

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЯКУБОВА НОИЛАХОН СОБИРЖОНОВНА

**МУРАККАБ ДИНАМИК ОБЪЕКТЛАРНИНГ БОШҚАРИШ
ТИЗИМИНИ КВАНТ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИ АСОСИДА
СИНТЕЗЛАШ**

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

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

Тошкент– 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Якубова Ноилахон Собиржоновна

Мураккаб динамик объектларнинг бошқариш тизимини квант
ҳисоблаш усуллари асосида синтезлаш.....3

Якубова Ноилахон Собиржоновна

Синтез системы управления сложными динамическими
объектами на базе методов квантовых вычислений.....21

Yakubova Noilakhon Sobirjonovna

Synthesis of a control system for complex dynamic objects based
on quantum computing methods.....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

ЯКУБОВА НОИЛАХОН СОБИРЖОНОВНА

**МУРАККАБ ДИНАМИК ОБЪЕКТЛАРНИНГ БОШҚАРИШ
ТИЗИМИНИ КВАНТ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИ АСОСИДА
СИНТЕЗЛАШ**

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

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

Тошкент– 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2022.3.PhD/T3005 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Сиддиков Исомиддин Хакимович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Юсупбеков Азизбек Нодирбекович
техника фанлари доктори, профессор

Сапаев Маматкарим
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Самарқанд давлат университети

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «___» _____ соат ___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

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

Диссертация автореферати 2022 йил «___» _____ куни тарқатилди.
(2022 йил «___» _____ даги ___ рақамли реестр баённомаси).

Н.Р.Юсупбеков

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

У.Ф.Мамиров

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

Х.З.Игамбердиев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда озиқ-овқат маҳсулотларни олиш, қайта ишлашда асосий эътибор энергия ва ресурс тежамкорлигига эришиш масалаларига қаратилмоқда. Технологик жараёнларни автоматлаштириш соҳасидаги асосий вазифалардан бири бу бошқарув жараёнининг сифатини яхшилайдиган интеллектуал технологиялар ютуқларидан фойдаланган ҳолда юқори самарали бошқариш тизимларини яратиш ҳамда кам энергия ва ресурс сарфлаб, юқори сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқаришга эришишдир. Бу борада бир қатор етакчи хорижий мамлакатларда кўплаб ютуқларга эришилган бўлиб, уларда асосан технологик объектларни бошқариш тизимларини такомиллаштириш, маҳсулотларнинг рақобатбардошлиги ва ишлаб чиқариш самарадорлигини таъминлаш муҳим аҳамият касб этмоқда. Автоматик бошқариш тизимларини ишлаб чиқишда асосий эътибор ахборотни қайта ишлаш ва бошқариш таъсирини ишлаб чиқишнинг юқори самарали усулларини яратиш ҳисобланади.

Жаҳонда технологик жараёнларни бошқариш тизимларини такомиллаштиришга, хусусан, озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш корхоналарида интеллектуал технологияларни жорий этилмоқда. Шундай экан, биз катта ҳажмдаги маълумотлар билан ишлашга тўғри келамиз. Бу маълумотларни тезликда қайта ишлаш учун юқори тезликда ҳисоб-китобларни таҳлил қилиш учун автоматлаштирилган тизимлар яратишнинг мавжуд усул ва алгоритмларини такомиллаштириш ҳамда янги ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқишга йўналтирилган кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Мураккаб технологик жараённинг хусусиятларини, нозиклигини ва маълумотларнинг ноаниқлигини ҳисобга олган ҳолда бошқариш тизимини синтезлашнинг самарадор моделлари ва алгоритмларини яратиш ҳамда янада такомиллаштириш зарурияти туғилади. Шу сабабли, диссертация ишида юқори тезкор ва самарадорликка эга квант ҳисоблаш усулларидан фойдаланиш таклиф этилди. Бунда жараёнларни бошқаришда квант ҳисоблаш алгоритми ечилиши мураккаб бўлган кўплаб классик масалаларни юқори тезкорликда ечиш мумкин ҳамда алгоритмик равишда ҳал қилиб бўлмайдиган масалаларга жавоблар олиш имконияти мавжуд бўлади.

Республикамиз иқтисодиётининг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланган озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштирилган бошқариш тизимларини яратишда энергия ва ресурс тежамкорлиги замонавий бошқарув тизимларини яратишга катта эътибор берилмоқда. Бу борада, 2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «Миллий иқтисод ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, маҳсулот ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 бараварга ошириш...

»¹ каби вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш жараёнларини сифат кўрсаткичларини яхшилаш мақсадида замонавий технологик воситалардан фойдаланиб, вино маҳсулотларини шампанизациялаш жараёнини рақамли бошқариш тизимини моделлаштириш ва синтезлаш алгоритмларини яратиш талаби пайдо бўлади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 - сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони, 2020 йил 9 сентябрдаги ПҚ-4821 - сон «Республика озиқ-овқат саноатини жадал ривожлантириш ҳамда аҳолини сифатли озиқ-овқат маҳсулотлари билан тўлақонли таъминлашга доир чора-тадбирлар тўғрисида» ва 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682 сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги қарорлари ҳамда мазкур соҳадаги бошқа меъёрий - ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларнинг амалга ошиши ушбу диссертация тадқиқоти мумкин даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Мураккаб динамик объектларнинг квант ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш билан узвий боғлиқ бўлган илмий ва техникавий наشرларни таҳлили, мазкур соҳадаги маълум бир даражада назарий ҳамда амалий натижаларга эришилганлигини кўрсатади. Бу борада жаҳоннинг етакчи илмий марказлари, жумладан, Toqai Infra Logic, Micro Devices, Honeywell (АҚШ), LIFE халқаро лабораторияси, Mitsubishi Electric, Siemens (Германия), Wecan 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.

Мураккаб динамик объектларнинг бошқариш тизимини интеллектуал технологиялар асосида бошқариш тизимларини яратиш, такомиллаштириш ва жорий қилишдаги илмий муаммоларини ечишга кўплаб ҳорижий олимлар, жумладан, С.В.Ульянов², Х.Бухрман³, С.В.Сорокин⁴, С.Н.Васильев⁵ ҳамда

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» 2022 йил 28-январдаги ПФ-60-сон Фармони.

²Ульянов С.В., Мишин А.А., Миногин А.А. Информационная технология проектирования робастных баз знаний нечетких регуляторов. Ч. III: квантовый нечеткий вывод и квантовая информация // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. – Дубна, 2010. – № 3.

³H. Buhrman and R. de Wolf. Complexity Measures and Decision Tree Complexity: A Survey. Theoretical Computer Science, v. 288(1): 21-43 (2002).

⁴Сорокин С.В., Литвинцева Л.В., Ульянов С.В. Технология мягких вычислений в проектировании робастных нечетких систем управления: Оптимизатор баз знаний // Нечеткие Системы и Мягкие Вычисления. – 2008. – Т. 3. – № 1.

мамлакатимиз олимларидан Юсупбеков Н.Р., Н.Р.Юсупбеков⁶, Х.З.Игамбердиев⁷, Ш.М.Гулямов⁸, Д.Т.Мухамедиева⁹ ва бошқалар ўзларини катта хиссаларини қўшганлар.

Шу билан бирга, илмий тадқиқот ишининг амалиётга жорий этиш бўйича вино маҳсулотларини шампанизациялаш жараёни олинган бўлиб, бунда жараённинг хусусиятларини, ночизиқлилигини ва маълумотларнинг ноаниқлигини ҳисобга олган ҳолда юқори самарали бошқариш тизимини яратилиши илмий тадқиқотлар доирасининг доимий кенгайиши ва мураккаблашувини талаб этади. Шу боис, вино маҳсулотларини шампанизациялаш жараёнининг замонавий бошқариш усуллари ва ахборот технологиялари ютуқларидан фойдаланган ҳолда бошқариш тизимини синтезлашнинг самарадор моделлари ва алгоритмларини яратиш ва янада такомиллаштириш зарурияти туғилади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Ушбу илмий тадқиқот иши Тошкент давлат техника университетини илмий-тадқиқот ишлари режаларининг БА-А5-025 – “Қўп босқичли карбонизациялаш жараёнини адаптив бошқариш системаси ва автоматлаштирилган мониторингини ишлаб чиқиш ва тадбиқ этиш” (2017-2018); ОТ-Ф4-78 “Идентификацион ёндошув асосида динамик объектларни адаптив бошқариш системаларини синтезлашнинг назарий асослари ва мунтазам усуллари ишлаб чиқиш” (2017-2020) мавзусидаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади мураккаб динамик объектларнинг бошқариш тизимини квант ҳисоблаш усуллари асосида синтезлашнинг моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

маълумотлар ноаниқлиги шароитида динамик объектларнинг нейротармоқ моделларини яратиш;

нейротармоқ моделини квант ҳисоблаш усуллари асосида ўқитиш алгоритминини ишлаб чиқиш;

динамик объектларни бошқариш тизимини квант ҳисоблаш усуллари асосида синтезлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

динамик объектларни квант ростлагичли автоматлаштирилган бошқариш тизимини тадқиқ қилишнинг дастурий мажмуасини яратишдан иборат.

⁵Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунев Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. – М.: Физматлит, 2000.

⁶ 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.

⁷ Igamberdiyev X.Z. 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.

⁸ Gulyamov Sh.M. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information// Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018. – pp.128-131

⁹ Mukhamedieva D.T. Approaches to solving optimization tasks based on asks based on natural calculation algorithms // Scientific-technical journal. Volume 24. Issue 2. 2020. pp.58-67

Тадқиқотнинг объекти сифатида мураккаб динамик объектларнинг бошқариш тизими олинган.

Тадқиқотнинг предмети мураккаб динамик объектларни квантли норавшан ростлагичли бошқариш тизимларини синтезлашнинг усуллари, моделлари ва алгоритмларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, математик ва компютер моделлаштириш, интеллектуал бошқариш ҳамда квант ҳисоблаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

маълумотлар ноаниқлиги муҳотида мураккаб динамик объектларни юқори самарали бошқариш тизимини яратишга имкон берувчи нейрон тўрлар ва норавшан мантиққа асосланган гибрид моделлари ишлаб чиқилган;

объектларнинг динамик хоссалари, ташқи таъсирларнинг ўзгарувчанлигини ҳисобга олиш имконини берувчи гибрид моделларнинг структурасини танлаш ва уларни ўқитишнинг юқори аниқлиги ва тезкорлиги билан фарқ қилувчи квант ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

бошқариш жараёни юқори сифат кўрсаткичларини таъминлаш имконини бериш билан фарқланувчи квант ҳисоблаш усуллари асосида норавшан квант ростлагичининг оптимал параметрларини топиш алгоритми ишлаб чиқилган;

динамик объект хоссалари ва ташқи таъсирларнинг жорий вақтдаги ноаниқлиги ва эҳтимолий характерга эга эканлигини ҳисобга олиш имконини берувчи реал жараёнда қўлланиши билан фарқланувчи норавшан квант ҳулосалаш асосида нейро-норавшан бошқариш тизимини синтезлаш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

шампан виноси олишда шампанизаторнинг иш режимларини бошқаришнинг энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлаш имконини берувчи интеллектуаллаштирилган бошқариш тизими ишлаб чиқилган;

шампанизациялаш технологик жараёнини автоматлаштирилган бошқариш тизимининг махсус дастурий-аппарат воситалари ишлаб чиқилган;

шампанизациялаш жараёнининг самарадор технологик режимларини таъминлаш имконини берувчи квант ҳисоблаш усулларига асосланган бошқариш тизимининг функционал схемаси шакллантирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқотнинг ишончлилиги назарий асосланган бўлиб, бунда технологик объектларни автоматик бошқарилиши ҳамда тажрибавий мезонлардан зарурий равишда фойдаланилганлиги ҳамда келтириб ўтилинаётган мазкур бошқариш модел ва алгоритмларини мувофиқлиги, шу қаторда, замонавий бошқариш назариясидаги усуллардан фойдаланиш ўз навбатида илмий ва амалий изланишлар орқали олинган натижалар, уларнинг ўзаро мослиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқотда олинган натижаларнинг илмий аҳамияти жорий вазиятлар ноаниқлик

