

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**МАМАСОДИКОВА НОДИРА ЮСУБЖОНОВНА**

**НЕФТ МАҲСУЛОТЛАРИ ЭКСТРАКЦИЯ ЖАРАЁНИНИ  
БОШҚАРИШНИНГ НОРАВШАН-ТЎПЛАМ МОДЕЛЛАРИ ВА  
АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.08 - Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва  
бошқариш**

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

**Тошкент– 2021**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Мамасодикова Нодира Юсубжонова**

Нефт маҳсулотлари экстракция жараёнини бошқаришнинг норавшан-  
тўшлам моделлари ва алгоритмлари.....3

**Мамасодикова Нодира Юсубжонова**

Нечетко-множественные модели и алгоритмы управления процессом  
экстракции нефтепродуктов.....21

**Mamasodikova Nodira Yusubjonovna**

Fuzzy-multiple models and control algorithms for the extraction of oil  
products.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works.....42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**МАМАСОДИКОВА НОДИРА ЮСУБЖОНОВНА**

**НЕФТ МАҲСУЛОТЛАРИ ЭКСТРАКЦИЯ ЖАРАЁНИНИ  
БОШҚАРИШНИНГ НОРАВШАН-ТЎПЛАМ МОДЕЛЛАРИ ВА  
АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.08 - Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш  
ва бошқариш**

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

**Тошкент– 2021**

Филсофа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2921.1.PhD/T404 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажаришган

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий ажиодиннинг веб-санофасиди ([www.idfu.uz](http://www.idfu.uz)) ҳамда «ZyuzNet» Ахборот таълим порталида ([www.zyuznet.uz](http://www.zyuznet.uz)) жойлаштирилган

Илмий раҳбар:	Сиддиқов Исмаилов Хасанович техника фанлари доктори, профессор
Расмий олопонентлар:	Исмаилов Мирхалил Ахтамович техника фанлари доктори, профессор Саидов Маннатқарин техника фанлари номзоли, доцент
Улакчи таъшиқлов:	Тошкент кино-технология институти

Диссертация ҳомоиси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги BSc 03/30 12.2019 Т.03.02 рақамли Илмий ажиодиннинг 2022 йил «15» 07 сано «10» 05 мажлисида бўлиб ўтади. (Манзи: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел: (99871) 246-46-00, факс: (99871) 227-10-32, e-mail: [tda\\_info@dfn.uz](mailto:tda_info@dfn.uz))

Диссертация бири Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида таъшиқчи мумкин (238 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзи: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел: (99871) 207-14-70)

Диссертация автореферати 2021 йил «17» 12 куни тарқатилди  
(2021 йил «7» 12 даги 12 рақамли реестр бейномаси)



  
Н.Р. Юсубов  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси,  
т.ф.д., профессор, академик

  
У.Ф. Мамиров  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби,  
техника фанлари бўлими фалсафа доктори (PhD), доцент

  
Ж.У. Севинов  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раис уриносари,  
т.ф.д., доцент

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда сўнги йилларда нефт-кимёвий маҳсулотларни олиш, қайта ишлашда асосий эътибор энергия ва ресурс тежамкорлигига эришиш масалаларига қаратилмоқда. Технологик жараёнларни автоматлаштириш соҳасидаги долзарб вазифалардан бири бу бошқарув жараёнининг сифатини яхшилайдиган интеллектуал технологиялар ютуқларидан фойдаланган ҳолда юқори самарали бошқариш системаларини яратиш ҳамда кам энергия ва ресурс сарфлаган ҳолда юқори сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқаришга эришишдир. Бу борада қатор етакчи хорижий мамлакатларда муайян муваффақиятларга эришилган бўлиб, уларда асосан технологик объектларни бошқариш тизимларини такомиллаштириш, маҳсулотларнинг рақобатбардошлиги ва ишлаб чиқариш самарадорлигини таъминлаш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳонда технологик жараёнларни бошқариш системаларини такомиллаштиришга, хусусан, нефтни қайта ишлаш корхоналарида интеллектуал технологияларни жорий этиш орқали юқори сифатли нефт маҳсулотларини олишга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Турли ишлаб чиқариш жараёнлари хусусан, нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёни мураккаб хусусиятга эга бўлиб, у турли хилдаги ташқи ва ички таъсирлар остида бўлади. Ушбу таъсирларнинг ноаниқлиги, технологик параметрларни ўзаро боғлиқлиги бундай жараёнларни бошқариш масаласини ечишни мураккаблаштиради. Шу жиҳатдан, нефт маҳсулотларини экстракция жараёнини интеллектуал технологиялар асосида бошқариш системаларини такомиллаштиришга алоҳида аҳамият берилмоқда.

Республикамиз иқтисодиётининг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланган нефтни қайта ишлаш жараёнларини автоматлаштирилган бошқариш системаларини яратишда энергия ва ресурс тежамкор замонавий бошқарув системаларини яратишга катта эътибор берилмоқда. Бу борада, 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида қатор вазифалар, жумладан « ... юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш, иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ... ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, иқтисодиёт тармоқларида меҳнат унумдорлигини ошириш, ... иқтисодиётда, ижтимоий соҳаларда, бошқариш системаларида ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»<sup>1</sup> каби вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан нефтни қайта ишлаш жараёнларини сифат кўрсаткичларини яхшилаш мақсадида замонавий технологик воситалардан фойдаланиб, нефт маҳсулотларини экстракциялаш

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегияси тўғрисидаги» Фармони.

жараёнини рақамли бошқариш системасини моделлаштириш ва синтезлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш зарурати туғилади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2019 йил 3 ПҚ-4265 сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш системасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Нефтни қайта ишлаш саноатида нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини бошқариш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш билан боғлиқ илмий-техникавий наشرлар таҳлили ушбу соҳада маълум даражада назарий ва амалий натижаларга эришилганлигидан далолат беради. Бу борада жаҳоннинг етакчи илмий марказлари, жумладан, Toqai Infra Logic, Micro Devices, Honeywell (АҚШ), LIFE халқаро лабораторияси, Mitsubishi Electric, Siemens (Германия), Wescan Agrotexservis (Жанубий Корея) ҳамда олий таълим муассасалари: BISC (АҚШ), Зиген Университети (Германия), Донгук университети (жанубий Корея) ва Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини бошқариш системаларини ривожлантиришга кўплаб хорижий олимлар, жумладан, R.A.Aliev<sup>2</sup>, A.Zadeh<sup>3</sup> ва бошқалар, ҳамда интеллектуал технологиялар асосида бу жараёнларни бошқариш системаларини яратиш ва такомиллаштириш бўйича илмий муаммоларни ечишга мамлакатимиз олимларидан Т.Ф.Бекмуратов<sup>4</sup>, Н.Р.Юсупбеков<sup>5</sup>, Ш.М.Гулямов<sup>6</sup>, Х.З.Игамбердиев<sup>7</sup>, Д.Т.Мухамедиева<sup>8</sup> ва бошқалар ўзларини катта хиссаларини қўшганлар.

<sup>2</sup> Алиев Р.А., Алиев Р.Р. Теория интеллектуальных систем. Учебное пособие для ВУЗов по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Баку: Чашыюглы. – 2001. – С.720.

<sup>3</sup> Zadeh L.A. Linear system theory: the state space approach. Courier Dover Publications, 2008. – P. 566.

<sup>4</sup> Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы информатики и энергетики. Ташкент. №4. – 2003.– с.24-35.

<sup>5</sup> Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков Н.А. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. –Тошкент. Ўзбекистон миллий энциклопедияси. – 2014. – С.490.

<sup>6</sup> Gulyamov Sh.M., Temerbekova B.M., Bobomurodov N.X. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information // Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018.– pp.128-131.

<sup>7</sup> Igamberdiyev X.Z., Kadirov D.T. Regularized algorithms of adaptive assessment of state of control objects with parametric perturbation account//Chemical Technology, Control and Management. Volume – 2018. Issue 2. – pp.47-52.

<sup>8</sup> Mukhamedieva D.T., Egamberdiyev N. Approaches to solving optimization tasks based on asks based on natural calculation algorithms // Scientific-technical journal. Volume 24. Issue 2. 2020. pp.58-67.

Шу билан бирга, нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг хусусиятларини, нозиклигини ва маълумотларнинг ноаниқлигини ҳисобга олган ҳолда юқори самарали бошқариш системасини яратилиши илмий тадқиқотлар доирасининг домий кенгайиши ва мураккаблашувини талаб этади. Шу муносабат билан нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг замонавий бошқариш усуллари ва ахборот технологиялари ютуқларидан фойдаланган ҳолда бошқариш системасини синтезлашнинг самарадор моделлари ва алгоритмларини яратиш ва янада такомиллаштириш зарурияти туғилади.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг ИТД-5-36 – “Нефт-кимё қурилма ва мажмуаларини технологик хавфсизлиги мониторингининг ахборот-аналитик интеллектуал тизимини яратиш” (2012-2014) ва А-5-42 – “Априор ноаниқлик шароитида технологик объектларнинг автоматлаштирилган мониторинги ва бошқаришнинг интеллектуаллаштиришнинг дастурий-аппарат воситаси” (2015-2017) мавзуларидаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** турли ноаниқликлар шароитида нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини интеллектуал технологиялар усуллари асосида бошқаришнинг моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборатдир.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

нефт маҳсулотларига ишлов беришда маълумотлар ноаниқлиги шароитида экстракциялаш жараёнининг норавшан-тўплам моделларини яратиш;

экстракциялаш жараёнини норавшан-тўплам моделларига асосланган бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

экстракциялаш жараёнини норавшан-мантқиқий ростлаш системасини синтезлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

яратилган модел ва алгоритмлар асосида экстракциялаш жараёнини автоматлаштирилган бошқариш системасининг дастурий мажмуасини яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида нефтни қайта ишлаш корхоналаридаги нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг бошқариш системаси олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** нефт маҳсулотларини экстракциялаш технологик жараёнини бошқаришнинг усуллари, моделлари ва алгоритмлари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, математик ва имитацион моделлаштириш, интеллектуал бошқариш ва автоматик бошқариш назариялари усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

динамик объектларни бошқариш жараёнини интеллектуаллаштиришнинг математик асоси бўлган нейрон тармоқлар ва норавшан-мантқиқ негизида нефт

маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг норавшан-мантикий гибрид моделлари ишлаб чиқилган;

турли структурали нейрон тармоқ моделларини қуриш имконияти билан фарқ қилувчи умумлашган-регрессион нейрон тармоқнинг адаптив ўқитиш алгоритми ишлаб чиқилган;

нефт маҳсулотлари экстракциялаш жараёнини хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда норавшан-мантикий ростлагичнинг структураси ва оптимал параметрларини автоматлаштирилган аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилган;

объект хоссаси ва ташқи таъсирларнинг ноаниқлиги шароитида нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг технологик параметрларини норавшан-мантикий бошқариш системасини синтезлаш алгоритми ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

мойлар олишда экстракторнинг иш режимларини бошқаришнинг энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлаш имконини берувчи интеллектуаллаштирилган бошқариш системаси ишлаб чиқилган;

экстракциялаш технологик жараёни автоматлаштирилган бошқариш системасининг махсус дастурий-аппарат воситалари ишлаб чиқилган;

экстракциялаш жараёнини квазиоптимал технологик режимларини таъминлаш имконини берувчи норавшан-мантикий бошқариш системасининг функционал схемаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқотнинг ишончилиги назарий асосланган, динамик объектларни автоматик бошқариш ва тажриба усулларида тўғри фойдаланилганлиги, таклиф этиладиган бошқариш моделлари ва алгоритмларининг белгиланган даражада мослиги, апробация қилинган замонавий бошқариш назарияси усуллари кўлланилиши, назарий ва амалий тадқиқотлардан олинган натижалар ва уларнинг ўзаро мослиги билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқотда олинган натижаларнинг илмий аҳамияти технологик объектларни бошқариш жараёнини ноаниқлик шароити ва ишлаб чиқариш вазиятининг аниқ эмаслик шароитида фаолият кўрсатувчи динамик объектларнинг бошқариш системаларини автоматлаштирилган тадқиқ қилишнинг усуллари, моделлари ва алгоритмларини яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг статик ва динамик тавсифларини ҳисобга олган ҳолда экстракторнинг такомиллаштирилган норавшан-мантикий бошқариш системасини синтезлашнинг математик ва алгоритмик таъминотини яратишдан иборат бўлиб, у узлуксиз характерли технологик жараёнларни рақамли бошқариш системасини лойиҳалашнинг дастурий воситасини ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг рақамли норавшан-мантикий бошқариш системасини синтезлаш натижалари асосида:



нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг такомиллаштирилган бошқариш системасини тадқиқ қилишнинг норавшан-тўплам моделлари ва алгоритмлари “Чиноз НКҚИЗ”да жорий этилган (“Ўзбекнефтгаз” АЖ нинг 2021 йил 16 июндаги 28-1/686 - сон маълумотномаси). Натижада, ахборотларни қайта ишлаш вақтини 1,2 % га камайтириш ҳисобига, жараёни бошқаришда натижаларни олиш ва қарор қабул қилишнинг тезлигини 1,6 % га ошириш имконини берган;

тозаланган мой олиш жараёнининг технологик параметрларини оптимал қийматларини таъминловчи рақамли бошқариш системаси Чиноз НКҚИЗда жорий этилган (“Ўзбекнефтгаз” АЖ нинг 2021 йил 16 июндаги 28-1/686- сон маълумотномаси). Натижада, “Чиноз НКҚИЗ”да экстракторнинг ҳарорат режимини номинал қийматдан оғиши 2,2 % га камайтириш имконини берган;

нейро-норавшан технологияларни қўллаш асосида экстракциялаш жараёнини асосий бошқарилувчи параметрларини технологик регламентга мос равишда ушлаб туришни таъминловчи микроконтроллерли бошқариш системаси “Чиноз НКҚИЗ”да жорий этилган (“Ўзбекнефтгаз” АЖ нинг 2021 йил 16 июндаги 28-1/686- сон маълумотномаси). Натижада, фенол суюқлиги сарфини 0,7 % га ҳамда энергия сарфини 1-2 % га камайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 3 та Республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш, шулардан - Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, жумладан, 3 таси хорижий журналларда нашр этилиб, ЭҲМ лар учун дастурий маҳсулотларга Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан рўйхатдан ўтган 2 та гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 113 бетни ташкил этган.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончилиги асосланган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

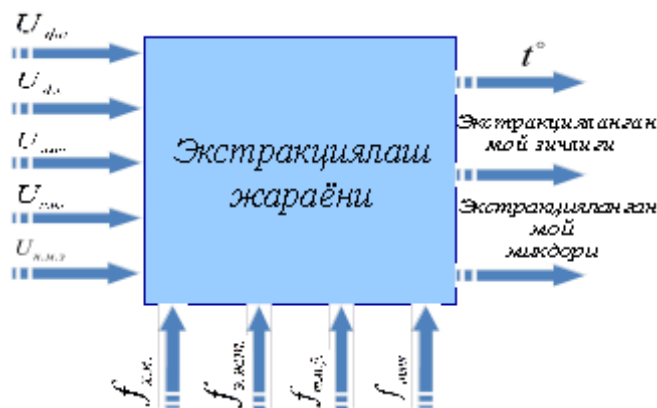
Диссертациянинг **“Нефт маҳсулотлари экстракция жараёни бошқариш муаммоларининг ҳозирги ҳолати”** номли биринчи бобида нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг хусусиятлари, жараёнда содир

бўладиган физикавий-кимёвий ҳодисалар ва жараёнга таъсир қилувчи асосий омиллар тизимли таҳлил қилинди.

Таҳлиллар шуни кўрсатдики, нефт маҳсулотларини экстракциялаш мураккаб жараён бўлиб, у узлуксиз характерга эга ҳамда турли ташқи таъсирлар остида бўлади. Экстракциялаш жараёнини маҳсулот сифатига таъсир этувчи асосий факторларга хомашё, фенол суюқлиги ва берилётган буғ сарфи, хомашёнинг фенол суюқлигига қарралиги, жараён ҳарорати, босими ва бошқалар киради. Олинаётган мойнинг зарурий физикавий-кимёвий ва фойдаланиш хусусиятларига эришиш учун асосан фенол-хомашёнинг оптимал муносабатини амалга ошириш зарур. Шунингдек, нефт маҳсулотларини ишлаб чиқаришнинг юқори самарадорлигига эришиши учун экстракция колоннасининг гидродинамик ва ҳарорат режимларини оптимал қийматда бўлишини таъминлаш муҳим аҳамият касб этади. Экстракциялаш жараёнида содир бўлаётган физикавий-кимёвий реакцияларни талаб даражасида бориши учун хомашё ва берилётган буғнинг сарфи ҳамда тозаловчи кимёвий қўшимчалар (фенол суюқлиги) сарфи асосий роль ўйнайди. Экстракциялаш жараёни нормал содир бўлиши учун регламент бўйича экстрактор ҳарорати ўртача – 70-85 °С, босим – 20-25 кг\*куч/см<sup>2</sup>, сатх – 70-80 % ва фенол суюқлиги сарфи – 600-700 кг/м<sup>3</sup> қилиб белгиланган.

Ҳозирда нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини мавжуд бошқариш системаси асосан технологик регламент асосида хомашё ва буғ оқими сарфини стабил ушлаб туриш учун хизмат қилади. Бу эса юқори сифатли маҳсулот олиш имконини бермайди, чунки мавжуд локал автоматик бошқариш системалари жараёнга таъсир қилувчи барча факторларни, уларнинг ўзаро боғлиқлигини ва ўзгарувчиларнинг ноаниқлигини ҳисобга олиш имкониятига эга эмас. Шунинг учун экстракциялаш жараёнида содир бўладиган турли хил ноаниқликларни ҳисобга олган ҳолда интеллектуал технологиялар усуллари асосида юқори сифатли бошқариш системасини яратиш долзарб муаммолардан бири бўлиб қолмоқда.

Ушбу муаммоларни ҳал қилиш ноаниқлик шароитида технологик объектларни бошқариш жараёнининг интеллектуаллаштириш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқишни талаб этади. Шу нуқтаи назардан дастлаб экстракциялаш жараёнининг концептуал ахборот модели ишлаб чиқилди (1-расм).



1-расм. Жараённинг ахборот-концептуал модели

Бунда экстракциялаш жараёнини тавсифловчи асосий кўрсаткичлар сифатида қуйидаги ўзгарувчилар аниқлаб олинди:

- бошқариш параметрлари –  $U = \{U_{\text{фс}}, U_{\text{фх}}, U_{\text{нмс}}, U_{\text{нмх}}, U_{\text{тмз}}\}$ ; бу ерда  $U_{\text{фс}}$  - фенол суюқлиги сарфи,  $U_{\text{фх}}$  - фенол ҳарорати,  $U_{\text{нмс}}$  - нефт маҳсулоти сарфи,  $U_{\text{нмх}}$  - нефт маҳсулоти ҳарорати,  $U_{\text{тмз}}$  - нефт маҳсулоти зичлиги;

- чиқиш параметрлари –  $Y = \{t^0, Q_{\text{т.м.м.}}, U_{\text{эмз}}\}$ ; бу ерда  $t^0$  - экстрактор ҳарорати,  $Q_{\text{т.м.м.}}$  - экстракцияланган мой миқдори,  $U_{\text{эмз}}$  - экстракцияланган мой зичлиги;

- ташқи таъсирлар –  $F = \{f_{\text{х.к.}}, f_{\text{э.ж.т.}}, f_{\text{т.м.ў.}}, f_{\text{тмк}}\}$  бу ерда  $f_{\text{х.к.}}$  - хомашёнинг концентрацияси,  $f_{\text{э.ж.т.}}$  - экстракция жараёнининг тезлиги,  $f_{\text{т.м.ў.}}$  - ташқи муҳитни ўзгариши,  $f_{\text{тмк}}$  - тозаланадиган мойнинг қовушқоклиги.

Экстракциялаш жараёнининг концептуал ахборот моделини назарий-тўплам кўринишида қуйидагича ёзиб олиш мумкин:

$$\text{ЭТЖ} = \{U, X, Y, F\}; U = \{U_{\text{фс}}, U_{\text{фх}}, U_{\text{нмс}}, U_{\text{нмх}}\}$$

$$Y = \{t^0, Q_{\text{т.м.м.}}\}; F = \{f_{\text{х.к.}}, f_{\text{э.ж.т.}}, f_{\text{т.м.ў.}}, f_{\text{тмк}}\}.$$

Экстракциялаш жараёнининг ишлаб чиқилган ахборот-концептуал модели юқори самарали бошқариш системасини яратиш учун хизмат қилади.

Диссертациянинг **“Нейро-норавшан технология асосида нефт маҳсулотлари экстракция жараёнининг математик тавсифи”** номли иккинчи боби назарий-тўплам концепцияси асосида ноаниқ шароитларда нефт маҳсулотларини экстракциялаш системаси динамикасининг моделларини қуриш, моделлар тузилишини тавсифлаш ҳамда норавшан-мантиқ ва нейрон тармоқларининг гибридли қўлланилиши асосида экстракция жараёнининг математик моделини ишлаб чиқишга бағишланган.

Маълумки, экстракторда нефт маҳсулотларини экстракциялашда масса алмашинув жараёни содир бўлади. Бунда экстракциялаш колоннасидаги фазавий мувозанат  $\sum_{i=1}^C y_{ij} = 1$ ,  $\sum_{i=1}^C x_{ij} = 1$ , шарт бўйича қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$y_{ij} = K_{ij} x_{ij},$$

бу ерда  $K_{ij}$  –  $j$  – ликопчадаги нефт маҳсулотининг  $i$  -компонентасини фазавий мувозанат константаси;  $x_{ij}$  –  $j$ -ликопчага тушаётган нефт маҳсулоти суюқ фазасининг  $i$  - компонентасининг концентрацияси;  $y_{ij}$  –  $j$ -ликопчадан чиқаётган нефт маҳсулоти суюқ фазанинг  $i$  - компонентанинг концентрацияси.

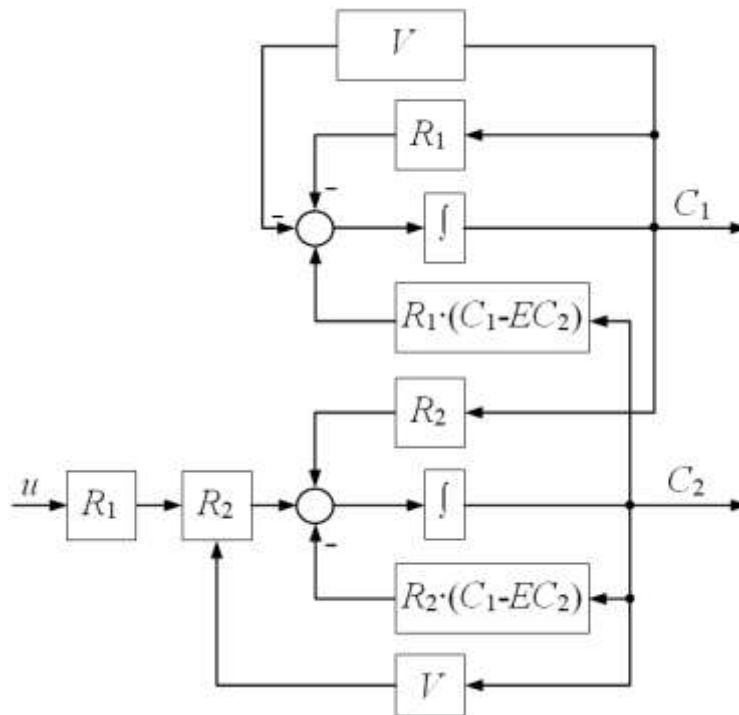
Нефт маҳсулотлари экстракция жараёнининг материал баланс тенгламалари Генри қонуниятини бажарилишини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги тенгламалар системаси билан тасвирланади:

$$0 < z < l, \quad \frac{\partial C_1}{\partial t} = -V \frac{\partial C_1}{\partial z} - R_1(C_1 - EC_2);$$

$$\frac{\partial C_2}{\partial t} = f(u) \frac{\partial C_2}{\partial z} - R_2(C_1 - EC_2),$$

бу ерда  $C_1$ ,  $C_2$  - тозаланган ва тозаланмаган мой компонентлари,  $E$  – мой компонентларини концентрацияларининг мувозанатлари,  $V$  – компонентлар ажралиш тезлиги,  $f(u)$  - ночизикли характерли бошқариш сигнали,  $z$  –экстрактордаги аралашма баландлиги,  $R_1$ ,  $R_2$  – ўзгармас коэффициентлар бўлиб, улар фазалар ажралишининг физик хоссалари ва экстракция колоннасининг геометрик хусусияти орқали аниқланади,  $l$  – экстрактор баландлиги.

