

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЬИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2021.Т.142.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЬИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

ДОШАНОВА МАЛИКА ЮЛДАШОВНА

**ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИ
БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИДА ҚАРОРЛАРНИ ҚАБУЛ ҚИЛИШ
УСУЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.02 – Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

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

Тошкент – 2022

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

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

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

Дошанова Малика Юлдашовна

Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни бошқариш тизимларида
карорларни қабул қилиш усуллари ва алгоритмлари 3

Дошанова Малика Юлдашовна

Методы и алгоритмы поддержки принятия решений в системах
управления технологическими процессами и производствами 21

Doshchanova Malika Yuldashovna

Methods and algorithms for decision support in control systems of technological
processes and production 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 42

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЬИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХҰЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2021.T.142.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЬИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

ДОШАНОВА МАЛИКА ЮЛДАШОВНА

**ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИ
БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИДА ҚАРОРЛАРНИ ҚАБУЛ ҚИЛИШ
УСУЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.02 – Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

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

Тошкент – 2022

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.4.PhD/T505 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Гулямов Шуҳрат Манапович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Исмаилов Мирхалил Агзамович
техника фанлари доктори, профессор

Тўхтаназаров Дилмурод Солижонович
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

Етакчи ташкилот:

Тошкент кимё-технология институти

Диссертация химояси Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги DSc.13/30.12.2021.Т.142.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 й. «20 » 05 да соат 16⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек тумани, Бўз-2 мавзеси, 17А-йй. Тел.: (99871) 263-41-98, e-mail: info@arii.uz).

Диссертация билан Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (6 рақам билан рўйхатга олинган) (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек тумани, Бўз-2 мавзеси, 17А-йй. Тел.: (99871) 263-41-98).

Диссертация автореферати 2022 йил «29 » 04 да тарқатилди.
(2022 йил «18 » 04 даги 5 рақамли реестр баённомаси).

com


Н.С. Маматов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Ж.Нуралиев

Ф.М. Нуралиев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари доктори, доцент

Р.Х. Ҳамдамов

Р.Х. Ҳамдамов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий бошқарув тизимлари параметрик, адаптив ва мултиплекатив характердаги ички ва ташқи тасодифий безовта қилувчи таъсирлар шароитида ишлайди. Мураккаб объектларни тезкор-башоратловчи бошқарув тизимларида қарорлар қабул қилишни қўллаб-қувватлаш муаммоси ахборот ва компьютер технологияларининг кучли ривожланиши билан ифодаланиб, оптималлаштириш ва қарор қабул қилиш алгоритмларини ишлаб чиқиш ҳамда бошқариш тизимларини яратиш муҳим масалалардан бири хисобланади. Жаҳоннинг бир қатор мамлакатларида, хусусан Швейцария, АҚШ, Германия, Франция, Япония каби давлатларда тезкор-башоратловчи бошқарув тизимларида қарорлар қабул қилишни қўллаб-қувватлашнинг назарий ва амалий масалаларини ечишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда бугунги кунда ишлаб чиқаришни тезкор-башоратловчи бошқарув билан бирга келадиган ноаниқлик шароитида бошқарув қарорларини қабул қилишни қўллаб-қувватлаш усуллари ва алгоритмлари сезиларли ўзгаришларга учради ва натижада бир қатор янги ишланмаларга олиб келди. Мураккаб жараёнлар учун бошқарув тизимларини тизимли ва параметрик таҳлил қилиш ва синтез қилишга ёндошувлардан бири бу реал вақтда ташқи ва ички маълумотларнинг ноаниқлик шароитида кўп ўлчовли ва кўп тармоқли объектларни бошқариш имконини берадиган башоратловчи моделлардан фойдаланган ҳолда бошқариш технологиясидир.

Шу муносабат билан, нефтни қайта ишлаш саноат курилмалари мисолида мураккаб жараёнларни тезкор-башоратловчи бошқарув шароитида қарорлар қабул қилишни қўллаб-қувватлаш учун илғор бошқарувни жорий этиш муаммоси шубҳасиз долзарб хисобланади.

Республикамизда иқтисодий, ижтимоий, халқ хўжалиги ва бошқа соҳаларида норавшан қоидалар, эксперт тизимлар, норавшан тўпламлар ва нейрон тармоқлардан фойдаланган ҳолда обьект, ҳодиса ва жараёнларни бошқариш, ҳолатини баҳолаш ва башоратлаш масалаларини ечиш орқали сезиларли натижаларга эришилиб, жумладан тўлиқ бўлмаган ахборотни қайта ишлаш асосида технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни бошқариш тизимларида қарорларни қабул қилиш тизимларини ишлаб чиқиш чора тадбирлари белгиланган. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан янгилаш, ишлаб чиқариш, транспорт-коммуникация ва ижтимоий инфратузилмадаги лойиҳаларни амалга оширишга қаратилган актив инвестиция сиёсатини олиб бориш, ...саноатнинг юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори кўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш бўйича жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш

орқали янада модернизация ва диверсификация қилиш»¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, бир қанча алгоритмик тизимларнинг қарорлар қабул қилиш жараёнига қўмаклашувчи такомиллаштирилган бошқарув масалаларини қўллаб қувватловчи, мураккаб иерархик тузилишга эга бўлган, тезкор-башоратловчи бошқарув тизимларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 30 июндаги ПФ-5099-сон «Республикада ахборот технологиялари соҳасини ривожлантириш учун шарт-шароитларни тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида»ги 2010 йил 15 декабрдаги ПҚ-1442-сонли «2014–2015 йилларда Ўзбекистон Республикасини саноатни ривожлантиришнинг устувор йўналишлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-хуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишинг устувор йўналишларига мослиги. Ушбу тадқиқот иши фан ва технологиялари ривожланишинг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналишига мос равишда бажарилди.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда нефтни дастлабки қайта ишлаш энг муҳим каталитик жараёнлардан бири ҳисобланади. Нефтни дастлабки қайта ишлаш қурилмаларининг назарий асослари ва уларни бошқариш масалалари, қурилмада юз берадиган жараёнларни математик моделлаштириш, оптималлаштириш ва тезкор-башоратловчи бошқарув масалалари Л.Н.Багдасаров, П.А.Борисов, С.И.Пинейро, Ж.Л.Фернандес, Л.Домингос, Р.А.Алиев, Ю.Н.Хижняков, Т.С.Леготкина, Ю.П.Лукашин, Ж.С.Ахари, Ж.Х.Ли, С.А.Ахметов, И.В.Анисимов, Э.С.Докучаев, А.Б.Пашаева каби хорижий олимларнинг тадқиқотлари бағишлиланган.

Республикамизда М.М.Камилов, Н.Р.Юсупбеков, Т.Ф.Бекмурадов, Х.З.Игамбердиев, А.Р.Марахимов, Д.Т.Мухамадиева, М.А.Рахматуллаев, А.А.Кадиров, М.А.Исмаилов, М.М.Арипов, Ф.Т.Адилов, О.Ж.Бабомурадов ва бошқалар мураббак объектларини бошқаришда нейрон тўрлар, норавшан продукцион моделларни ва ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишга катта ҳисса кўшишди.

Ҳозирги кунда таҳлил шуни кўрсатадики, мураккаб тузилишга эга бўлган қўп боғланишли ва қўп ўлчовли объектларни бошқариш тизимнинг назорат қилинадиган параметрлари бўйича чекловлар доирасидаги

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

ноаниқлиқ шароитида ва реал вакт режимида жараёнларни оптималлаштириш масалалари етарлича ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг ОТ-Ф1-080-сонли «Мураккаб технологик жараёнлар ва тармоқлар учун интеллектуал бошқарув тизимларини яратиш концепцияси ва тамойилларини ишлаб чиқиши» (2007-2011), Ф-4-56-сонли «Норавшан ва кўплик кўринишига асосланган мураккаб технологик объектларни интеллектуал бошқарув тизимларини тузилмали-параметрик синтез қилиш усулини ва назарий асосларини ишлаб чиқиши» (2012–2016) ва Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг БВ-М-Ф4-09 «Норавшан мухитда мураккаб тузилмали ахборотларга ишлов бериш, таниб олиш ва башоратлашнинг баҳоларини ҳисоблаш алгоритмлари мантиқий-эвристик синфига асосланган интеллектуал тизимлари» (2018-2020) мавзули лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади мураккаб жараёнларни бошқариш тизимларида тезкор-башоратловчи бошқарув қарорларини қабул қилишга кўмаклашиш усули, алгоритми ва дастурий воситасини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мураккаб жараёнли ишлаб чиқаришни тезкор-башоратловчи бошқарувда қарорлар қабул қилишга кўмаклашишнинг назарий ҳамда амалий ҳолатини таҳлил қилиш, янада такомиллаштириш истиқболларини аниқлаш;

нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёни статикаси ва динамикасини параметрли идентификациясини ишлаб чиқиши;

мураккаб объектларнинг умумлаштирилган моделлари тузилиши ва параметрларини нейрон идентификациялашини ишлаб чиқиши;

нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёнининг дастлабки босқичларида мураккаб объектни моделлаштириш, идентификация қилиш ҳамда тезкор-башоратловчи бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқиши;

нефтни дастлабки қайта ишлаш қурилмасининг оптимал технологик режимларини танлаш бўйича қарорларни қабул қилишга кўмаклашувчи алгоритм ва дастурий воситани ишлаб чиқиши.

Тадқиқотнинг объекти нефтни қайта ишлаш жараёнини тезкор-башоратловчи бошқарув бўйича қарорлар қабул қилишга кўмаклашувчи тизимлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида мураккаб жараёнлар ва тизимларнинг тезкор-башоратловчи бошқарув усуллари, моделлари ва алгоритмлари олинган.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотни олиб боришда бошқарувнинг замонавий назарияси, мураккаб жараёнларни математик моделлаштириш ва

оптималлаштириш, қарорлар қабул қилиш назарияси, сунъий интеллектнинг усуллари ва алгоритмларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қўйидагилардан иборат:

нефтни дастлабки қайта ишлашнинг мураккаб жараёнларини бошқариш тизими учун нейро-норавшан модель ишлаб чиқилган;

нефтни дастлабки қайта ишлаш қурилмаларининг иш режими параметрларини оптималлаштириш алгоритми ишлаб чиқилган;

норавшанлик шароитида адекватликни таъминловчи моделни параметрик идентификациялашнинг нейро-итератив усули таклиф қилинган;

бошқарув объектининг нейро-норавшан моделларига асосланган тезкор-қисқа муддатли башоратлаш бошқарув алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қўйидагилардан иборат:

интеллектуал тезкор-башоратловчи бошқарув обьекти сифатида нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёнини ўрганиш бўйича ҳисоблаш тажрибаси методикаси таклиф қилинган;

нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёнларини моделлаштириш, оптималлаштириш ва бошқариш бўйича ҳисоблаш экспериментлари усулларини ишлаб чиқиши, тезкор-башоратловчи бошқарув бўйича қарорларни қабул қилиш процедураларини амалга ошириш мақсадида олинган моделларнинг реал жараёнларга мослиги аниқланган;

объектнинг параметрлари ва ҳолатини башоратлашни амалга оширадиган дастурлаштириладиган мантиқий контроллер ишлаб чиқилган;

таклиф қилинган нейро-норавшан башоратловчи алгоритмлар ва такомиллаштирилган тезкор-башоратловчи бошқарувнинг интеллектуал бошқарув тизимлари таркибида уларни компьютерда амалга ошириш ва автоматик ёки супервизор режимида бирлаштиришга имкон берадиган шаклга келтирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги таклиф этилган икки поғонали тизим асосида бошқарув қарорларини қабул қилишга кўмаклашиш орқали саноат корхоналарида тажрибалар ўтказиш орқали қурилмадаги кўрсаткичлар ва моделлаштириш бўйича олинган кўрсаткичлар таққосланганлиги, таклиф қилинаётган алгоритмлар ва қурилмадаги ҳақиқий кўрсаткичлар орасидаги фарқ 0,5–1,4% атрофидалиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти нейро-норавшан башоратловчи моделлари асосида қисқа муддатли тезкор-башоратлаш асосида мураккаб жараёнларнинг тезкор-башоратловчи бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқилганлиги билан белгиланади.