шароитида мураккаб динамик объектларнинг интеллектуаллаштирилган бошқариш тизимларини квант ҳисоблаш моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти вино маҳсулотларини шампанизациялаш жараёнининг статик ва динамик тавсифларини ҳисобга олган ҳолда шампанизаторнинг такомиллаштирилган квант ҳисоблаш усулларига асосланган бошқариш тизимини синтезлашнинг математик ва алгоритмик таъминотини яратишдан иборат бўлиб, у узлуксиз характерли технологик жараёнларни рақамли бошқариш тизимини лойиҳалашнинг дастурий мажмуасини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши. Вино маҳсулотларини шампанизациялаш жараёнининг квант ҳисоблаш усулларига асосланган бошқариш тизимини синтезлаш натижалари асосида:

мураккаб динамик объектларнинг маълумотлар ноаниқлик муҳитида ишлаб чиқилган нейро-норавшан гибрид моделлари “Ўзбекистон Шампани” АЖда жорий этилган (“ЎзРесАТБТСВРА” агентлигининг 2021 йил 28 майдаги 02-16/1845 - сон маълумотномаси). Натижада, ахборотларни қайта ишлаш вақтини 1.3 % га камайтириш ҳисобига, жараённи бошқаришда натижаларни олиш ва қарор қабул қилишнинг тезлигини 1.6 % га ошириш имконини берган;

технологик жараёнларни бошқаришда квант ҳисоблаш усуллари асосида ишлаб чиқилган квант ростлагичининг оптимал параметрларини топиш алгоритми “Ўзбекистон Шампани” АЖ да жорий этилган (“ЎзРесАТБТСВРА” агентлигининг 2021 йил 28 майдаги 02-16/1845 - сон маълумотномаси). Натижада, “Ўзбекистон Шампани” АЖ да шампанизаторнинг ҳарорат режимини номинал қийматдан оғиши 2.2 % га камайтириш имконини берган;

динамик объектларнинг нейро-норавшан бошқариш тизимини квант ҳисоблаш усуллари асосида ишлаб чиқилган синтезлаш алгоритмлари “Ўзбекистон Шампани” АЖ да жорий этилган (“ЎзРесАТБТСВРА” агентлигининг 2021 йил 28 майдаги 02-16/1845 - сон маълумотномаси). Бу эса, рассол сарфини 1.8 % га ҳамда энергия сарфини 2-3 % га эга бўлган тежамкорлик кўрсаткичи билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация иши бўйича 3 та халқаро ҳамда 5 та республикадаги илмий ва амалий конференцияларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий иш, шулардан – Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 6 та илмий мақола, жумладан, 1 та илмий мақола хорижий журналда нашр этилиб, ЭҲМ лар учун дастурий воситаларга Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан рўйхатдан ўтган 2 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса ва фойдаланган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 113 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқот ишларининг долзарблиги ҳамда зарурийлик хусусиятлари тавсифланган бўлиб, тадқиқот ишининг мақсади ва вазифалари, шунингдек, тадқиқотнинг объекти ва предмети ҳам тавсифланган, тадқиқот ишининг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг юқори устувор йўналишларига мувофиқлиги келтирилиб, тадқиқот ишининг илмий янгилиги ва амалий натижалари изоҳлаб кўрсатилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги таҳлил қилиниб, тадқиқот натижаларини амалиётга тадбиқи, нашр қилинган илмий ишлар ва диссертация ишининг таркибий тузилиши ҳақида бир қатор маълумотлар келтирилиб ўтилган.

Диссертация ишининг **“Мураккаб динамик объектларни бошқариш муаммоларининг ҳозирги ҳолати”** номли биринчи бобда мураккаб динамик объектларни квант ҳисоблаш усулларига асосланган бошқариш тизимларини синтезлаш ва қуришнинг ривожининг тизимли таҳлили натижалари, динамик объектларни квант бошқариш тизимларини ишлаб чиқишнинг назарий ва амалий ёндашувларини шакллантириш, мураккаб динамик объектларни бошқаришда квант ҳисоблаш усулларини қўллаш ва бошқариш масалаларидаги муаммоли вазиятлар таҳлили келтирилган.

Ҳозирги вақтда техник ривожланиш билан боғлиқ ҳолда бошқариш объектлари, ишлаб чиқиладиган бошқариш тизимларининг мураккаблашуви сезиларли ортишига сабаб бўлмоқда. Шу сабабли юқори даражали автономликка, мослашувчанлик хоссасига, ишончликка ва ноаниқлик шароитларда юқори сифатга эга бўлган турли хил техник тизимларни яратиш зарурияти пайдо бўлди. Бундай тизимларнинг бошқариш объекти мураккаб, кўп ўлчамли, ночизиқли бошқариш тизимлари бўлиб, улар зарурий фойдаланиш тавсифи ва кенг функционал имкониятларга башоратлаш имкониятига ҳамда ташқи таъсир ва тизимнинг жорий ҳолатга мослашувчан хусусиятига эгадир. Реал шароитда ишлайдиган технологик объектларда юзага келадиган ишлаб чиқариш вазиятларининг ноаниқлиги, жараён моделининг хатолиги объектдан олаётган ахборотлар оқимининг катталиги ва хатоликлари ҳамда уларни қайта ишлашнинг мураккаб эканлиги, мазкур динамик тизимларни бошқарув алгоритминини ишлаб чиқишни мураккаблаштиради, шунингдек бу каби вазифаларни ҳал қилишда замонавий ахборот технологияларини тадбиқ қилишни талаб қилади. Бундай бошқариш тизимларини яратишда ностандарт усуллардан фойдаланиш талаб этилади. Бу эса ўз навбатида технологик объектида интеллектуал бошқариш усуллари ва дастурий воситаларни яратиш заруриятини туғдиради.

Тизимларни анъанавий тадқиқ этиш усулларида нейрон тармоқли бошқариш тизимлари таъсирларни баҳолаш усули ва бошқариш тизимининг структурасининг аниқ берилиши шартлари билан қийинчиликларга дуч келади. Бошқаришнинг хусусиятларини тавсифлаш, ушбу динамик тизимларни бошқариш жараёни ва босқичларини моделлаштиришнинг ўзига хослиги шундаки, уларни ахборот етарли бўлмаган шароитларда физик-

кимёвий қонуниятлар ва ноаниқлик боғлиқликларини эътиборга олган ҳолда тизимли таҳлил этиш масалаларига керакли даражада эътибор қаратилмаган.

Фан ва техниканинг турли соҳаларида қўлланиладиган интеллектуал автоматик бошқариш тизимларини қуришнинг кўплаб модел ва алгоритмлари мавжуд. Тизимнинг иш режимларига таъсир этувчи омилларнинг ноаниқлигида ишлайдиган динамик бошқариш тизимларини расмий ифодалаш, моделлаштириш ва тадқиқ қилиш усулларининг таҳлили мураккаб динамик объектларни бошқариш жараёнларини интеллектуаллаштириш учун асос ҳисобланувчи гибрид усулларни қўллаш энг адекват ва ечиладиган масалалар эканлигини кўрсатди.

Юқоридагиларни инобатга олган ҳолда, ноаниқлик шароитларида ишлайдиган мураккаб динамик объектларни бошқариш масалаларида квант ҳисоблаш усулларини қўллаш, шунингдек ахборотларга ишлов беришнинг интеллектуал усулларини ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилинмоқда.

Диссертациянинг **“Мураккаб динамик объектларни бошқаришнинг математик тавсифи”** номли иккинчи боби назарий-тўплам концепцияси асосида ноаниқлик шароитларида мураккаб динамик объектларни бошқариш тизими динамикасининг моделларини қуриш, моделлар тузилишини тавсифлаш ҳамда бошқаришнинг ўзига хос хусусиятлари таҳлил қилинган.

Ўрганилаётган объект динамика тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\dot{X} = F(X, U, W), \quad X(t) = X^0, \quad Y = \Psi(X, U, W),$$

бу ерда: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n, y\}^0$ - фаза координаталарининг умумлаштирилган вектори; $N = \sum_{i=1}^n n_i + n_0$ - ўлчамли чиқиш ўзгарувчилари; $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ва $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ - бошқариш ва ғалаёнланишнинг умулаштирилган векторлари; $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ - чиқиш координаталар вектори.

Бу ўзгарувчилар турли ғалаёнлар остида бўлади ва эҳтимоллик хусусиятига эгадир. Мазкур ҳолат самарали бошқарув тизимларини яратиш учун ахборот технология ютуқларидан фойдаланиб, интеллектуал бошқариш усулларини қўллашни талаб этади. Ушбу ҳолатда мос математик аппаратни танлаш зарур ҳисобланади.

Диссертация ишида техник объектлар динамикасини шакллантириш ва ноаниқлик шароитларида дастлабки ахборотларни олишда математик аппарат сифатида нейрон тармоқлари олинган. Кириш ўзгарувчиларини фаззификациялашда амалга оширилишининг қулайлиги сабабидан сигмоидал тегишлилик функциясидан фойдаланилган.

Сигмоидал тегишлилик функцияси қуйидаги кўринишга эга:

$$f_{z_3}(x, a, b) = \frac{1}{1 + e^{a(x-b)}}; \quad a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_2 - x_1}; \quad b = \frac{x_1 + x_2}{2},$$

$$\begin{cases} \frac{1}{1+e^{-a(x_1-b)}} = \Delta, \\ \frac{1}{1+e^{-a(x_2-b)}} = \Delta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_2 - x_1}, \\ b = \frac{x_1 + x_2}{2} \end{cases}$$

бу ерда a, b - сигмоидал функция параметрлари.

Ушбу муносабатлар асосида нейрон тўрининг ҳар бир қатлами учун тегишлилик функциясининг параметрлари аниқланади. Сўнгра дефазификациялаш операцияси бажарилиб, бошқариш сигнали қуйидагича топилади:

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

бу ерда $z_{i+1} = z_i + v(y - y_{\text{деп}})$ - ўқитишнинг ҳар бир қадамида ҳисоблаб чиқилади; v - ўқитиш тезлиги.

Танланган нейрон тармоқнинг реал жараёнга мослигини таъминлаш ҳамда унинг аниқлигини ошириш учун яширин қатламлар ва улардаги нейронларнинг сонини ошириш зарур. Лекин бу ўз навбатида нейрон тармоқнинг параметрларини ҳисоблаш вақтининг ошишига олиб келади, яъни модел тезкорлигини пасайтиради. Шунинг учун нейрон тармоқ модели аниқлиги ва унинг параметрларини ҳисоблаш тезлиги ўртасидаги оптимал муносабатни таъминлаш учун квант ҳисоблаш усулларида фойдаланилди.

Мураккаб динамик объектларнинг квант ҳисоблашли моделини шунингдек, ташқи омилларни инобатга олиб, моделнинг вектор координаталарини қуришнинг дастлабки ва муҳим босқичи ташкилий тузилма бўлиб ҳисобланади. Бу ёндашувдан фойдаланиш аввало, моделларда ноаниқликлар мавжудлигида, бошқарув қарорларини танлашнинг моделлари ва жараёнлари ноаниқлигида ва аксар ҳолларда фақат сифат даражасида берилгандагина, мураккаб объектларни самарали бошқариш имконини беради.

Технологик жараёнларни таклиф этилган бу усул билан шакллантирилиши ноаниқлик шароитида фаолият кўрсатувчи динамик объектларнинг бошқариш моделларини ягона математик аппарат асосида ифодалаш имконини беради.

Квант ҳисоблаш схемасида ушбу икки $|0\rangle$ ва $\langle 1|$ ҳолатлар суперпозиция ҳолатида бўлиши мумкин, яъни квант битининг энг умумий ҳолатини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle,$$

бу ерда: α ва β - комплекс сонлар.

