ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.T.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АБДУРАСУЛОВ ФАХРИТДИН РАУПОВИЧ

ЮҚОРИ МУРАККАБЛИКДАГИ МАЖМУАВИЙ ТЕХНОЛОГИК СХЕМАЛИ САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ ҲАЁТИЙ ЦИКЛИНИ БОШҚАРИШ ҚАРОРЛАРИНИ ҚЎЛЛАБ-ҚУВВАТЛАШНИНГ КЎП АГЕНТЛИ ТИЗИМЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва бошқариш (техника фанлари)

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2020

УЎК 519.711

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Абдурасулов Фахритдин Раупович
Юқори мураккабликдаги мажмуавий технологик схемали саноат корхоналарининг ҳаётий циклини бошқариш қарорларини қўллаб-қувватлашнинг кўп агентли тизимларини ишлаб чиқиш 3

Абдурасулов Фахритдин Раупович
Разработка многоагентных систем поддержки решений по управлению жизненными циклами промышленных предприятий с комплексными технологическими схемами высокой сложности 21

Abdurasulov Fakhritdin Raupovich
Development of multi-agent support systems for life cycle control solutions for industrial enterprises with complex technological schemes of high complexity.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works ……...……..…….....43

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.T.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АБДУРАСУЛОВ ФАХРИТДИН РАУПОВИЧ

ЮҚОРИ МУРАККАБЛИКДАГИ МАЖМУАВИЙ ТЕХНОЛОГИК СХЕМАЛИ САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ ҲАЁТИЙ ЦИКЛИНИ БОШҚАРИШ ҚАРОРЛАРИНИ ҚЎЛЛАБ-ҚУВВАТЛАШНИНГ КЎП АГЕНТЛИ ТИЗИМЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва бошқариш (техника фанлари)

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2020

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2018.2.PhD/T700 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:	**Адилов Фарух Тулкунович** техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	**Марахимов Авазжон Рахимович** техника фанлари доктори, профессор
	Авазов Юсуф Шодиевич техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент
Етакчи ташкилот:	**Бухоро муҳандислик-технология институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «14» 10 соат 10⁰⁰ 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@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (164 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-03-41.

Диссертация автореферати 2020 йил «8» 10 куни тарқатилди.
(2020 йил «19» 09 даги 20 - рақамли реестр баённомаси).

Н.Р. Юсупбеков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор, академик

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

Х.З.Игамбердиев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
қошидаги Илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни бошқаришнинг замонавий концепциялари бошқариш жараёнларини инсон-машинали ташкил этиш парадигмасига асосланган бўлиб, мураккаб тизимлар ҳаётий циклини барча босқичларида бошқариш қарорларини қабул қилиш роли инсонга юкланади, ҳисоблаш машиналари эса қарорнинг муқобил вариантларини ишлаб чиқиш босқичларини ахборотли қўллаб-қувватлашни таъминлайди. Бу борада бошқаришнинг ҳаётийлиги, хавфсизлиги, самарадорлиги билан бир қаторда, замонавий бошқариш тизимлари ишончлилигини ошириш учун қарорларни қўллаб-қувватлашнинг кўп агентли тизимларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда, шундан келиб чиққан ҳолда, ноаниқлик шароитларида мураккаб технологик жараёнларни бошқариш масалаларини ечишда қўллаб-қувватлашнинг кўп агентли тизимларидан фойдаланиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда яратилаётган тизимлар ҳаётий циклининг турли босқичларида якуний фойдаланувчини анъанавий ва истиқболли ахборот технологияларини амалга оширувчи технологик ўзаро боғланган сервислар тўплами ёрдамида инфокоммуникацион қўллаб-қувватлаш ҳисобига мураккаб объектларни бошқариш масалалари ечимларини тўғрилигини таъминловчи қарор қабул қилиш тизимларидан фойдаланиб, илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, мақсадли йўналтирилган тадқиқотларни амалга ошириш, жумладан, бошқариш тизимлари қарорларини қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимларни ишлаб чиқиш, қарорларни қўллаб-қувватлашнинг интеллектуал тизимларидан фойдаланиш ҳисобига мураккаб тизимларнинг функционал имкониятларини кенгайтириш, самарадорлиги ва ишончлилигини ошириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Бугунги кунда республикамизда саноат корхоналарининг ҳаётий циклини фаол бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи юқори самарадор кўп агентли тизимларни ишлаб чиқиш масалаларига алоҳида эътибор қаратилиб, «Саноат 4.0 ва рақамли иқтисодиёт» услубиятларига мос келувчи, юқори мураккабликдаги замонавий мажмуавий технологик схемалари амалга оширилмоқда. 2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «... юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш»[1] вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, саноат корхоналарининг ҳаётий циклини бошқариш

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

бўйича қарорларни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимларни ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ–4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 13 февралдаги ПҚ-2772-сон «2017-2021 йилларда электротехника саноатини ривожлантириш ва диверсификациялашни тезлаштириш, бошқаришни янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2017 йил 1 ноябрдаги ПҚ-3365-сон «Илмий-тадқиқот муассасалари инфратузилмаларини янада мустаҳкамлаш ва инновацияларни ривожлантириш бўйича чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Мураккаб технологик тизимлар, шубҳасиз кўп агентли тизимлар ҳаётий циклини бошқариш муаммолари билан “Honeywell”, “Allen Bradley”, “Emerson Electric”, University of California, University of Technology (АҚШ), “Siemens”, University of Munster (Олмония), «ABB» (Швейцария), Imperial College (Буюк Британия), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Жанубий Корея),Духов номидаги Бутунроссия илмий-тадқиқот институти (Россия), ТошДТУ (Ўзбекистон) ва бошқа етакчи илмий-тадқиқот ва олий таълим муассасалари шуғулланмоқда.