Ишнинг амалий аҳамияти шундан иборатки, эксперт баҳолашлари асосида ўрганилаётган обьектларнинг нейро-норавшан моделларини қуриш усуллари, таклиф этилаётган моделларнинг тузилмали-параметрик идентификациялаш, башоратловчи бошқарувнинг мураккаб конунларини амалга ошириш алгоритмларини амалга ошириш ва мураккаб жараёнларнинг технологик режимларини оптималлаштириш учун хизмат қиласи.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Тадқиқот ишида нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёнларини бошқариш тизими самарадорлигини ошириш учун ишлаб чиқилган моделлар, алгоритм ва дастурий воситалар:

нейро-норавшан модель асосида бошқарув қарорларини қабул қилишга кўмаклашишнинг тезкор башоратлаш механизми самарадорликни ошириш мақсадида «Чиноз НҚЗ» МЧЖга жорий қилинди (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 24 ноябрьдаги №33-8/7049-сон маълумотномаси). Натижада нефт маҳсулотлари ҳолати мониторинги асосида қарор қабул қилиш жараёни самарадорлиги 8 %га ошириш имконини берган;

нефтни дастлабки қайта ишлашнинг математик модели, моделнинг нейрон параметрик идентификацияси ва дастурий воситаси “UNICON-SOFT” МЧЖга жорий қилинди (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 24 ноябрьдаги №33-8/7049-сон маълумотномаси). Натижада диссертация ишланмаларининг ишлаб чиқариш фаолиятига қўлланилишида йиллик иқтисодий самарадорлик 35 млн. сўмни ташкил этган;

мураккаб динамик объектларнинг дастурлаштирилувчи мантиқий контроллерларини бошқарувчи дастурий воситаси “Black Rabbit” МЧЖга жорий қилинди (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 24 ноябрьдаги №33-8/7049-сон маълумотномаси). Натижада диссертация ишланмаларининг ишлаб чиқариш фаолиятига қўлланилишида йиллик иқтисодий самарадорлик 25 млн. сўмни ташкил этган;

нефтни қайта ишлаш саноатида бошқарув самарадорлигини оширишга йўналтирилган тизимларни лойихалашда дастурий восита “O’ZLITINEFTGAZ” АЖга жорий қилинди (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 24 ноябрьдаги №33-8/7049-сон маълумотномаси). Натижада бошқарув тизимида ахборотларни қайта ишлаш орқали умумий фаолиятининг фойдали иш коэффициенти йиллик 4-6 %га ўсиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг аprobацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 11 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 28 та илмий иш чоп этилган, улардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, улардан 2 таси хорижий ва 6 таси республика журналларида нашр қилинган, шунингдек 2 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 114 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмидә диссертация мавзусининг долзарбилиги асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари ифодаланган, объект ва предметлари белгиланган, илмий янгилиги келтирилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиниши ва апробацияси ҳақидаги маълумотлар келтирилган, нашр қилинган ишлар ва диссертацияни тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертацияни «Мураккаб объектларни тезкор-башоратловчи бошқарув тизимларида бошқарув қарорлари қабул қилишни қўллаб-куватлашнинг назарияси ва амалиятининг ҳозирги ҳолати» номли биринчи бобида ечилаётган илмий-техник муаммонинг ҳолатини аналитик шарҳи амалга оширилган ва уларни келгусида ривожлантириш ҳамда такомиллаштириш тенденциялари аниқланган. Сўнгги пайтларда мураккаб мажмуалар ва қурилмаларни бошқаришнинг юқори иқтисодий самарадорлигини таъминлаш мақсадида автоматлаштирилган бошқариш тизимлари ташкилий ва технологик турдаги бирлаштирилган яхлит ахборот бошқарув тизимларига бирлаштирилмоқда. Бундай тизимларнинг энг муҳим бўғинлари – бу мураккаб жараёнларни тезкор бошқарувни амалга оширадиган, юқори бошқарув даражасининг бошқарув қарорларини технологик кўринишга айлантирадиган ва ишлаб чиқариш жараёнларини башоратлаш муаммоларини ҳал қиласиган автоматлаштирилган тезкор-диспетчерлик тизимларида бошқарувни самарали амалга ошириш хисобланади.

Умуман олганда, башоратлаш обьекти бўлган стохастик жараённинг математик моделини қўйидагича ёзиш мумкин:

$$y = f(\bar{a}, \bar{x}) + \varphi(\bar{b}, \bar{x})\eta, \quad (1)$$

бунда $f(\bar{a}, \bar{x})$; $\varphi(\bar{b}, \bar{x})$ – мос равища вақт бўйича ҳосила олинадиган функциялар; \bar{x} – параметрларнинг t вақт бўйича берилган вектори; η – бу нол математик кутилишга эга бўлган тасодифий жараён; y – башоратланувчи катталик; (\bar{a}, \bar{b}) – қийматлари аниқланиши лозим бўлган параметрларнинг векторлари.

Бироқ, бошқарув циклида узлуксиз жараёнларнинг дискретизацияси туфайли уларни узлуксиз шаклда (1) намойиш этиш умуман қулай эмас. Амалий дастурларда дискрет стохастик жараённинг энг кўп ишлатиладиган шакли:

$$y_{i+1} = A_{i+1,i} + y_i + \eta_i,$$

бу ерда $A_{i+1,i}$ - жараённинг динамик хусусиятларини тавсифловчи ўтиш матрицаси, η_i - шовқин.

Алгоритмлар ва дастурлар умумий ҳолатда ушбу ўлчовлардан жараённинг ҳақиқий ҳолатини аниқлаш, дискрет вақт моментларига етиб бориш, уларни берилган билан таққослаш масаласини ҳал қиласи ва топилган хатога асосланиб, бошқариш таъсирларини ишлаб чиқади. Умумий

холда, самарали бошқарувни таъминлаш вазифаси турли хил бошқарув ҳаракатлари учун $\bar{\varepsilon}(t)$ бошқарув хатосини топишидир:

$$\eta_i \in R, i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Хар бир бошқарув таъсирини $\bar{\eta}_i = \{\eta_i^1, \dots, \eta_i^m\}$ амалга ошириш баъзи турдаги ресурсларнинг $\bar{C}_i = \{C_i^1, \dots, C_i^m\}$ харажатлари билан боғлиқ (материал, вақт, меҳнат ва х.к.), улар қуидаги чекловларга дуч келадилар:

$$\sum_{j=1}^n C_j^i \leq C^0, \quad (3)$$

бу ерда C^0 - бошқарув таъсирини амалга ошириш учун ажратилган ресурсларнинг чегара қиймати.

Бошқарув хатоси вектори

$$\bar{\varepsilon}(t) = \bar{g}(t) - \bar{x}(t),$$

га тенг, бу ерда $\bar{g}(t)$ - жараённинг идеал ҳолатининг вектори (мақсад вектори); $\bar{x}(t)$ - жараённинг ҳақиқий ҳолатининг вектори.

Қуидаги кўринишдаги функционалларни киритиб оламиз:

$$Q[\bar{\varepsilon}(t)] = Q[\bar{g}(t) - \bar{x}(t)] = F(\bar{\eta}_i), \quad i = \overline{1, m},$$

бу ерда Q - функционал шаклини белгилайдиган функция.

Унда бошқарувнинг мақсади берилган чекловлар (2), (3) остида $\bar{\varepsilon}(t)$ функционал хатонинг минимал қийматини таъминлайдиган $\bar{\eta}_i$ шундай бошқарувни топишидир, яъни

$$\min Q[\bar{g}(t) - \bar{x}(t)] = \min Q[\bar{\varepsilon}(t)]. \quad (4)$$

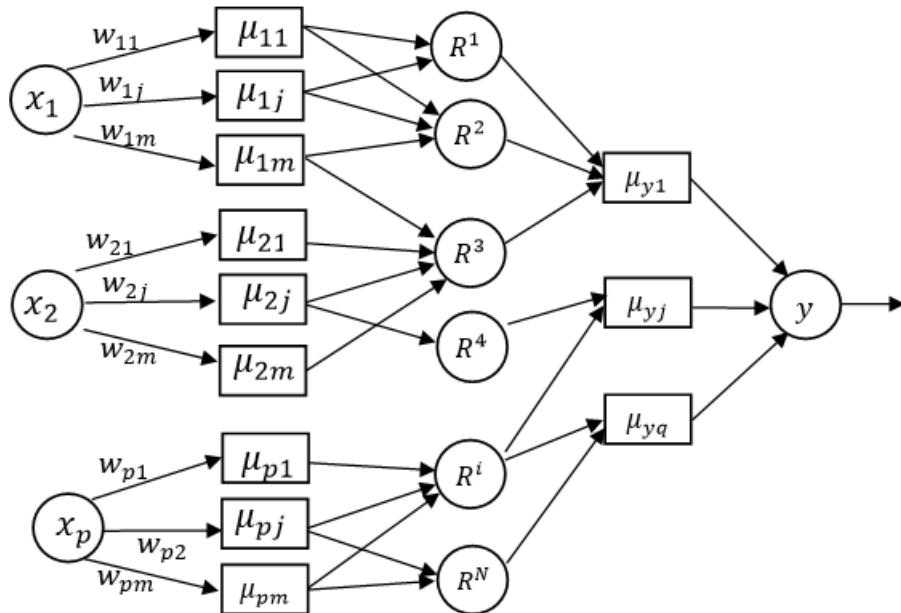
Бошқарув хатоси вектори (4) қанча кичик бўлса, бошқариш шунчалик самарали бўлади. Бошқарув обьектларида юзага келадиган ҳодисаларни ўз ичига олган мураккаб стохастик жараёнлар учун бошқарув қарорларини қабул қилишда қисқа муддатли тезкор башоратлашдан фойдаланиш режим параметрларининг олдиндан белгиланган қийматлардан исталмаган оғишларини бартараф этиш, илғор бошқарувни амалга ошириш ва шу билан функционал қийматини сезиларли даражада пасайтиришга имкон беради. Айнан бошқариладиган жараённинг тезкор башоратловчи натижалари энг яхши бошқарув тактикасини танлашга имкон беради, бу эса ўз навбатида ишлаб чиқариш ҳажми ва маҳсулот сифатининг ошишини таъминлайди.

Замонавий ахборот технологияларидан фойдаланган ҳолда юқори самарали ахборотни бошқариш тизимларини қуриш тушунчалари кўриб чиқилган. Ишлаб чиқариш жараёнларини қисқа муддатли тезкор башоратлашнинг мавжуд усуллари ва алгоритмларини компаратив (қиёсий) таҳлили ўтказилди, бошқарув тизимларида номувофиқликни башорат қилиш алгоритмларини амалга ошириш бўйича башоратли баҳоларнинг сифат мезонлари кўриб чиқилди.

Диссертациянинг «Мураккаб динамик обьектларнинг тезкор-башоратловчи бошқарув жараёнларини моделлаштириш» деб номланган иккинчи бобида тадқиқ этилаётган динамик обьектнинг қисқача тавсифи келтирилган. Углеводородли хомашёларни дастлабки қайта ишлаш жараёни учун тезкор-башоратловчи бошқарувнинг икки сатҳли тизими таклиф

этилган бўлиб, тизим ўзида норавшан билимларга асосланган, оптимал статик режим бўйича қарорларни қабул қилишнинг иерархик биринчи сатҳини ва генетик ёндашувга асосланган нейро-норавшан модели жараён динамикасини бошқариш саҳини акс эттиради.

Ўрганилаётган объектнинг нейро-норавшан моделини тузилиши 1-расмда келтирилган. Моделнинг биринчи кириш қатлами нопараметрик бўлиб, кириш сигналларининг тақсимланишини акс эттиради.



1-расм. Тадқиқот объекти гибрид моделининг нейро-норавшан тузилиши

Башоратловчи модельнинг иккинчи қатлами параметрик бўлиб, у қуйидаги муносабатлар билан тавсифланган Гаусс функциялари ёрдамида чаплаш операциясини бажаради:

$$\mu_{xp,m}^{(n)} = \exp \frac{-(x_p - c_{xp,m})^2}{2\sigma_{xp,m}^2},$$

Учинчи қатламда математик модел қоидалар генератори сифатида қўлланилади.

$$R^{(N)}: \text{if } x_1(k+j) \text{ is } \tilde{X}_1^{(N)} \text{ and } x_2(k+j) \text{ is } \tilde{X}_2^{(N)} \text{ if } x_p(k+j) \text{ is } \tilde{X}_p^{(N)} \text{ then } f_y^{(N)}(k+j)$$

Моделнинг сўнгги икки қатлами параметрсиз бўлиб, чиқишида чаплаш механизмини ташкил қиласди. Тўртинчи қатламда импликация операцияси ўртача оғирлик ёрдамида амалга оширилади:

$$\mu_{yq}^{(n)}(k+j) = \mu_{x_1,m}^{(n)}(k+j) * \mu_{x_2,m}^{(n)}(k+j) * \dots * \mu_{xp,m}^{(n)}(k+j)$$

Нейрон тармоғининг бешинчи қатламида қуйидаги ифода ёрдамида чиқадиган катталиктининг қийматини аниқлаш тўғрисида қарор қабул қилинади:

$$\hat{y}_M(k+j) = \frac{\sum_{i=1}^q f_y^{(i)}(k+j) \mu_y^{(i)}(k+j)}{\sum_{i=1}^q \mu_y^{(i)}(k+j)}$$

Бошқарув самарадорлигини аниқлаш учун чекловларга эга бўлмаган оптималликнинг мақсад мезонидан фойдаланилади.

$$J(u, k) = E \left\{ \sum_{j=N_1}^{N_p} (\hat{y}(k+j) - r(k+j))^2 + \rho \sum_{j=1}^{N_u} (\Delta \hat{u}(k+j-1))^2 \right\} \quad (5)$$

Оптималликнинг мақсад мезони матрицага айлантирилади:

$$J[k, U(k)] = [R(k) - \hat{Y}(k)]^T [R(k) - \hat{Y}(k)] + \lambda \hat{U}(k)^T \hat{U}(k).$$