Кубитларнинг икки ҳолатини ёзиш учун бра $\langle \mid$ ва кет $\mid \rangle$ - Дирак ёзувидан фойдаланилади. $\langle \mid$ кўринишдаги векторлар кет-векторлар, $\langle \mid$ кўринишдаги векторлар эса бра-векторлар дейилади. Кет-векторлар ва кубитнинг бирлик ҳолати қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ ва } |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ функция билан тизимнинг ҳолатини ўлчашда, $\langle 0|$ ҳолатда аниқлаш эҳтимоллиги α^2 , $\langle 1|$ ҳолатда аниқлаш эҳтимоллиги β^2 га тенг. Бу эҳтимоллар йиғиндиси бирга тенг ва бу муносабат нормаллаштириш шарти деб аталади:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1.$$

Квант ҳисоблаш одатда бирдан ортиқ кубитни талаб қилади. Бир неча кубитлардан таркиб топган тизим ўзида таркибий тизимларининг тензор маҳсулотини мужассамлаштиради. Бундай тизим квантли тизими деб аталади. n кубитдан иборат квант тизимининг ҳолатини қуйидаги математик муносабат билан ифодалаш мумкин:

$$|q_1\rangle \dots |q_n\rangle = (\alpha_0|0\rangle + \beta_0|1\rangle) \otimes (\alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle) \otimes \dots \otimes (\alpha_{n-1}|0\rangle + \beta_{n-1}|1\rangle).$$

Икки кубитли тизимнинг тўлиқ аралаш ҳолатини қуйидагича таърифлаш мумкин:

$$|\Psi\rangle = (\alpha_0|0\rangle + \beta_0|1\rangle) \otimes (\alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle) = \alpha_0\alpha_1|00\rangle + \alpha_0\beta_1|01\rangle + \beta_0\alpha_1|10\rangle + \beta_0\beta_1|11\rangle.$$

Бундай ҳолда, у ёки бу вазиятда бўлиш эҳтимоллик йиғиндиси ҳам 1 га тенг бўлади.

$$|\alpha_0\alpha_1|^2 + |\alpha_0\beta_1|^2 + |\beta_0\alpha_1|^2 + |\beta_0\beta_1|^2 = 1.$$

Иккилик ҳолатда бўлгани каби, бу мумкин бўлган натижалар тўплами базис деб аталади ва уларга олиб келадиган қийматлар комбинацияси асосий ҳолатлар ҳисобланади. Кейинги ҳар қандай тизим квант ҳолатини асосий ҳолатларнинг суперпозицияси сифатида ифодаланади:

$$|\Psi\rangle = \alpha_0|00\rangle + \alpha_1|01\rangle + \alpha_2|10\rangle + \alpha_3|11\rangle.$$

n -кубит тизимининг ҳолат вектори 2^n ўлчовли комплекс фазосида мавжуд бўлади ва базис ҳолатларидаги 2^n базис векторларининг йиғиндисидир. Бир ўлчовли кубит суперпозиция ҳолатида бўлади ва ўлчанган бўлса, у битга аниқ, $\langle 0|$ ёки $\langle 1|$ қийматни олади. Кубитни ўлчагандан сўнг, унинг олдинги ҳолатини тавсифловчи α ва β коэффицентларнинг аввалги ҳолати йўқолади ва n -кубит қуйидагича бўлади:

$$|\Psi\rangle = \sum_{k=0}^{2^n-1} \alpha_k |k\rangle.$$

Суперпозиция ҳолатларини яратиш учун Адамар (H) деб аталадиган оператордан фойдаланилади. Адамар оператори матрица кўринишида ифодаланади:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Адамар операторининг кубитлардаги ҳаракатлари қуйидаги математик муносабатлар орқали аниқланади:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |1\rangle,$$

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} |0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}} |1\rangle,$$

$$H|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \alpha + \beta \\ \alpha - \beta \end{pmatrix} = \frac{\alpha + \beta}{\sqrt{2}} |0\rangle + \frac{\alpha - \beta}{\sqrt{2}} |1\rangle.$$

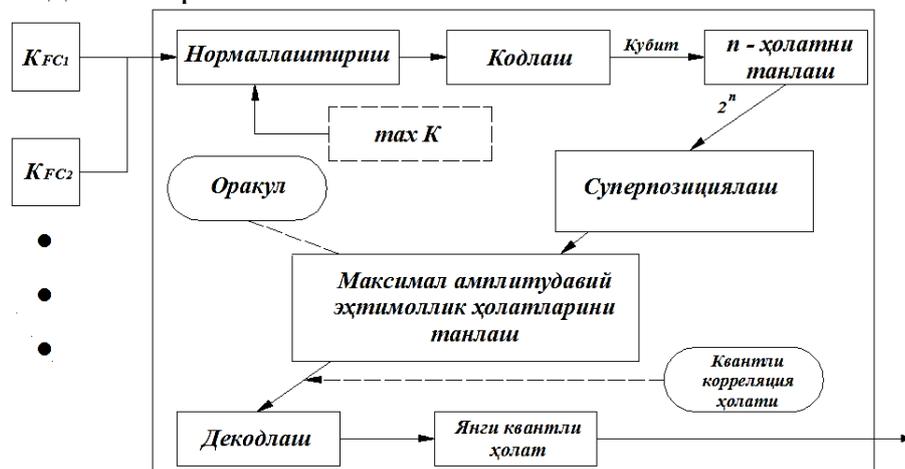
Шундай қилиб, H операторининг ихтиёрий кубитдаги ҳаракати қуйидаги формула билан тавсифланиши мумкин:

$$H|\Psi\rangle = \frac{\alpha + \beta}{\sqrt{2}} |0\rangle + \frac{\alpha - \beta}{\sqrt{2}} |1\rangle.$$

Ушбу ёндашув асосида норавшан ростлагичнинг оптимал қийматини ҳисоблаш учун суперпозицияни шакллантириш алгоритми ишлаб чиқилди.

Таклиф этилаётган норавшан квант хулосалаш алгоритми ($|0\rangle$ ва $\langle 1|$) ҳисоблаш базисида кодлаш орқали ахборотни тўплайди, Адамар ўзгарувчиси ёрдамида квант корреляциясини шакллантиради ва квант ҳолати бўйича яширин ахборотни ажратиб олиб, максималлик мезонидан фойдаланган ҳолда, бошқарув сигналени ишлаб чиқади. Шунини таъкидлаб ўтиш керакки, норавшан квант хулосалаш алгоритми орқали квант филтрининг функциялари бажарилинади. Берилган бошқарув хатоликларига кўра, норавшан ростлагичлар параметрларининг ўзгартириш қонуниятлари шакллантирилади.

Жараёни бошқаришда квант ҳисоблаш алгоритмининг умумлашган схемаси 1-расмда келтирилган.



1-расм. Квант ҳисоблаш алгоритми.

Ишлаб чиқилган бошқариш тизимининг квант ҳисоблашли моделини қуришда таклиф этилган усулнинг афзаллиги шундаки, бунда ўқитиш ва нейрон тармоқ параметрларини танлаш орқали ҳисоблаш тезлигини ошириш мумкин бўлади. Бу эса объект параметрларини жорий қиймати фақатгина танланган нейрон тармоқ параметрларини ўқитади, шу билан бирга тармоқ вазнларини ҳисоблаш ва уларни коррекциялаш процедурасини соддалаштиради. Натижада технологик жараённинг квант ҳисоблашли

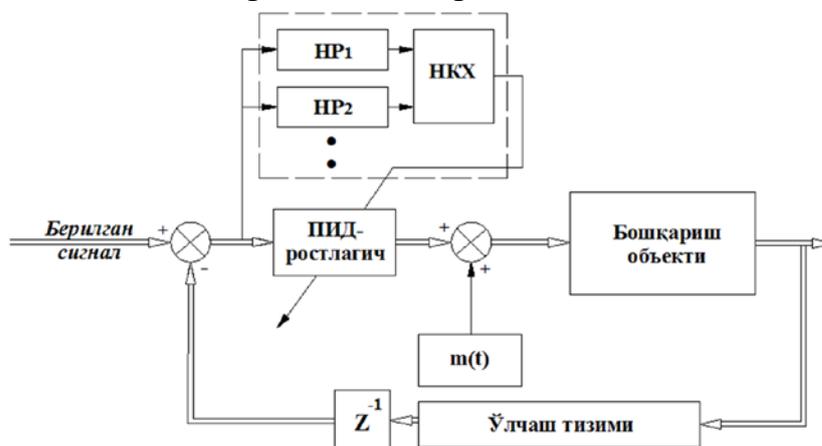
моделини ва унинг асосида моделлаштиришнинг анъанавий ва нейрон тармоқ усуллари уйғунлантириш имкони туғилади. Шундай қилиб, бошқаришнинг динамик соҳасида кечувчи турли технологик жараёнларнинг моделларини куриш мумкин бўлади. Бундай ёндашувда тезкорлик ва аниқлик асосий ўрин эгаллайди, бу эса жараённинг сифат кўрсаткичининг ошишига ҳамда самарадорликни юқори кўрсаткичда бўлишини таъминлайди.

Диссертациянинг “**Динамик объектларнинг бошқариш тизимини синтезлаш**” номли учинчи бобида квант алгоритмлари ёрдамида бошқариш тизимларини куриш ва уларнинг оптимал параметрларини аниқлаш, созлаш тизимини мослаштириш ва синтезлаш алгоритмлари келтирилган.

Қисман шакллантирилган ва тасодифий параметрларга эга бошқарув объектларининг мураккаб, ночизиқли динамик моделлардаги қуйи (ижро этувчи) бошқарув даражасидан фойдаланадиган анъанавий ПИД-ростлагичли автоматик бошқарув тизимининг оптимал таркибини аниқлаш мураккаб ҳисобланади. Ушбу мураккабликлар айниқса, автоматик бошқарув тизимининг таркибий тузилишларини лойиҳалашда статик ҳолатда юзага келадиган турли хил тасодифий шовқинлар ҳамда бошқарув мақсадлари бўйича ахборотлар етарли бўлмаган вазиятларда намоён бўлади.

Ҳозирда турли технологик жараёнларни бошқаришда интеллектуал технология усулларидан фойдаланилмоқда. Мазкур усуллар кўп ҳолларда ишлаб чиқаришда кенг қўлланилаётган ПИД-ростлагич параметрларини оптимал қийматларини аниқлаш учун хизмат қилади. ПИД-ростлагич параметрларини оптимал траекториясини шакллантиришда қисман ўзсозланиш имкониятини берувчи оптимал ўқитиш сигналини топиш зарурдир. Бу каби талабларга квант ҳисоблаш усулларидан фойдаланган ҳолда ростлагич параметрларини топиш алгоритми тўлиқ жавоб беради. Бу эса квант ҳисоблаш усулига асосланган норавшан квант хулосаси реал вақт мобайнида интеллектуал бошқариш тизими тезкорлиги ва турғунлигини таъминлай олиш имкониятини беради ҳамда бунинг учун кўп вақт сарфламайди.

Норавшан квант хулосалашга асосланган интеллектуал бошқариш тизими бир неча норавшан ростлагич ҳамда норавшан квант хулосасидан ташкил топган бўлиб, унинг схемаси 2-расмда келтирилган.



2-расм. Норавшан квант хулосалашга асосланган интеллектуал бошқариш тизими.

Норавшан квант хулосалаш модели квант қидирув алгоритмининг янги тури бўлиб, алгоритмик равишда ечими мураккаб бўлган бошқарув муаммоларини ҳам самарали ҳал қилиш имконини беради. Бундай ҳолатда реал вақт мобайнида норавшан квант хулосасининг чиқиш сигнали, ҳар бир норавшан ростлагичнинг чиқишдаги бошқарув сигналларини сифат хусусиятларини ифодалайди ва шу билан бирга ўз-ўзини ташкил этишга асосланган ПИД-ростлагич коэффициентларини оптимал бошқарув сигналини тавсифлайди. Бу тизимнинг асосий хусусияти шундан иборатки, унда билимлар базаси ўзшаклланиш хоссасига эга ва бунинг асосида сифат жиҳатидан янгиларини яратиш имконияти мавжуд. Норавшан квант хулосасини шакллантиришда дастлаб билимлар базасини яратиш талаб этилади. Бунда билимлар базасидаги қоидалар сони чекланган бўлади, чунки қидириш вақти камаяди. Бошқариш тизимининг ростлагичи билимлар базаси, базани оптималлаштиришни ўз ичига олиб, норавшан квант ростлагичларга ўзсозланиш хусусиятини беради.