Саноат корхоналарининг ҳаётий циклини барча босқичларида қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимлар муаммоларига J.F.Steffe, J.I.Lohrenz, R.A.Brown (АҚШ), M.Brizard, C.Verdier (Франция), Gert Böhme, J.F.Richardson, Bernard Coleman (Олмония), И.З.Батиршин, С.В.Ульянов, В.Б.Тарасов, А.Н.Аверкин (Россия) ва бошқа хорижий олимлар ўзларининг улкан ҳиссаларини қўшишган. Мазкур диссертация тадқиқотида илгари сурилаётган илмий муаммо ечимларига мамлакатимиз олимларидан Д.А.Абдуллаев, М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмутатов, Н.Р.Юсупбеков, Т.Д.Раджабов, Х.З.Игамбердиев, Қ.Р.Аллаев, Р.А.Зохидов, С.С.Қосимов, А.А.Казиров, Ш.Х.Фазилов, Ф.Т.Адилов, А.Р.Марахимов, М.М.Каримов, С.К.Каримов, М.М.Мусаев ва бошқалар ўзларининг ҳиссаларини қўшишган.

Кўп агентли тизимларни алоҳида тадқиқот объекти сифатида амалга ошириш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолатини таҳлили, ўзаро таъсирлашувчи интеллектуал агентларнинг очиқ бирлашуви каби қурилган иловаларни ишлаб чиқишнинг замонавий парадигмаларини амалга оширишда, юқори мураккабликдаги мажмуавий технологик схемали саноат

корхоналарининг ҳаётий циклини бошқариш шароитларида қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимларни ишлаб чиқиш масалалари кам тадқиқ этилганлиги ва тугалланмаганлигидан дарак беради.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг Ф-4-56 – «Ноаниқ тўпламли муносабатлар асосида мураккаб технологик объектларни бошқаришнинг интеллектуал тизимларини структуравий-параметрик синтезлаш усуллари ва назарий асосларини ишлаб чиқиш» (2012-2016) мавзудаги лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади такомиллаштирилган (илғор) бошқариш ва оптималлаштириш концепцияси ҳамда замонавий АТ-технологияларидан фойдаланган холда технологик комплекс ва қурилмаларниг самарадорлигини ошириш учун юқори мураккабликдаги мажмуавий технологик схемали саноат корхоналарининг ҳаётий цикли (ҲЦ)ни бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимлар (КАТ)ни ишлаб чиқиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ҳаётий циклни бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимларни, шунингдек ахборот-ўлчаш тизимларини қуриш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолатини таҳлил қилиш ҳамда уларни келгуси ривожланиши ва такомиллашувини аниқлаш;

ҳаётий циклни фаол бошқаришни кўп агентли технологияларини амалга ошириш орқали мураккаб кўп поғонали ахборот-бошқариш тизимларини аналитик бошқаришни концептуал асосларини шакллантириш;

тақсимланган координацияли бошқаришнинг кўп поғонали МАТ ларини қуришнинг агентли-йўналтирилган технологияларини асослаш;

мультиагентли ахборот-бошқариш тизимларини синтезлаш масалаларида концептуал моделлаштириш;

технологик жараёнлари узлуксиз юз берувчи саноат корхоналарида ахборот-бошқариш тизимларининг корпоратив лойиҳалаш тизимлари федератив архитектураларини ишлаб чиқиш;

ахборот-бошқариш тизимларининг ҳаётий циклини барча босқичларида уларни ахборотли қўллаб-қувватлашни амалга оширишга бўлган мультиагентли ёндашувни ишлаб чиқиш;

кўп агентли схемаларда сўровлар алмашинувини ташкил этиш;

рақамлаштириш ҳамда Forge дастурий-аналитик платформани қўллаш асосида саноат корхоналари фаолияти самарадорлигини ошириш концепциясини асослаш;

ахборот-бошқариш тизимлари ҳаётий циклини бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимни синов-саноат тажрибасидан ўтказиш ва амалга ошириш.

Тадқиқотнинг объекти ахборот-бошқариш тизимлари (АБТ) ҳаётий

циклини бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимлар ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни бошқариш учун қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи мультиагентли тизимларни қуриш моделлари, усуллари ва алгоритмлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда мураккаб кимёвий технологиянинг жараёнлари ва тизимларини тизимли таҳлил қилиш, автоматик бошқаришнинг замонавий назарияси, сунъий интеллект назарияси, кўп агентли тизимлар, қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлаш тизимлари, саноат маҳсулотлари ҳаётий циклини бошқариш, математик мантиқ, система-техника усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

агентларнинг ассоциатив ўзаро таъсирларига асосланиб тақсимланган бошқариш объекти элементлари хулқининг модели ишлаб чиқилган;

Устюрт газкимё мажмуасининг ишлаб чиқариш кластери учун кўп агентли интеграллашган ахборот-бошқариш тизими (АБТ) ва унинг дастурий-услубий мажмуаси ишлаб чиқилган;

тақсимланган маълумотлар базалари ҳамда ахборот оқимларини интернет/интранет технологиялари ёрдамида интеграциялаш тизими ишлаб чиқилган;

рационал интеллектуал агентнинг модели қарор қабул қилиш жараёнининг дастурий инфоботи сифатида ишлаб чиқилган;

ноаниқлик ва хавф-хатар шароитларида қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи тизим алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ахборот-бошқариш тизимларининг ҳаётий циклини фаол бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи мультиагентли тизимларнинг алгоритмлари ишлаб чиқилган;

интеллектуал рационал агентнинг хулқини моделлари таклиф этилган;

ташқи ва ички ахборотлар ноаниқлиги шароитида қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлаш масалаларинингдастурий таъминотива алгоритмлари ишлаб чиқилган;

ахборот-бошқариш тизимларининг федератив архитектураси ўзида қуйи майдондаги автоматика тизимлари, технологик жараёнларни бошқаришнинг оператив-диспетчерлик тизимлари ва ресурс ва захираларни бошқаришнинг юқори сатҳли тизимларини бирлаштирувчи кўп агентли тизим кўринишида ишлаб чиқилган;

Дастурий амалга оширилган SCADA тизими асосида Устюрт газкимё мажмуасида компьютерли тренажёр мажмуаси яратилган ва фойдаланилмоқда, унда республикамизнинг нефтни қайта ишлаш ва кимё саноати операторлари ва диспетчерлик хизмати ходимлари тайёргарликдан ўтмоқда.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Олинган натижаларнинг илмий ишончлилиги ва асосланганлиги замонавий бошқариш