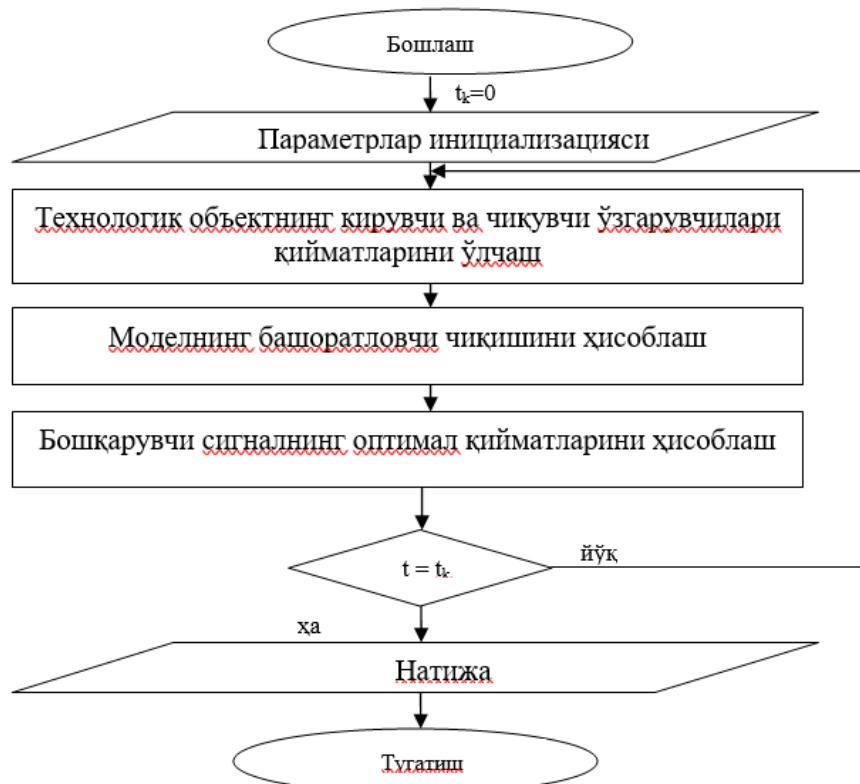
Мақсад мезони ўзида бошқариш сигнални қийматининг башоратланувчи чиқиши параметрлари векторларини ва башорат қилинувчи хатолар векторини бирлаштиради. Мақсад мезонини минималлаштириш бошқарув таъсирининг башоратланган қийматларига нисбатан мақсад функциясининг градиент векторини ҳисоблашга асосланган. Матрица тенгламасининг (5) градиент вектори элементлари қўйидагида ифодаланиши мумкин:

$$\frac{\nabla J[k, U(k)]}{\partial U(k)} = \left[-2[R(k) - \hat{Y}(k)]^T \frac{\partial \hat{Y}(k)}{\partial U(k)} + 2\lambda \hat{U}(k)^T \frac{\partial \hat{U}(k)}{\partial U(k)} \right] \quad (6)$$

(6) ифодадан икки қисмли ҳосилаларни ҳисоблаш кераклиги келиб чиқади ва уларни матрица сифатида ёзиш мумкин. Градиентнинг алоҳида элементлари ҳисоблангандан сўнг, улар нолга тенглаштирилади. Натижада $u(k)$, $u(k+1)$, ..., $u(k+N_u+1)$ бошқарув самарадорлигини ҳисобга олган ҳолда ечилиши мумкин бўлган янги тенгламалар тизими пайдо бўлади ва бу тенгламалар тизимини охирги тенгламадан бошлаб ечиш мумкин, ундан $\Delta u(k+N_u-1)$ бошқарув таъсири ҳисоблаб чиқилади. Олинган қиймат олдинги тенгламада алмаштирилади ва $\Delta u(k+N_u-2)$ аниқланади. Бошқарув горизонти доирасидаги бошқарув таъсирларининг бутун кетма-кетлиги шунга ўхшаш тарзда ҳисобланади. Тақдим этилган оптималлаштириш алгоритмининг дастурий таъминоти соддалаштирилган ва қўйидаги кўринишга эга(2-расм).

Бошқарув тизими иерархияси икки поғонани ўз ичига олади. Иерархиянинг биринчи поғонаси (x_1) газ сарфининг бензинга нисбатан қиймати билан тавсифланадиган хом ашёнинг ўзгариш даражасини, (x_2) бензин ва газни олишнинг умумий чукурлиги хом ашёга нисбатан фоизларда, шунингдек, (x_3) хом ашёнинг сифат кўрсаткичлари, яъни 350°C гача бўлган хайдаш фоизи ва (x_4) катализаторнинг коксланиш даражасини аниқлаш учун мўлжалланган бўлиб, иккинчи поғона эса - (y_1) реактор ўртаси ҳарорати, (y_2) катализаторнинг айланиш тезлиги ва (y_3) хом ашё оғирлик тезлиги қийматлари, қурилмадан мақсадли маҳсулотларнинг чиқишини энг оптимал даражага яқинлигини таъминлайди.

Объектнинг кириш қисмига U_1 (регенератор ҳарорати), U_2 (катализатор истеъмоли) ва U_3 (хом ашё сарфи) объектнинг кириш ўзгарувчилари бир вақтнинг ўзида нейрон идентификаторнинг киришига ҳам берилади, натижада чиқища бошқарилувчи параметрларнинг $y_i^u, i = \overline{1, 3}$ қийматлари олинади. Нейрон идентификаторнинг чиқишидаги ушбу қийматлар $y_i, i = \overline{1, 3}$ объектнинг тегишли чиқишиларининг жорий қийматлари билан солиштирилади. Олинган башоратлаш хатолари $e_{y_i}^{pr} = g_{y_i} - y_i^u, i = \overline{1, 3}$ «он-лайн» ёки «офф-лайн» режимида нейрон тармоқ идентификаторини ўқитиш учун маълумот бўлиб хизмат қиласи.



2-расм. Нейро-норавшан башоратловчи регулятор алгоритми

Идентификаторни ўқитгандан сўнг, тизимнинг биринчи иерархик поғонасида олинган режим қийматлари яъни, $g_{y_1}, i = \overline{1,3}$ бошқарилувчи параметрлар билан солишириладиган объект чиқишлиарининг $y_i^{pr} = y_i^u, i = \overline{1,3}$ башоратловчи (предиктив ёки предикт) қийматларини таҳлил қилиш керак. Олинган хатолар $e_{y_i}^{pr} = g_{y_1} - y_i^u, i = \overline{1,3}$ нейро-норавшан кўп ўлчовли контроллерни «он-лайн» ёки «офф-лине» режимда ўқитиш учун маълумот бўлиб хизмат қиласи.

Диссертациянинг «Мураккаб динамик объектларни башоратловчи бошқарувда қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлашнинг синтези» деб номланган учинчи бобида нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёнининг динамик хусусиятларини нейро-норавшан идентификациялаш блокининг тузилиши келтирилган. Объектнинг $U_i, i = \overline{1,3}$ равшан жорий қийматлари ва объектнинг $y_j(l+1), j = \overline{1,3}$ бошқарилувчи параметрлари моделларнинг тартибини белгилайдиган хотира блоклари орқали фаззификаторга келади. Нейрон тармоқ киришига объектнинг кириш ва бошқарув (чиқиш) нинг норавшан жорий ва кечиктирилган қийматлари берилади. Нейрон тармоқ объектнинг чиқиш параметрларига тегишилилк функцияларининг қийматларини генерация қиласи. Дефаззификация операциясини бажаргандан сўнг, нейрон идентификатор чиқишининг $y_j^u(l+1) = y_j(l+1) - y_j^u(l+1), j = \overline{1,3}$ равшан қийматлари реактор-регенератор блоки чиқишлиарининг $y: (l+1), j = \overline{1,3}$ жорий қийматлари билан таққосланади

ва идентификация қилиш хатолари аниқланади:
 $e_{y_j}^u(l+1) = y_j(l+1) - y_j^u(l+1), j = \overline{1,3}$.

$E(l+1) = \frac{1}{2} [y_j(l+1) - y_j^u(l+1)]^2, j = \overline{1,3}$ кўринишдаги нейрон тармоқнинг хатолик функциясидан фойдаланиб ва backpropagation алгоритмидан (хатоликнинг тескари тарқалиши алгоритми) фойдаланиб, объектнинг керакли норавшан моделларини тузиш мумкин.

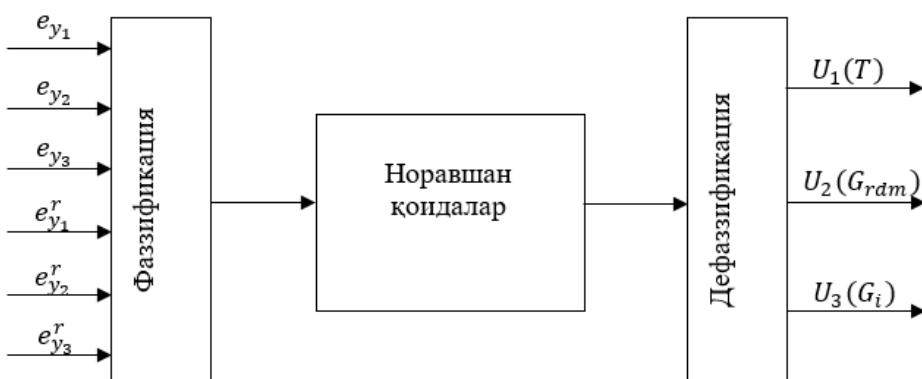
Реактор-регенератор блоки моделини идентификациялаш жараёнининг компьютерда симуляция қилинган натижалари кўрсатилган. Бундай ҳолда, кўп ўлчовли бошқарилувчи объект фарқли шаклга ўтказилган қуидаги дифференциал тенгламалар тизими томонидан тавсифланади:

$$\begin{aligned}
 y_1(n) = & c_{11}y_1(n-1) - c_{21}y_1(n-2) + c_{31}y_1(n-3) - c_{41}y_1(n-4) + \\
 & + d_{011}U_1(n-z_{11}) - d_{111}U_1(n-1-z_{11}) + d_{211}U_1(n-2-z_{11}) + \\
 & + d_{012}U_2(n-z_{11}) - d_{112}U_2(n-1-z_{12}) + d_{212}U_2(n-2-z_{12}) - \\
 & - d_{312}U_2(n-3-z_{12}) + d_{013}U_3(n-z_{13}) - d_{113}U_3(n-1-z_{13}) + \\
 & + d_{213}U_3(n-2-z_{13}) - d_{313}U_3(n-3-z_{13}); \\
 y_2(n) = & c_2y_2(n-1) + \frac{d_{02}U_2(n-z_{22})}{U_2(n)}; \\
 y_3(n) = & c_3y_3(n-1) + d_{03}U_3(n-z_3);
 \end{aligned}$$

бу ерда

$$\begin{aligned}
 c_{11} = & 3,363; \quad c_{21} = 4,162; \quad c_{31} = 2,230; \quad c_{41} = 0,432; \quad d_{011} = 0,06; \\
 d_{111} = & 0,011; \quad d_{211} = 0,005; \quad d_{012} = 0,006; \quad d_{112} = 0,017; \quad d_{212} = 0,016; \\
 d_{312} = & 0,005; \quad d_{013} = 0,014; \quad d_{113} = 0,043; \quad d_{213} = 0,041; \quad d_{313} = 0,0013; \\
 d_{02} = & 0,500; \quad d_{03} = 0,333; \quad c_2 = 0,5; \quad c_3 = 0,667; \quad t_0 = 0,25 \text{ min}; \quad z_{11} = 2 \text{ min}; \\
 z_{12} = & 2 \text{ min}; \quad z_{13} = 2 \text{ min}; \quad z_{22} = 1 \text{ min}; \quad z_{33} = 1 \text{ min};
 \end{aligned}$$

Нефти дастлабки қайта ишлаш қурилмасидаги реактор-регенератор блокини бошқариш учун кўп ўлчовли контроллер нейро-норавшан ёндашувга асосланган усул ёрдамида синтезланди. Унинг тузилмаси 3-расмда келтирилган.



3-расм. Кўп ўлчовли контроллернинг тузилиши

Бошқарилувчи параметрларнинг жорий қийматлари - (y_1) реактор ҳарорати, катализаторнинг айланиш тезлиги (y_2) ва оғирлик тезлиги (y_3) - уларнинг тайинланган қийматлари билан солиширилади ва олинган хатоларнинг $e_{y_1} = (g_{y_1} - y_1)$; $e_{y_2} = (g_{y_2} - y_2)$; $e_{y_3} = (g_{y_3} - y_3)$ қийматлари $\mu_{e_{y_1}}$, $\mu_{e_{y_2}}$ ва $\mu_{e_{y_3}}$ тегишлилик функцияларини аниқлаш учун фаззификаторнинг киришига берилади.

Кўриб чиқилаётган муаммо бўйича контроллер параметрларини тартибга солишининг моҳияти норавшан қоидаларнинг марказлари ва тегишлилик функциялари шаклларини ўзгартиришга олиб борилади. Бунинг учун тегишлилик функцияларини тартибга солиш учун генетик алгоритмдан фойдаланиш тавсия этилади, бу эса оптимумни топишнинг бошқа алгоритмларидан фарқ қиласи. Ушбу алгоритмда керакли нуқталарни кодлаш процедурасидан фойдаланилади. Марказнинг қийматлари ва контроллернинг кириш $(\tilde{e}_{y_i}, \tilde{e}'_{y_i}, i = \overline{1,3})$ ва чиқиш $(\tilde{U}_i, i = \overline{1,3})$ параметрларини тавсифловчи норавшан тўпламларнинг тегишлилик функциялари тури кодланади. Шубҳасиз, бундай нуқталар сони лингвистик ўзгарувчилар сони (бу ҳолда $6 + 3 = 9$), термлар сони 48 ва тегишлилик функциялари тури (трапеция ёки учбурчак шакли) билан белгиланади. Ҳар бир параметрни тавсифлаш учун 7 бит ишлатилади.