Норавшан ПИД-ростлагич параметрларининг оптимал қийматларини топиш алгоритми ишлаб чиқилган бўлиб, у қуйидаги босқичлардан иборатдир:

1. Норавшан ростлагичнинг жорий қийматлари $(k_p^1(t), k_i^1(t), k_D^1(t))$ нормаллаштирилади ва ўзгарувчиларнинг квант ҳолатини тавсифловчи квант битлари ҳосил бўлади.

2. Норавшан ростлагичнинг янги қийматлари қуйидаги формула билан аниқланади: $k_p^1(t) \otimes k_p^1(t - \Delta t) \otimes k_p^2(t) \otimes k_p^2(t - \Delta t) \otimes k_p^3(t) \otimes k_p^3(t - \Delta t) \rightarrow k_p^{new}(t)$.

3. Квант ҳолатларини суперпозицияси шакллантирилади ва максимал қийматли ҳолатлар амалга оширилади.

4. Квант ҳолатлар векторининг нормаси аниқланади ва параметр қийматларини декодлаш қуйидагича ифодаланади:

$$k_p^{new}(t_i) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\langle a_1 \dots a_n | a_1 \dots a_n \rangle} = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i)^2}.$$

5. Норавшан ростлагич параметр қийматларини аниқлаш қуйидагича амалга оширилади:

$$k_p^{output}(t_i) = k_p^{new}(t_i) \cdot \max K_p, k_D^{output} = k_D^{new}(t_i) \cdot \max K_D, k_I^{output} = k_I^{new}(t_i) \cdot \max K_I.$$

Бошқариш тизими таркибидаги ПИД-ростлагичнинг технологик жараёни ўзгаришига мос равишда жараёнга оптималлик хусусиятини берувчи параметрлари норавшан квант хулосалаш алгоритмидан фойдаланиб нормаллаштирилади ва квант битлар шакллантирилади. Сўнгра алгоритмнинг квант ячейкасини структураси танланиб, параметрларнинг максимал амплитудали қиймати аниқланади ва декодлаш амалга оширилиб, ушбу параметрларнинг янги қиймати топилади. Бошқариш сигналини жорий қийматини унинг олдиндан маълум бўлган максимал қийматига нисбати орқали сигнални нормаллаштириш содир бўлади. Бошқариш тизимига робастлилик хусусиятини бериш учун норавшан квант хулосалаш алгоритми асосида турли хилдаги бошқарув моделлари қурилади ва квант корреляцияси ёрдамида улардан энг яхшиси танлаб олинади. Бунда билимлар базасидаги

норавшан ростлагичлар ва ўзгарувчилар сони ҳамда квант корреляция ҳолатининг ўлчами, шунингдек, квант корреляция матричаси кўринишидаги тасвирлар ҳисобга олиниб, улар ёрдамида квант ячкелкалари ҳосил бўлади.

Квант алгоритм ячкелкаси учта матрицали операторларни ўз ичига олади: суперпозиция, квант корреляцияси (ёки оракул) ва интерференция. Квант алгоритм ячкелкасини математик кўриниши қуйидагича:

$$QAG = [(Int \otimes^n I) \cdot U_F]^{n+1} \times [QAG [{}^n H \otimes^m S]],$$

бу ерда: I - оператор; \otimes – тензор кўпайтма; $S = IVH$ - объект хоссаси.

Юқоридаги тенгламанинг ўнг томонидаги оператор, ўрганилаётган функциянинг сифат хусусиятларини физик жиҳатдан тавсифловчи, квант алгоритми ячкелкасининг турини ифодаловчи ҳолат операторидир.

Сигналнинг эҳтимоллик қонунини қуйидагича ифодаланади:

$$p(|0\rangle) + p(|1\rangle) = 1,$$

бу ерда $p(|0\rangle)$ – сигналнинг жорий қиймати; $p(|1\rangle)$ - сигналнинг виртуал қиймати.

Суперпозициялашда сигналнинг жорий қиймати ва сигналнинг виртуал қиймати қуйидаги математик муносабат орқали ифодаланади:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (\sqrt{p(|0\rangle)}|0\rangle + \sqrt{1-p(|0\rangle)}|1\rangle).$$

Интерференциялаш оператори $U(t)$ қуйидагича аниқланади:

$$U(t) = \begin{pmatrix} \cos(\delta\theta_j) & -\sin(\delta\theta_j) \\ \sin(\delta\theta_j) & \cos(\delta\theta_j) \end{pmatrix}.$$

Юқорида келтирилган усулларга мувофиқ равишда улардан фойдаланиш тажрибавий натижаларни таҳлиллашнинг самарадор ва тезкорлилик жиҳатидан қулай эканлиги билан тавсифланади. Таклиф этилган ушбу усул объект ҳолати ностационар ва ташқи омиллар ноаниқлиги шароитида бошқариш моделини яратиш имконини беради.

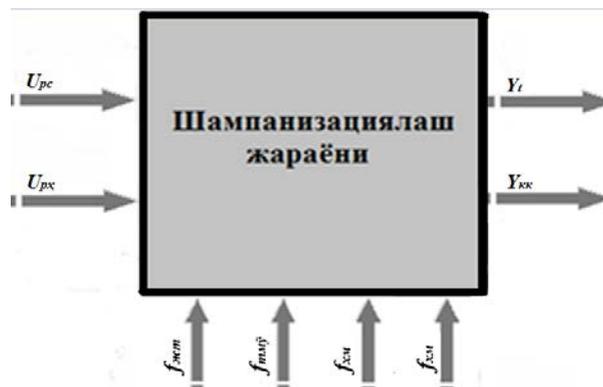
Диссертация ишининг «**Мураккаб динамик объектларнинг бошқариш тизимини квант ҳисоблаш усуллари асосида синтезлашнинг амалий татбиқи**» деб номланган тўртинчи бобида вино маҳсулотларини шампанизациялаш жараёнининг муҳим технологик параметрлари, яъни шампанизаторнинг ҳарорати ва мазкур ҳарорат асосида компонентлар концентрацияларини ростлаш тизимини синтезлашда яратилган гибрид моделларини ва алгоритмларини қўллаш натижалари келтирилган.

Таҳлиллар шуни кўрсатдики, вино маҳсулотларини шампанизациялаш мураккаб жараён бўлиб, у узлуксиз характерга эга ҳамда турли ташқи ва ички таъсирлар остида бўлади. Шампанизациялаш жараёнини маҳсулот сифатига таъсир этувчи асосий факторларга рассолнинг сарфи, хом-ашёнинг компонент концентрациялари, қурилмадаги ҳарорати ва бошқалар киради. Олинаётган шампан виносининг зарурий физик-кимёвий ва фойдаланиш хусусиятларига эришиш учун асосан рассолнинг оптимал муносабатини амалга ошириш зарур. Шунингдек, вино маҳсулотларини ишлаб

чиқаришнинг юқори самарадорлигига эришиши учун шампанизаторнинг ҳарорат режимларини оптимал қийматда бўлишини таъминлаш муҳим аҳамият касб этади. Шампанизациялаш жараёнида содир бўлаётган физик-кимёвий реакцияларни талаб даражасида бориши учун берилаётган рассол сарфи ҳамда кимёвий қўшимчалар концентрациялари асосий роль ўйнайди.

Ҳозирда вино маҳсулотларини шампанизациялаш жараёнини мавжуд бошқариш тизими асосан технологик регламент асосида шампанизатордаги ҳароратни стабил ушлаб туриш учун хизмат қилади. Бу эса юқори сифатли маҳсулот олиш имконини бермайди, чунки мавжуд локал автоматик бошқариш тизимлари жараёнга таъсир қилувчи барча факторларни, уларнинг ўзаро боғлиқлигини ва ўзгарувчиларнинг ноаниқлигини ҳисобга олиш имкониятига эга эмас. Шунинг учун шампанизациялаш жараёнида содир бўладиган турли хил ноаниқликларни ҳисобга олган ҳолда интеллектуал технологиялар усуллари асосида юқори сифатли бошқариш тизимини яратиш долзарб муаммолардан бири бўлиб қолмоқда.

Келтирилган мазкур масалаларни ечишда технологик объектларни бошқариш жараёнининг интеллектуал технологияларнинг усуллари ва алгоритмларини яратишни тақозо этади. Шу нуқтаи назардан дастлаб шампанизациялаш жараёнининг ахборот концептуал модели ишлаб чиқилди (3-расм).



3-расм. Жараённинг ахборот концептуал модели.

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

$U = \{u_{pc}, u_{px}\}$ - бошқариш параметрлари; бу ерда: u_{pc} - рассолнинг сарфи, u_{px} - рассолнинг ҳарорати.

$Y = \{y_t, y_{mk}\}$ - чиқиш параметрлари; бу ерда y_t - шампанизатор ҳарорати, y_{mk} - виноматериал компонентларининг концентрациялари.

$F = \{f_{ш.ж.т.}, f_{т.м.ў.}, f_{хм}, f_{кб}\}$ - ташқи таъсирлар; бу ерда: $f_{ш.ж.т.}$ - шампанизациялаш жараёнининг тезлиги, $f_{т.м.ў.}$ - ташқи муҳитнинг ўзгариши, $f_{х.м.}$ - хом-ашё миқдори, $f_{жз}$ - қурилмадаги босим.

Шампанизациялаш жараёнининг ахборот концептуал моделини назарий-тўплам кўринишида қуйидагича ёзиб олиш мумкин: $ШТЖ = \{U, Y, F\}$, $U = \{u_{pc}, u_{px}\}$; $F = \{f_{xm}, f_{ш.ж.м.}, f_{m.м.ў.}\}$; $Y = \{y_t, y_{kk}\}$.

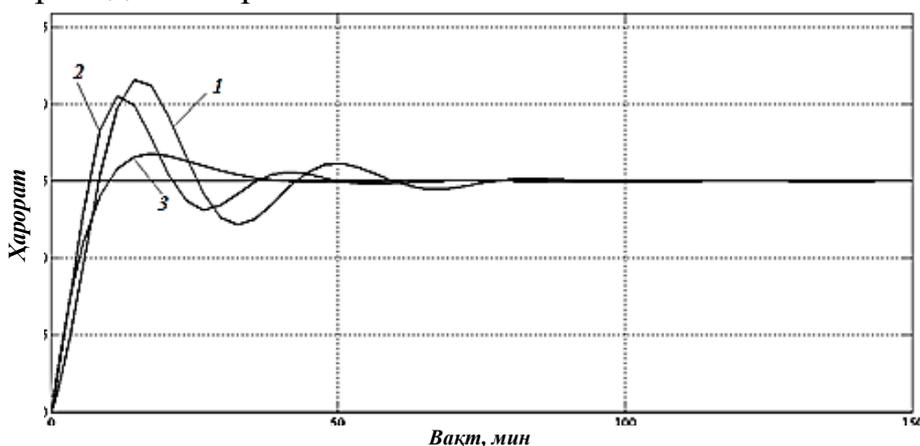
Шампанизациялаш жараёнининг ишлаб чиқилган ахборот концептуал модели юқори самарали бошқариш тизимини яратиш учун хизмат қилади.

Шампанизациялаш жараёнининг ҳароратини турли ноаниқликлар мавжуд бўлган ҳолда ишлаб чиқилган норавшан квант бошқариш алгоритмларининг самарадорлигини баҳолаш учун “Matlab” муҳитида шампанизатор параметрларини норавшан квант ростлаш тизимининг компьютер модели қурилган ҳамда ташқи таъсирлар мавжуд бўлганда бир қатор ҳисоблаш тажрибалари ўтказилган. Бунда тажриба натижасида олинган маълумотларни аппроксимациялаш орқали объектнинг узатиш функциялари топилган. Улар «рассолнинг ҳарорати – рассолнинг сарфи» ва «компонентлар концентрациялари – шампанизатор ҳарорати» ўртасидаги ўзаро боғлиқликни ифодалайди. Шампанизациялаш жараёнининг матрицали узатиш функцияси қуйидагича аниқланди:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{9.5e^{-0.3p}}{(2.69p+1)(1.9p+1)} & \frac{0.4}{2p+1} \\ \frac{0.5}{1.4p+1} & \frac{1.5}{1.8p+1} \end{pmatrix} \times \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}.$$

Дастлаб кириш-чиқиш лингвистик ўзгарувчилари асосида тегишлилик функцияси шакллантирилди, уларнинг оптимал параметрлари аниқланди.