Бунинг асосида экстракторда содир бўладиган масса алмашинув жараёнини математик моделини структуравий схемаси ишлаб чиқилган(2-расм):



2-расм. Экстракциялашда бошқарилувчи масса алмашинуви жараёнининг математик модели

Ишлаб чиқилган аналитик моделни ечиш орқали технологик жараённинг боришини ва экстракторнинг оптимал иш режимларини аниқлаш мумкин.

Шуларни ҳисобга олган ҳолда экстракциялаш технологик жараёнининг динамикасини назарий тўплам кўринишида қуйидагича учлик сифатида ифодалаш мумкин:

$$TЖ = (M^{TV}, R^M, S),$$

бу ерда:  $M^{TV} = \{M_1^{TV}, M_2^{TV}, \dots, M_n^{TV}\}$  - технологик ускуналар ва агрегатларнинг тўплам моделлари;  $R^M$  - объектлар орасидаги алоқалар тўплами;  $S$  - объектларнинг ҳолатлари тўплами.

Ҳар қандай технологик жараённинг ишлашини маълум бир  $[t_0, t_k]$  вақт оралиғида  $S_t \in S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  ҳолатларнинг ўзгариш кетма-кетлиги деб ҳисоблаш мумкин. Вақтнинг ҳар бир  $t^* \in [t_0, t_k]$  лаҳзасидаги технологик жараённинг ҳолати  $Y_{t^*} = \langle Y_i^{TJK}, Y_j^{TY}, Y_1^{BC} \rangle$  параметрлар тўплами билан тавсифланади: бу ерда:  $Y_i^{TJK}, i = \overline{1, I}$  - берилган жараён технологияси ҳолатининг параметрлари;  $Y_j^{TY}, j = \overline{1, J}$  - ускуналар ҳолатининг параметрлари;  $Y_1^{BC}, i = \overline{1, L}$  - бошқариш системалари ҳолатининг параметрлари.

$\{Y_i^{TJK}, Y_j^{TY}, Y_1^{BC}\}$  тўплам параметрларига қараб технологик жараённинг нормал ишлашига  $\Psi\{\overline{Y^{TJK}}, \overline{Y^{TY}}, \overline{Y^{BC}}\} \leq 0$  чекловлар қўйилиши мумкин.

Жараёнларни бошқариш системаларини ишлаб чиқишда асосий эътибор ахборотни қайта ишлаш ва бошқариш таъсирини ишлаб чиқишнинг юқори самарали усулларини яратиш ҳисобланади. Бу муаммони ечиш учун мураккаб ноаниқлик шароитларида ишловчи системаларнинг фаолияти ва ташқи муҳит хусусиятларининг ўзгариши, шунингдек ғалаён ва ҳалақитларнинг специфик таъсирларини ҳисобга олиш имконини берувчи жараённи бошқаришнинг норавшан-тўплам модели ишлаб чиқилди.

Бунда экстракциялаш жараёнини бошқариш системасининг динамикасини ҳолат тенгламалари кўринишида қуйидагича ёзиш мумкин:

$$x_{k+1} = F(x_k, u_k), k = \overline{0, N}; x_k \in X, u_k \in U,$$

бу ерда  $X$  – ҳолат фазоси,  $U$  - мумкин бўлган бошқариш тўплами,  $F$  – ҳолатнинг ўтқинчи функцияси, умумий ҳолда чизиксиз кўринишда бўлади:

$$F : X \times U \rightarrow X.$$

Турли кўринишдаги ноаниқликка эга динамик системанинг ўтқинчи функцияси норавшан муносабат кўринишида қуйидагича ёзилади:

$$F : X \times U \times X \rightarrow [0, 1].$$

Бунда тўлиқ аниқланмаган коэффицентлар ва жараёнга таъсир қилувчи барча катталиқлар тегишлилик функцияси  $\mu(x_{k+1}/x_k, u_k)$  орқали ифодаланади.

Бу ҳолда динамик объектларни моделлаштириш алгоритминини қуйидагича кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$M = \langle I, P, \Phi, X, Y, \Omega \rangle,$$

бу ерда  $I$  – модел идентификатори;  $P = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$  –  $X$  тўпламда аниқланган бир ўринли мантиқий предикат  $\Phi : X \rightarrow Y(XUY = Z)$  – моделлаштирилаётган алгоритмнинг бир қанча хоссалари мажмуини ифодаловчи тасвир;  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – ҳисоблаш моделининг кириш ўзгарувчилари;  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  – ҳисоблаш моделининг чиқиш ўзгарувчилари;  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  – ўзгарувчилар мажмуи;  $\Omega$  –  $X$  аниқловчилар ва  $Y$  қийматлар яъни  $\Omega = \{X, Y\}$  жуфтлиги соҳаси билан берилувчи моделни қўллаш соҳаси.

У ҳолда бошланғич модел компонентлари элементар модел компонентлари орқали қуйидагича ифодаланади:

$$M = \{m_i\}, \Phi = \{f_i\}, i \in [1, N_m]; (\forall_x) P(X) \leftrightarrow [P_1(X_1) \wedge P_2(X_2) \wedge \dots \wedge P_{N_m}(X_{N_m})];$$

$$X = \bigcup_{i=1}^{N_m} X_i; Y = \left( \bigcup_{i=1}^{N_m} Y_i \right) / X; Z = \bigcup_{i=1}^{N_m} Z_i; \Omega = P_Z Z_i(\Omega), i = 1, 2, \dots, N_m,$$

$P_Z Z_i(\Omega)$  - компонентлари вектори  $Z_i$  бўлган гиперюзага  $\Omega$  тўпламнинг проекцияси.

Таклиф этилган бу усул объект ҳолати ностационар ва ташқи омиллар ноаниқлиги шароитида бошқариш моделини яратиш имконини беради.

Диссертациянинг **“Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини нейрон тармоқ ростлаш системасининг синтезлаш алгоритмлари”** номли учинчи бобида бошқариш системаларининг нейрон тармоқ моделларини қуриш ва уларнинг оптимал параметрларини аниқлаш, нейрон тармоқларни ўқитиш, адаптациялаш ва улар асосида нейрон тармоқли ростлаш системасини синтезлаш алгоритмлари келтирилган.

Қаралаётган бошқариш системаси кўп ўлчамли, ўзгарувчиларнинг ўзаро боғлиқлиги ҳамда жараёнга таъсир қилувчи факторларнинг таъсирини ноаниқлиги синтезлаш масаласини ечишда айрим қийинчиликларни келтириб чиқаради. Шунинг учун бу хусусиятларни ҳисобга олиш имкониятини берувчи норавшан-тўплам назариясига асосланган ҳолда бошқариш системасини синтезлашда қўлланиладиган тармоқ функциянинг структурасини танлаш, унинг вазнларини оптимал қийматларини топиш масалалари муҳим рол ўйнайди. Бунда моделнинг реал объект билан адаптациялаш масаласи асосий вазифалардан биридир.

Моделга реал бошқариш системасига адаптациялаш хоссасини бериш учун ҳар қандай ночизиқли функцияларни ихтиёрий аниқлик билан аппроксимация хусусиятларига эга бўлган умумлашган-регрессион нейрон тармоқдан фойдаланиш таклиф этилди. Бунда, объект қуйидаги кўринишга келтириб олинади:

$$x(k+1) = Ax(k) + Bf[u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1)], y(k) = Cx(k),$$

бунда:  $f[\cdot]$ - силлиқ ночизиқли функция  $\frac{\partial f}{\partial u(k+1)} = 0; \frac{\partial f}{\partial u(k)} \neq 0,$

$A, B$  - матрицалар;  $x$  - жараён ҳолати;  $k$  - тактлар қиймати;  $y$ -чиқиш қиймати;  $m$  - вақт;  $C$  - чиқиш вектори.

Нейро-фаззи тармоқ асосида ночизиқли аппроксиматор ишлаб чиқилган бўлиб, у битта локал моделдан иккинчисига силлиқ ўтишни таъминлайди ва такрорий ўқитишни талаб қилмайди.

Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг нейрон тармоқ моделини қуриш қуйидаги босқичлардан иборат:

- биринчи ва энг муҳим қадам ушбу жараёнга таъсир кўрсатувчи асосий омилларни, шунингдек моделнинг вектор координаталарини жараёнининг ўзига хос функционал ва ташкилий тузилишини ҳисобга олган ҳолда аниқлаш

мақсади билан экстракция жараёнини физикавий-кимёвий хусусиятларини аниқлаш ҳисобланади;

- нейрон тармоқни ҳисоблаш самарадорлиги активация функцияси шаклига, қатламлардаги нейронлар сони ва қатламлар орасидаги структуравий боғланишга боғлиқ.

Экстракциялаш жараёнининг бошқариш системасини таклиф этилган умумлашган-регрессион тармоғи ёрдамида ифодалаш фақатгина битта оралик қатлам орқали ихтиёрий ночизикли функцияни моделлаштириш имконини беради. Шунингдек жараённинг моделини қургунга қадар тармоқ қатламлари, улардаги нейронлар сони ва уларнинг ўзаро боғланишларини танлаш орқали билимлар базаси шакллантирилиши ҳамда ростлагичнинг оптимал параметрларини ҳисоблаш мумкин.

Тармоқнинг чиқиш қатламидаги параметрлар чизикли комбинациясини оптималлаштириш учун чизикли дастурлаш усулларидадан фойдаланиш мумкин (масалан, градиентлар усули). Умумлашган-регрессион нейрон тармоқнинг кириш қатлами радиал базис элементлардан иборат бўлиб, у қуйидаги муносабатга мувофиқ ночизикли боғлиқликларни амалга оширади:

$$O_r = \varphi_r \left( \vec{x} \right) = \varphi \left( \frac{\left\| \vec{x} - \vec{c}_r \right\|}{\lambda_r} \right),$$

бу ерда  $O_r$  - нейрон тармоқнинг  $r$ -қатламидаги чиқиш сигналларининг қиймати;  $\vec{x}$  - нейрон тармоққа бериладиган кириш сигналларининг қийматлари;  $\lambda_r$ ,  $\vec{c}_r$  - ўқитиш жараёнида созланадиган нейрон тармоқ параметрлари.  $\varphi(\cdot)$  Гаусс функцияси. Нейрон тармоқнинг чиқиш қатламидаги сигналларни йиғиш жараёни оралик қатламда амалга оширилиб қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$u = \frac{\sum_{r=1}^M O_r \cdot w_r}{\sum_{r=1}^N O_r},$$

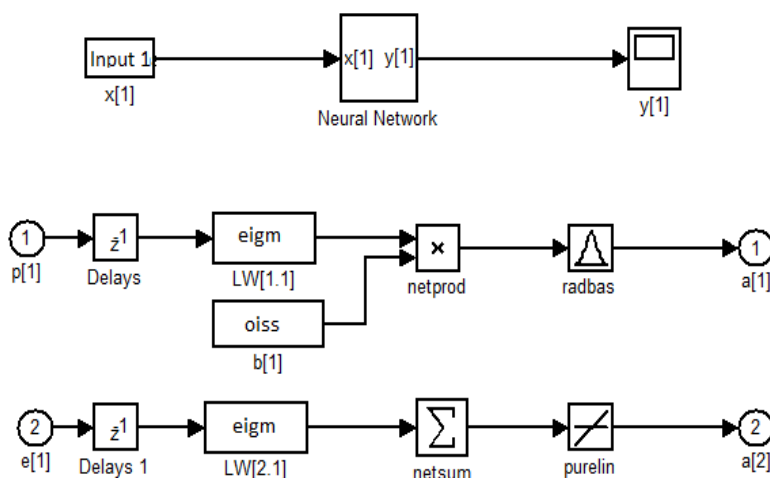
бу ерда  $w_r$  - ўқитиш жараёнида созланадиган вазнларнинг коэффицентлари  $M$  - биринчи қатламдаги нейронлар сони,  $u$  - нейрон тармоқнинг чиқиш сигнали, яъни ростлагични бошқариш сигнали.

Умумлашган-регрессион нейрон тармоғида нейронларнинг биринчи ва иккинчи қатламлари учун фаоллаштириш функцияси сифатида сигмоидал функция, чиқиш қатлами учун эса чизикли кўринишдаги функция танлаб олинди (3-расм).

Жараён хақидаги маълумотлар норавшан-мантиқ алгоритмлари асосида олинади. Кириш ва чиқиш сигналлари орасидаги муносабат сигмоидал кўринишдаги тегишлилик функциялари орқали ўрнатилади:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-b_i x_i}}, \quad (1)$$

бу ерда  $b$  – сигмоидал функциянинг оғиш коэффициентлари (вазни).