Ушбу ишда нефтни қайта ишлаш заводидаги атмосфера ваакуммли трубка қурилмасининг ректификация устунини \lesssim ва \gtrsim турдаги норавшан муносабатлари билан норавшан чизиқли дастурлаш масаласи сифатида норавшан оптималлаштириш масаласи қўйилган ва ечими келтирилган.

Бензиннинг чиқиши ва унинг сифати $y_i (i = \overline{1,3})$ ни бошқарувчи ўзгарувчиларига (x_1, x_2) ва $x_j (j = \overline{3,5})$ таъсиrlарига бўлган математик боғлиқликлари кўп регрессияли тенгламалар ёрдамида аниқланади:

$$\begin{aligned} y_1 &= 111,468 - 0,045x_1 + 0,11x_2 - 0,0493x_3 - 0,015x_4 + 42,03x_5; \\ y_2 &= 16,8 + 0,05x_1 - 0,084x_2 + 0,0005x_3 + 0,03x_4 + 23,5x_5; \\ y_3 &= 243,356 - 0,038x_1 - 0,054x_2 - 0,0019x_3 + 0,0011x_4 - 50,3x_5. \end{aligned}$$

Устунни бошқариш жараёнини оптималлаштириш масаласи x_1 ва x_2 бошқарилувчи ўзгарувчиларининг $x_j (j = \overline{3,5})$ таъсирининг берилган қийматлари учун

$$111,468 - 0,045x_1 + 0,11x_2 - 0,0493x_3 - 0,015x_4 + 42,03x_5 \rightarrow \max, \\ \text{шундай ўзгарувчилар қийматларини аниқлашдан иборатки, бунда}$$

$$\begin{aligned} 16,8 + 0,05x_1 - 0,084x_2 + 0,0005x_3 + 0,03x_4 + 23,5x_5 &\gtrsim 30; \\ 243,356 - 0,038x_1 - 0,054x_2 - 0,0019x_3 + 0,0011x_4 - 50,3x_5 &\lesssim 180; \\ 140 \leq x_1 \leq 160; \quad 250 \leq x_2 \leq 260. \end{aligned}$$

чекловлар берилади. Ушбу жараёнларни оптимал бошқариш масаласини ечишда ҳар доим маҳсулот ишлаб чиқаришда режалаштирилган чекловлар мавжуд. Шундан келиб чиқадики $\max y_1$ ҳар доим юқоридан чегараланади, шунинг учун $\max y_1 \leq y_{10}$, бу ерда y_{10} - бензин ишлаб чиқаришнинг режалаштирилган чегараси. Бизнинг ёндашувимизда мақсад функцияси ва

чекловларни ажратмаслигимизни ҳисобга олиб, мақсад функциясини қуидаги чеклов күринишида ифодалаймиз:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \approx y_{10}.$$

Шундай қилиб, (1)-(2) масалани ечиш қуидаги масалани ечишга келтирилади:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \approx y_{10},$$

$$y_2 = f_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \approx y_{20},$$

$$y_3 = f_3(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \approx y_{30},$$

бу ерда

$$y_1 = 111,468 - 0,045x_1 + 0,11x_2 - 0,0493x_3 - 0,015x_4 + 42,03x_5;$$

$$y_2 = 243,356 - 0,038x_1 - 0,054x_2 - 0,0019x_3 + 0,0011x_4 - 50,3x_5;$$

$$y_3 = -16,8 - 0,05x_1 + 0,084x_2 - 0,0005x_3 - 0,03x_4 - 23,5x_5;$$

$$y_{10} = 126; y_{20} = 180,5; y_{30} = 30; 140 \leq x_1 \leq 160; 250 \leq x_2 \leq 260.$$

Натижада күрилаётган оптималлаштириш масаласини ечиш учун оптимал $x^* = (x_1^*, x_2^*)$ сифатида максимал тегишлилик даражаси билан D^* га тегишли нүкта танланади:

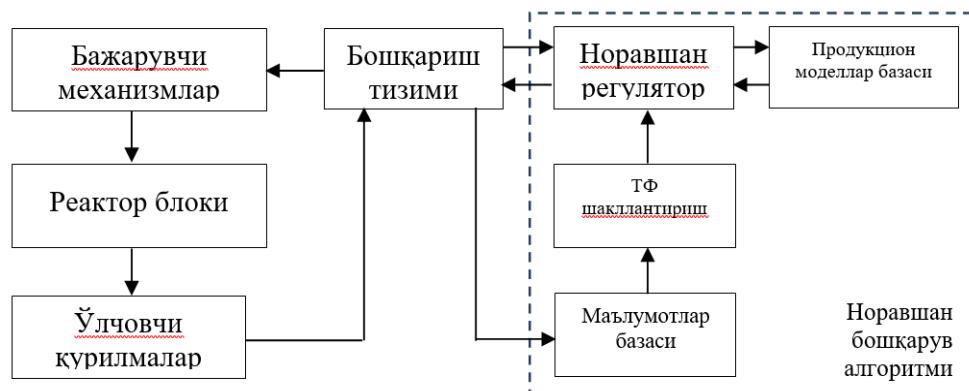
$$\mu_{D^*} = (x_1^*, x_2^*) = \max_{x_1, x_2} \mu_{D^*}(x_1, x_2).$$

Шунинг учун масаланинг оптимал қиймати

$$x_1^* = 160, \quad x_2^* = 258$$

бўлади, бунда $f^* = 125,633$.

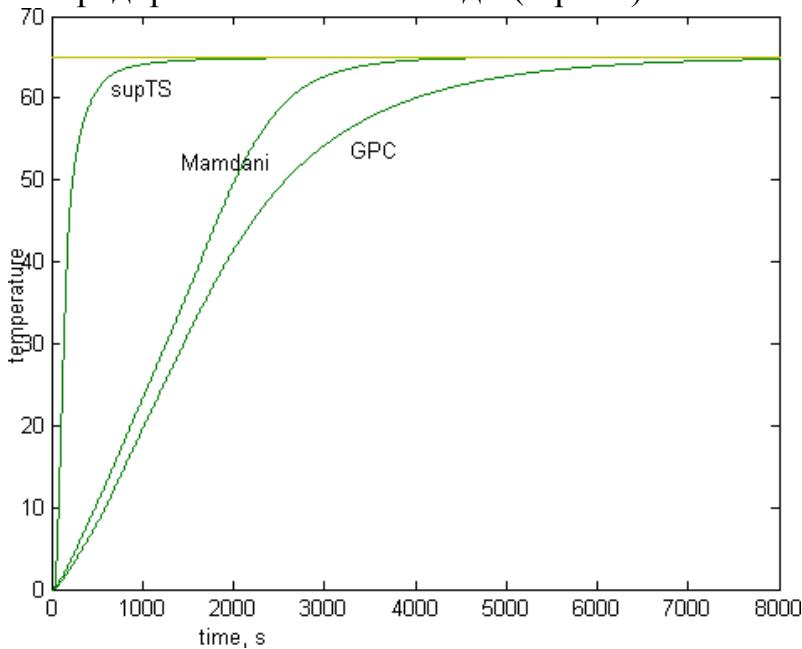
Диссертациянинг «Нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёнларининг тезкор башоратловчи бошқарув тизимларида қарорлар қабул қилишни қўллаб-қувватлаш алгоритмларини амалга ошириш» номли тўртинчи бобида реактор регенератор блокининг норавшан бошқарув алгоритми келтирилган. Алгоритмнинг ишлаш пайтида маълумотлар базасида фойдаланиладиган ўзгарувчиларининг кунлик танланмаси тузилади, уларнинг кўрсаткичларига кўра тегишлилик функцияларининг бошланғич қийматлари ҳосил бўлади ва бошланғич вақт белгиланади.



4-расм. Қурилмани норавшан бошқариш тизимининг тузилмали схемаси

Норавшан бошқарув алгоритмини бошқарув тизимининг алгоритм билан ўзароалоқасини ташкил қилиш орқали ҳар хил мураккаб жараёнларни бошқариш тизимиға интеграция қилиш мумкин. 4-расмда реактор регенератор блокини бошқарув тизимининг тузилмаси келтирилган.

Дастурлаштириладиган контроллер қўринишидаги башоратловчи регуляторнинг алгоритми нейро-норавшан моделга асосланган супервизор режимида реал шароитларда синовдан ўтказилган. Супервизор элементи икки хил вариантда – Мамдани ва Такаги-Сугено мантиқий хulosалаш механизмида амалга оширилади. Ҳар хил турдаги бошқарув схемаларини таққослаш бир хил шароитда амалга оширилади. Олинган ўтиш жараёнларидан қўриниб турибдики, Такаги-Сугено норавшан тузилмаларидан фойдаланган ҳолда қўшимча даражадаги супервизорли бошқарув усули энг яхши натижаларни беради. Вазн коеффициентини қўшимча ошириш самарадорликни оширади ва бошқарув жараёнининг сифатини яхшилайди. Таққослашдан хulosа қилиш мумкинки, Такаги-Сугено моделидан фойдаланган ҳолда супервизорли бошқарув ўрганилаётган объектни бошқариш учун энг яхши вариант, бошқариш жараёнининг энг яхши сифати ва самарадорлигини таъминлайди (5-расм).



5-расм. Турли хил бошқарув усулларини таққослаш

Нефтни дастлабки қайта ишлаш заводида нейро-норавшан қарорларни қабул қилиш ва бошқарув тизимини жорий қилиш учун тизимнинг индивидуал даражалари, блоклари ва умуман унинг имитацияси моделлаштирилган.

Жадвалда нефтни дастлабки қайта ишлаш қурилмасининг оптимал режимларига яқинлигини аниқлаш учун қарор қабул қилиш жараёнини моделлаштириш натижалари келтирилган. Худди шу миқдордаги хом ашё билан қурилмадаги бензин ва газнинг умумий рентабеллиги таққосланади.

Нефтни дастлабки қайта ишлаш қурилмалари режимларини аниқлаш натижалари

Эксперимент №	Хом ашё микдори	Бензин ва газнинг умумий микдори		Хом ашёга нисбатан газ ва бензин олинишининг умумий микдори, %	
		Курилмадаги кўрсаткич	Моделлаштириш натижаси	Курилмадаги кўрсаткич	Моделлаштириш натижаси
1	2	3а	3б	4а	4б
1	1652	1097	1119	66,39	67,75
2	1716	1110	1127	64,67	65,69
3	2037	1360	1405	66,79	68,99
4	2014	1323	1347	65,67	66,87
5	2101	1413	1441	67,28	68,60
6	1821	1197	1206	65,76	66,24
:	:	:	:	:	:
50	1692	1098	1112	64,92	65,78

Жадвалнинг 2-устунида қайта ишланган хом ашёнинг микдори кўрсатилган, 3а, 4а устунлари ўрнаташда мавжуд бўлган технологик режимларга, 3б, 4б устунлари эса тавсия этилган бошқарув тизимининг ишлашига мос келади. Иккинчи ҳолатда бензин ва газнинг умумий рентабеллиги ҳар сафар биринчисига қараганда анча юқори.

ХУЛОСА

1. Икки погонали иерархик тузилма кўринишида амалга оширилган Такаги-Сулено мантиқий хулосалаш механизмига эга юмшоқ ҳисоблаш технологияси ва қисқа муддатли тезкор-башоратловчи нейро-норавшан моделлари асосида мураккаб жараёнларни тезкор-башоратловчи бошқарув қарорларини қўллаб-қувватлаш тизимларини жорий этишга ёндашув таклиф этилди.

2. Бошқарув иерархиясининг биринчи даражасида норавшан ишлаб чиқариш математик модели асосида ўрганилаётган обьект статикасининг квази-оптимал (ёки рационал) технологик режимини аниқлаш масаласини ҳал қилиш таклиф этилади. Тезкор-башоратловчи бошқарув иерархиясининг иккинчи босқичида унинг ўзгарувчан динамик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёни параметрларини башоратловчи бошқарув муаммолари ҳал этилди.

3. Нефтни дастлабки қайта ишлаш жараёнини ва унинг алоҳида бўлинмалари ва блокларининг таклиф этилаётган тезкор-башоратловчи бошқарув тизимини компьютерли моделлаштириш амалга оширилди ва қисқартирилган ҳисоблаш мураккаблиги билан дастурий равишда амалга оширилди.

4. Мураккаб объектнинг норавшан математик моделини нейрон параметрик идентификацияси ҳисоблаш тажрибаси маълумотлари ва эксперт баҳолари асосида амалга оширилди.

5. Нефтни дастлабки қайта ишлаш заводининг хом ашёни тозалаш устунини норавшан оптималлаштиришга татбиқ этиладиган норавшан муносабатлар билан классик оптималлаштириш масаласининг қўйилиши келтирилган ва унинг ечими берилган, нефть хом ашёсини ишлаб чиқаришга режалаштирилган чекловлар шароитида норавшан муносабатлар билан норавшан чизиқли дастурлаш муаммоси сифатида ҳал этилди.

6. Нейрон идентификатори ва кўп ўлчовли нейро-норавшан дастурлаштириладиган контроллер хатолари тескари тарқалиш алгоритми ёрдамида синтезланди.