назариясининг анъанавий математик аппаратини қўлланилиши, назарий натижаларнинг мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни илғор бошқариш тизимларини маълум прототипларини саноат синовлари натижаларига тўла мос келиши, синов-саноат тажрибаларининг ижобий натижалари ва диссертация ишланмаларининг жорий этилиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мультиагентли тизимларнинг, мавжудларидан фарқли равишда, агентларнинг ҳаракати ёки ҳаракатсизлигига атроф-муҳитнинг реакциясини муҳитнинг интерактив моҳияти сифатида эътиборга олувчи моделини шакллантирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти рақамлаштириш ҳамда Honeywell фирмасининг FORGE дастурий-аналитик платформасини қўллаб, шунингдек Experion PKS тизими ва Master Logic 200R дастурланадиган мантиқий контроллеридан фойдаланиб, «Uz-Kor Gas Chemical» ТЖАБТ ишланмалари асосида саноат корхоналари ва уларнинг ахборот-бошқариш тизимлари фаолияти самарадорлигини ошириш концепцияни амалга ошириш ҳисобланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юқори мураккабликдаги мажмуавий технологик схемали саноат корхоналари ҳаётий циклини бошқариш бўйича қарорларни қўллаб-қувватловчи кўп агентли тизимларни ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ўз таркибига газни сепарациялаш заводи, этилен, полиэтилен, полипропилен ва умумзавод хўжалигини бирлаштирувчи ишлаб чиқариш кластери учун ишлаб чиқилган мультиагентли интеграллашган ахборот-бошқариш тизими Устюрт газкимё мажмуасида жорий этилган («O‘zbekneftgaz» АЖ нинг 2020 йил 23 июндаги 08/41-2-370-сон маълумотномаси). Натижада, технологик жараён тўғрисидаги ахборотларни тезкор таҳлил қилишга сарфланадиган вақтни қисқартиришга эришилган;

тақсимланган маълумотлар базалари ҳамда ахборот оқимларини интернет/интранет технологиялари ёрдамида интеграциялаш алгоритми Устюрт газкимё мажмуасида жорий этилган («O‘zbekneftgaz» АЖ нинг 2020 йил 23 июндаги 08/41-2-370-сон маълумотномаси). Натижада, жараён боришининг технологик режими барқарорлигига эришилган ва унинг ишлаш самарадорлиги оширилган;

ноаниқлик ва хавф-хатар шароитларида қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи тизим алгоритми Устюрт газкимё мажмуасида жорий этилган («O‘zbekneftgaz» АЖ нинг 2020 йил 23 июндаги 08/41-2-370-сон маълумотномаси). Натижада, ахборот технологиялари асосида бошқариш масалаларини самарали ечиш таъминланган;

ассоциатив хотира асосида интеллектуал агентларнинг ўзаро таъсирлашув алгоритми Устюрт газкимё мажмуасида жорий этилган («O‘zbekneftgaz» АЖ нинг 2020 йил 23 июндаги 08/41-2-370-сон

маълумотномаси). Натижада, интеллектуал агентларнинг ўзаротаъсирлашув самарадорлиги, шунингдек қабул қилинадиган бошқариш қарорларини ишончлилиги ва аниқлиги оширилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 4 та, жумладан 3 та халқаро илмий-техник анжуманларда муҳокамадан ўтказилган**.**

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзусибўйича 7 та илмий иш, жумладан, ЎзР ОАК эътироф этган илмий журналларда 3 та, халқаро журналларда 2 та мақолачоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 121 саҳифали машина ёзувли матндан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объект ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **биринчи боби** диссертация тадқиқоти предмети соҳаси назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолатини танқидий таҳлилига бағишланган. Унда мураккаб юқори технологик ишлаб чиқаришларни лойиҳалаш масалаларининг қатор инновацион ечимларини қўлланилиши кўриб чиқилган. Ахборотлаштириш объектига яққол мисол сифатида бугунги кунда лойиҳалаштирилаётганUzbekistan Gas To Liquid (UzGTL) ишлаб чиқариш мажмуаси тавсифланган. Ишлаб чиқаришни тезкор бошқаришни оптималлаштириш бўйича АТ-ечимларини мажмуага жорий этишнинг иқтисодий самарадорлиги батафсил тавсифланган. Асосий эътибор, Experion Orion платформаси асосидаги операторлик консолини қўллашдан иборат бўлган, инсон-машина интерфейсини эргономикасига бўлган мутлақо янги ёндашувга қаратилган.

«Саноат 4.0» стратегияси доирасида раҳбариятнинг ишлаб чиқариш объектини ахборотлаштиришни энг юқори сатҳини жорий этиш бўйича стратегик қарорини қабул қилмасдан мураккаблиги юқори даражада бўлган лойиҳаларни амалга оширишни имкони йўқ. Айнан объектни тўла ахборотлаштириш – лойиҳалаштиришда асосий ёндашув ва муваффақият гаровидир. Бундай жиҳатни, дастлаб, ишлаб чиқариш жамиятини глобал ахборот фазосига интеграциялашувида, кейин эса, бутун фуқаролик жамиятини рақамлаштиришда кўриш мумкин бўлиб, у тараққиёт ва маданият даражасининг ўсиш кўрсаткичи ҳисобланади.

Шундай қилиб, ахборот-бошқариш тизимларининг ҳаётий циклини бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлашнинг

мультиагентли тизимларини қуришнинг долзарб муаммоси мавжуд бўлиб, бундай тизимлар, ишлаб чиқаришни бошқаришни оптимал режимларини шакллантириш ва уларни амалга ошириш борасида ишлаб чиқариш технологик вазиятларини тизимли таҳлил қилиш ва башоратлаш учун тадқиқот объектини бошқаришнинг экстремал режимларини амалга ошириш учун мўлжалланган. Масалани ечиш учун ишлатилаётган маълумотларни таҳлил қилишнинг янги технологиялари: сақлаш омборлари ёки шунчаки омборлар, Data Warehouse (DW) маълумотлари витриналарининг ретроспектив ахборотларнинг жуда катта объектлари билан тезкор ишлаш ва ахборот тўплашнинг зарурлигига боғлиқдир.

Қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлаш тизимларини қуриш ва уларга алоқадор бўлган масалаларини таҳлил ва оператив-башоратли бошқариш илгари ҳам кўриб чиқилган. Бироқ уларни ечиш самарадорлиги паст бўлган, типик математик технологияларни таҳлил қилиш ва ишлаб чиқариш технологик вазиятларнинг ривожланишини башоратлаш аппарати ниҳоятда кичик ҳажмларда фойдаланилган

Диссертациянинг **иккинчи бобида** мультиагентли ахборот-бошқариш тизимларини синтезлаш масалаларида концептуал моделлаштириш масалалари илгари сурилади. Мультиагентли тизимлар (МАТ) ни бошланғич ахборотлар етишмовчилиги ва ноаниқлиги шароитларида, кучсиз шакллантирилган ҳодисаларни катта ҳажмини ҳисобга олишни талаб этувчи, мураккаб ва итерацион ахборот-ҳисоблаш тармоқлари ва тизимлари каби лойиҳалаш жараёни амалга оширилган.

Синтезланадиган МАТни қуйидаги компонентларнинг тартибланган шакли сифатида кўриб чиқамиз:

$$<\Omega, A, B, N, \Theta>, \quad (1)$$

бу ерда **Ω** ва А – тизимнинг мақсади ва вазифалари; В – тизимнинг амалга оширилиши; N – Ω, A, B элементларнинг кўплиги; Θ – тизим фаолиятини ташкил этилиши..

(1) кортеждаги ҳар бир компонентни у ёки бу турдаги математик модель деб қараш мумкин. Тизим таркибига кирувчи объектлар тўплами ва улар ўртасидаги муносабатлар тўпламларини кўриб чиқамиз.

Мультиагентли тизимлар турли масалаларни ечиш учун яратилиши мумкин, бунда уларда айланувчи ахборотларнинг ўзига хослиги яратилаётган тизим архитектурасига бўлган аниқ талабларни белгилаб беради. Бунда, асосий эътиборни, ахборот оқимларини бошқаришга қаратиш лозим. МАТ ни абстракт ахборот объектлари тўплами сифатида тасаввур қиламиз:

$$s = \{s_j\}. \quad (2)$$

Ҳар бир $S_i \epsilon S$ объектга, унинг ҳолати X_{S_i} ни тавсифига мос равишда, қуйидаги кўринишдаги кортежни келтирамиз:

$$x_{s_i} =< A_{s_i}, Ds_i >, \quad (3)$$

бу ерда$A_{S_i} = \{a_{s_i}^1, a_{s_i}^2, \dots, a_{s_i}^n\}$– i-ахборот объекти хоссаларининг номлари

тўплами;$D_{S_i} = \{d^1_{s_i}, d^2_{s_i}, \dots, d^n_{s_i}\}$– i-ахборот объектининг мос хоссаларини доменлари тўплами.

Ахборот объектлари тўплами қуйидаги ахборотларнинг ҳолатлари тўплами билан тавсифланади:

$$X_s = \{Xs_i\}. \quad (4)$$

X_sтўплам асосида функционал муносабатларни ўрнатиш мумкин:

$$R=\{r_i\}, \quad (5)$$

бу ерда$R \in X_s \times X_s$–X_{s_i} ҳолатлар алмашинуви билан аниқланадиган функционал муносабатлар тўплами, яъни ахборотларга ишлов бериш функциялари тўплами (масалан, r_1– олинган ахборот, r_2 – ахборотларни узатиш, r_3 – ахборотларга ишлов бериш, r_4 – ахборотларни сақлаш, r_5 – ахборотни акс эттириш ва шу кабилар).

Бу функцияларнинг ҳар бирини уларнинг ҳолатини тавсифига мос бўлган қуйидаги кўринишли кортежга қўямиз:

$$X_{R_i} =< A_{R_i}, D_{R_i} >, \quad (6)$$

бу ерда$X_{S\Omega}$– ишлов беришнингi-функцияси хоссалари номларини тўплами; $D_{R_i} = \{d^1_{R_i}, d^2_{R_i}, \dots, d^n_{R_i}\}$– ишлов беришнинг i-функциясига мос келувчи доменлар тўплами.

Кўриб чиқилаётган тизим ишлаганида ахборотлар ҳолатлари тўплами Xs ва функционал муносабатлар тўплами R ларнинг элементлари ахборотлар ҳолатларини ўзгариш графи $G_S(1)$ ни ҳосил қилади, бунда мос тармоқларда ахборотларга ишлов беришжараёнини акс эттирувчи $G^1_S, G^2_S, \dots, G^k_S$ва шу каби остграфларни ажратиб кўрсатиш мумкин. Ажратиб кўрсатилган остграфлар тармоқлараро ўзаротаъсир билан боғланган.

Тармоқнинг дастурий-техник мажмуаси (ДТМ) элементлари тавсифларини тавсифлаш учун дастурий-техник модуллар (ДТМ) тўпламини киритамиз:

$$W=\{W_i\}, \quad (7)$$

бу ердаW_i – ахборот-бошқариш тизими (АБТ)нинг ДТМ модули, у аппаратли ёки дастурий блок бўлиши мумкин.

Ҳар бир $W_i \in W$дастурий-техник модулга, унинг X_{W_i} ҳолатини тавсифига мос равишда, қуйидаги кортежни тузамиз:

$$X_{W_i} =< A_{W_i}, D_{W_i} >, \quad (8)$$

бу ерда $A_{W_i} = \{a^1_{W_i}, a^2_{W_i}, \dots, a^n_{W_i}\}$– ишлов беришнинг i-функциясини хоссалари номларини тўплами; $D_{W_i} = \{d^1_{W_i}, d^2_{W_i}, \dots, d^n_{W_i}\}$– мос атрибутларнинг доменлари тўплами.