3-расм. Simulink системасидаги умумлашган-регрессион нейрон тармоқ тузилиши

Сигмоидал функция ҳосиласи қуйидагича ифодаланади:

$$y' = b_i y_i (1 - y_i). \quad (2)$$

(1) ва (2) вазнга эга бўлган кириш сигналлари кўпайтмаси ўзаро боғлиқликни ҳосил қилади:

$$n_1 = x_1 b_1, n_2 = x_2 b_2. \quad (3)$$

Хусусий ҳосилалар агрегация блокида тўпланиб, нейрон тармоқнинг чиқиш сигнаolini ҳосил қилади:

$$y_i = f\left(\sum_{r=1}^n n_r\right) = f(x_1 b_1 + x_2 b_2). \quad (4)$$

Ўқитиш жараёнида мақсад функцияси олинган қийматлар ва  $i$ -қадамда берилган  $y_i$  қиймат орасидаги фарқ билан белгиланади:

$$P_i = \frac{1}{2} (y_i - y_{mon})^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Бундай ҳолда, хатоликнинг умумий қиймати:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i. \quad (6)$$

(5) ва (6) формулалар бўйича аниқланадиган ўқитиш хатолиги,  $(b_1, b_2)$  бўлган вазн векторига боғлиқ

$$b := b - v P_i(b), \quad (7)$$



бу ерда  $\nu - [0,1]$  интервалдаги нейрон тармоқни ўқитиш тезлиги;  $P_i(b)$  – нейрон тармоқнинг эталон қиймати ва чиқиш қиймати орасидаги фарқ.

Сигмоидал функция (2) ҳосиласи ифодасига (7) ни қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$P_i(b) = \frac{d}{2db} \left( \frac{1}{2} (y_{mon} - y_i)^2 \right) = -y_i (y_{mon} - y_i) (1 - y_i) x_i.$$

У ҳолда ўқитиш жараёни кейинги босқичларнинг ҳар бирида янги вазн олиш ифодаси билан белгиланади

$$b := b + \nu \delta_i x_i; \quad \delta_i = y_i (y_{mon} - y_i) (1 - y_i).$$

Ўқитиш жараёнида, шу вақтгача нейро-норавшан тармоқда олинган қиймат белгиланган қийматга тенг бўлмагунча, ифода ёрдамида чиқадиган параметрнинг тегишлилик функциясининг янги шартларини шакллантирилади.

$$\frac{dE_t}{dw_{jp}} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \frac{d\mu^{d_j}(y)}{dw_{jp}}, \quad \frac{dE_t}{dw_i^{jp}} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \varepsilon_4 \frac{d\mu^{jp}(x_i)}{dc_i^{jp}}, \quad \frac{dE_t}{db_i^{jp}} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \varepsilon_4 \frac{d\mu^{jp}(x_i)}{db_i^{jp}},$$

$$\text{бу ерда } \varepsilon_1 = \frac{dE_t}{dy} = y_t - \hat{y}_t, \quad \varepsilon_2 = \frac{dy}{d\mu^{d_j}(y)} = \frac{\bar{d} \sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) - \sum_{j=1}^m \bar{d}_j \mu^{d_j}(y)}{\left( \sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) \right)},$$

$$\varepsilon_3 = \frac{d\mu^{d_j}(y)}{d\left( \prod_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i) \right)} = w_{jp}, \quad \varepsilon_4 = \frac{d\left( \prod_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i) \right)}{d\mu^{jp}(x_i)} = \frac{1}{\mu^{jp}(x_i)} \prod_{i=n}^n \mu^{jp}(x_i),$$

$$\frac{d\mu^{d_j}(y)}{dw_{jp}} = \prod_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i), \quad \frac{d\mu^{jp}(x_i)}{dc_i^{jp}} = \frac{2c_i^{jp}(x_i - b_i^{jp})^2}{\left( (c_i^{jp})^2 + (x_i - b_i^{jp})^2 \right)^2},$$

$$\frac{d\mu^{jp}(x_i)}{db_i^{jp}} = \frac{2c_i^{jp}(x_i - b_i^{jp})^2}{\left( (c_i^{jp})^2 + (x_i - b_i^{jp})^2 \right)^2}.$$

Умумлашган-регрессион нейрон тармоғидан фойдаланиш уни ўқитиш жараёнига сарфланадиган вақтни сезиларли даражада камайтириш ва норавшан қоидалар базасини янгича шакллантириш ҳамда маълумотларга ишлов беришнинг янги усулига ўтишга имкон беради.

Маълумки, жараёни бошқаришда нейрон тармоқлардан фойдаланилганда тегишлилик функциясини параметрларини аниқлаш муаммоси келиб чиқади. Диссертация ишида тегишлилик функцияси

сифатида сигмоидал функцияси олинб, унинг хусусиятларига асосланган ҳолда трансцендент тенгламалар системаси тузилади:

$$\begin{cases} \frac{1}{1+e^{-a(x_3-b)}} = 1, \\ \frac{1}{1+e^{-a(x_4-b)}} = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} e^{-a(x_3-b)} = 0, \\ e^{-a(x_4-b)} = -1, \\ 1+e^{-a(x_4-b)} \neq 0; \end{cases}$$

Шубҳасиз, бу тенгламалар системаси номувофикдир, чунки

$$e^{-a(x_3-b)} > 0 \forall a, b \in (-\infty; +\infty) \text{ ва } e^{-a(x_4-b)} > 0 \forall a, b \in (-\infty; +\infty).$$

$f_{z_3}(x_3) = 1 - \Delta$  ва  $f_{z_3}(x_4) = 1 - \Delta$  ҳол учун тенгламалар системаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\begin{cases} \frac{1}{1+e^{-a(x_3-b)}} = \Delta, \\ \frac{1}{1+e^{-a(x_4-b)}} = \Delta. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_4 - x_3}, \\ b = \frac{x_3 + x_4}{2}. \end{cases}$$

Бу ҳолда сигмоидал кўринишдаги функция қуйидаги кўринишга келтирилади:

$$f_{z_3}(x, a, b) = \frac{1}{1+e^{a(x-b)}}; \quad a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_4 - x_3}; \quad b = \frac{x_3 + x_4}{2}.$$

Ушбу муносабатлар асосида нейрон тўрининг ҳар бир қатлами учун тегишлилик функциясининг шакли ва параметрлари аниқланади. Сўнгра дефаззификациялаш операцияси бажарилиб, нейрон тўрнинг чиқиш сигнали, яъни ростлагич ишлаб чиқадиган бошқариш сигнали қуйидагича топилади:

$$U = \frac{az_1 + bz_2}{a + b}.$$

Бу ерда  $z_{i+1} = z_i + v(y - y_{mm})$ ,  $v$ - ўқитиш тезлиги.

Ушбу келтирилган муносабатлар асосида бошқариш объектига қўйиладиган талабларга тўлиқ жавоб берадиган бошқариш системасини синтезлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди.

Диссертация ишининг «**Экстракция жараёнини норавшан-тўплам моделлари ва алгоритмларининг амалий тадбиқи**» деб номланган тўртинчи бобида нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг муҳим технологик параметрлари, яъни экстракторнинг ҳарорати ва фенол суюқлигининг сарфини ростлаш системасини синтезлашда яратилган норавшан-тўплам моделларини ва алгоритмларини қўллаш натижалари келтирилган.

Экстракциялаш жараёнининг ҳароратини турли ноаниқликлар мавжуд бўлган ҳолда ишлаб чиқилган норавшан-тўплам ва бошқариш алгоритмларининг самарадорлигини баҳолаш учун Matlab дастурида экстрактор параметрларини норавшан-манتيқий ростлаш системасининг имитацион модели қурилган ҳамда ташқи таъсирлар мавжуд бўлганда бир қатор ҳисоблаш

тажрибалари ўтказилган. Бунда тажриба натижасида олинган маълумотларни аппроксимациялаш орқали объектнинг узатиш функциялари топилган. Улар «хомашё сарфи – фенол суюқлигининг сарфи» ва « фенол суюқлигининг ҳарорати – экстрактор ҳарорати» ўртасидаги ўзаро боғлиқликни ифодалайди.

$$W^{F-\gamma}(s) = \frac{0,91}{(0,68s + 1)}; \quad W^{O\gamma}(s) = \frac{1,39e^{-0,21s}}{(1,27s + 1)(1,9s + 1)}$$

Дастлаб кириш-чиқиш лингвистик ўзгарувчилари асосида тегишлилик функцияси шакллантирилди, уларнинг оптимал параметрлари аниқланди ва норавшан-мантиқий чиқишнинг қоидалар базаси ишлаб чиқилди (1-жадвал).

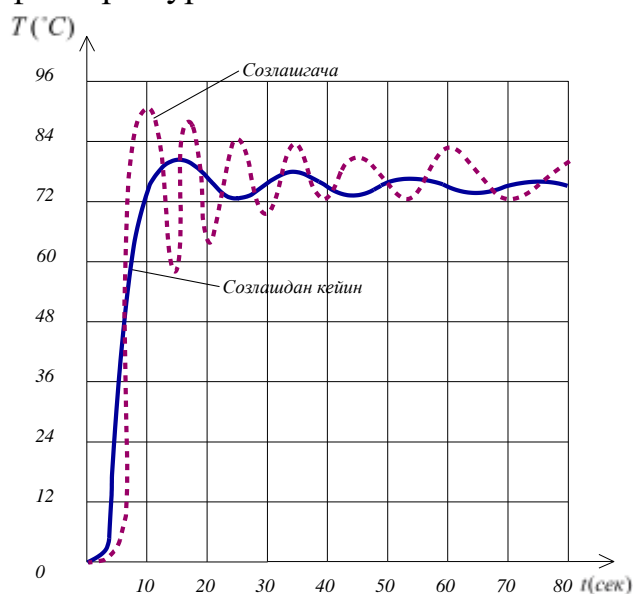
Лингвистик ўзгарувчилар сифатида қуйидагилар олинган: “фенол суюқлиги сарфининг ўзгариши” А1, “хомашё сарфининг ўзгариши” А2 “экстрактор ҳароратини ўзгариши” В1, “фенол суюқлигининг ҳароратини ўзгариши” В2.

Норавшан-мантиқий чиқишнинг қоидалар базаси

1-жадвал

Экстрактор ҳароратини ўзгариши	Ҳарорат $t^\circ$			
	Ўта юқори	Юқори	Ўртача	Паст
Ўта юқори	$A_3, B_3$	$A_3, B_3$	$A_2, B_3$	$A_2, B_3$
Юқори	$A_3, B_3$	$A_2, B_3$	$A_2, B_2$	$A_1, B_2$
Ўртача	$A_3, B_2$	$A_2, B_2$	$A_1, B_2$	$A_1, B_1$
Паст	$A_3, B_2$	$A_2, B_1$	$A_1, B_1$	$A_1, B_1$

4-расмда мавжуд бошқариш системаси ва синтезланган норавшан-мантиқий ростлаш системасидаги имитация ўтказиш натижасида олинган ўткинчи жараён графиклари кўрсатилган.



4-расм. Норавшан-мантиқий бошқариш системасидаги ўткинчи жараёнлар

Ўтиш жараёни графигидан кўриниб турибдики, қўзғалтирувчи ташқи таъсир мавжуд бўлганда норавшан ростлагичли бошқариш системаси барқарор

ишлайди ва бошқариш объектини бир ҳолатдан иккинчисига етарлича тезликда ўтказди. Имитацион тажриба натижалари шуни кўрсатдики, ташқи ғалаёнлар ноаниқлиги шароитида норавшан-мантиқий ростлагичли бошқариш системаси ўзининг барқарорлигини ва бошқарувнинг талаб қилинадиган сифатини таъминлайди.

Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини бошқаришда ишлаб чиқилган норавшан-мантиқий бошқариш системасини қўлланилиши натижасида “Чиноз НКИЗ”да экстракторни ҳарорат режимининг номинал қийматидан оғиши 2,2 % га камайишига эришилган, бу эса ишлаб чиқаришнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини сезиларли даражада оширишга олиб келади.

## ХУЛОСА

Диссертацияда тизимли таҳлил, автоматик ва интеллектуал бошқариш назарияси усуллари асосида нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини норавшан-мантиқий бошқариш системасини синтезлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Тадқиқот ниҳоясида қуйидаги илмий натижалар олинди:

1. Назарий-тўплам концепцияси асосида нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг норавшан-тўплам модели ишлаб чиқилган. Бу ноаниқликлар шароитида экстракциялаш жараёнининг динамик хоссаларини ягона математик восита асосида шакллантириш имконини беради.

2. Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнининг технологик ва физикавий-кимёвий хоссаларини таснифловчи ахборот-концептуал модели ишлаб чиқилди. Бу эса ўзгарувчиларнинг ўзаро боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда жараёнига оптимал бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш асосида юқори самарадорликка эга бошқариш системасини яратиш имконини беради.

3. Экстракциялаш жараёнини норавшан-мантиқий умумлашган-регрессия нейрон тармоқ шаклдаги гибрид модели ишлаб чиқилиб, у экстракциялаш жараёнини интеллектуаллаштирилган бошқаришнинг математик асоси бўлиб хизмат қилади.

4. Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёни умумлашган-регрессия нейрон тармоқ модели структураси ва параметрларини синтезлашнинг алгоритми ишлаб чиқилди. Алгоритм тармоқни ўқитишнинг янги усулига ўтиш ва норавшан қоидалар базасини шакллантиришни қулайлаштиради.

5. Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини хусусиятлари асосида норавшан-мантиқий ростлагичнинг структурасини танлаш ва оптимал параметрларни ҳисоблашнинг юқори тезкорликка эга алгоритми ишлаб чиқилди. Буни амалиётга тадбиқ этиш натижасида экстрактор ҳароратини номинал қийматидан оғишини 2,2 % га камайитиришга эришилди.

6. Ташқи таъсирларнинг ноаниқлиги шароитида нефт маҳсулотларини экстракциялаш технологик жараёнининг нейрон тармоқли бошқариш системаси ишлаб чиқилди. Ушбу системани тадбиқ қилиш фенол суюқлиги сарфини 0,7 % га ҳамда энергия сарфини 1-2 % га камайитириш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**МАМАСОДИКОВА НОДИРА ЮСУБЖОНОВНА**

**НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**05.01.08- Автоматизация и управление технологическими процессами  
и производствами**

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

**Ташкент – 2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за H2021.1.PhD/T404.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.  
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.tstu.uz](http://www.tstu.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

Научный руководитель:	Сидиков Исмаилович Хасимович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Исмаилов Мирхалид Агзамович доктор технических наук, профессор Саидов Маматкарим кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится 15.01 2022 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc-U3/30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано № 138) (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871) 207-14-70).

Автореферат диссертации размещен 17.12 2021 года  
(реестр протокола размещен № 12 от 2 12 2021 года)



**П.Р. Юсуфбеков**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор, академик

**У.Ф. Мамаров**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент

**Ж.У. Секинов**  
Заместитель председателя научного семинара  
при научном совете по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., доцент

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире в последнее время вопросу энерго- и ресурсоэффективности нефтехимического производства уделяется всё больше внимания. В связи с этим, актуальной задачей в сфере автоматизации технологических процессов, в качестве приоритетного направления занимает создание высокоэффективных систем управления с применением достижений интеллектуальных технологий, позволяющих улучшить качество процесса управления и увеличить выпуск высококачественной продукции с наименьшими энерго- и ресурсозатратами. Определенные успехи в этом направлении достигнуты в ведущих странах мира, где уделяется пристальное внимание совершенствованию систем управления технологическими объектами, обеспечению конкурентоспособности продукции и эффективности производства.

В мире интенсивно ведутся научные исследования, направленные на совершенствование систем управления технологическими процессами, в частности, получение нефтепродуктов в нефтеперерабатывающих предприятиях с применением методов интеллектуальных технологий. Различные производственные процессы, в частности процесс экстракции нефтепродуктов, имеют сложный характер, подвержены различным внешним и внутренним воздействиям. Неопределенность и взаимозависимость технологических параметров подобных объектов затрудняет решение задачи управления технологическим процессом. В связи с этим особый интерес уделяется внедрению модернизированных систем управления на основе интеллектуальных технологий в процессе экстракции нефтепродуктов.

В Республике Узбекистан уделяется большое внимание в целом, автоматизации систем управления, и в том числе созданию систем усовершенствованного управления, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение в процессах переработки нефтепродуктов. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах отмечен ряд задач, в том числе: «...дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающие развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, ... сокращению энергоемкости и ресурсоемкости экономики, ... широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, повышение производительности труда в отраслях экономики, ... внедрению информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления»<sup>1</sup>. В этом аспекте, для улучшения качественных показателей процесса переработки нефти, выявляется необходимость разработки алгоритмов моделирования и синтеза цифровых систем управления при экстракции нефтепродуктов.

---

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

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», постановлениями №ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности» и №ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Анализ научно-технических публикаций, связанных с разработкой методов и алгоритмов управления технологическими процессами в условиях неопределенности, свидетельствует о достижении значительных теоретических и практических результатов в этой области. В связи с этим в ведущих мировых исследовательских центрах, в том числе Toqai Infra Logic, Micro Devices, Honeywell (АҚШ), международной лаборатории LIFE, Hitachi, Mitsubishi Electric, Siemens (Германия), Wecan Agrotexservis (Южная Корея), и в высших учебных заведениях: BISC (США), Зигенский университете (Германия), Донгукский университете (Южная Корея), Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, ведутся обширные научные исследования.

Многие зарубежные ученые, занимающиеся разработкой систем управления процессом экстракции нефтепродуктов, R.A.Aliev<sup>2</sup>, L.A.Zadeh<sup>3</sup> и др., а также исследованием вопросов создания интеллектуальных систем управления с применением нечетко-множественной технологии, посвящены работы ряда отечественных ученых, таких как: Т.Ф.Бекмуратов<sup>4</sup>, Н.Р.Юсупбеков<sup>5</sup>, Ш.М.Гулямов<sup>6</sup>, Х.З.Игамбердиев<sup>7</sup>, Д.Т.Мухамедиева<sup>98</sup> и многие другие.

Вместе с тем, постоянное усложнение расширения круга научных исследований требует разработки высокоэффективных систем управления процессом экстракции нефтепродуктов с учетом особенности

---

<sup>2</sup> Алиев Р.А., Алиев Р.Р. Теория интеллектуальных систем. Учебное пособие для ВУЗов по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Баку: Чашыюглы. – 2001. – С.720.

<sup>3</sup> Zadeh L.A. Linear system theory: the state space approach. Courier Dover Publications. – 2008. –pp.566.

<sup>4</sup> Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы информатики и энергетики. Ташкент. №4. – 2003.– С.24-35.

<sup>5</sup> Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков Н.А. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. -Ташкент. Ўзбекистон миллий энциклопедияси. – 2014. – С.490.

<sup>6</sup> Gulyamov Sh.M., Temerbekova B.M., Bobomurodov N.X. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information // Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018. – pp.128-131.

<sup>7</sup> Igamberdiyev X.Z., Kadirov D.T. Regularized algorithms of adaptive assessment of state of control objects with parametric perturbation account // Chemical Technology, Control and Management. Volume Issue 2. – 2018. – pp.47-52.

<sup>8</sup> Mukhamedieva D.T., Egamberdiyev N. Approaches to solving optimization tasks based on asks based on natural calculation algorithms // Scientific-technical journal. Volume 24. Issue 2. – 2020. – pp.58-67.



рассматриваемого процесса, его нелинейности, неопределенности и недостаточности исходной информации. В связи с этим возникает необходимость разработки новых и совершенствования существующих моделей и алгоритмов синтеза системы управления процесса экстракции в условиях неопределенности с применением современных методов управления и достижений информационных технологий.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета: ИТД-5-36 – «Разработка информационно-аналитической интеллектуальной системы мониторинга технологической безопасности нефтехимических установок и комплексов» (2012-2014); А-5-42 – «Программно-инструментальные средства интеллектуализации автоматизированного мониторинга и управления технологическими объектами в условиях априорной неопределенности» (2015-2017).

**Целью исследования** является разработка моделей и алгоритмов управления процессом экстракции нефтепродуктов на основе интеллектуальных технологий в условиях различных неопределенностей.

**Задачи исследования:**

создание нечетко-множественных моделей процесса экстракции в условиях неопределенности данных при переработке нефтепродуктов;

разработка алгоритмов управления на основе нечетко-множественной модели процесса экстракции;

разработка алгоритмов синтеза нечетко-логической системы регулирования процесса экстракции нефтепродуктов;

создание программного комплекса автоматизированной системы управления процессом экстракции на основе созданных моделей и алгоритмов.

**Объектом исследования** является процесс экстракции при переработке нефтепродуктов на нефтеперерабатывающих предприятиях.

**Предметом исследования** являются методы, модели и алгоритмы разработки системы автоматического регулирования технологическим процессом экстракции при получении нефтепродуктов.

**Методы исследований.** При выполнении диссертационной работы использованы методы системного анализа, методы математического и имитационного моделирования, теория адаптивного и автоматического управления.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработаны нечетко-логические гибридные модели процесса экстракции нефтепродуктов на основе нейронной сети и нечеткой логики, являющиеся математической основой создания системы интеллектуализации процесса управления динамическими объектами;

разработан алгоритм адаптивного обучения обобщенно-регрессионной нейронной сети, отличающейся возможностью получения нейросетевой модели с различной структурой;

разработан алгоритм автоматизированного определения структуры и оптимальных настроечных параметров нечетко-логического регулятора с учетом особенности процесса экстракции нефтепродуктов;

разработан алгоритм синтеза нечетко-логической системы управления технологических параметров процесса экстракции нефтепродуктов в условиях неопределенности свойства объекта и внешних возмущений.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

предложен качественно новый подход создания интеллектуализированной системы управления режимами работы экстрактора при получении очищенного масла, что позволяет обеспечить энерго- и ресурсосбережение управления;

разработаны специализированные программно-аппаратные средства автоматизированной системы управления технологическим процессом экстракции;

разработана функционально-структурная схема нечетко-логической системы управления, процесса экстракции нефтепродукта.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обосновывается применением теоретически обоснованных концепций интеллектуального управления динамическими объектами на основе гибридного применения теории нечетких множеств и нечеткой логики, нейронных сетей с использованием апробированных методов современной теории управления; полученными результатами теоретических и прикладных исследований и их взаимной согласованностью.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в разработке методов, моделей и алгоритмов автоматизированного исследования систем управления динамическими объектами, функционирующими в условиях неопределенности и размытости производственных ситуаций.

Практическая значимость заключается в разработке математического и программного обеспечения синтеза усовершенствованной системы управления экстрактором с учетом статических и динамических характеристик процесса экстракции нефтепродуктов. На основе разработанных моделей и алгоритмов созданы программные средства проектирования цифровой системы управления технологическими процессами непрерывного характера.

**Внедрение результатов исследования.** По научным результатам синтеза цифровой нечетко-логической системы управления процессом экстракции нефтепродуктов внедрены:

программный комплекс, разработанный на основе нечетко-множественных моделей и алгоритмов поиска оптимальных параметров регуляторов системы управления экстракции нефтепродуктов, внедрен в «Чиназском НПЗ» (справка АО «Узбекнефтегаз» от 16 июня 2021г.

№28-1/686). В результате время обработки информации сократилось на 1,2 %, что позволило увеличить скорость получения результатов принятия управленческих решений процессом на 1,6 %;

в Чиназском НПЗ внедрена (справка АО «Узбекнефтегаз» от 16 июня 2021г. №28-1/686) цифровая система управления, обеспечивающая оптимальные значения технологических параметров процесса извлечения очищенного масла. В результате на Чиназском НПЗ отклонение температуры экстрактора от номинальной снизилось на 2,2%, производительность, т.е. выход продукта- при заданной концентрации;

в Чиназском НПЗ внедрена (справка АО «Узбекнефтегаз» от 16 июня 2021г. №28-1/686) микроконтроллерная система управления, обеспечивающая поддержание основных контролируемых параметров процесса экстракции с использованием нейро-нечетких технологий в соответствии с технологическим регламентом. В результате потребление фенольной воды сократилось на 0,7 %, а потребление энергии - на 1-2 %.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 5 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 7 статей в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикациям основных научных результатов диссертаций (в 3 зарубежных и 4 республиканских журналах), также получено 2 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние проблемы управления процессом экстракции нефтепродуктов**» приведен системный анализ особенности процесса экстракции при получении нефтепродуктов, физико-химические свойства процесса и основные факторы, влияющие на рассматриваемый процесс.