7. Нефтни дастлабки қайта ишлашнинг мураккаб жараёнларни тезкор-башоратловчи бошқарув бўйича қарорлар қабул қилишни қўллаб-қувватлаш мухитида диссертация ишланмаларини босқичма-босқич синовдан ўтказиш ва апробацияси қарорларни қабул қилиш тизимларини қуришда такомиллаштирилган бошқарув концепциясини ва нефтни дастлабки қайта ишлаш қурилмаларини тезкор-башоратловчи бошқарувини қўллаш самарадорлигини кўрсатди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2021.Т.142.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

ДОЩАНОВА МАЛИКА ЮЛДАШОВНА

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В
СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

05.01.02 – Системный анализ, управление и обработка информации

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

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2017.4.PhD/T505

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.airi.uz) и на Информационно-образовательным портале «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Гулямов Шухрат Манапович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Исмаилов Мирхалил Агзамович
доктор технических наук, профессор

Тухтаназаров Дилмурод Солижонович
доктор философии технических наук (PhD)

Ведущая организация:

**Ташкентский химико – технологический
институт**

Защита диссертации состоится «10 » 05 2022 г. в 16⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2021.T.142.01 при Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта. (Адрес: 100125, г. Ташкент, М.Улугбекский р-н, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

С диссертацией можно ознакомится в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта (регистрационный номер № 6). (Адрес: 100125, г.Ташкент, М.Улугбекский р-н, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98).

Автореферат диссертации разослан «29 » 04 2022 года.
(протокол рассылки № 6 от «18 » 04 2022 года).

Р.Х.Маматов



Н.С.Маматов

Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

Ф.М.Нуралиев

Ф.М.Нуралиев
Учёный секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, доцент

Р.Х.Хамдамов

Р.Х.Хамдамов
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире системы управления функционируют в условиях внутренних и внешних случайных возмущающих воздействий параметрического, адаптивного и мультиплексивного характера. Проблема поддержки принятия решений в оперативно-прогнозном управлении сложными объектами характеризуется совершенствованием информационных и компьютерных технологий, методами и алгоритмами поддержки принятия решений и оптимизации. Исследования проводятся в ряде стран по всему миру, особенно в Швейцарии, США, Германии, Франции, Японии, большое внимание уделяется решению теоретических и практических вопросов поддержки принятия решений в системах оперативного и прогнозного управления.

В мире на сегодняшний день можно наблюдать качественные изменения в методах и алгоритмах поддержки принятия управленческих решений при информационной неопределенности, сопровождающей оперативно-прогнозное управление промышленным производством. Одним из перспективных подходов к системному и параметрическому анализу и синтезу систем управления сложными технологическими процессами - это технология управления с использованием прогнозных моделей, позволяющая управлять многомерными и многосвязными объектами в режиме реального масштаба времени в условиях неопределенности внешней и внутренней информации.

В этой связи сложная научно-техническая проблема реализации оперативно-прогнозного управления сложными процессами на примере промышленных установок переработки нефти отличается несомненной актуальностью.

В Республике значительные результаты были достигнуты объектами, событиями и процессами в области управления в экономике, социальной сфере, народном хозяйстве и других областях в управлении объектами, а также оценке и прогнозировании с использованием нечетких правил, экспертных систем, нечетких множеств, нейронных сетей и эволюционных алгоритмов. Определены меры действий по разработке эффективных интеллектуальных систем для слабоформализованных процессов, основанных на обработке неполной информации. В Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан в 2017–2021 гг. отмечены задачи, в том числе «...проведение активной инвестиционной политики, направленной на модернизацию, технического и технологического обновления производства, реализации проектов производственной, транспортно-коммуникационной и социальной инфраструктуры, ... дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода её на качественно новый уровень, направленный на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки

местных сырьевых ресурсов»¹. Выполнение данных задач, в том числе разработка ряда алгоритмических систем, поддерживающих процесс принятия решения в задачах усовершенствованного управления, имеющих иерархическую структуру, оперативно–прогнозирующих систем управления является важным задачами.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 30 июня 2017 года №УП-5099 «О мерах по коренному улучшению условий для развития отрасли информационных технологий в Республике Узбекистан», Постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно–коммуникационных технологий», № ПП-1442 от 15 декабря 2010 года «О приоритетах развития промышленности Республики Узбекистан в 2014–2015 годах», а также 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 IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. В настоящее время первичная переработка нефти является наиболее важным среди катализитических процессов переработки нефти. Теоретические основы первичной переработки нефти и вопросы их управления, математическое моделирование, оптимизация и оперативно–прогнозное управление процессами, протекающими в установке представлены в работах Л.Н.Багдасарова, П.А.Борисова, С.И.Пинейро, Ж.Л.Фернандеса, Л.Домингоса, Р.А.Алиева, Ю.Н.Хижнякова, Т.С.Леготкиной, Ю.П.Лукашина, Ж.С.Ахари, Ж.Х.Ли, С.А.Ахметовой, И.В.Анисимовой, Э.С.Докучаевой, А.Б.Пашаевой.

В республике по вопросам разработки нейронных сетей, нечетких производственных моделей и вычислительных методов в управлении сложными объектами посвящены работы М.М.Камилова, Н.Р.Юсупбекова, Т.Ф.Бекмурадова, Х.З.Игамбердиева, А.Р.Марахимова, Д.Т.Мухамадиевой, М.А.Рахматуллаева, А.А.Кадирова, М.А.Исмаилова, М.М.Арипова, Ф.Т.Адилова, О.Ж.Бабомурадова и др.

В настоящее время анализ показывает, что управление многосвязными и многомерными объектами со сложной структурой, оптимизация процессов в реальном времени и в условиях неопределенности в рамках ограничений на параметры, контролируемых системой, изучены в недостаточно полной мере.

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

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова ОТ-Ф1-080 «Разработка концепций и принципов построения интеллектуальных систем управления сложными технологическими процессами и производствами» (2007-2011 гг.), Ф-4-56 «Разработка теоретических основ и методов структурно-параметрического синтеза интеллектуальных систем управления сложными технологическими объектами на основе нечетко-множественных представлений» (2012-2016 гг.) и в рамках научно-исследовательских проектов Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий БВ-М-Ф4-09 «Интеллектуальные системы на основе логико-эвристического класса алгоритмов расчета стоимости обработки, распознавания и прогнозирования сложной структурированной информации в неопределенной среде» (2018-2020 гг.).

Цель исследования заключается в разработке метода, алгоритма и программного инструмента для оперативно-прогнозного управления поддержки принятия решений в системах управления сложными процессами.

Задача исследования:

анализ современного состояния теории и практики поддержки принятия решений при оперативно-прогнозном управлении сложными процессами и выявление тенденций их дальнейшего совершенствования;

разработка параметрической идентификации статики и динамики процессов первичной переработки нефти;

разработка нейронной идентификации структуры и параметров обобщенных моделей сложных объектов;

разработка метода и алгоритма моделирования идентификации и разработка алгоритма оперативно-прогнозного управления сложными объектами на ранних стадиях процесса нефтепереработки;

разработка алгоритма и программного средства поддержки принятия решений по выбору оптимальных технологических режимов установки первичной переработки нефти;

Объектом исследования являются системы поддержки принятия решений по оперативно-прогнозному управлению процессами переработки нефти.

Предмет исследования составляют методы, модели и алгоритмы оперативно-прогнозного управления сложными процессами и системами.

Методы исследований. Исследования, выполненные в рамках диссертационной работы, опираются на современную теорию управления, математическое моделирование и оптимизацию сложных процессов, системы поддержки принятия решений, методы и алгоритмы искусственного интеллекта.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана нейро-нечеткая модель для систем управления сложными процессами первичной переработки нефти;

разработан алгоритм оптимизации параметров режима функционирования установок первичной переработки нефти;

предложен нейро-итеративный метод параметрической идентификации модели, обеспечивающий адекватность в условиях неопределенности;

разработан алгоритм управления с оперативно-краткосрочным прогнозом, основанный на нейро-нечетких моделях управляемого объекта.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

предложена методика вычислительных экспериментов по исследованию процесса первичной переработки нефти как объекта интеллектуального оперативно-прогнозного управления;

определены вычислительно-экспериментальные методы моделирования, оптимизации и управления процессами первичной переработки нефти, соответствие полученных моделей реальным процессам с целью реализации оперативно-прогнозного управления для процедур принятия управленческих решений;

разработана программа для логических контроллеров, осуществляющая прогнозирование параметров в пространстве состояний объекта;

предложенные нейро-нечеткие прогностические алгоритмы систем поддержки принятия решений и их компьютерная реализация в составе ИУС оперативно-диспетчерского управления и приведены к виду, который позволяет интегрировать их в супервизорном или автоматическом режиме.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов диссертационного исследования обосновывается сравнением показателей, полученных с устройства и моделированием путем проведения экспериментов на промышленных предприятиях путем поддержки принятия управленческих решений посредством предлагаемой двухуровневой системы, отличием предлагаемых алгоритмов от реальных показателей устройства составляет около 0,5-1,4%.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов состоит в том, что разработаны алгоритмы оперативно-прогнозного управления сложными процессами, основанные на краткосрочном оперативном прогнозировании, опирающиеся на модели нейро-нечеткого прогнозирования.

Полученные научные результаты имеют конкретную практическую направленность, связанную как с практической реализацией предложенных в диссертации математических моделей и алгоритмов управления, так и с программно-техническим воплощением выполненных разработок.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработаны методики построения нейро-нечетких моделей исследуемых объектов на основе экспертных оценок, структурно-параметрической идентификации предложенных моделей, алгоритмов реализации сложных законов прогнозирующего управления и оптимизации технологических режимов сложных процессов.

Внедрение результатов исследования. Модели, алгоритмы и программные средства направлены на повышение эффективности управления процессами первичной переработки нефти:

применен механизм оперативного прогнозирования, основанный на нейро-нечеткой модели для поддержки принятия управленческих решений с целью повышения эффективности ООО «Чиназский НПЗ» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 24 ноября 2020 года №33-8/7049). В результате эффективность процесса принятия решений по мониторингу состояния нефтепродуктов на основе модели увеличена на 8%;

математическая модель первичной переработки нефти, нейронная параметрическая идентификация и программное средство модели внедрены в ООО «UNICON-SOFT» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 24 ноября 2020 года №33-8/7049). В результате годовая экономическая эффективность применения диссертационных разработок в производственной деятельности составляет 35 млн. сумов;

программное средство для управления программируемыми логическими контроллерами сложных динамических объектов внедрены в ООО «BLACK RABBIT». В результате годовая экономическая эффективность применения диссертационных разработок в производственной деятельности составляет 25 млн. сумов;

программное средство используют при проектировании систем, направленных на повышение эффективности управления нефтепереработкой ОАО «O'ZLITINEFTGAZ», (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 24 ноября 2020 года №33-8/7049). В результате повышается эффективность функционирования всей системы управления за счет обработки информации увеличивается на 4-6% в год.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 11 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 28 научных работ, из них 8 журнальных статей, в том числе 2 в зарубежных и 6 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, а также получены 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы основная цель и задачи исследования, определены объект и

предмет исследования, приведена научная новизна, обозначена теоретическая и практическая значимость полученных результатов, содержатся сведения об апробации и внедрении результатов работы, приведены сведения опубликованных работ и структура диссертации.

В первой главе диссертации «Современное состояние теории и практики поддержки принятия управляющих решений в системах оперативно-прогнозного управления сложными объектами» выполнен аналитический обзор состояния решаемой научно-технической проблемы и выявлены тенденция их дальнейшего развития и совершенствования. В последнее время с целью обеспечения высокой экономической эффективности управления сложными комплексами и установками происходит слияние систем автоматического управления динамическими объектами в единые интегрированные информационно управляющие системы организационного и технологического типа. Важнейшими звенями таких систем являются автоматизированные системы оперативно-диспетчерского управления, осуществляющие оперативное управление сложными процессами, преобразуя управленческие решения верхнего уровня управления в технологические и решая задачи прогнозирования хода производственных процессов, лицо принимающее решение при этом на основе предиктивной информации имеет возможность эффективно реализовывать управляющие воздействия.

В общем виде математическую модель стохастического процесса, являющегося объектом прогноза, можно зафиксировать в виде

$$y = f(\bar{a}, \bar{x}) + \varphi(\bar{b}, \bar{x})\eta, \quad (1)$$

где $f(\bar{a}, \bar{x})$ и $\varphi(\bar{b}, \bar{x})$ – функции, которые получают производные с течением времени соответственно; \bar{x} – заданный вектор параметров, которые составляют время t ; η – случайный процесс с нулевым математическим ожиданием; y – некоторая прогнозируемая величина; (\bar{a}, \bar{b}) – векторы неизвестных параметров, которые подлежать к определению.

Однако вследствие дискретизации непрерывных процессов в контуре управления представлять их в непрерывной форме (1) не совсем удобно. В практических приложениях наиболее часто употребляется форма дискретного стохастического процесса:

$$y_{i+1} = A_{i+1,i} + y_i + \eta_i,$$

где $A_{i+1,i}$ – матрица переходов, характеризующая динамические свойства процесса, η_i – помеха.

Алгоритмы и программы решают в общем случае задачи идентификации фактического состояния процесса по данным измерениям, поступающие в дискретные моменты времени, сравнивая его с заданным, и на основе найденной ошибки вырабатывает управляющие воздействия.