Мавжуд бошқариш тизими ва синтезланган норавшан квант ростлаш тизимидаги имитация ўтказиш натижасида олинган ўткинчи жараён графиклари 4-расмда келтирилган.



4-расм. Автоматик бошқариш тизимининг ўткинчи жараён графикларини қиёсий таҳлили:

1-классик ПИД ростлагич; 2-нейро-норавшан ростлагич; 3- норавшан квант ростлагич.

Ўтиш жараёни графигидан кўриниб турибдики, қўзғатувчи ташқи таъсир мавжуд бўлганда норавшан квант ростлагичли бошқариш тизими барқарор ишлайди ва бошқариш объектини бир ҳолатдан иккинчисига етарлича тезликда ўтказди. Имитацион тажриба натижалари шуни

кўрсатдики, анъанавий усулдан фойдаланилганда ўткинчи жараён 90 минутни, нейро-норавшан усул орқали эса 60 минутни ҳамда норавшан квант усулдан фойдаланганда 40 минутни ташкил қилади.

Шампанизациялаш жараёнига таъсир этаётган ташқи муҳитнинг ўзгаришини ноаниқлиги шароитида синтезланган норавшан квант ростлагичли автоматик бошқариш тизими шампанизатор ҳароратини керакли қийматда стабил ушлаб туришни таъминлайди ҳамда объект параметрлари кенг диапазонда ўзгарганда ҳам технологик жараённи сифатли бошқариш имконини беради ва тезкорликни таъминлайди.

ХУЛОСА

Диссертация ишида тизимли таҳлил, автоматик ҳамда интеллектуал бошқариш назариясини усуллари ёрдамида шампанизациялаш технологик жараёнини квант норавшан бошқариш тизимини синтезлаш алгоритмлари шакллантирилди. Тадқиқот ниҳоясида қуйидаги илмий натижалар олинди:

1. Мураккаб динамик жараёнларни маълумотлар ноаниқлик муҳитида нейро-норавшан гибрид моделлари ишлаб чиқилган. Бу эса технологик жараённинг динамик хусусиятларини ягона математик восита орқали ифодалайди.

2. Мураккаб технологик жараёнларни технологик ва физик-кимёвий хусусиятларини ифодаловчи ахборот концептуал модел яратилинди. Бу эса ўзгарувчиларнинг ўзаро боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда жараённи оптимал бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш асосида юқори самарадорликка эга бошқариш тизимини яратиш имконини беради.

3. Гибрид моделларнинг структурасини танлаш ва ўқитишнинг юқори самарадор квант ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган бўлиб, у технологик жараённи интеллектуаллаштирилган бошқаришнинг математик асоси бўлиб хизмат қилади.

4. Мураккаб динамик объектларни нейро-норавшан бошқариш тизимини квант ҳисоблаш усуллари асосида синтезлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган. Алгоритм тармоқни ўқитишнинг янги усулига ўтиш ва норавшан қоидалар базасини шакллантиришни қулайлаштиради.

5. Технологик жараёнларни бошқаришда квант ҳисоблаш усуллари асосида квант ростлагичининг оптимал параметрларини топиш алгоритми ишлаб чиқилган. Бунини амалиётга татбиқ этиш натижасида шампанизатор ҳароратининг номинал қийматидан оғишини 2.2% га камайтиришга эришилди.

6. Ташқи таъсирларнинг ноаниқлиги шароитида вино маҳсулотларини шампанизациялаш технологик жараёнининг квант норавшан бошқариш тизими ишлаб чиқилди. Ушбу тизимни татбиқ қилиш рассол суюқлиги сарфини 1.8% га ҳамда энергия сарфини 2-3% га камайтириш имконини беради.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЯКУБОВА НОИЛАХОН СОБИРЖОНОВНА

**СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ
ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА БАЗЕ МЕТОДОВ
КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

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

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

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.3.PhD/Т3005.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Сиддиков Исамиддин Хакимович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Юсупбеков Азизбек Нодирбекович доктор технических наук, профессор Сапаев Маматкарим кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Самаркандский государственный университет

Защита диссертации состоится «__» _____ 2022 года в __ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.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).

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

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2022 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2022 года)

Н.Р. Юсупбеков

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

У.Ф.Мамиров

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

Х.З.Игамбердиев

Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в последнее время особое внимание уделяется вопросу энерго- и ресурсоэффективности пищевой промышленности. В связи с этим актуальной задачей в сфере автоматизации технологических процессов, занимает создание высокоэффективных систем управления на базе методов интеллектуальных технологий, позволяющих улучшить качество процесса управления и увеличить выпуск высококачественной продукции с наименьшими энерго- и ресурсозатратами. В этом отношении определенные результаты достигнуты в экономически развитых странах, где уделяется пристальное внимание совершенствованию систем управления технологическими объектами за счет обеспечения конкурентоспособности продукции и эффективности производства. Основным направлением в разработке систем автоматического управления является создание высокоэффективных методов обработки информации и отработки управляющих воздействий.

В мире внедряются интеллектуальные технологии для совершенствования систем управления технологическими процессами, в частности, на предприятиях пищевой промышленности. Поэтому приходится работать с большим объемом данных. Ведутся большие научно-исследовательские работы по совершенствованию существующих методов и алгоритмов создания автоматизированных систем высокоскоростного расчетного анализа и разработке новых расчетных алгоритмов высокоскоростной обработки данных. Необходимо создание и дальнейшее совершенствование эффективных моделей и алгоритмов синтеза системы управления с учетом особенностей сложного технологического процесса, нелинейности и неопределенности данных. Поэтому в диссертационной работе было предложено использование методов квантовых вычислений с высокой скоростью и эффективностью. Таким образом можно будет решить многие классические задачи управления процессами, которые трудно решить с помощью алгоритма квантовых вычислений, и можно будет получить ответы на задачи, которые не могут быть решены алгоритмически.

В Стратегии развития нового Узбекистана, рассчитанной на 2022-2026 годы, намечен ряд задач, в том числе: «внедрение современных энергосберегающих технологий, оборудования возобновляемых источников энергии ..., по снижению потерь в промышленных отраслях и повышению эффективности использования ресурсов, производство устройств возобновляемых источников энергии и финансирование проектов по повышению энергоэффективности»¹. В этом аспекте для улучшения качественных показателей процесса шампанизации винопродуктов, выявляется необходимость разработки алгоритмов моделирования и синтеза цифровых систем управления.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

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-4821 от 9 сентября 2020 года «О мерах по ускоренному развитию пищевой промышленности республики и полноценному обеспечению населения качественной продовольственной продукцией» 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, связанные с разработкой методов и алгоритмов управления динамическими объектами, функционирующих в условиях неопределенности исходной информации свидетельствует о достижении значительных теоретических и практических результатов в этой области. В этом направлении в ведущих мировых исследовательских центрах, в том числе Togai Infra Logic, Micro Devices, Honeywell (АҚШ), в международной лаборатории LIFE, Hitachi, Mitsubishi Electric, Siemens (Германия), Wescan Agrotexservis (Южная Корея), и в высших учебных заведениях: BISC (США), Зигенском университете (Германия), Донгукском университете (Южная Корея), Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова, ведутся обширные научные исследования.

Многие зарубежные ученые С.В.Ульянов², Х.Бухрман³, С.В.Сорокин⁴, С.Н.Васильев⁵ и другие, а также большой вклад внесли известные ученые нашей республики Н.Р.Юсупбеков⁶, Х.З.Игамбердиев⁷, Ш.М.Гулямов⁸, Д.Т.Мухамедиева⁹ привлекаются к решению научных проблем создания,

² Ульянов С.В., Мишин А.А., Миногин А.А. Информационная технология проектирования робастных баз знаний нечетких регуляторов. Ч. III: квантовый нечёткий вывод и квантовая информация // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. – Дубна, 2010. – № 3.

³ H. Buhrman and R. de Wolf. Complexity Measures and Decision Tree Complexity: A Survey. Theoretical Computer Science, v. 288(1): 21-43 (2002).

⁴ Сорокин С.В., Литвинцева Л.В., Ульянов С.В. Технология мягких вычислений в проектировании робастных нечетких систем управления: Оптимизатор баз знаний // Нечеткие Системы и Мягкие Вычисления. – 2008. – Т. 3. – № 1.

⁵ Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунцов Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. – М.: Физматлит, 2000.

⁶ 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.

⁷ Igamberdiyev X.Z. 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.

⁸ Gulyamov Sh.M. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information// Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018.– pp.128-131

⁹ Mukhamedieva D.T. Approaches to solving optimization tasks based on asks based on natural calculation algorithms // Scientific-technical journal. Volume 24. Issue 2. 2020. pp.58-67

совершенствования и внедрения систем управления сложными динамическими объектами на основе интеллектуальных технологий.

Вместе с тем, постоянное расширение круга научных исследований требует разработки высокоэффективных систем управления с учетом особенности 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 процессом шампанзации в условиях неопределенности с применением современных методов управления и достижений информационных технологий.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательского проекта Ташкентского государственного технического университета: БА-А5-025 –“Разработка и внедрение системы адаптивного управления и автоматизированного мониторинга многоступенчатого процесса карбонизации” (2017-2018); ОТ-Ф4-78 “разработка теоретических основ и регулярных методов синтеза адаптивных систем управления динамическими объектами на основе идентификационного подхода” (2017-2020).

Цель исследования является разработка модели и алгоритмов синтеза систем управления сложными динамическими объектами на базе методов квантовых вычислений.

Задачи исследования:

разработка нейросетевых моделей динамических объектов в условиях модельной и параметрической неопределенности;

разработка алгоритмов обучения нейросетевых моделей с применением методов квантовых вычислений;

разработка алгоритмов синтеза системы управления динамическими объектами на базе квантовых вычислений;

создание программного комплекса автоматизированного исследования систем управления с квантовым регулятором динамических объектов.

Объект исследования являются системы управления сложными динамическими объектами.

Предмет исследования являются методы, модели и алгоритмы синтеза систем управления сложными динамическими объектами с квантовым нечетким регулятором.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы методы системного анализа, математического и имитационного моделирования, интеллектуального управления и квантовых вычислений.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе совместного применения методов нейронной сети и нечеткой логики разработаны гибридные модели сложных динамических объектов в условиях неопределенности информации, позволяющие интеллектуализировать процесс управления;

разработаны квантовые вычислительные алгоритмы выбора структуры и обучения гибридных моделей с учетом динамических свойств объекта и изменчивости внешних воздействий, отличающиеся высокой точностью и быстродействием;

на основе методов квантовых вычислений разработан алгоритм определения оптимальных параметров квантового регулятора, позволяющий обеспечить требуемые качественные показатели процесса управления;

разработан алгоритм синтеза нейро-нечеткой системы управления на основе нечетких квантовых выводов, отличающийся учетом неопределенности динамических свойств и вероятностного характера внешних воздействий.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

предложен качественно новый подход к созданию системы интеллектуализированного управления режимами работы шампанизатора при получении шампанских вин;

разработано специализированное программно-аппаратное средство автоматизации процессов управления технологическими параметрами процесса шампанизатора;

разработана функционально-структурная схема квантово-нечеткой системы управления процессом шампанизации винопродукта.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается применением теоретически обоснованных концепций интеллектуализированного управления динамическими объектами с гибридным применением теории интеллектуального управления и нечеткой логики, нейронных сетей с применением квантовых методов вычислений; полученными результатами теоретических и прикладных исследований и их взаимной согласованностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

В разработке квантовых вычислительных моделей и алгоритмов интеллектуализации процесса управления сложными динамическими объектами, функционирующие в условиях текущей ситуации.

Практическая значимость заключается в разработке математического и программного обеспечения синтеза усовершенствованной системы управления шампанизатором с учетом динамичности характеристик процесса шампанизации винопродуктов. На основе разработанных моделей и алгоритмов созданы программные средства проектирования цифровой системы управления технологическими процессами непрерывного характера.