Анализ показал, что процесс экстракции нефтепродуктов - это сложный

непрерывный процесс, подверженный различным внешним воздействиям. Основные факторы, влияющие на качество продукта в процессе экстракции, включают частоту присутствия фенола в сырье, температуру процесса, количество фенольной воды, подаваемой в экстракционную колонну. Для достижения требуемых физико-химических и эксплуатационных свойств получаемого масла необходимо реализовать оптимальное соотношение фенол-сырье, а также обеспечить оптимальное значение гидродинамического и температурного режима экстракционной колонны, что позволяет добиться высокой эффективности производства получения целевой продукции – очищенного масла. Температура, давление продукта, его расход и чистящие химические добавки играют ключевую роль в обеспечении того, чтобы физико-химические реакции, происходящие в процессе экстракции, протекали на необходимом уровне. Для нормального протекания процесса согласно нормативам необходимо устанавливать среднюю температуру на уровне – 70-85 °С, давление – 20-25 кг\*с/см<sup>2</sup>, уровень – 70-80 % и объем фенольной воды – 600-700 кг, которые существенно влияют на рассматриваемый процесс.

В настоящее время существующие системы управления процессом экстракции нефтепродуктов в основном служат для регулирования и поддержания потока вещества и энергии в соответствии с технологическим регламентом. Однако применяемые в настоящее время системы локального управления не позволяют получить высококачественную продукцию, из-за невозможности учета изменчивости динамических свойств объекта, взаимодействия переменных и неопределенности внешних воздействий.

Эти и другие факторы сложности, связанные с недостаточностью и неопределенностью информации о процессе экстракции, обуславливают создание высокоэффективной системы управления на основе применения методов интеллектуальных технологий. Решение этих проблем требует разработки моделей и алгоритмов интеллектуализации процесса управления технологическими объектами в условиях неопределенности.

В связи с этим была разработана концептуальная информационная модель процесса экстракции (рис.1).



Рис.1. Информационная-концептуальная модель процесса

В качестве основных показателей процесса экстракции нефтепродуктов, определены следующие переменные:

- управляющие параметры –  $U = \{U_{\phi c}, U_{\phi x}, U_{нмс}, U_{нmx}, U_{ммз}\}$  где  $U_{\phi c}$  - расход фенольной воды,  $U_{\phi x}$  - температура фенола,  $U_{нмс}$  - расход нефтепродукта,  $U_{нmx}$  - температура нефтепродукта,  $U_{ммз}$  - плотность нефтепродукта;

- выходные параметры –  $Y = \{t^0, Q_{т.м.м.}, U_{эмз}\}$  где  $t^0$  - температура экстрактора,  $Q_{т.м.м.}$  - количество экстракционного масла,  $U_{эмз}$  - плотность экстракционного масла;

- внешние возмущения –  $F = \{f_{x.к.}, f_{э.ж.т.}, f_{т.м.й.}, f_{тмк}\}$  где  $f_{x.к.}$  - концентрация цырья,  $f_{э.ж.т.}$  - скорость процесса экстракции,  $f_{т.м.й.}$  - изменения внешней среды,  $f_{тмк}$  - вязкость масла.

С позиции теоретико-множественного подхода процесс экстракции можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{ЭТЖ} &= \{U, X, Y, F\}; \quad U = \{U_{\phi c}, U_{\phi x}, U_{нмс}, U_{нmx}\} \\ Y &= \{t^0, Q_{т.м.м.}\}; \quad F = \{f_{x.к.}, f_{э.ж.т.}, f_{т.м.й.}, f_{тмк}\}. \end{aligned}$$

Разработанная концептуально-информационная модель служит для решения задачи синтеза высокоэффективной системы управления процессом экстракции нефтепродуктов.

Вторая глава диссертации «**Математическое описание процесса экстракции нефтепродуктов на базе нейро-нечеткой технологии**» посвящена построению динамических моделей процесса экстракции нефтепродуктов в неопределенных условиях на основе теоретико-множественной концепции, описанию структуры моделей, а также разработке математической модели процесса экстракции на базе гибридного применения математических аппаратов: нечеткой логики и нейронных сетей.

Известно, что при экстракции нефтепродуктов в экстракторе происходит теплообменный процесс. При этом равновесия фаз в экстракционной колонне при выполнении условий  $\sum_{i=1}^c y_{ij} = 1, \sum_{i=1}^c x_{ij} = 1$  можно представить в следующем виде:

$$y_{ij} = K_{ij} x_{ij},$$

где  $K_{ij}$  – постоянные коэффициенты, показывающие фазовых равновесий выделяемых  $i$ -х компонентов очищаемого масла на каждой  $j$ -й тарелке;  $x_{ij}$  – значения концентрации  $i$ -го компонента очищаемого масла на  $j$ -й тарелке;  $y_{ij}$  – значения концентрации  $i$ -го компонента в очищенном масле в  $j$ -й тарелке,

Управляемый массообменный процесс экстракции нефтепродуктов при выполнении закона Генри описывается системой управления:

$$0 < z < l, \quad \frac{\partial C_1}{\partial t} = -V \frac{\partial C_1}{\partial z} - R_1(C_1 - EC_2);$$

$$\frac{\partial C_2}{\partial t} = f(u) \frac{\partial C_2}{\partial z} - R_2(C_1 - EC_2),$$

где  $C_1, C_2$  – компоненты очищенного и очищаемого масла в экстракторе;  $E$  – равновесные коэффициенты массовых концентрации компонентов очищаемого масла;  $V$  – скорость выделения компонентов;  $l$  – высота экстрактора.  $R_1, R_2$  – постоянные коэффициенты определяемые физическими свойствами выделяемых фаз и геометрическими особенностями экстракционной колонной.  $f(u)$  – сигнал управления, имеющий нелинейные свойства.

На основе этой системы управлений разработана структурная схема математической модели управляемого массообменного процесса в экстракции(рис.2).

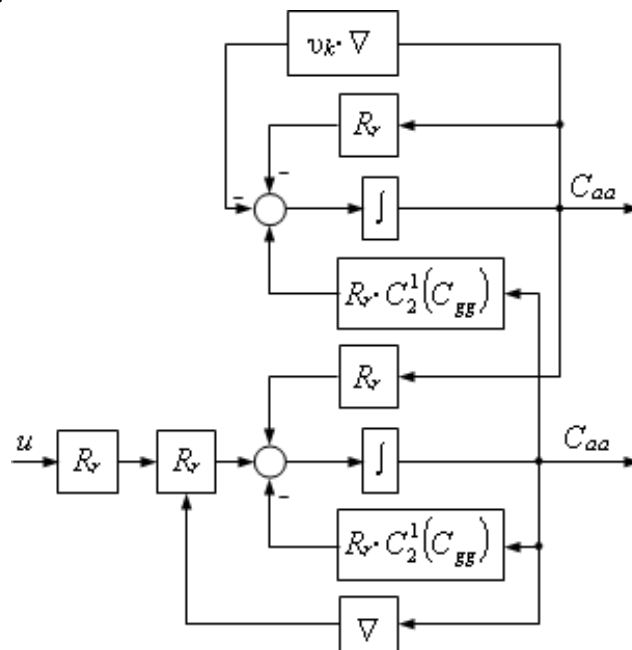


Рис. 2. Математическая модель управляемого массообменного процесса в экстракции

С этой целью динамику технологического процесса экстракции нефтепродуктов с теоретико-множественной позиции можно представить тройкой:

$$TЖ = (M^{TV}, R^M, S),$$

где:  $M^{TV} = \{M_1^{TV}, M_2^{TV}, \dots, M_n^{TV}\}$  – множество моделей технологического объекта;  $R^M$  – множество связей между агрегатом;  $S$  – множество состояний объектов.

Функционирование любого технологического объекта можно характеризовать как последовательность смены его состояний  $S_t \in S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  рассматриваемую на некотором интервале времени  $[t_0, t_k]$ . Состояние технологического объекта в каждый момент времени  $t^* \in [t_0, t_k]$  определяется множеством параметров:  $Y_{t^*} = \langle Y_i^{TJK}, Y_j^{TV}, Y_1^{BC} \rangle$ , где:  $Y_i^{TJK}, i = \overline{1, I}$  – параметры технологического состояния рассматриваемого объекта;  $Y_j^{TV}, j = \overline{1, J}$  – параметры состояния оборудования;  $Y_1^{BC}, i = \overline{1, L}$  – параметры состояния системы управления.

Следует отметить, что на технологические процессы экстракции с учетом технологического регламента наложены определенные ограничения штатного функционирования  $\Psi \{Y_i^{TJK}, Y_j^{TV}, Y_1^{BC}\} \leq 0$ , зависящие от множеств критических значений параметров  $\{Y_i^{TJK}, Y_j^{TV}, Y_1^{BC}\}$ .

В этом случае основное внимание необходимо уделить созданию высокоэффективных способов обработки информации и принятия управленческих решений при разработке систем управления процессом экстракции. Решение этой проблемы напрямую связано с разработкой математической модели исследуемого процесса, позволяющего учитывать неопределенности работы системы в сложных условиях и изменения характеристик внешней среды, а также возникновения аномальных ситуаций.

В общем случае динамику системы управления можно выразить с помощью уравнений состояния:

$$x_{k+1} = F(x_k, u_k), k = \overline{0, N}; x_k \in X, u_k \in U,$$

где  $X$  - это пространство состояний,  $U$  - возможный набор управления, а  $F$  - переходная функция состояния, которая, как правило, является нелинейной:

$$F : X \times U \rightarrow X.$$

При наличии неопределенностей различного вида переходную функцию динамической системы можно описать в виде нечетких отношений

$$F : X \times U \times X \rightarrow [0, 1]$$

Тогда частично определенные коэффициенты и все факторы, влияющие на процесс, могут быть представлены функцией принадлежности  $\mu(x_{k+1}/x_k, u_k)$

При таком подходе моделирующие алгоритмы динамических объектов могут быть представлены в следующем виде:

$$M = \langle I, P, \Phi, X, Y, \Omega \rangle,$$

где  $I$  – идентификатор модели;  $P = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$  - логический предикат, определяемый на множестве  $X$ ;  $\Phi : X \rightarrow Y (XUY = Z)$ - отображения, которые характеризует совокупность основных свойств моделирующего алгоритма;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  - входные переменные вычислительной модели;  
 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  - выходные переменные вычислительной модели;  
 $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  - совокупность входных и выходных переменных;  $\Omega$  - область применения модели, задаваемая парой области определения  $X$  и значения  $Y$ , т.е.  $\Omega = \{X, Y\}$ .

Тогда компоненты исходной модели описываются через компоненты элементарных моделей следующим образом:

$$M = \{m_i\}, \Phi = \{f_i\}, i \in [1, N_m]; (\forall_x) P(X) \leftrightarrow [P_1(X_1) \wedge P_2(X_2) \wedge \dots \wedge P_{N_m}(X_{N_m})];$$

$$X = \bigcup_{i=1}^{N_m} X_i; Y = \left( \bigcup_{i=1}^{N_m} Y_i \right) / X; Z = \bigcup_{i=1}^{N_m} Z_i; \Omega = P_Z Z_i(\Omega), i = 1, 2, \dots, N_m,$$

$P_Z Z_i(\Omega)$  - проекция множества  $\Omega$  на гиперплоскость, координатами которой являются компоненты вектора  $Z_i$ .

Предложенная процедура позволяет разработать модели управления при нестационарности состояний объекта и неопределенности внешних факторов.

В третьей главе диссертации «Алгоритмы синтеза нейросетевой системы регулирования процессом экстракции нефтепродуктов» приведены результаты разработки построения нейросетевых моделей систем управления и определения их оптимальных параметров, обучения и адаптации нейронных сетей и на их основе осуществлен синтез нейросетевых систем регулирования.

Рассматриваемая система управления имеет многомерную структуру, взаимосвязанность переменных и неопределенность влияния возмущающих факторов, которые обуславливают некоторые трудности решения задачи синтеза. В связи с этим важную роль имеет выбор структуры нейронных сетей и определения оптимальных значений весовых коэффициентов при синтезе системы управления, позволяющей учитывать особенности исследуемого объекта.

Для решения этой задачи предложено использовать обобщенно-регрессионные нейронные сети, которые обладают свойствами аппроксимации любой нелинейной функции с произвольной точностью, чтобы придать объекту адаптивное свойство.

Пусть динамический объект представлен в следующем виде:

$$x(k+1) = Ax(k) + Bf[u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1)],$$

здесь:  $f[\cdot]$  - гладкая нелинейная функция  $\frac{\partial f}{\partial u(k+1)} = 0; \frac{\partial f}{\partial u(k)} \neq 0;$

$A, B$  - матрицы,  $x$  - состояния процесса,  $k$  - значение тактов,  $y$  - значения выхода,  $m$  - время;  $C$  - вектор выхода.