В общем случае задача обеспечения эффективного управления заключается в нахождении ошибки управления $\bar{\varepsilon}(t)$ при различных управляющих воздействиях:

$$\eta_i \in R, i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Реализация каждого управляющего воздействия $\bar{\eta}_i = \{\eta_i^1, \dots, \eta_i^m\}$ сопряжена с затратами определенных видов ресурсов $\bar{C}_i = \{C_i^1, \dots, C_i^m\}$ (материальных, временных, трудовых и т.п.), на которые накладываются ограничения вида:

$$\sum_{j=1}^n C^j \leq C^0, \quad (3)$$

где C^0 – пороговая величина ресурсов, выделенных на реализацию управляющего воздействия.

Вектор ошибки управления равен:

$$\bar{\varepsilon}(t) = \bar{g}(t) - \bar{x}(t),$$

где $\bar{g}(t)$ – вектор идеального состояния процесса (вектор цели); $\bar{x}(t)$ – вектор фактического состояния процесса.

Введем в рассмотрение функционал вида:

$$Q[\bar{\varepsilon}(t)] = Q[\bar{g}(t) - \bar{x}(t)] = F(\bar{\eta}_i), \quad i = \overline{1, m},$$

где Q – функция, определяющая форму функционала.

Тогда цель управления состоит в нахождении такого управления $\bar{\eta}_i$, которое обеспечивает минимальное значение функционала ошибки $\bar{\varepsilon}(t)$ при заданных ограничениях (2), (3), т.е.

$$\min Q[\bar{g}(t) - \bar{x}(t)] = \min Q[\bar{\varepsilon}(t)]. \quad (4)$$

Управление тем эффективнее, чем меньше вектор ошибки управления (4). Вполне очевидно, что использование краткосрочного оперативного прогнозирования при принятии управленческих решений для сложных стохастических процессов, к каковым относятся явления, протекающие в объектах управления позволяют оперативно устранять нежелательные отклонения режимных параметров от заданных значений, осуществлять опережающее управление, тем самым существенно снижая значение функционала. Именно результаты оперативного прогноза текущего состояния управляемого процесса позволяют выбирать наилучшую тактику управления, которое обеспечивает повышение объемов производства и качества продукции.

Рассмотрены концепции построения высокоэффективных информационно-управляющих систем на основе применения современных информационных технологий. Выполнен компартивистский (сравнительный) анализ существующих методов и алгоритмов краткосрочного оперативного прогнозирования производственных процессов, рассмотрены критерии качества прогнозных оценок для реализации алгоритмов прогнозирования рассогласования в системах управления.

Во второй главе диссертации «Моделирование процессов оперативно-прогнозного управления сложными динамическими объектами», дается краткое описание исследуемого динамического объекта. Предлагается двухуровневая система интеллектуального управления процессом первичной

переработки углеводородного сырья, включающая в себя основанный на нечетких знаниях уровень принятия решений по поддержанию оптимального статического режима и базирующийся на нейро-нечетком генетическом подходе уровень управления динамикой процесса.

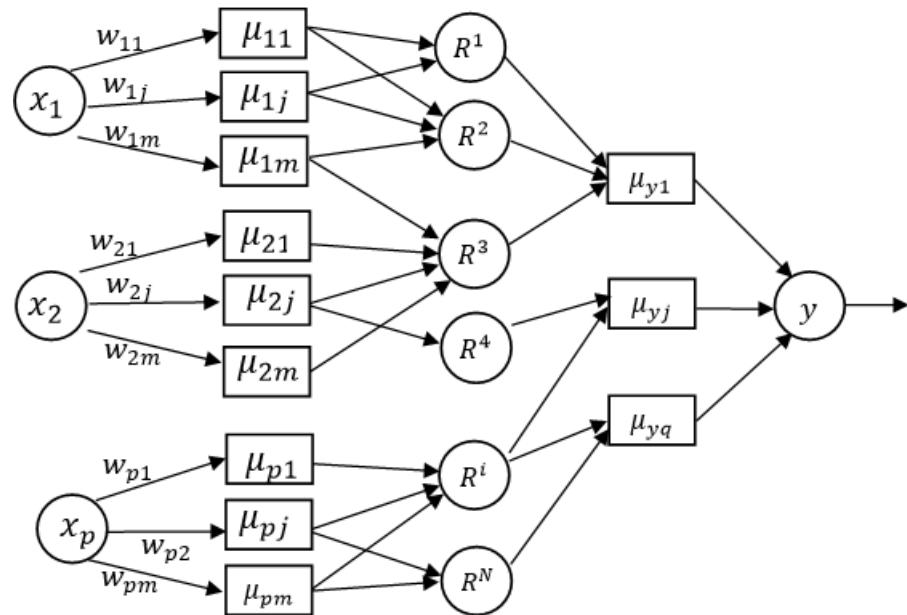


Рис. 1. Нейро-нечеткая структура модели объекта исследования

Нейро-нечеткая структура модели объекта исследования приведена на рис. 1. Первый входной слой модели является непараметрическим и отражает распределение входных сигналов. Второй слой прогностической модели параметрический и выполняет операцию размытия с использованием гауссовых вспомогательных функций, описанных следующей зависимостью:

$$\mu_{x_p, m}^{(n)} = \exp \frac{-(x_p - c_{x_p, m})^2}{2\sigma_{x_p, m}^2}$$

На третьем уровне математическая модель используется в виде генератором правил.

$$R^{(N)}: \text{if } x_1(k+j) \text{ is } \tilde{X}_1^{(N)} \text{ and } x_2(k+j) \text{ is } \tilde{X}_2^{(N)} \text{ if } x_p(k+j) \text{ is } \tilde{X}_p^{(N)} \text{ then } f_y^{(N)}(k+j)$$

Последние два слоя модели являются непараметрическими и образуют механизм размытого оттока. На четвертом уровне операция реализуется с использованием средневзвешенной работы:

$$\mu_{yq}^{(n)}(k+j) = \mu_{x_1, m}^{(n)}(k+j) * \mu_{x_2, m}^{(n)}(k+j) * \dots * \mu_{x_p, m}^{(n)}(k+j)$$

На пятом уровне принимается решение определить значение выходной величины с помощью выражения:

$$\hat{y}_M(k+j) = \frac{\sum_{i=1}^q f_y^{(i)}(k+j) \mu_y^{(i)}(k+j)}{\sum_{i=1}^q \mu_y^{(i)}(k+j)}$$

Чтобы оценить управляющий эффект в оптимизаторе, решается итеративный алгоритм оптимизации из первой строки. Был использован

стандартный квадратичный целевой критерий, предполагая, что никаких ограничений не было.

$$J(u, k) = E \left\{ \sum_{j=N_1}^{N_p} (\hat{y}(k+j) - r(k+j))^2 + \rho \sum_{j=1}^{N_u} (\Delta \hat{u}(k+j-1))^2 \right\} \quad (5)$$

Целевой критерий был преобразован в матрицу:

$$J[k, U(k)] = [R(k) - \hat{Y}(k)^T [R(k) - \hat{Y}(k)] + \lambda \tilde{U}(k)^T \tilde{U}(k)]$$

Целевой критерий включает в себя заданные векторы, прогнозируемые выходные параметры значения управляющего сигнала и векторы прогнозируемой ошибки.

Минимизация критерия основана на вычислении вектора градиента целевой функции относительно прогнозируемых значений управляющего воздействия. В зависимости от матричного уравнения (5) элементы вектора-градиента могут быть представлены следующим образом:

$$\frac{\nabla J[k, U(k)]}{\partial U(k)} = \left[-2[R(k) - \hat{Y}(k)]^T \frac{\partial \hat{Y}(k)}{\partial U(k)} + 2\lambda \tilde{U}(k)^T \frac{\partial \tilde{U}(k)}{\partial U(k)} \right] \quad (6)$$

Из выражения (6) следует что необходимо вычислить две группы частных производных и записать их в виде матрицы. Как только отдельные элементы градиента рассчитаны, они ассимилируются до нуля. В результате появляется новая система уравнений, которая может быть решена с учетом управляющих эффектов $u(k)$, $u(k+1)$, ..., $u(k+N_u+1)$ и эти системы уравнений могут быть решены просто, начиная с последнего уравнения, из которого вычисляется управляющее воздействие $\Delta u(k+N_u-1)$. Полученное значение заменяется в предыдущем уравнении и определяет $\Delta u(k+N_u-2)$. Аналогичным образом рассчитывается вся последовательность управляющих воздействий в пределах горизонта управления. Программная реализация представленного алгоритма оптимизации упрощена и имеет следующий вид (рис. 2).

Первый уровень предназначен для определения степени превращения сырья, определяемой величиной отношения расхода газа к бензину (x_1), суммарной глубины отбора бензина и газа в процентах к сырью (x_2), качественных характеристик сырья, т.е. процента отгона до 350°C (x_3) и степени закоксованности катализатора (x_4) таких значений температуры середины реактора (y_1), кратности циркуляции катализатора (y_2) и весовой скорости сырья (y_3), которые обеспечивают достижение близкого к оптимальному суммарного выхода целевых продуктов установки.

Входные воздействия объекта U_1 (температура регенератора), U_2 (расход катализатора), U_3 (расход сырья), поступающие на вход объекта, одновременно подаются и на нейронный идентификатор, на выходе которого получаются значения управляемых параметров $y_i^U, i = \overline{1, 3}$. Эти значения выходов нейронного идентификатора сравниваются с текущими значениями соответствующих выходов объекта $y_i, i = \overline{1, 3}$. Полученные прогнозируемые ошибки $e_{y_i}^{np} = g_{y_i} - y_i^u, i = \overline{1, 3}$ служат информацией для обучения нейронной

сети идентификатора в «он-лайне» или «off-line» режиме. После обучения идентификатора необходимо считать прогнозируемые (предиктные) значения выходов объекта $y_i^{np} = y_i^u$, $i = \overline{1,3}$, которые сравниваются с полученными на первом уровне системы значениями режимных, т.е. управляемых параметров g_{y_i} , $i = \overline{1,3}$. Полученные ошибки $e_{y_i}^{np} = g_{y_i} - y_i^u$, $i = \overline{1,3}$ служат информацией для обучения в «on-line» или «off-line» режиме нейро-нечеткого многомерного контроллера.

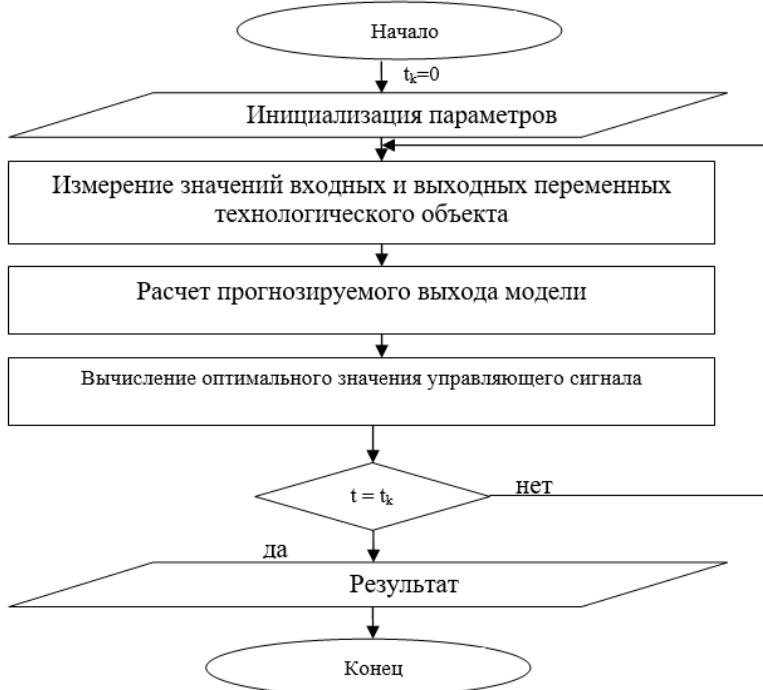


Рис. 2. Алгоритм нейро-нечеткого прогнозирующего регулятора

В третьей главе «**Синтез поддержки принятия решений при прогнозирующем управлении сложными динамическими системами**» приведен процесс нейронной идентификации динамики процесса каталитического крекинга текущих четких значений U_i , $i = \overline{1,3}$ и управляемых $y_j(l+1)$, $j = \overline{1,3}$ параметров объекта через блоки памяти, которые определяют порядок моделей, поступают в фаззификатор. На вход нейронной сети поступают нечеткие текущие и задержанные значения входов и управлений (выходов) объекта. Нейронная сеть представляет собой многослойную feedforward структуру, генерирующую значения функций принадлежности выходных параметров объекта. После дефаззификации их четкие значения выходов нейронного идентификатора $y_j^u(l+1) = y_j(l+1) - y_j^u(l)$, $j = \overline{1,3}$ сравниваются с текущими значениями выходов объекта $y_j(l+1)$, $j = \overline{1,3}$ и определяются ошибки идентификации $e_{y_j}^u(l+1) = y_j(l+1) - y_j^u(l+1)$, $j = \overline{1,3}$.