Внедрение результатов исследования. По научным результатам синтеза системы управления на основе методов квантовых вычислений процессом шампанизации винопродуктов:

внедрены нейро-нечеткие гибридные модели сложных динамических объектов, разработанные в условиях неопределенности, в АО «Узбекистон

Шампани» (Справка «УзРесАТБТСВРА» от 21 май 2021г. № 02-16/845). В результате время обработки информации сократилось на 1.3 %, что позволило увеличить скорость получения результатов принятия управленческих решений процессом на 1.6 %;

внедрен алгоритм нахождения оптимальных параметров квантового регулятора, разработанный на основе методов квантовых вычислений в управлении технологическими процессами в АО «Узбекистон Шампани» (Справка «УзРесАТБТСВРА» от 21 май 2021г. № 02-16/845). В результате на АО «Узбекистон Шампани» отклонение температуры шампанизатора от номинальной снизилось на 2.2 %;

внедрены алгоритмы синтеза, разработанные на основе методов квантовых вычислений нейро-нечеткой системы управления динамическими объектами в АО «Узбекистон Шампани» (Справка «УзРесАТБТСВРА» от 21 май 2021г. № 02-16/845). В результате потребление рассола сократилось на 1.8%, а потребление энергии - на 2-3%.

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

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 16 журнальных статей, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе - 1 в зарубежных журналах, получено 2 сертификата на программное обеспечение ЭВМ от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

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 обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, а также характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние проблем управления сложными динамическими объектами**» приведены результаты системного анализа концепции развития методов синтеза и построения на основе методов квантовых вычислений сложных динамических объектов, формирование теоретических и практических подходов к разработке квантовых систем управления сложными динамическими объектами, анализ проблемы ситуации в квантовых

вычислительных методах и управлении.

В настоящее время наблюдается активное развитие прикладных областей науки, связанных с автоматизацией промышленного производства. В связи с этим необходимо создание различного рода технических систем, обладающих высокой степенью автономности, адаптивности, надежности и качества функционирования в условиях неопределенности. Неопределенность производственных условий на реальных технологических объектах, погрешность модели процесса, объем и погрешности информационного потока от объекта и сложность их обработки усложняют разработку алгоритмов управления этими динамическими системами, а также применение современных информационных технологий.

Неопределенность и динамический характер факторов, действующих в системе, существенно затрудняет прогнозирование поведения сложных динамических систем, следовательно, усложняется решение задачи управления. Нейросетевые системы управления, являющиеся традиционными методами исследования систем, сталкиваются с трудностями, связанными с методом оценки воздействия и условиями, при которых четко задана структура системы управления. Характеризуя особенности управления, особенностью моделирования процесса и этапов управления этими динамическими системами является то, что в них недостаточно внимания уделяется вопросам систематического исследования с учетом физико-химических закономерностей и соотношений неопределенностей в условиях недостаточной информации.

Существует множество моделей и алгоритмов построения интеллектуальных системы управления, используемых в различных областях науки и техники. Анализ методов исследования сложным динамическим системам управления, работающих в условиях неопределенности факторов, показал, что наиболее адекватными к решаемым задачам является применение гибридных методов.

Ввиду вышеизложенного особое внимание уделяется разработке гибридных интеллектуальных моделей автоматизированных систем управления сложными динамическими объектами в условиях неопределенности с использованием методов квантовых вычислений.

Вторая глава диссертации **«Математическое описание управления сложными динамическими объектами»** посвящена теоретико-концептуальной концепции построения моделей динамики системы управления сложным динамическим объектом в неопределенных условиях, описании структуры модели и квантовых вычислительных методов разработке кванто-нечетких моделей.

Пусть динамика исследуемого объекта описывается уравнением состояний:

$$\dot{X} = F(X, U, W), \quad X(t) = X^0, \quad Y = \Psi(X, U, W),$$

где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n, y\}^0$ - обобщенный вектор фазовых координат и выходных переменных с размерностью $N = \sum_{i=1}^n n_i + n_0$; $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ и $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ - обобщенные векторы управлений и возмущений; $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ - вектор выходных координат.

Эти переменные подвержены к различным возмущениям и они имеют вероятностный характер. Это обстоятельство обуславливает для создания высокоэффективных систем управления применения методов интеллектуального управления с привлечением достижений информационных технологий. В этом случае наиболее важным является выбор соответствующего математического аппарата.

В диссертационной работе в качестве математического аппарата выбрано нейронная сеть является удобным для формализации динамики технических объектов, функционирующих в условиях неопределенности исходной информации. Для фаззификации входных переменных выбрана сигмоидальная функция принадлежности является наиболее удобным для реализации.

Сигмоидальная функция принадлежности приводится к виду:

$$f_{z_3}(x, a, b) = \frac{1}{1 + e^{a(x-b)}}; \quad a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_2 - x_1}; \quad b = \frac{x_1 + x_2}{2},$$

$$\begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-a(x_1-b)}} = \Delta, \\ \frac{1}{1 + e^{-a(x_2-b)}} = \Delta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{2 \ln \frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_2 - x_1}, \\ b = \frac{x_1 + x_2}{2} \end{cases}$$

где a, b - параметры сигмоидальной функции.

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

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

где $z_{i+1} = z_i + v(y - y_{зад})$ - которая вычисляет на каждом шаге обучение; v - скорость обучения.

Для обеспечения адекватности выбранной нейронной сети с реальным процессом и повышения ее точности необходимо увеличить количество нейронных слоев и нейронов в них. Но это в свою очередь, приводит к увеличению времени расчета параметров нейронной сети, т.е. снижению скорости работы модели. Поэтому было предложено использование методов квантовых вычислений для обеспечения оптимального соотношения между точностью нейросетевой модели и скоростью вычисления ее параметров.

Первым и наиболее важным этапом построения квантовой вычислительной модели сложных динамических объектов а также векторных координат внешних факторов, являющийся основой организация структур.

Использование данного метода заключается, возможности эффективного управления сложными динамическими объектами, при наличии неопределенности в моделях и процессов выбора управленческих решений. Формирование технологических процессов предлагаемым методом позволяет создать алгоритм управления на базе единого математического аппарата моделей управления динамическими объектами, работающими в условиях неопределенности.

В квантовой вычислительной схем эти два состояния ($|0\rangle$ и $|1\rangle$) могут находиться в состоянии суперпозиции, т.е. наиболее распространенное состояние квантового бита можно записать как:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle,$$

где α и β – комплексные коэффициенты. Для записи двух состояний кубитов используется бра $\langle |$ и кет $| \rangle$ – обозначения Дирака. Векторы $| \rangle$ вида называются кет-векторами, а $\langle |$ вида бра-векторами. Обозначения кет соответствует следующим вектора: кет-вектора, соответствующие нулевому и единичному состоянию кубита, будут иметь вид:

$$|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ и } |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

При измерении состояния системы с волновой функцией $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ вероятность обнаружить ее в состоянии $|0\rangle$ равна α^2 , а вероятность обнаружить ее в состоянии $|1\rangle$ равна β^2 . Сумма этих вероятностей равна единице:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1.$$

Данное соотношение называется условием нормализации. Для квантовых вычислений как правило требуется больше одного кубита. Система, состоящая из нескольких кубитов, представляет собой тензорное произведение составляющих ее систем. Такая система называется квантовой системой. Состояние квантовой системы, которая состоит из n кубитов, можно представить следующим выражением:

$$|q_1\rangle \dots |q_n\rangle = (\alpha_0|0\rangle + \beta_0|1\rangle) \otimes (\alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle) \otimes \dots \otimes (\alpha_{n-1}|0\rangle + \beta_{n-1}|1\rangle).$$

Полностью смешанное состояние системы двух кубитов можно описать следующим образом:

$$|\Psi\rangle = (\alpha_0|0\rangle + \beta_0|1\rangle) \otimes (\alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle) = \alpha_0\alpha_1|00\rangle + \alpha_0\beta_1|01\rangle + \beta_0\alpha_1|10\rangle + \beta_0\beta_1|11\rangle.$$

При этом сумма вероятностей нахождения в том или ином состоянии по-прежнему равна 1.

$$|\alpha_0\alpha_1|^2 + |\alpha_0\beta_1|^2 + |\beta_0\alpha_1|^2 + |\beta_0\beta_1|^2 = 1.$$

Как и в бинарном случае, этот набор возможных результатов называется измерительным базисом, а приводящие к ним комбинации значений –

базисными состояниями. Тогда любое системное квантовое состояние мы можем записать как суперпозицию базисных состояний:

$$|\Psi\rangle = \alpha_0|00\rangle + \alpha_1|00\rangle + \alpha_2|10\rangle + \alpha_3|11\rangle.$$

Вектор состояния n -кубитной системы существует в 2^n мерном комплексном пространстве и представляет собой сумму 2^n базисных векторов – базисных состояний.

В результате измерения важный кубит немедленно коллапсирует. Это происходит следующим образом пусть, одномерный кубит находится в состоянии суперпозиции. Тогда кубит примет одно конкретное значение – $|0\rangle$ или $|1\rangle$. При этом измерения кубита коэффициенты α и β , которыми характеризовалось его предыдущее состояние, будут потеряны. n -кубит:

$$|\Psi\rangle = \sum_{k=0}^{2^n-1} \alpha_k |k\rangle.$$

Для создания состояний суперпозиции используется оператор Адамара (H) на основе которого формируется матрица:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Учитывая, то что состояния кубита выражается математическим следующим:

$$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}; |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}; |\Psi\rangle = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}.$$

Тогда действия оператора Адамара в кубитах описываются следующим образом:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle,$$

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle,$$

$$H|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \alpha + \beta \\ \alpha - \beta \end{pmatrix} = \frac{\alpha + \beta}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{\alpha - \beta}{\sqrt{2}}|1\rangle.$$

Таким образом, оператора H на произвольный кубит можно описать формулой:

$$H|\Psi\rangle = \frac{\alpha + \beta}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{\alpha - \beta}{\sqrt{2}}|1\rangle.$$

На основе этого подхода разработан алгоритм формирования суперпозиции для вычисления оптимального значения, нечеткого регулятора.

Предложенный алгоритм нечетко – квантового вывода осуществляет сжатие информации путем кодирования в вычислительном базисе $|0\rangle$ и $|1\rangle$, формирования квантовой корреляции используя преобразование Адамара обеспечивает извлечение скрытой информации в квантовом состоянии формирует сигнал управления применяя критерий максимума.

Следует отметить, что в нечетко – квантового вывода выполняя функции квантового фильтра. По заданной ошибке управления формируют законы изменения параметров нечетких регуляторах. Обобщенная схема алгоритма квантовых вычислений в управлении технологическими процессами представлена на рис. 1.

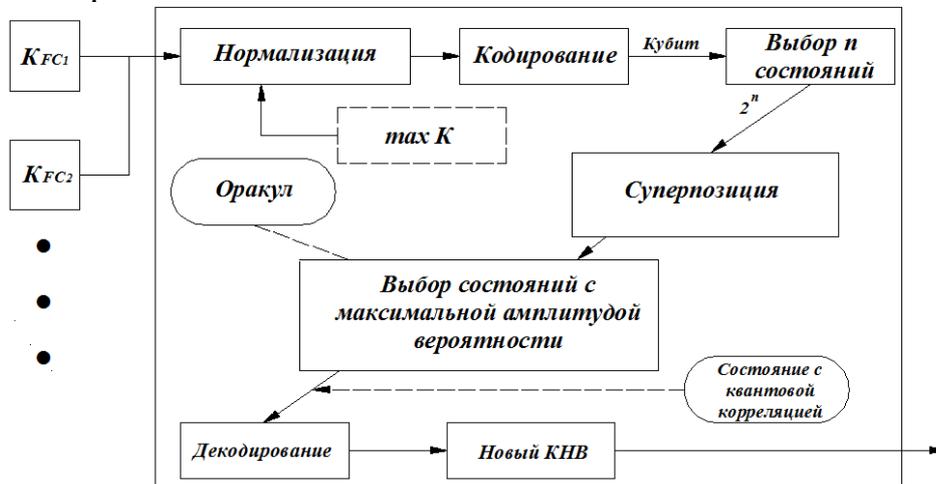


Рис.1. Алгоритм квантовых вычислений.