На основе нейрофазовой сети разработан нелинейный аппроксиматор, обеспечивающий плавный переход от одной локальной модели к другой и не требующий переобучения.



Построение нейросетевой модели процесса экстракции нефтепродуктов состоит из следующих этапов:

- первым и наиболее важным шагом является определение физико-химических свойств процесса экстракции с целью определения основных факторов, влияющих на этот процесс, а также векторных координат модели с учетом конкретной функциональной и организационной структуры процесса.

- вычислительная эффективность нейронной сети зависит от формы функции активации, количества нейронов в слоях и структурных отношений между слоями.

Для формализации динамики системы управления процессом экстракции предложено применение обобщенно-регрессионной нейронной сети, имеющей только один промежуточный слой, позволяющей моделировать любую нелинейную функцию. Эти свойства сети позволяют извлекать знания и определить оптимальные параметры регулятора путем анализа соединений, количество слоев до получения модели.

Для оптимизация линейной комбинации параметров выходного слоя нейронной сети можно использовать известные методы линейного программирования (например, градиентные методы). Выходной слой обобщенно-регрессионной нейронной сети состоит из радиально-базисных элементов, которые реализуют нелинейные зависимости в виде:

$$O_r = \varphi_r \left( \vec{x} \right) = \varphi \left( \frac{\left\| \vec{x} - \vec{c}_r \right\|}{\lambda_r} \right),$$

где  $O_r$  – значения выходных сигналов нейронной сети для каждого  $r$ -х слоя;  $\vec{x}$  – значения входные сигналов, подаваемые на нейронную сеть;  $\lambda_r, c_r$  – корректируемые параметры нейронной сети определяемые в процессе его обучения.  $\varphi(\cdot)$  функция Гаусса (функция принадлежности). Выходные сигналы нейронной сети определяются суммированием значения выходных сигналов, основанных на промежуточном (скрытом) слое сети следующим образом:

$$u = \frac{\sum_{r=1}^M O_r \cdot w_r}{\sum_{r=1}^N O_r},$$

здесь  $w_r$  – настраиваемые значения весов нейронной сети в процессе обучения,  $M$  – количество нейронов на входном слое,  $u$  – выходной сигнал сети, т.е. управляющий сигнал регулятора.

В качестве функции активации для первого и второго слоев нейронов обобщенно-регрессионной нейронной сети была выбрана сигмоидальная функция, а для выходного сигнала - функция, имеющая линейные формы

(рис.3.). Информация о процессе получается на основе нечетких логических алгоритмов. Во входных и выходных сигналах нейронной сети задаются функции принадлежности сигмоидального вида:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-b_i x_i}}, \quad (1)$$

где  $b$  – коэффициент наклона (вес) сигмоидальной функции.

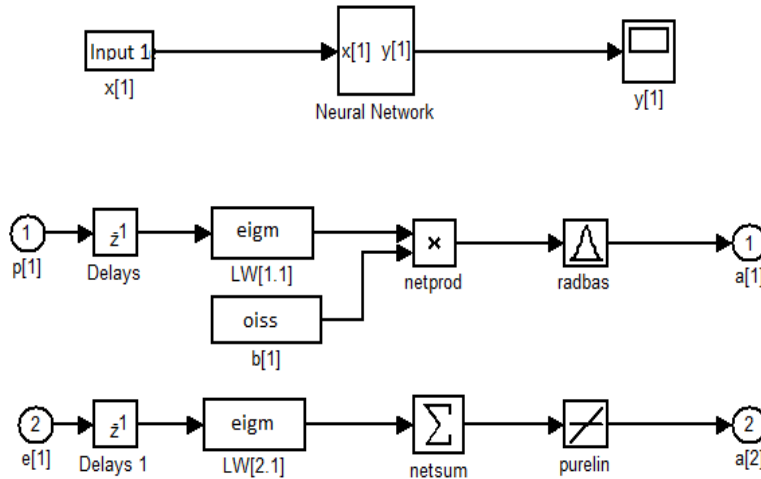


Рис.3. Сетевая структура обобщенно-регрессионной нейронной сети в системе Simulink

Производная сигмоидальной функции определяется следующим образом:

$$y' = b_i y_i (1 - y_i). \quad (2)$$

Взаимосвязь произведения входных сигналов с весами в (1) и в (2) обеспечивается следующим образом:

$$n_1 = x_1 b_1, n_2 = x_2 b_2. \quad (3)$$

$$y_i = f\left(\sum_{r=1}^n n_r\right) = f(x_1 b_1 + x_2 b_2). \quad (4)$$

При обучении нейронной сети функционал задаётся разностью между текущими значениями выходного сигнала сети и эталонным значением  $y_i$  на каждом шаге, пропорциональному квадрату разницы:

$$P_i = \frac{1}{2} (y_i - y_{mon})^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Тогда величина суммарной ошибки определяется по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i. \quad (6)$$

Ошибки обучения зависят от значения вектора весов  $(b_1 b_2)$  и определяются по формулам (5) и (6):

$$b := b - v P_i(b), \quad (7)$$

где  $v$  – скорость обучения нейронной сети, определяемая в интервале  $[0,1]$ ;  $P_i(b)$  – разность между эталонной величиной и полученным выходным значением нейронной сети.

Подставляя (7) в выражение (2), получим:

$$P_i(b) = \frac{d}{2db} \left( \frac{1}{2} (y_{mon} - y_i)^2 \right) = -y_i (y_{mon} - y_i) (1 - y_i) x_i.$$

Процесс обучения нейронной сети имеет итерационный характер, и каждое новое значение веса определяется выражением:

$$b := b + v \delta_i x_i, \quad \delta_i = y_i (y_{mon} - y_i) (1 - y_i).$$

Итерационный процесс обучения нейронной сети продолжается до тех пор, пока текущие значения выходного параметра (сигнала) нейро-нечеткие модели не станут равными заданному значению:

$$\frac{dE_t}{dw_{jp}} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \frac{d\mu^{d_j}(y)}{dw_{jp}}; \quad \frac{dE_t}{dw_i^{jp}} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \varepsilon_4 \frac{d\mu^{jp}(x_i)}{dc_i^{jp}}; \quad \frac{dE_t}{db_i^{jp}} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \varepsilon_4 \frac{d\mu^{jp}(x_i)}{db_i^{jp}};$$

$$\text{где } \varepsilon_1 = \frac{dE_t}{dy} = y_t - \hat{y}_t; \quad \varepsilon_2 = \frac{dy}{d\mu^{d_j}(y)} = \frac{\bar{d} \sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) - \sum_{j=1}^m \bar{d}_j \mu^{d_j}(y)}{\left( \sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) \right)};$$

$$\varepsilon_3 = \frac{d\mu^{d_j}(y)}{d\left( \prod_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i) \right)} = w_{jp}; \quad \varepsilon_4 = \frac{d\left( \prod_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i) \right)}{d\mu^{jp}(x_i)} = \frac{1}{\mu^{jp}(x_i)} \prod_{i=n}^n \mu^{jp}(x_i);$$

$$\frac{d\mu^{d_j}(y)}{dw_{jp}} = \prod_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i); \quad \frac{d\mu^{jp}(x_i)}{dc_i^{jp}} = \frac{2c_i^{jp}(x_i - b_i^{jp})^2}{\left( (c_i^{jp})^2 + (x_i - b_i^{jp})^2 \right)^2};$$

$$\frac{d\mu^{jp}(x_i)}{db_i^{jp}} = \frac{2c_i^{jp}(x_i - b_i^{jp})^2}{\left( (c_i^{jp})^2 + (x_i - b_i^{jp})^2 \right)^2}.$$

Использование обобщенно-регрессионной нейронной сети позволит существенно снизить затраты времени при решении задачи обучения нечеткой нейронной сети и перейти к новому способу получения нечеткой базы правил. На основе этого разработан обобщенный алгоритм восстановления функций принадлежности, суть которого заключается в поэтапной реализации предложенной процедуры построения нейронной сети.

Известно, что при использовании нейронных сетей в управлении процессами возникает проблема определения параметров функции принадлежности. Основываясь на свойствах сигмоидальных функций,

формируется система трансцендентных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{1}{1+e^{-a(x_3-b)}} = 1, \\ \frac{1}{1+e^{-a(x_4-b)}} = 0. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} e^{-a(x_3-b)} = 0, \\ e^{-a(x_3-b)} = -1, \\ 1+e^{-a(x_4-b)} \neq 0. \end{cases}$$

Очевидно, эта система уравнений несовместима, поскольку

$$e^{-a(x_3-b)} > 0 \forall a, b \in (-\infty; +\infty) \text{ и } e^{-a(x_4-b)} > 0 \forall a, b \in (-\infty; +\infty).$$

$f_{z_3}(x_3) = 1 - \Delta$  и  $f_{z_3}(x_4) = 1 - \Delta$  система уравнений для этого случая будет выглядеть так:

$$\begin{cases} \frac{1}{1+e^{-a(x_3-b)}} = \Delta, \\ \frac{1}{1+e^{-a(x_4-b)}} = \Delta. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_4 - x_3}, \\ b = \frac{x_3 + x_4}{2}. \end{cases}$$

Тогда сигмоидальная функция приводится в следующий вид:

$$f_{z_3}(x, a, b) = \frac{1}{1+e^{a(x-b)}}; \quad a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_4 - x_3}; \quad b = \frac{x_3 + x_4}{2}.$$

На основе этих зависимостей для каждого слоя нейронной сети определяются формы и параметры функции принадлежности. Затем, выполняя операции дефаззификации, определяются значения управляющих сигналов:

$$U = \frac{az_1 + bz_2}{a + b},$$

здесь  $z_{i+1} = z_i + v(y - y_{min})$ ,  $v$ - скорость обучения.

Полученные вычислительные схемы являются основой разработанных алгоритмов синтеза системы управления процессом экстракции.

В четвертой главе «**Практическая реализация нечетко-множественных моделей и алгоритмов управления процессом экстракции**» приведены результаты применения разработанных нечетко-множественных моделей и алгоритмов управления для решения задачи синтеза системы регулирования наиболее существенных технологических параметров процесса экстракции нефтепродуктов, таких как температура экстрактора и расход фенольной воды.

Для эффективности разработанных нечетко-множественных моделей и алгоритмов управления температурным режимом процесса экстракции построена имитационная модель нечетко-логической системы регулирования температуры экстрактора в Matlab и приведен ряд вычислительных экспериментов при наличии внешних возмущений. На основе аппроксимации

экспериментально снятых данных получены передаточные функции объекта, характеризующие «расход сырья – расход фенольной воды» и «температура фенольной воды – температура экстрактора»:

$$W^{F-\gamma}(s) = \frac{0,91}{(0,68s + 1)}; \quad W^{O\gamma}(s) = \frac{1,39e^{-0,21s}}{(1,27s + 1)(1,9s + 1)}.$$

Первоначально на основе лингвистических входных и выходных переменных сформированы функции принадлежности, определены их оптимальные параметры, разработана база правил нечетко-логического вывода (табл. 1). В качестве лингвистических переменных взяты следующие параметры: «изменения фенольной воды» A1, «изменения расхода нефтепродукта» A2, «изменения температуры экстрактора» B1, и «изменения температуры фенольной воды» B2.

База правил нечетко-логического вывода

Таблица 1

Изменения температуры экстрактора	Температура $t^{\circ}$			
	Высокая	Повышенная	Средняя	Низкая
Высокая	A <sub>3</sub> ,B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> ,B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> ,B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> ,B <sub>3</sub>
Повышенная	A <sub>3</sub> ,B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> ,B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> ,B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub>
Средняя	A <sub>3</sub> ,B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> ,B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> ,B <sub>1</sub>
Низкая	A <sub>3</sub> ,B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> ,B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> ,B <sub>1</sub>

Приведен сравнительный анализ результатов имитационного эксперимента с существующей системой управления с синтезированной логической системой регулирования процессов экстракции (рис.4.).