Используя функцию ошибки нейронной сети в виде $E(l+1) = \frac{1}{2} [y_j(l+1) - y_j^u(l+1)]^2$, $j = \overline{1,3}$ и алгоритм back-propagation, можно

сконструировать искомые нечеткие модели объекта. Осуществлена компьютерная симуляция процесса идентификации прямой модели реакторно-регенераторного блока. При этом многомерный управляемый объект описывается следующей преобразованной в разностную форму системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
 y_1(n) = & c_{11}y_1(n-1) - c_{21}y_1(n-2) + c_{31}y_1(n-3) - c_{41}y_1(n-4) + \\
 & + d_{011}U_1(n-z_{11}) - d_{111}U_1(n-1-z_{11}) + d_{211}U_1(n-2-z_{11}) + \\
 & + d_{012}U_2(n-z_{11}) - d_{112}U_2(n-1-z_{12}) + d_{212}U_2(n-2-z_{12}) - \\
 & - d_{312}U_2(n-3-z_{12}) + d_{013}U_3(n-z_{13}) - d_{113}U_3(n-1-z_{13}) + \\
 & + d_{213}U_3(n-2-z_{13}) - d_{313}U_3(n-3-z_{13}); \\
 y_2(n) = & c_2y_2(n-1) + \frac{d_{02}U_2(n-z_{22})}{U_3(n)}; \\
 y_3(n) = & c_3y_3(n-1) + d_{03}U_3(n-z_3);
 \end{aligned}$$

здесь,

$$\begin{aligned}
 c_{11} = & 3,363; \quad c_{21} = 4,162; \quad c_{31} = 2,230; \quad c_{41} = 0,432; \quad d_{011} = 0,06; \\
 d_{111} = & 0,011; \quad d_{211} = 0,005; \quad d_{012} = 0,006; \quad d_{112} = 0,017; \quad d_{212} = 0,016; \\
 d_{312} = & 0,005; \quad d_{013} = 0,014; \quad d_{113} = 0,043; \quad d_{213} = 0,041; \quad d_{313} = 0,0013; \\
 d_{02} = & 0,500; \quad d_{03} = 0,333; \quad c_2 = 0,5; \quad c_3 = 0,667; \quad t_0 = 0,25 \text{ min}; \quad z_{11} = 2 \text{ min}; \\
 z_{12} = & 2 \text{ min}; \quad z_{13} = 2 \text{ min}; \quad z_{22} = 1 \text{ min}; \quad z_{33} = 1 \text{ min};
 \end{aligned}$$

Структура многомерного нечеткого контроллера для установки каталитического крекинга нефти синтезированного с помощью метода, основанного на нейро-нечетком подходе, приведена на рис.3.

Текущие значения управляемых параметров – температуры реактора (y_1), кратности циркуляции катализатора (y_2) и весовой скорости (y_3) – сравниваются с их заданиями, и значения полученных ошибок $e_{y_1} = (g_{y_1} - y_1)$; $e_{y_2} = (g_{y_2} - y_2)$; $e_{y_3} = (g_{y_3} - y_3)$ и поступают на вход фаззификатора для вычисления функций принадлежности $\mu_{e_{y_1}}$, $\mu_{e_{y_2}}$ и $\mu_{e_{y_3}}$.

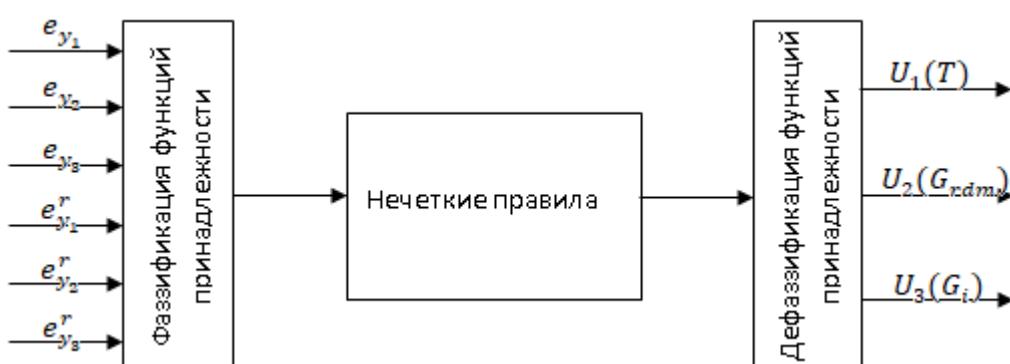


Рис. 3. Структура многомерного нечеткого контроллера

Обратимся к сути регулирования параметров настроек центров и форм функций принадлежности (ФП) нечетких правил. Для этого используется генетический алгоритм регулирования ФП, с реализацией процедуры кодирования искомых точек – значения центра и вид ФП нечетких множеств, описывающих как входные $(\tilde{e}_{y_i}, \tilde{e}'_{y_i}, i = \overline{1,3})$, так и выходные параметры $(\tilde{U}_i, i = \overline{1,3})$ контроллера. Очевидно, что число таких точек определяется количеством лингвистических переменных (в данном случае $6+3=9$), количеством термов 48 и видом ФП (трапецидальная или треугольная форма). Для описания каждого параметра используется 7 битов.

В работе выполнена постановка и дано решение задачи нечеткой оптимизации ректификационной колонны атмосферно вакуумной трубы нефтеперерабатывающего завода как задачи нечеткого линейного программирования с нечеткими отношениями типа \lesssim и \gtrsim .

Математические зависимости выхода бензина и его качества $y_i (i = \overline{1,3})$ от управляющих переменных (x_1 и x_2), а также возмущающих воздействий $x_j (j = \overline{3,5})$ определены с использованием уравнений множественной регрессии:

$$\begin{aligned} y_1 &= 111,468 - 0,045x_1 + 0,11x_2 - 0,0493x_3 - 0,015x_4 + 42,03x_5; \\ y_2 &= 16,8 + 0,05x_1 - 0,084x_2 + 0,0005x_3 + 0,03x_4 + 23,5x_5; \\ y_3 &= 243,356 - 0,038x_1 - 0,054x_2 - 0,0019x_3 + 0,0011x_4 - 50,3x_5. \end{aligned}$$

Задача оптимизации процесса управления колонной заключается в определении таких управляющих переменных x_1 и x_2 при заданных значениях возмущающих воздействий $x_j (j = \overline{3,5})$, чтобы

$$111,468 - 0,045x_1 + 0,11x_2 - 0,0493x_3 - 0,015x_4 + 42,03x_5 \rightarrow \max;$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} 16,8 + 0,05x_1 - 0,084x_2 + 0,0005x_3 + 0,03x_4 + 23,5x_5 &\gtrsim 30; \\ 243,356 - 0,038x_1 - 0,054x_2 - 0,0019x_3 + 0,0011x_4 - 50,3x_5 &\lesssim 180; \\ 140 \leq x_1 \leq 160; \quad 250 \leq x_2 \leq 260. \end{aligned}$$

При решении задачи оптимального управления этими процессами всегда имеются плановые ограничения на выпуск продукции. Из-за этого следует что $\max y_1$ всегда ограничен сверху, из-за этого $\max y_1 \leq y_{10}$, где y_{10} – планированное ограничение на производство бензина. В нашем подходе учитывая не разделение целевой функции и ограничений, целевую функцию представляем в виде ограничения

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \lesssim y_{10}$$

Таким образом, решение задачи (1)-(2) сводится к решению задачи

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \lesssim y_{10} \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \lesssim y_{20} \\ y_3 &= f_3(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \lesssim y_{30}, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} y_1 &= 111,468 - 0,045x_1 + 0,11x_2 - 0,0493x_3 - 0,015x_4 + 42,03x_5; \\ y_2 &= 243,356 - 0,038x_1 - 0,054x_2 - 0,0019x_3 + 0,0011x_4 - 50,3x_5; \end{aligned}$$

$$y_3 = -16,8 - 0,05x_1 + 0,084x_2 - 0,0005x_3 - 0,03x_4 - 23,5x_5; \\ y_{10} = 126; y_{20} = 180,5; y_{30} = 30; 140 \leq x_1 \leq 160; 250 \leq x_2 \leq 260.$$

В результате решения рассматриваемой задачи оптимизации в качестве оптимального $x^* = (x_1^*, x_2^*)$ выбрана точка, принадлежащая нечеткой области D^* с максимальной степенью принадлежности

$$\mu_{D^*} = (x_1^*, x_2^*) = \max_{x_1, x_2} \mu_{D^*}(x_1, x_2),$$

Оптимальное решение задачи при $f^* = 125,633$ таково: $x_1^* = 160; x_2^* = 258$.

В четвёртой главе диссертации «**Реализация алгоритмов поддержки принятия решений в системах оперативно–прогнозного управления первичной переработки нефти**» приведен алгоритм нечеткого управления реакторно регенераторным блоком. Во время функционирования алгоритма в базе данных составляется ежедневная выборка используемых переменных, по которым образуются начальные значения функций принадлежности и отмечается начальное время. Алгоритм нечеткого управления можно интегрировать в различные системы управления технологическими процессами. На рис. 4 приводится общая структурная схема нечеткой системы управления устройством.

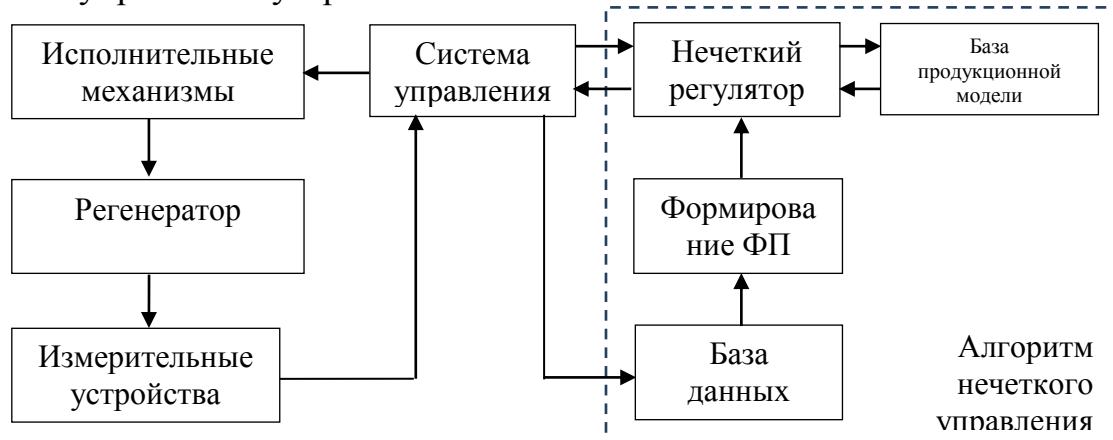


Рис. 4. Структурная схема нечеткой системы управления устройством

Реализованный алгоритм прогнозирующего регулятора в виде программируемого контроллера в супервизорном режиме функционирования на основе нейро–нечеткой модели протестирован в реальных условиях. Элемент супервизора реализован в двух вариантах - механизм выхода Мамдани и Такаги-Сугено. Сравнение различных типов схем управления выполняется в одинаковых условиях. Из полученных переходных процессов видно, что метод с дополнительным уровнем супервизорного управления, использующий нечеткие структуры Такаги-Сугено обеспечивает наилучшие результаты. Дополнительное увеличение весового коэффициента повышает производительность и улучшает качество процесса управления. Из проведенного сравнения можно заключить, что система с супервизорным управлением с использованием модели Такаги-Сугено является лучшим

вариантом управления исследуемым объектом, обеспечивающим лучшее качество и эффективность процесса регулирования (рис. 5).

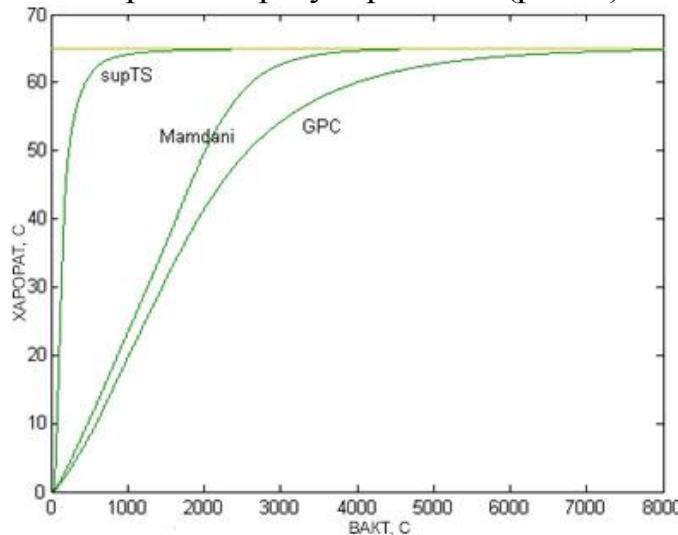


Рис. 5. Сравнение различных методов управления

Для того, чтобы реализовать нейро-нечеткую систему принятия решений и управления на установке первичной переработки нефти нефтеперерабатывающего завода были смоделированы отдельные уровни, блоки системы и имитация ее функционирования системы в целом.

В таблице представлены результаты моделирования процесса принятия решений по определению близких к оптимальным режимам параметров установки первичной переработки нефти. При одинаковом количестве сырья сравниваются суммарные выходы бензина и газа на установке.