Преимуществом предлагаемого метода при построении квантовой вычислительной модели разрабатываемой системы управления является возможность увеличения скорости обучения и выбора параметров нейронной сети. Это упрощает процедуру вычисления весовых коэффициентов сети и их корректировки благодаря обучению параметров нейронной сети на основе текущих значений параметров объектов. Предложенный подход позволяет объединить квантовую вычислительную модель технологического процесса с традиционными и нейросетевыми методами моделирования для решаемых задач управления.

Таким образом, можно создать модели различных технологических процессов, протекающих в динамической сфере управления. Благодаря высокой скорости и точности вычислительных операций, что обеспечивается повышением качества процесса управления и высоким уровнем эффективности производства.

В третьей главе диссертации «Синтез системы управления сложными динамическими объектами» приведены алгоритмы синтеза системы управления динамическим объектом на базе квантовых вычислительных алгоритмов и определения их оптимальных параметров, адаптации и синтеза системы настройки.

В сложных и существенно-нелинейных, динамических моделях объектов управления со слабо формализованной структурной и случайными параметрами достаточно трудно определить оптимальную структуру системы автоматического управления, в которой используется на нижнем (исполнительном) уровне управления, например, традиционный пропорциональный интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор. Особенно это затруднение проявляется в задачах проектирования структур подобного

вида системы автоматического управления в присутствии различных по всей статической природе случайных шумов и неполной информации о целях управления.

В настоящее время методы интеллектуальной технологии в основном используются в управлении различными технологическими процессами. Эти методы часто служат для определения оптимальных значений параметров ПИД-регуляторов, которые широко используются на производстве. При формировании оптимальной траектории параметров ПИД-регулятора необходимо найти оптимальный обучающий сигнал, допускающий частичную самонастройку. Таким требованиям полностью отвечает алгоритм нахождения оптимальных параметров регулятора с использованием методов квантовых вычислений. Это связано тем, что нечеткий квантовый вывод, основанный на методе квантовых вычислений, позволяет в режиме реального времени обеспечивает высокое быстродействие и стабильность.

Интеллектуальная система управления на основе нечеткого квантового вывода состоит из нескольких нечетких регуляторов и нечеткого квантового вывода (рис.2).

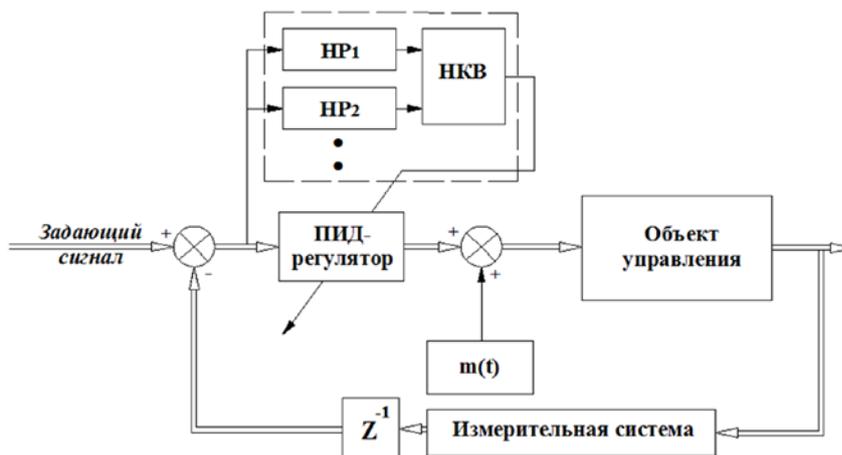


Рис.2. Интеллектуальная система управления с нечетко-квантового вывода.

Модель нечетко-квантового вывода представляет собой новый вид квантового поискового алгоритма на обобщенном пространстве структурированных данных позволяет эффективно решать задач управления алгоритмических неразрешимых. В этом случае выходной сигнал нечетко-квантового вывода в режиме реального времени представляет оптимальный сигнал управления изменением коэффициентов усиления ПИД-регулятора, который включает в себя необходимые (наилучшие) качественные характеристики выходных сигналов управления каждого из нечетких регуляторов, реализуя тем самым принцип самоорганизации.

Главной особенностью этой системы является то, что база знаний обладает свойством самоформирования, и на этой основе можно создавать качественно новые другие. Формулируя нечеткий квантовый вывод, в первую очередь необходимо создать базу знаний. Это служит для ограничения количества правил в базе знаний, так как сокращается время

поиска. База знаний регулятора системы управления, включая оптимизацию базы данных, обеспечивает функцию самонастройки для нечетко-квантовых контроллеров.

Разработан алгоритм определения оптимальных значения параметров нечеткого ПИД-регулятора состоящей из следующих этапов:

1. Текущая значения параметров нечеткого регулятора $(k_p^1(t), k_i^1(t), k_D^1(t))$ нормализуется и формируется квантовые биты, характеризующие квантовое состояние переменных.

2. Определяются новые значения параметров нечеткого регулятора по формуле: $k_p^1(t) \otimes k_p^1(t - \Delta t) \otimes k_p^2(t) \otimes k_p^2(t - \Delta t) \otimes k_p^3(t) \otimes k_p^3(t - \Delta t) \rightarrow k_p^{new}(t)$.

3. Формируется суперпозиции квантовых состояний и осуществляется измерения квантового состояния с максимальной величиной.

4. Определяется норма вектора квантовых состояний и производится декодирования значения параметров по формуле:

$$k_p^{new}(t_i) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\langle a_1 \dots a_n | a_1 \dots a_n \rangle} = \frac{1}{\sqrt{2^n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i)^2}$$

5. Определяется новые скорректированные значения параметров нечеткого регулятора по формуле:

$$k_p^{output}(t_i) = k_p^{new}(t_i) \cdot \max K_p, k_D^{output} = k_D^{new}(t_i) \cdot \max K_D, k_I^{output} = k_I^{new}(t_i) \cdot \max K_I$$

Нормирование параметров ПИД-регулятора в системе управления в соответствии с изменениями технологического процесса, что придает процессу свойство оптимальности и формирование квантовых битов с помощью алгоритма нечетко-квантового вывода. Затем выбирается структура квантовой ячейки алгоритма, определяется максимальное амплитудное значение параметра и выполняется декодирование, а также находится новое значение этого параметра.

Для придания робастности к система управления с помощью алгоритма нечетко-квантового вывода строится различная модели управления и осуществляется выбор наилучшую из них на основе квантовой корреляции. При этом учитывается количество нечетких регуляторов в базы знаний, число выходных переменных и размер состояния квантовой корреляции, представления в виде квантовой корреляционной матрицы с помощью которых формируется квантовой ячейкой.

Квантовой алгоритмической ячейки включает в себя матричную форму трех квантовых операторов: суперпозиции, квантовой корреляции (или квантового оракула) и интерференции, которые являются частью алгоритмов квантового поиска. В общем случае структуру квантово-алгоритмической ячейки с использованием квантово-генетического алгоритма можно представить следующей формулой:

$$QAG = [(Int \otimes^n I) \cdot U_F]^{h+1} \times [QAG [{}^n H \otimes^m S]]$$

где: - идентификационный матричный оператор; \otimes - тензорные операторы; $S = IVH$ - свойство объекта.

Согласно приведенному выше уравнению, первая часть проекта представляет собой комплексный оператор состояния, описывающий тип квантовой алгоритмической ячейки, который физически описывает качественные свойства изучаемой функции.

Нормирование сигнала происходит отношением текущего значения управляющего сигнала к его ранее известному максимальному значению, т.е. выводится в поле зрения.

Закон вероятностей выражается следующим образом:

$$p(|0\rangle) + p(|1\rangle) = 1,$$

где $p(|0\rangle)$ - вероятность текущей реальной ситуации; $p(|1\rangle)$ - вероятность текущего виртуального состояния.

Суперпозиция квантовой системы «реальное состояние — виртуальное состояние» имеет следующий вид:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (\sqrt{p(|0\rangle)}|0\rangle + \sqrt{(1-p(|0\rangle))}|1\rangle).$$

Оператор интерференции $U(t)$ определяется следующим образом:

$$U(t) = \begin{pmatrix} \cos(\delta\theta_j) & -\sin(\delta\theta_j) \\ \sin(\delta\theta_j) & \cos(\delta\theta_j) \end{pmatrix}.$$

Их использование в соответствии с указанными выше методами характеризуется удобством с точки зрения оперативности и быстроты анализа результатов управления. Предлагаемый метод позволяет создать модель управления в условиях неопределенности состояния объекта и неопределенности внешних факторов.

В четвертой главе «**Практическое применение синтеза системы управления сложными динамическими объектами на основе квантовых вычислительных методов**» приведены результаты применения разработанных нечетко-множественных моделей и алгоритмов управления для решения задачи синтеза системы регулирования наиболее существенных технологических параметров процесса шампанзации винопродуктов, таких как температура шампанизатора и концентрации компонентов в зависимости от этой температуры.

Анализ процесс шампанзации винопродуктов показал что он является сложный процесс, им непрерывный характер и подвержен различным внешним и внутренним воздействиям. К основным факторам, влияющим на качество продукта шампанского процесса, относятся расход рассола, концентрации компонентов сырья, температура в аппарате и так далее. Для достижения необходимых физико-химических и эксплуатационных свойств получаемого шампанского необходимо реализовать оптимальное соотношение рассола. Также важно обеспечить оптимальное значение гидродинамического и температурного режимов шампанского для достижения высокой эффективности производства винодельческой продукции. Расход винилового материала и рассола, а также расход химических добавок играют ключевую

роль в обеспечении того, чтобы физико-химические реакции, происходящие в процессе шампанизации, проходили на необходимом уровне.

В настоящее время существующие системы управления процессом шампанизации винопродуктов 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 шампанизации, 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 шампанизации (рис.3).

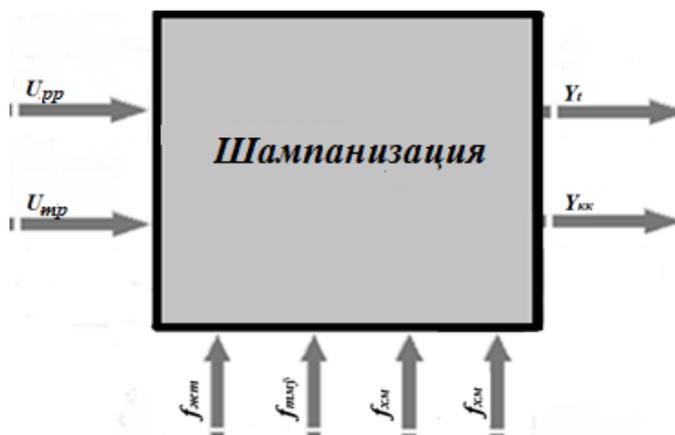


Рис.3. Информационная-концептуальная модель процесса.

В качестве основных показателей процесса шампанизации виноматериала определены следующие переменные:

$U = \{u_{pp}, u_{tp}\}$ - входные параметры; где u_{pc} - расход рассола, u_{px} - температура рассола,

$Y = \{t^0, y_{вмк}\}$ - выходные параметры; где t^0 - температура шампанизатора, $y_{вмк}$ - концентрация виноматериала.

$F = \{f_{ш.ж.т.}, f_{т.м.й.}, f_{ди}, f_{кц}\}$ - внешние возмущения; где $f_{x.м.}$ - концентрация сырья, $f_{ш.ж.т.}$ - скорость процесса шампанизации, $f_{т.м.й.}$ - изменения внешней среды, $f_{жз}$ - давления шампанизатора.

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

$$ШТЖ = \{U, Y, F\}; \quad U = \{u_{pp}, u_{tp}\}; \quad F = \{f_{ш.ж.т.}, f_{т.м.й.}, f_{ди}, f_{кц}\}; \quad Y = \{t^0, y_{вмк}\}.$$

Разработанная информационная-концептуальная модель служит для решения задачи синтеза высокоэффективной системы управления процессом шампанизации виноматериала.