Дастурий-техник модулларнинг тавсифлари АБТ ларининг ДТМларини ҳолат модуллари тўплами билан тавсифланади:

$$X_W = \{X_{W_i}\}.$$

Тармоқ дастурий-техник модуллари ҳар бирининг муҳим хоссаларидан бири уларни бошқа модуллар билан аппаратли ёки дастурий мос келиши ҳисобланади. Шунинг учун ҳам АБТ ларининг ДТМ лари модулларини

ҳолатлари тўплами X_W да ўзаромослик муносабатини ажратиш лозим:

$$H=\{h_i\}, \quad (9)$$

бу ерда $H \in X_W \times X_W$ –турли дастурий-техник модулларни боғловчи ўзаромослик муносабатлари тўплами.

Тўплам X_Wэлементлари ва H ўзаромослик муносабатлари АБТ ДТМ элементлари ҳолатини ва улар ўртасидаги ўзаро алоқаларни акс этирувчи G_W графни ҳосил қилади.

Ихтиёрий АБТ ни кўрган ҳолда, шуни сезиш мумкин-ки, X_R ва X_Wфункционал ҳолатлар ўртасида қуйидаги ифода билан аниқланадиган муносабат мавжуд:

$$Q \in X_R \times X_W. \quad (10)$$

(10) ифодани АБТ ДТМ ни типик модуллари ахборотларига ишлов беришни типик функцияларига мувофиқ акс эттириш лозим.

АБТ ларни яратиш дастурий ва техник таъминотнинг стандарт компонентлари асосида амалга оширилади. У ёки бу стандарт ҳисоблаш тизимлари (ҲТ) га қўйиладиган чекланишларни ҳисобга олиш учун АБТ ни стандартлари тўпламини киритамиз:

$$V=\{V_i\}, \quad (11)$$

бу ердаV_i– АБТ нинг у ёки бу стандарти.

X_Vва ДТМ модулининг ҳолати X_Wўртасида қуйидаги ифода билан аниқланадиган муносабат мавжуд:

$$E \in X_W \times X_V. \quad (12)$$

АБТ нинг ҳар бир $V_i \in V$ стандартига, унинг X_{V_i} ҳолати тавсифига мос равишда қуйидаги кўринишли кортежни тузамиз:

$$X_{V_i} =< A_{V_i}, D_{V_i} >,$$

бу ерда $A_{V_i} = \{a^1_{V_i}, a^2_{V_i}, \dots, a^n_{V_i}\}$ – АБТнингi-стандарти хоссаларини номлари тўплами; $D_{V_i} = \{d^1_{V_i}, d^2_{V_i}, \dots, d^n_{V_i}\}$– мос атрибутлар доменлари тўплами.

АБТ нинг маълум стандартига ўзига хос дастурий-техник модуллар тўплами мос келади. Унда АБТ стандартлари йиғиндиси АБТ стандартларининг ҳолатлари тўплами $X_V = \{X_{V_i}\}$билан акс эттирилади.

АБТ нинг у ёки бу стандартига мос келувчи дастурий-техник модуллар тўплами X_W осттўпламларни ҳосил қилади. Стандарт модулларнинг бундай осттўпламларини $X^{st}_{W_i}$ билан белгилаймиз, бунда $X_W = \bigcup_l X^{st}_{W_i}$бўлади.

Шуни алоҳида қайд этиш лозим-ки, АБТ объектларини таклиф этилган таснифи ва ушбу объектлар ўртасида аниқланган муносабатлар, АБТ ларни ташкил этишнинг муҳим жиҳатлари ҳисобланувчи модулли тамойил асосида, стандарт унификациялашган модуллардан тармоқларни қуришни таъминлаш имконини беради.

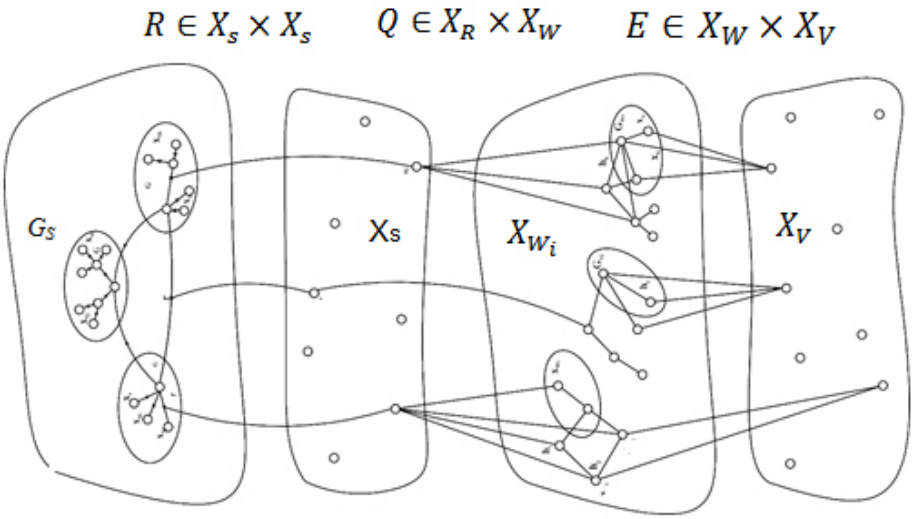
АБТ объектлари ҳолатларининг таснифи ва объектлар ўртасида муносабатларни мавжудлиги **Ω**, F, C, K ваΘ тизимли элементлари ўзида моделларни акс эттирувчи ахборот-бошқариш тизимларини лойиҳалашда ҳолатлар тавсифини қуриш ва муқобилни танлаш имконини беради.