Результаты определения режимов установки первичной переработки нефти

№ эксперимента	Количество сырья	Суммарное количество выработанного бензина и газа		Суммарная глубина отбора газа и бензина в % к сырью	
		истинное на установке	по результатам моделирования	истинное на установке	по результатам моделирования
1	2	3а	3б	4а	4б
1	1652	1097	1119	66,39	67,75
2	1716	1110	1127	64,67	65,69
3	2037	1360	1405	66,79	68,99
4	2014	1323	1347	65,67	66,87
5	2101	1413	1441	67,28	68,60
6	1821	1197	1206	65,76	66,24
:	:	:	:	:	:
50	1692	1098	1112	64,92	65,78

В таблице 2-столбец показывает количество перерабатываемого сырья, столбцы 3а, 4а соответствуют существовавшим на установке технологическим режимам, а столбцы 3б, 4б соответствуют работе

предложенной системы управления. Суммарный выход бензина и газа во втором случае всякий раз ощутимо больше, чем в первом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен подход к реализации систем поддержки принятия решений по оперативно-прогнозному управлению сложными процессами, основанный на технологии мягких вычислений и нейро-нечетких моделях краткосрочного оперативного предсказания с механизмом логического вывода Такаги-Сугено, воплощенный в виде двухуровневой иерархической структуры принятия решений и управления.

2. На первом уровне иерархии управления предложено решать проблему определения квазиоптимального (или рационального) технологического режима статики исследуемого объекта на основе его нечеткой продукционной математической модели. На второй ступени иерархии оперативно-прогнозного управления решаются задачи прогнозного управления параметрами процесса первичной переработки нефти с учетом изменяющихся его динамических характеристик.

3. Выполнено компьютерное моделирование предложенной системы оперативно-прогнозного управления процессом первичной переработки нефти в целом и её отдельных узлов, и блоков и осуществлена её программная реализация с уменьшенной вычислительной сложностью.

4. Осуществлена нейронная параметрическая идентификация нечеткой математической модели сложного объекта на основе экспериментальных данных и экспертных оценок.

5. Выполнена содержательная постановка и дано решение задачи нечеткой оптимизации как классической задачи оптимизации с нечеткими отношениями применительно к нечеткой оптимизации колонне очистки сырья первичной переработки нефтяного завода и решена задача нечеткого линейного программирования с нечеткими отношениями в условиях плановых ограничений на выпуск нефтяного сырья.

6. Синтезирован многомерный нейро-нечеткий программируемый логический контроллер с нейронным идентификатором с использованием алгоритма обратного распространения ошибки.

7. Поэтапное испытание и апробирование разработок диссертации в среде поддержки принятия решений при оперативно-прогнозном управлении сложными процессами первичной переработки нефти в промышленных условиях показало эффективность применения концепции усовершенствованного управления к построению систем принятия решений и оперативно-прогнозного управления установками первичной переработки нефти.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2021.T.142.01 AT RESEARCH INSTITUTE FOR
DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL
INTELLIGENCE**

**RESEARCH INSTITUTE FOR DEVELOPMENT OF DIGITAL
TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

DOSHCHANOVA MALIKA YULDASHOVNA

**METHODS AND ALGORITHMS FOR SUPPORTING DECISION
MAKING IN CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
AND PRODUCTION**

05.01.02 – System analysis, management and information processing

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

Tashkent – 2022

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.4.PhD/T505

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi.

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

Scientific adviser:

Gulyamov Shukhrat Manapovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Ismailov Mirxalil Agzamovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Tuxtanazarov Dilmurod Solijonovich
Doctor of Philosophy of Technical Sciences(PhD)

Leading organization:

Tashkent chemical-technological institute

The defense will take place on «20» 05 2022 at 16⁰⁰ the meeting of Scientific council No. DSc.13/30.12.2021.T.142.01 at Research Institute for the Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (Address: 17A, Buz-2, M.Ulugbek district, Tashkent city,100125, Phone: (+99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Research Institute for Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (is registered under No. 6). (Address: 17A, Buz-2, M.Ulugbek district, Tashkent city, 100125, Phone: (+99871) 263-41-98.

Abstract of dissertation sent out on «29» 04 2022 y.
(mailing report No. 6 on «18» 04 2022 y.).

С.М.


N.S. Mamatov
Chairman of the scientific council
awarding of scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Ж.Нуралев

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

Р.Х. Камдамов

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

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work to develop a method, algorithm and software tool for operational and predictive control of decision support in complex processes.

The object of the research work is taken the software of information-management systems.

The scientific novelty of the research work is as follows:

developed a neuro-fuzzy model for control systems for complex processes of primary oil refining;

developed an algorithm for optimizing the operation mode parameters of primary oil refining units;

a neuro-iterative method of parametric identification of the model is proposed, which ensures adequacy under conditions of uncertainty;

developed a control algorithm with an operational short-term forecast based on neuro-fuzzy models of a controlled object.

Implementation of research results. Methods, models and software and algorithmic tools aimed at increasing the efficiency of control over the processes of primary oil refining:

applied a mechanism of operational forecasting based on a neuro-fuzzy model alternative solutions to support control decisions to improve the efficiency of LLC «Chinaz NPZ» (certificate No. 33-8/7049 the Ministry for development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan dated November 24, 2020). As a result, the efficiency of the decision-making process for monitoring the state of petroleum products based on the model was increased by 8%;

mathematical model of primary oil refining, neural parametric identification and model software are implemented in LLC «UNICON-SOFT». As a result, the annual economic efficiency of the application of dissertation developments in production activities is 35 million soums;

a software tool for managing programmable logic controllers of complex dynamic objects has been introduced at LLC «BLACK RABBIT». As a result, the annual economic efficiency of the application of dissertation developments in production activities is 25 million soums;

is used in the design of systems aimed at improving the efficiency of oil refining control by OJSC «O'ZLITINEFTGAZ», and (certificate No. 33-8/7049 the Ministry for development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan dated November 24, 2020). As a result, the efficiency of the entire control system due to information processing increases by 4-6% per year.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the thesis is 114 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОБУПЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Зайнутдинова М.Б., Дошанова М.Ю., Рахмонбердиева Г.Т. Алгоритм субоптимального управления параметрически и функционально неопределенным объектом // Международный научно – технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2011. –№5. - С.78-81. (05.00.00; №12).
2. Расулема М.А., Эргашев Ф.А., Мирзаев Д.А., Дошанова М.Ю. Особенности автоматизированного и автоматического управления химико-технологическими процессами и системами // Фаргона политехника институти илмий-техника журнали. –Фаргона, 2016. – 20-том. –№3. –51-56 б. (05.00.00; №20).
3. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Эргашев Ф.А., Дошанова М.Ю. Усовершенствованное управление сложными технологическими процессами и производствами на примере сушки и грануляции минеральных удобрений // Проблемы информатики и энергетики. –Тошкент, 2018. – №6. – С.15-22. (05.00.00; №5)
4. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Тарасов В.Б., Усманова Н.Б., Дошанова М.Ю. Распределенное информационное пространство как ассоциативная среда инфокоммуникационных сетевых структур // Журнал «Промышленные АСУ и контроллеры». –Москва, 2019. –№3. – С.20-29. (05.00.00; №69).
5. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Ergashev F.A., Doshchanova M.Yu. Advanced Control of Complex Technological Processes and Production on the Example of Drying and Granulation of Mineral Fertilizers // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. - India, 2019. - Volume 6. –Issue 3. – PP.8361-8366. (05.00.00; №8).
6. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Doshchanova M.Yu. Process modeling algorithms for operative-forecasting control of complex technological systems // International scientific and technical journal. Chemical technology. Control and management. Tashkent 2019, №4-5(88-89). – PP. 106-112. (05.00.00; №12).
7. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Doshchanova M.Yu. Neuro-fuzzy modeling for predictive control systems with complex technological processes and production // International scientific and technical journal «Chemical technology. Control and management». –Tashkent, 2020. –№1(91). –PP.73-83. (05.00.00; №12).
8. Gulyamov Sh.M., Yu.Sh.Avazov, M.Yu.Doshchanova, E.Samadov. Mathematical Modeling of Operational-Dispatching Processes of Complex

Technological Objects // International scientific and technical journal «Chemical technology. Control and management». –Tashkent, 2020. – №5-6(95-96). - PP.23-29. (05.00.00; №12).

II бўлим (Часть II; Part II)

9. Мухамедханов У.Т., Матякубова П.М., Рахмонбердиева Г.Т., Дошанова М.Ю. Бошқариш қарорларини қабул қилишда тасвирларни аниклаш усуллари ва ахборот назарияси //Препринт. Р-8-194. –Тошкент: ЎзР ФА Математика ва ахборот технологиялари институти, 2010. -68 б.

10. Rahmonberdieva G.T., Doshchanova M.Yu., Zainutdinova M.B. Optimization problem of choice of management decisions in systems reengineering business processes // The 4 th International Conference on «Application of Information and Communication Technologies-AICT2010». - Tashkent, 2010. – PP.13-15.

11. Rahmonberdieva G.T., Doshchanova M.Yu., Irmukhamedova R.D. Adaptive system of support of acceptance of administrative decisions // «WCIS-2010» Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. –Tashkent, 2010. –PP.230-232.

12. Шоймардонов Т.Т., Рахмонбердиева Г.Т., Дошанова М.Ю. Интерактивные информационные системы поддержки управленических решений// «Ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш, инновациялар, иқтисодий самарали усуллар ва ноанъанавий ечимлар» мавзусидаги II Республика илмий ва илмий-техник анжумани материаллари. –Фарғона, 2010. – Б. 356-358.

13. Рахмонбердиева Г.Т., Дошанова М.Ю. Система поддержки принятия решений в условиях неопределенности // Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов «Проблемы информационных технологий и телекоммуникации». –Ташкент, 2012. – С. 35-36.

14. Rahmonberdieva G., Doshchanova M.Yu., Abdullayeva K.R. Methods and algorithms of decision-making poorly formalized problems in the conditions of uncertainty // «WCIS-2014» Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. –Tashkent, 2014. –PP. 384-389.

15. Дошанова М.Ю. Алгоритмы контроля уровня знаний при случайных помехах // Сборник статей VII Международной научной конференции «Приоритетные направления в области науки и технологии в XXI веке». Том 2. –Ташкент, 2014. – С. 351-353.

16. Nishanov A.H., Doshchanova M.Yu., Mirzayev D.A. Methods of indistinct regulation in management problems educational process // Материалы V международной научно-технической конференции «Open Semantic Technologies for Intelligent Systems» OSTIS-2015. –Минск, 2015. – С. 365-368.

17. Мирзаев Д.А., Дошанова М.Ю., Эргашев Ф.А. Интегрированный показатель надёжности функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем // «Ўзбекистонда қурилиш технологияларининг ривожланиши» Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. 2-қисм. –Тошкент, 2015. – Б.72-73.
18. Дошанова М.Ю., Содиков Ш.С. Информационный подход к оценке задач принятия управлеченческих решений // «Маданият ва таълим: давр мулоқоти» илмий–амалий анжуман материаллари. – Бухоро, 2015. - Б. 103-104.
19. Doshchanova M.Yu. The analysis of the condition and prospects of development of adaptive systems of information transfer and substantiation of principles of their intellectualization // «Информатика: проблемы, методология, технологии» Материалы XVI Международной научно-методической конференции, Интеллектуальные информационные системы. –Воронеж, 2016. – С. 3-10.
20. Babamukhamedova M.Z., Doshchanova M.Yu., Ergashev F.A. Principle of authentic equivalence in problems of Adaptive controls in the conditions of aprioristic Uncertainty. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем», OSTIS-2016, Материалы VI международной научно-технической конференции. –Минск, 2016. – С. 565-568.
21. Doshchanova M.Yu., Sobirov A.U. Review of mathematical models of processes of clearing and regeneration of air // «International conference on importance of information communication technologies in innovative development of sectors of economy» dedicated to the 1235th anniversary of the birth of Muhammad al-Khwarizmi. –Tashkent, 2018. –PP. 133-139.
22. Дошанова М.Ю. Современное состояние теории и практики оперативно-прогнозного управления сложными технологическими процессами и производствами // Тезисы международной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий». –Ташкент, 2019, – С. 158-159.
23. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Doshanova M.Yu. Neural identification of a dynamic model of a technological process // International conference on information science and communications technologies ICISCT 2019 Applications, Trends and Opportunities. –Tashkent, 2019, – PP. 1-8.
24. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Doshchanova M.Yu. Optimization of technological regimes of oil pre-processing plants // International conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. –Navoi, 2019, – PP. 541-546.
25. Gulyamov Sh.M., Doshanova M.Y. Murakkab texnologik jarayonlarni boshqarishda sun‘iy intellekt usullaridan foydalanish muammolari // «Математик моделлашириш, ҳисоблаш математикаси ва дастурий таъминот инженериясининг долзарб муаммолари» Республика илмий–амалий анжумани маърузалар тўплами. –Қарши, 2020. - Б. 417-419.
26. Gulyamov Sh.M., Doshanova M.Yu. Neftni dastlabki qayta ishlash qurilmasi ishlashining texnologik rejimlarini tanlash bo'yicha qaror qabul qilishni

qo'llab quvvatlash // «Kimyo, neft-gazni qayta ishlash hamda oziq-ovqat sanoatlari innovatsion texnologiyalarini dolzarb muammolari» ilmiy-teknikaviy konferensiyasining maqolalar to'plami. –Toshkent, 2020. - B. 30-31.

27. Мамаруфов О.А., Дошанова М.Ю. «KONOKS» ЭХМ учун дастур // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 05565. Ташкент, 16.08.2018 г.

28. Дошанова М.Ю., Шукров А.А., Садуллаев А.А. VELOS // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 06771. Ташкент, 30.07.2019 г.

Автореферат “Информатика ва энергетика муаммолари” Ўзбекистон журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими 84x60 $1/16$ “Times New Roman” гарнитураси рақами босма усулда босилди.
Шартли босма табоги 2,75. Адади 100. Буюртма № 10.

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