Для эффективности разработанных квантовых моделей и алгоритмов управления температурным режимом процесса шампанизации построена компьютерная модель квантовой нечеткой системы регулирования температуры шампанизатора в среде Matlab и приведен ряд вычислительных экспериментов при наличии внешних возмущений. На основе аппроксимации экспериментально снятых данных получены передаточные функции объекта, характеризующие «температура рассола – расход рассола» и «концентрации компонентов виноматериала – температура шампанизатора». Матричную передаточную функцию процесса шампанизации определяли, взяв среднее значение характеристических значений передаточной функции следующим образом.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{9.5e^{-0.3p}}{(2.69p+1)(1.9p+1)} & \frac{0.4}{2p+1} \\ \frac{0.5}{1.4p+1} & \frac{1.5}{1.8p+1} \end{pmatrix} \times \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}.$$

Первоначально на основе лингвистических входных и выходных переменных сформированы функции принадлежности, определены их оптимальные параметры.

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

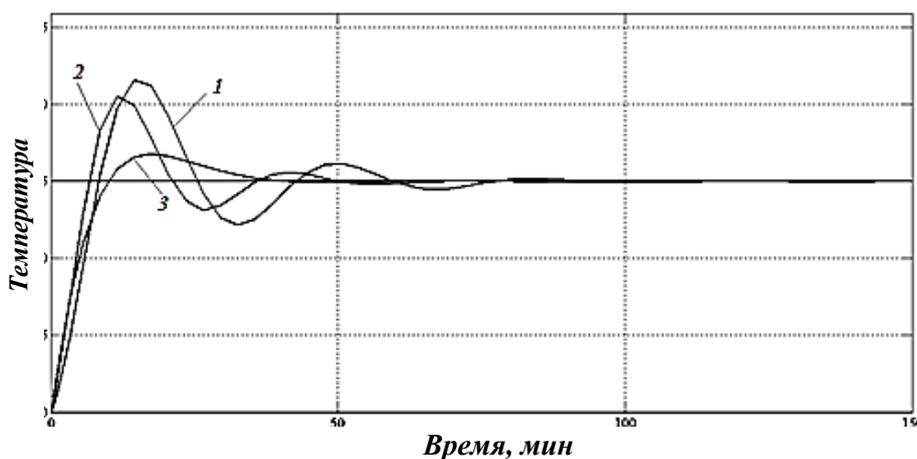


Рис.4. Переходные процессы автоматической системы управления:
 1- классический ПИД-регулятор; 2- нейро-нечеткой регулятор; 3- квантовой нечеткой регулятор.

Из графика переходного процесса видно, что нечеткая квантовая система управления устойчиво работает при наличии внешнего воздействия и переводит объект управления из одного состояния в другое с достаточной скоростью. Результаты имитационного эксперимента показали, что переходный процесс составил 90 минут при использовании классического метода, 60 минут при использовании нейро-нечеткого метода и 40 минут при

использовании нечетко-квантового метода. Система автоматического управления нечетким квантовым регулятором, синтезированная в условиях неопределенности изменения внешней среды, влияющей на процесс шампанского, обеспечивает поддержание температуры шампанского стабильно на заданном значении и обеспечивает контроль качества и скорости технологического процесса даже при параметрах, меняющихся в широких пределах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе концепции системного анализа теории автоматического и интеллектуального управления разработаны методы модели и алгоритмы квантовой вычислений синтеза квантовой нечеткой системы управления процессом шампанзации винопродуктов. В итоге получены следующие научные результаты:

1. Нейро-нечеткие гибридные модели были разработаны в динамической среде данных сложных динамических процессов. Это позволяет формализовать динамические свойства технологического процесса на основе единого математического аппарата в условиях неопределенности.

2. Разработана информационно-концептуальная модель для классификации технологических и физико-химических свойств сложных технологических процессов. Это позволяет создать высокоэффективную систему управления на основе разработки оптимальных алгоритмов управления технологическими процессами с учетом взаимозависимости переменных.

3. Разработан высокоэффективный квантовый вычислительный алгоритм выбора и обучения структуры гибридных моделей, который служит математической основой для интеллектуального управления технологическим процессом.

4. Разработаны алгоритмы синтеза нейро-нечетких систем управления динамическими объектами на основе методов квантовых вычислений. Алгоритм облегчает переход на новый метод обучения сети и формирование однозначной базы правил.

5. Разработан алгоритм нахождения оптимальных параметров квантового регулятора на основе квантовых вычислительных методов управления технологическими процессами. В результате его внедрения отклонение температуры шампанизатора от номинального значения сократилось на 2,2 %.

6. На базе методов квантовых вычислений создана параметрами процесса шампанзации в условиях неопределенности внешних воздействий. Внедрение данной системы позволит снизить расход рассола на 1,8% и энергозатраты на 2-3%.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

YAKUBOVA NOILAKHON SOBIRJONOVNA

SYNTHESIS OF A CONTROL SYSTEM FOR COMPLEX DYNAMIC
OBJECTS BASED ON QUANTUM COMPUTING METHODS

05.01.08 - Automation and control of technological processes and manufactures

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

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 B2022.3.PhD/T3005.

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.tdtu.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Siddikov Isamiddin Xakimovich**
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Yusupbekov Azizbek Nodirbekovich**
Doctor of technical sciences, professor

Sapayev Mamatkarim
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization: **Samarkand state university**

Defense of dissertation will take place in «___» _____ 2022 at ___ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

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

Abstract of dissertation sent out on «___» _____ 2022 year.
(mailing report № ___, on «___» _____ 2022 year).

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

U.F.Mamirov
Scientific Secretary of Scientific Council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, associative professor

H.Z.Igamberdiyev
Chairman of the Academic Seminar
under the Scientific Council on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor, Academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the research is to develop models and algorithms for the synthesis of a control system for complex dynamic objects depends on quantum computing methods.

The object of the research work is a control system for complex dynamic objects.

Scientific novelty of the research work is as follows:

based on the joint application of neural network methods and fuzzy logic, hybrid models of complex dynamic objects have been developed under conditions of information uncertainty, allowing to intellectualize the control process;

developed quantum computational algorithms for choosing the structure and training of hybrid models, taking into account the dynamic properties of the object and the variability of external influences, which are distinguished by high accuracy and speed;

on the basis of quantum computing methods, an algorithm for determining the optimal parameters of a quantum controller has been developed, which makes it possible to provide the required quality indicators of the control process;

an algorithm for the synthesis of a neuro-fuzzy control system based on fuzzy quantum inferences has been developed, which differs in taking into account the uncertainty of dynamic properties and the probabilistic nature of external influences.

Implementation of the research results. According to the scientific results of the synthesis of a control system based on quantum computing methods for the process of champagnization of wine products:

introduced neuro-fuzzy hybrid models of complex dynamic objects, developed under conditions of uncertainty, in the JSC “Uzbekiston Champagne” (Certificate of “ARUzRATMWD” dated May 21, 2021 №. 02-16/845). As a result, the information processing time was reduced by 1.3%, which made it possible to increase the speed of obtaining the results of managerial decision-making by the process by 1.6%;

introduced an algorithm for finding the optimal parameters of a quantum controller, developed on the basis of quantum computing methods in process control JSC “Uzbekistan Champagne” (Certificate of “ARUzRATMWD” dated May 21, 2021 №. 02-16/845). As a result, at Uzbekistan Champagne, the deviation of the champagne maker temperature from the nominal value decreased by 2.2%;

introduced synthesis algorithms developed on the basis of quantum computing methods of a neuro-fuzzy control system for dynamic objects JSC “Uzbekistan Champagne” (Certificate of “ARUzRATMWD” dated May 21, 2021 №. 02-16/845). As a result, brine consumption was reduced by 1.8% and energy consumption by 2-3%.

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

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Usmanov K.I., Sidikov I.H., Yakubova N.S.,Raxmonov A.T. Adaptive identification of the neural system of controlling nonlinear dynamic objects // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology 2018. Vol. 5, Issue 2. – pp.5195-5199. (05.00.00, №8).

2. Sidikov I.H., Usmanov K.I., Yakubova N.S. Synergetic control of nonlinear dynamic objects // Chemical Technology, Control and Management 2020. Vol.2020, Iss.2, Article 8. - pp.49-55. DOI:10.34920/2020.2.49-55 (05.00.00, №12).

3. Sidikov I.H., Yakubova N.S., Usmanov K.I., Kazakhbayev S.A. Fuzzy synergetic control nonlinear dynamic objects // Karakalpak Scientific Journal: Vol. 3: Iss.2, Article 2. pp.14-22. (21, ОАК раисининг 2020 йил 30 июльдаги 01-10/1103 хати).

4. Sidikov I.H., Usmanov K.I., Yakubova N.S. Synergetic fuzzy control of multidimensional nonlinear objects with discrete time // Technical science and innovation. Vol.2020, Iss.4, Article 6. - pp.134-140. (05.00.00 №16).

5. Сидиков И.Х., Якубова Н.С., Усманов К.И., Авезов Т.А. Сунъий нейрон тўрлари ва синергетик ёндошувни нозичиқли динамик объектларни интеллектуал бошқариш тизимини синтезлаш муаммосига тадбиқ этиш // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал: № 2(16) 2021. 15-19 бетлар. (05.00.00 №10).

6. Yakubova N.S. Method of hybrid control based of dynamic objects of neuro-fuzzy inference // Karakalpak Scientific Journal: Vol. 5: Iss. 2, Article 2. pp8-18. (21, ОАК раисининг 2020 йил 30 июльдаги 01-10/1103 хати).

II бўлим (Часть II; PartII)

1. Sidikov I.H., Usmanov K.I., Yakubova N.S. Adaptively fuzzy synergetic control of nonlinear systems with discrete time / «International scientific and scientific – technical conference. problems and prospects of innovative technique and technology in agri-food chain» proceedings of the conference. Tashkent. 2020. pp.543-545.

2. Сидиков И.Х., Якубова Н.С., Усманов К.И. Аналитический синтез систем управления динамического объекта / Труды XXIX научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. «Умидли кимёгарлар-2020». Ташкент 2020. С.364-365.

3. Сидиков И.Х., Якубова Н.С., Усманов К.И. Синтез систем управления нелинейными динамическими объектами на основе синергетического подхода / Труды XXIX научно-технической конференции

молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. «Умидли кимёгарлар-2020». Ташкент 2020. С.366-367.

4. Сидиков И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С. Нейротармоқли структура ва синергетик ёндошувни интеллектуал тизимларни синтезлаш муаммосига қўллаш / «Математик моделлаштириш, ҳисоблаш математикаси ва дастурий таъминот инженериясининг долзарб муаммолари» мавзусида республика миқёсидаги илмий анжуман материаллари». Қарши – 2020. 279-283 б.

5. Usmanov K.I., Yakubova N.S., Usmonova D.U. Synthesis of a fuzzy control system of a multidimensional nonlinear dynamic object / «Actual problems of innovative technologies in the development of chemical, petroleum-gas and the food-processing industries» the collection of papers in the international scientific and technical conference. Tashkent-2021. pp136-137.

6. Yakubova N.S., Maksudova A.I., Urmanova V.T. Intelligent control for nonlinear dynamic objects / «Actual problems of innovative technologies in the development of chemical, petroleum-gas and the food-processing industries» the collection of papers in the international scientific and technical conference. Tashkent-2021. pp145-146.

7. Якубова Н.С. Синтез нейро-нечеткого управления динамическими объектами с использованием квантового вывода / Труды XXIX научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. «Умидли кимёгарлар-2022». Ташкент 2022. С.260-261.

8. Якубова Н.С. Технологик жараёнларни ноқатъий бошқариш тизимини шакллантириш / Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларини XXIX илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. «Умидли кимёгарлар-2022». Тошкент 2022. 262-263 б.

9. Сидиков И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С. Миркомиллов А.М. Кўп ўлчамли дискрет динамик объектларни бошқаришнинг имитацион модели учун дастурий таъминот / ЭҲМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 10088, 26.01.2021 й.

10. Сидиков И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С. Миркомиллов А.М. Ночизиқли динамик объектларни синергетик ростлагич ёрдамида бошқариш тизимларини тадқиқ этиш учун дастурий таъминот / ЭҲМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 10091, 26.01.2021 й.

Автореферат “Technical science and innovation” илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 55/22.

Гувоҳнома № 851684.

«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.