Ҳисоблаш тизимларининг мақсад моделини қуйидаги кортеж

куринишида ифодалаймиз:

$$\Omega =< X_{\Omega}, \boldsymbol{\Psi}, \boldsymbol{U} >, \qquad (13)$$

Амалиётда кўпинча, лойиҳалашнинг техник топшириғида ахборот ҳолати, ДТМ модуллари ва тармоқ стандарти тавсифларининг талаб этилган қийматлари, яъни тизимнинг мақсадли ҳолати берилган вазиятлар учрайди. Бундай ҳолларда тизимнинг мақсадли ҳолатини миқдор ва сифат бўйича тавсифларини аниқлаш орқали берилган X_{Ω} тўпламли кортежнинг биринчи элементига эга бўламиз. X_{Ω}тўпламда қуйидаги осттўпламларни ажратиб кўрсатиш мумкин: $X_{S\Omega}$ – ахборотларнинг кутилган ҳолатлари ост тўплами, $X_{W\Omega}$– ДТМ модулларининг кутилган ҳолатлари осттўплами, $X_{V\Omega}$ – ҲТ стандартининг кутилган ҳолатлари осттўплами.



1-расм. Ахборотлар ҳолатларини ўзгариш графи

Маълум-ки, бунда қуйидаги муносабат ўринлидир:

$$X_{\Omega} = X_{S\Omega} \cup X_{W\Omega} \cup X_{V\Omega}, X_{S\Omega} \cup X_{W\Omega} \cup X_{V\Omega} = \emptyset\,.$$

(13) кортежнинг иккинчи элементи ўзида тизим самарадорлиги мезонларининг векторини намоён этади ва бунинг учун тизимнинг мумкин бўлган ҳолатлари соҳаси доирасида оптимумни топиш лозим бўлади:

$$\underset{x \epsilon \Theta_x}{opt} \boldsymbol{\Psi}\,(\boldsymbol{\Psi_1}\,(\overline{\boldsymbol{x}}), \boldsymbol{\Psi_2}\,(\overline{\boldsymbol{x}}), \ldots, \boldsymbol{\Psi_l}\,(\overline{\boldsymbol{x}}));$$

$$\Theta_x = \{\bar{x} \mid \Phi_1(\overline{\boldsymbol{x}}) \geq 0, \Phi_2(\overline{\boldsymbol{x}}) = 0\}; \qquad (14)$$

$$\bar{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_n);$$

бунда $\bar{x}$ – тизим ҳолатлари вектори; Θ_x– тизимнинг мумкин бўлган ҳолатлари соҳаси бўлиб, тенглик ёки тенгсизлик каби чекланишлар билан берилади.

(13) кортежнинг учинчи элементи U қарор қабул қилувчи шахс (ҚҚҚШ) нинг афзаллик муносабатини тавсифлайди ҳамда ҚҚҚШ афзаллиги функциясини шакллантиришни таъминлайди. Бу муносабатлар ахборотларнинг ҳолатлари тўплами X_s, АБТ ДТМ модулларининг ҳолатлари тўплами X_w ва АБТ стандартларининг ҳолатлари тўплами X_V орқали аниқланади.

Шуни таъкидлаб ўтиш жоиз-ки, муносабат U, нафақат айрим дастурий-

техник модулларнинг афзаллигини, балки модулларнинг бутун бир гуруҳини ҳам шакллантиради, яъни у гипермуносабатлар синфига мансубдир.

Шундай қилиб, тизимли декомпозиция асосида АБТни лойиҳалаш жараёнини концептуаль модели қурилган бўлиб, лойиҳалаш масалаларини ечишга бўлган умумий ёндашувларни асослаш имконини беради. Бошланғич ахборотлар ноаниқ бўлган шароитларда концептуаль модель лойиҳавий қарорларни синтезлашнинг аниқ усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқишга асос бўлиб хизмат қилади.

Диссертациянинг **учинчи боби** саноат корхоналарини бошқариш самарадорлигини FORGE дастурий-аналитик платформа асосида ошириш масалаларига бағишланган.

Диссертация тадқиқоти устида олиб борилган ишлар доирасида ишлаб чиқариш корхонасининг мураккаб технологик жараёни учун мультиагентли тизимни ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган. Мазкур алгоритмни амалга оширишнинг асосий мисоли сифатида Устюрт газкимё мажмуасининг газни ажратиш бўйича заводи ишлаб чиқариш жараёнини асосий қисми ҳисобланувчи табиий газни аминли тозалаш технологик жараёни қабул қилинган. Табиий газни аминли тозалаш жараёни КАТини ҳисоблаш алгоритми, ҳар бири ўзининг оптимал қўшимча коэффициентини ҳисоблашни амалга оширувчи, бир нечта катталиклар (ҳарорат, босим, амин концентрацияси, кирувчи оқимдаги газлар концентрацияси) га боғлиқ ҳолда қўшимча назарий коэффициентнинг оптимал қийматини танлашдан иборат.

Мазкур алгоритмни амалиётда қўлланилиши жараён энергия сарфини ҳамда метилдиэтаноламин эритмасини учиб кетиши туфайли йўқотилишини камайтиришга ёрдам беради. Газ анализаторини ўлчаш натижалари ва сарфларнинг параметрлари бўйича олинган маълумотлар асосида тўғриланадиган оптимал қўшимча коэффициентни ҳисоблаш алгоритмини структураси ва блок-схемаси 2-расмда келтирилган.

Қўшимча коэффициентлар қуйидаги тенглама билан аниқланади:

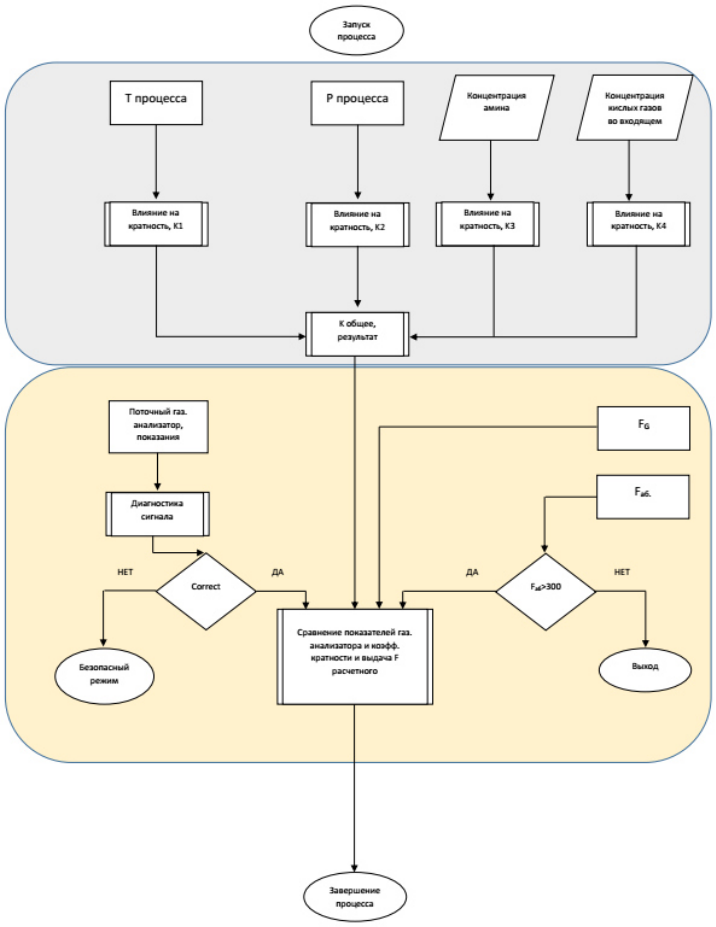
$$K = \frac{(100 - K_{\text{жор.қиймат,\%}})}{100} \qquad (15)$$

$K_{\text{ум}}$қийматни аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланилади:

$$K_{\text{ум}} = \sum_{i=1}^{n} K_i \,/n, \qquad (16)$$

бу ерда n - қўшимча коэффициент (n=4), K_i - концентрацияга боғлиқлик коэффициенти.

Бугунги кунда интеллектуал интеграллашган тизим (ИИТ) ларни ишлаб чиқишда юқорида келтирилган йўналиш ўринлидир. Уларнинг барчаси у ёки бу дастурий пакетлар ёки тизимлар билан қўллаб-қувватланади. Шу билан биргаликда, мавжуд тизимларнинг ҳеч бири интеллектуал интеграллашган тизимларни қуришни келтирилган тамойилларига жавоб бермайди. Уларнинг ҳеч бири маҳсулот ҳаётий цикли (МҲЦ) ни барча босқичларини бажарилишини таъминламайди. Уларнинг энг яхшиларигина билимлар билан ишлаш бўйича бошланғич даражага эга, шунинг учун ҳам ҳар бир корхонада кам даражада йўлга қўйилган.



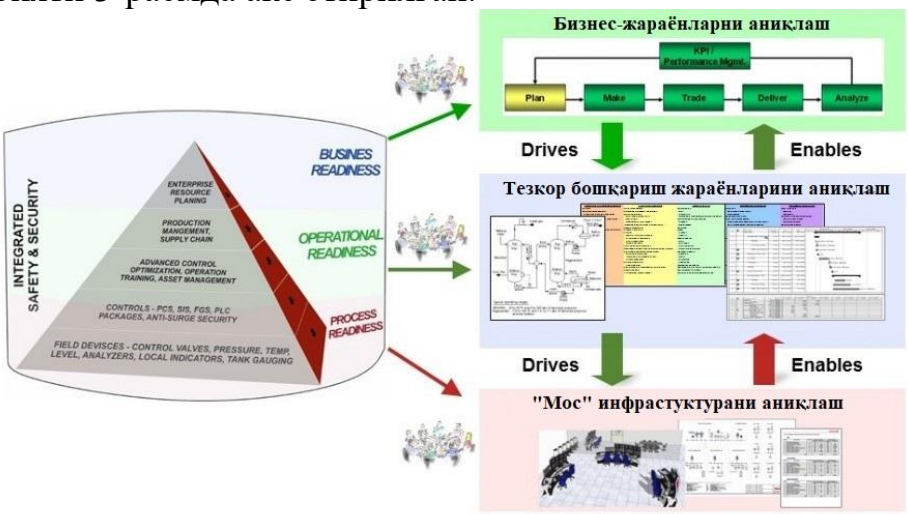
2-расм Табиий газни тозалашни ҳисоблаш алгоритми.

Рефератланаётган ишда, замонавий саноатни рақамлаштириш муҳитларидан бири – Honeywell компаниясининг FORGE дастурий-аналитик платформасида амалга оширилган ишланмалар келтирилган бўлиб, улар ягона портал ойнасида саноат корхонасининг барча ахборотлаштириш ва автоматлаштириш тизимларидан олинаётган консолланган маълумотларни визуаллаштириш имконини беради. FORGE платформаси ўзида нафақат турли интерфейслар тўпламини интеграциялаш йўли билан олинган маълумотларни визуаллаштириш учун дастурий қобиқни, балки катта ҳажмдаги маълумотлар билан ишлайдиган ва саноат Интернет буюмлари (IOT) концепцияси асосида қурилган тўлақонли ҳисоблаш ва систематик платформани намоён этади. Кўриб чиқилаётган концепция барча манбалардан келаётган маълумотларни максимал рақамлаштириш, тадқиқот объектларининг барча активларини моделлаштириш, моделлар вазифаларининг турли жиҳатларини проекциялаш, реал жисмоний активлардан то ушбу активларнинг виртуал рақамли жуфтларини моделларигача бўлган катта ҳажмли маълумотлар – BIG DATA аналитикасининг қатор услубларини қўллашдан иборат.

Диссертация тадқиқотининг **тўртинчи боби** «Саноат 4.0» синфидаги кибер-жисмоний тизимларни амалга оширишда инновацион АТ-ечимларини қўллашни акс эттиради.