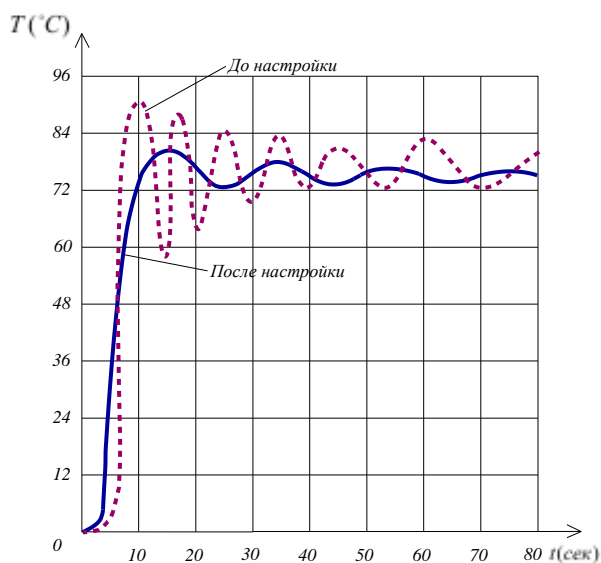


Рис.4. Переходные процессы нечетко-логической системы управления

Как видно из графиков переходных процессов, система управления работает стабильно при наличии внешнего воздействия и переводит объект

управления из одного состояния в другое с достаточной скоростью. Результаты имитационных экспериментов показали, что в условиях неопределенности внешних воздействий система управления с нечетко-логическим регулятором имеет свойства устойчивости и обеспечивает требуемое качество управления.

В результате реализации разработанной системы управления процессом экстракции нефтепродуктов на «Чиназском НПЗ», отклонения температурного режима экстрактора от номинального значения снизились на 2,2 %, производительность – выход целевого продукта с заданной концентрацией.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертации на основе методов системного анализа теории автоматического и интеллектуального управления разработаны алгоритмы синтеза нечетко-логической системы управления процессом экстракции нефтепродуктов. В итоге получены следующие научные результаты:

1. На основе теоретико-множественной концепции разработана нечетко-множественная модель процесса экстракции нефтепродуктов, позволяющая на единой математической основе формализовать динамические свойства процесса экстракции в условиях неопределенности.

2. Разработана информационно-концептуальная модель управляемого процесса экстракции нефтепродуктов с учетом его технологических и физико-химических свойств, позволяющая установить причинно-следственную связь между переменными и разработать алгоритмы оптимального управления рассматриваемым процессом. Это позволяет создать высокоэффективную систему управления.

3. Разработана нечетко-логическая гибридная модель процесса экстракции в виде обобщенно-регрессионной нейронной сети, которая служит математической основой интеллектуализации процесса управления рассматриваемым объектом.

4. Разработан алгоритм синтеза структуры и параметры обобщенно-регрессионной нейросетевой модели процесса экстракции нефтепродуктов, позволяющий существенно снизить затраты времени перехода к новому способу обучения сети и формирования базы правил.

5. Разработан скоростной алгоритм выбора структуры и определения оптимальных параметров нечетко-логического регулятора с учетом особенностей процесса экстракции нефтепродуктов. Внедрение этого алгоритма в производстве позволило уменьшить отклонения температуры экстрактора на 2,2 % от номинального.

6. Создана нейросетевая система управления технологическим процессом экстракции нефтепродуктов в условиях неопределенности внешних воздействий. Внедрение этой системы позволит уменьшить расхода фенольной воды на 0,7 % и энергозатраты на 1-2 %.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.02 ON THE ADMISSION  
OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY**

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**MAMASODIKOVA NODIRA YUSUBJONOVNA**

**FUZZY-MULTIPLE MODELS AND CONTROL ALGORITHMS FOR THE  
EXTRACTION OF OIL PRODUCTS**

**05.01.08 - Automation and control of technological processes and manufactures**

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

**Tashkent – 2021**

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.1.PhD/T404.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Technical University.

The abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council ([www.istu.uz](http://www.istu.uz)) and Information and Educational Portal «Ziymat» ([www.ziymat.uz](http://www.ziymat.uz)).

Scientific adviser:	Safikov Isamidin Xakimovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Hosannon Muxtamil Arzamonov doctor of technical sciences, professor Sapayev Mamathkarim Candidate of Technical Sciences, docent
Leading organization:	Tashkent Institute of Chemical Technology

Defense of dissertation will take place in «15» 01 2022 at 10<sup>00</sup> o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel. (99871) 246-46-00, fax: (99871) 227-10-32; e-mail: [sta\\_info@istu.uz](mailto:sta_info@istu.uz)).

The doctoral dissertation could be reviewed at the information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 230) Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel. (99871) 207-14-70).

Abstract of dissertation sent out on «22» 12 2021 year  
(mailing report №22 on «2» 12 2021 year)



**N.R.Yusupbekov**  
Chairman of Scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor, academician

**U.F.Mamirov**  
Scientific secretary of Scientific council  
awarding scientific degrees,  
PhD in technical sciences, docent

**J.U.Sevinov**  
Vice-chairman of the Academic Seminar  
under the Scientific council awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, associative professor



## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the study** is to develop models and algorithms for controlling the process of extraction of petroleum products based on intelligent technologies in conditions of various uncertainties.

**The object of the research** is the extraction process during the refining of petroleum products at oil refineries.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

fuzzy-logical hybrid models of the process of extraction of oil products based on a neural network and fuzzy logic have been developed, which are the mathematical basis for the intellectualization of the control process of dynamic objects;

an algorithm for adaptive learning of a generalized regression neural network has been developed, which is distinguished by the possibility of obtaining a neural network model with a different structure;

an effective algorithm for determining the structure and optimally adjusted parameters of the fuzzy-logical regulator, taking into account the characteristics of the extraction process of petroleum products;

an algorithm for the synthesis of a fuzzy-logical control system of technological parameters of the process of oil products extraction under conditions of uncertainty in the properties of the object and external disturbances has been developed.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results of the synthesis of a digital fuzzy-logical system for controlling the extraction of petroleum products, the following have been introduced:

the software complex developed on the basis of precision models and algorithms for finding the optimal parameters of the regulators of the oil products extraction control system has been implemented in the Chinaz Oil Refinery (reference of Uzbekneftegaz JSC dated June 16, 2021, No.28-1/686).

in the Chinaz refinery, a digital control system was introduced (reference of Uzbekneftegaz JSC dated June 16, 2021, No.28-1/686), which ensures the optimal values of the technological parameters of the refined oil extraction process. As a result, at the Chinaz refinery, the deviation of the extractor temperature from the nominal one decreased by 2,2 %, the productivity, i.e. product yield at a given concentration;

in the Chinaz refinery, a microcontroller control system was introduced (reference of Uzbekneftegaz JSC dated June 16, 2021, No.28-1/686), which ensures the maintenance of the main controlled parameters of the extraction process using neuro-fuzzy technologies in accordance with the technological regulations. As a result, the consumption of phenolic water decreased by 0,7 %, and the consumption of energy - by 1-2 %.

**The structure and scope of the thesis.** The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 113 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (Часть I; Part I)**

1. Сиддиков И.Х., Н.Ю.Мамасодикова, Йигиталиев З.М., Алгоритмы управления децентрализованных взаимосвязанных динамических объектов в условиях информационных неопределенности // Научно-технический журнал ФерПИ. Фергана, №5. –2016. – С.58-63. (05.00.00; №20).
2. Сиддиков И.Х., Мамасодикова Н.Ю., Каримов Ш.С. Моделирование двухуровневой системы управления нелинейными динамическими объектами с нейро-нечетким адаптивным регулятором // Научно-технический журнал ФерПИ. Фергана, Том 21. №3. – 2017. – С.90-95. (05.00.00; №20).
3. Сиддиков И.Х., Мамасодикова Н.Ю. Синтез робастной системы управления с эталонной моделью нелинейного динамического объекта с запаздыванием по состоянию // Научно-технический журнал ФерПИ. Фергана, Спец. Выпуск 1. – 2018. – С.15-19. (05.00.00; №20).
4. Мамасодикова Н.Ю. Алгоритм оценки технологических состояний нефтехимических объектов // Научно-технический журнал ФерПИ. Том 24. №2. – 2020. – С.112-117. (05.00.00; №20).
5. Siddikov I.X., Mamasodikova N.Yu., Khalilov M.M., Amonov A.K., Sherboboyeva G.B. Formalization of the task of monitoring the technological safety of industrial facilities in conditions of indistinctness of the initial information // Journal of Physics: Conference Series 1679 (2020) 032022, pp. 1-7. DOI:10.1088/1742-6596/1679/3/032022 (3, Scopus, IF 1,5).
6. Siddikov I.X., Mamasodikova N.Yu., Rayimdjanova O.S., Khalmatov D.A., Mirzaaxmedova X. Algorithms for synthesis of a fuzzy control system chemical reactor temperature // Journal CEUR Workshop Proceedings, 2021.Vol. 2899, pp. 64-70, <http://ceur-ws.org/Vol-2899/> (3, Scopus, IF 1,5).
7. Siddikov I.X., Mamasodikova N.Yu., Khalmatov D.A., Kadirova N.R., Mirjalilov O.I. Primova G. Development of neural network forecasting models of dynamic objects from observed data // Journal CEUR Workshop Proceedings, 2021.Vol. 2899, pp. 71-77, <http://ceur-ws.org/Vol-2899/> (3, Scopus, IF 1,5).

**II бўлим (Часть II; PartII)**

8. Сиддиков И.Х., Измайлова Р.Н., Мамасодикова Н.Ю., Фозилов Б.Г. Формализация динамики функционирования технологических агрегатов нефтеперерабатывающих предприятий на базе нейронечетких технологий / IV Международная научно-техническая конференция. Фергана. Ч.-3, – 2018. 25-26 мая. – С.66-71.
9. Мамасодикова Н.Ю. Разработка алгоритма аналитического контроля технологических параметров динамических объектов // Известия Юго-Западного государственного университета. Научный журнал Том 9 № 4. –2019. – С.153-163.

10. Мамасодикова Н.Ю. Адаптивный аналитический технологический контроль параметров процесса экстракции масел / Международная научная конференция. Бухарский Инженерно-технологический институт. Том №1. – 2019. 14-16 ноябрь. – С.349-351.

11. Сиддиков И.Х., Мамасодикова Н.Ю., Атажанов М.О., Бойхонова А.Ж., Абдуллаев У.О., Кенжаева Ф.З. Программа для формирования базы данных технологических параметров переработки нефтепродуктов / Агентство по интеллектуальной собственности РУз Свидетельство № DGU 05682 от 16.04.2019 г.

12. Мамасодикова Н.Ю. Нефт кимёси ишлаб чиқаришларни технологик мониторинги ва бошқаруви масалаларидаги ноаниқлик ва мавҳумлик / Андижон машинасозлик институти. Халқаро илмий-амалий конференция. – 2020. – 493-499 б.

13. Мамасодикова Н.Ю., Тошпулатов Ш.М. Особенности процесса экстракции как объект исследования. / Ферганский филиал ТУИТ Сборник докладов республиканской научно-технической конференции. Фергана – 2021. 16-17 апрель. – С.288-291.

14. Мамасодикова Н.Ю. Алгоритм построения нейросетевой модели управления процессом экстракции / Ферганский филиал ТУИТ Сборник докладов республиканской научно-технической конференции. Фергана – 2021. 16-17 апрель. – С.695-698.

15. Мамасодикова Н.Ю. Разработка гибридных математических моделей процесса экстракции нефтепродуктов в условиях информационной неопределенности / Наманган қурилиш муҳандислик институти, Республика илмий-техника конференцияси маърузалари тўплами. Наманган – 2021. 30-31-март. – 46-48 б.

16. Respublika ilmiy-texnika konferensiyasi ma'ruzalari to'plami

17. Сиддиков И.Х., Мамасодикова Н.Ю. Маълумотлар норавшанлиги шароитида нефт маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнини шакллантириш / Наманган муҳандислик-технология институти Халқаро илмий-амалий анжумани. – 2021 йил 24-25 июнь. – 575-577 б.

18. Мамасодикова Н.Ю., Миржалилов О.И. Нефт маҳсулотларини экстракциялаш жараёнини моделлаштириш / Наманган муҳандислик-технология институти Халқаро илмий-амалий анжумани. – 2021й. 24-25 июнь. – 577-578 б.

19. Мамасодикова Н.Ю., Райимжонова О.С., Халматов Д.А., Мамасодикова З.Ю., Измайлова Р.Н., Миржалилов О.И. Нечетко-логическое управление технологических параметров процесса экстракции нефтепродуктов / Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 11805 от 08.07.2021 г.

Автореферат ТошДУ “Техника фанлари ва инновация” илмий журнали таҳририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди (06.12.2021).

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 78/21.

Гувоҳнома № 851684.  
«Тирографф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.