data processing neuronetworking system // Sixth World Conference on Intellectual Systems for Industrial Automation, Uzbekistan, TSTU. - Tashkent, 2010. – p.p. 248-253.

26. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Оптимизация обучения нейросетевой системы обработки информации при распознавании и прогнозировании нестационарных объектов // 4-th International Conference on Application of Information and Communication Technologies, Tashkent, 12-14 october 2010, 978-1-4244-6904-8/10/\$26.00 ©2010 IEEE.

27. Холмонов С.М. Интеллектуальная система организации и управления энергоресурсами в инфраструктуре малого бизнеса и предпринимательства региона // Материалы респ. научно-практ. конф. «Проблемы развития малого бизнеса, основанного на научных достижениях и инновационных технологиях, взглядом молодых ученых», 3 марта 2011 г., АН РУз. - Ташкент, 2011 – с. 172-174.

28. Жуманов И.И., Холмонов С.М. Optimization of neuronetworking processing of nonstationary processes data by methods of parallel computing // Proceedings international training-seminars on mathematics, SamSU and Malaysian Mathematical sciences society, Samarkand, 2011, p.p. 111-113.

29. Холмонов С.М. Контроль погрешностей обучения нейронной сети на основе доверительных интервалов функционала риска // Сб. статей межд. науч.-практ. конф. «Проблемы формирования и внедрения инновационных технологий в условиях глобализации», 22-24 сентября 2010 г, Ташкент, ТГТУ, 2011, с.21-24.

30. Djumanov O.I., Kholmonov S.M. Method of the errors control for optimization of learning of neuronetworking system of non-stationary information processing // In proceedings of the Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, 25-27 November, 2012. – Tashkent, Uzbekistan, 2012. – P.186-192.

31. Djumanov O.I., Kholmonov S.M. Selection of informative attributes at data processing of non-stationary objects on a basis of cognitive analysis and neural network // The International Scientific Conference “Modern problems of applied mathematics and information technologies – Al-Khorezmiy 2012”, Volume № 2, 19-22 December, National University of Uzbekistan. - Tashkent, 2012. – p.p. 87-90.

32. Холмонов С.М. Интеллектуальная система анализа и обработки данных нестационарных объектов для виртуальных стендов производственных процессов // Материалы научной конференции «Теоретико-методические проблемы повышения качества и эффективности непрерывного образования», 21-22 ноября 2012, СамГУ. – Самарканд, 2012. – с.49-51.

33. Холмонов С.М. Оптимизация обработки данных на основе методов отбора информативных признаков для прогнозирования нестационарных объектов // Материалы X-й Международной научно-практической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации», 19-23 марта 2013 г., Курск 2013. с. 264-269.

34. Холмонов С.М. Алгоритмы анализа и прогнозирования регионального электропотребления на основе моделей нейронных сетей // Труды X Международной Азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем», 25 июля – 5 августа 2014 г., Кыргызская Республика, Иссык-Кульская область, с. Булан-Соготу – Алматы, 2014 - с. 699-704.

35. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Узлуксиз табиатдаги маълумотларга нейротармоқли ишлов бериш тизимидан фойдаланувчилар интерфейсини лойиҳаловчи дастурий мажмуа // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ, Государственное патентное ведомство РУз, № DGU 01841, 07.10. 2009 г.

36. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Нейрон тармоғини ўргатишдаги ноаниқликларни тескари тарқатиш асосида микрообъектларни таниш дастурий тизими // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ, Государственное патентное ведомство РУз, № DGU 01839, 07.10. 2009 г.

37. Джуманов О.И., Холмонов С.М. Нейрон тармоғини ўргатиш тўпламини шакллантиришда ностационар табиатли маълумотларни идентификациялаш хатоларни назорат қилиш дастури // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ, Государственное патентное ведомство РУз, № DGU 01838, 07.10. 2009 г.

38. Джуманов О.И., Зарипова Г.И., Холмонов С.М. Система формирования признаков нестационарных объектов для распознавания изображений и контроля достоверности технологических параметров // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ, Агентство по интеллектуальной собственности РУз, №DGU 02695, 24.01.2013

Автореферат «Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари» илмий
журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз
тиллардаги матнлари мослиги текширилди.

Бичими 60x84¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи 2.5. Адади 100 нусха. Буюртма № 95.

Гувоҳнома реестр №10-3719.
«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.