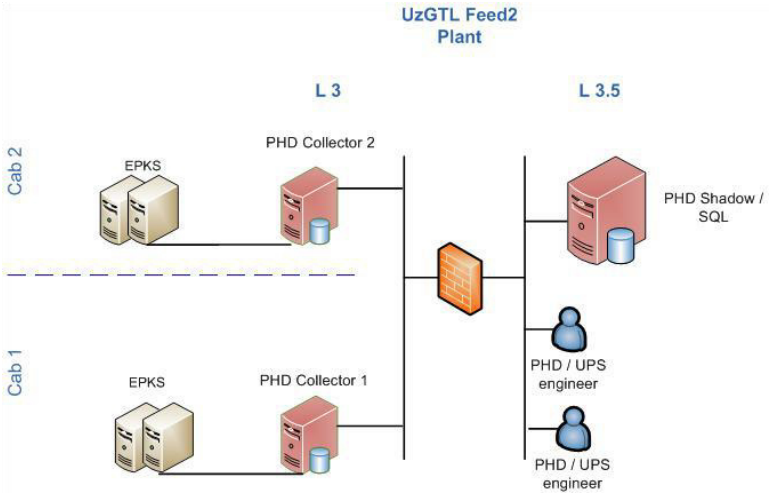
Рефератланаётган диссертация тадқиқотида кўриб чиқилаётган UzGTL лойиҳасини муваффақиятли амалга оширишнинг стратегик мақсади лойиҳани амалга оширишнинг дастлабки босқичларидан то саноат корхонаси ҳаётий циклини сўнгги, тугалловчи босқичигача кенг доирадаги экспертларни жалб этишдан иборат.

МАС-контрактор сифатида Honeywell халқаро компанияси танланган. Саноат корхонасининг ахборот моделини таҳлил қилиш ва синтезлаш услубияти 3-расмда акс этирилган.



3-расм. Корхона ахборот моделини таҳлил қилиш ва синтезлаш услубияти

Honeywell фирмасининг Process History Database (PHD)серверли платформасини соддалаштирилган архитектураси 4-расмда кўрсатилган. У саноат объектининг кибер-хавфсизлиги стандартига тўла мос равишда қурилган.

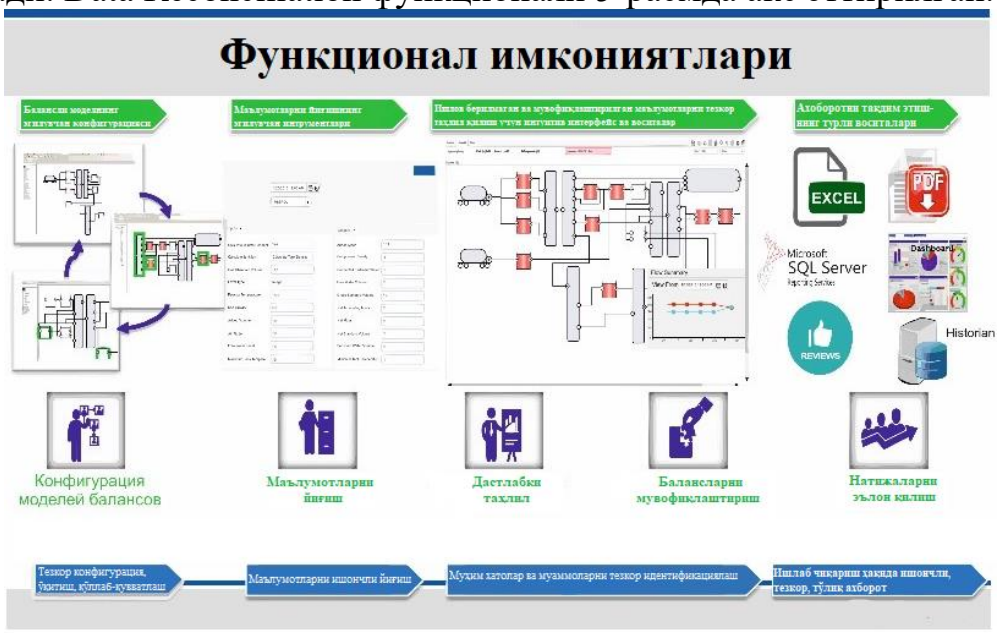


4-расм. PHD серверли платформанинг соддалаштирилган архитектураси

PHD серверли платформанинг реал вақт бўйича маълумотлар базаси (РВМБ) маълумотларни тўплаш функциясидан ташқари, UzGTL саноат мажмуасининг ахборот моделини барча юқори сатҳларига маълумотларни тақдим этишдан иборат муҳим функцияни ҳам бажаради. Ишлаб чиқариш

маълумотларини баланслаш тизими тасодифий ва қўпол хатоликларни аниқлаш ва уларни бартараф этиш услубияти (статистик таҳлил орқали маълумотларни тозалаш, моддий ва энергетик балансларни, оптималлаштириш шартларининг алгоритмларини математик ҳисоблаш ва бошқалар) га йўналтирилган.

Бу усулларнинг барчаси датчиклар, ўлчаш ўзгарткичлари ва асбобларидан олинадиган “хом (ишлов берилмаган) маълумотлар”ни “мувофиқлаштирилган ишончли маълумотларга” ўзгартириш учун ишлатилади. Data Reconciliation функционали 5-расмда акс эттирилган.



5-расм. Ишлаб чиқариш маълумотлари балансларини мувофиқлаштириш тизимининг функционал имкониятлари

Рефератланаётган диссертация ишида замонавий саноат корхоналарида, жумладан, лойиҳаланаётган UzGTL да ҳам саноат Интернет буюмлари (IoT) ни қўлланилиши акс эттирилган. Интернет буюмлари ва уларнинг қўлланилиш соҳасидаги, маҳсулот ва бутун корхона ҳаётий циклини бошқариш самарадорлигини оширишни таъминловчи, замонавий ишланмалар кўриб чиқилган. Кўп манбалардан келувчи маълумотларни интеграциялашуви ва катта ҳажмли маълумотларга ишлов беришнинг, технологик ва энергетик режимларни оптималлаштириш йўли ҳамда бузилишларни башоратлаш воситаларини жорий этиш орқали корхоналар фаолиятининг ишончлилиги ва самарадорлигини оширишнинг илмий муаммолари илгари сурилган. Кўриб чиқилаётган муаммоларни ечими сифатида, тадқиқот ишида, концепция, услубият баён этилган ҳамда Honeywell компаниясининг маълум ахборот технологиялари натижаловчи хулосалари билан келтирилган.

Ишлаб чиқаришни бошқариш тезкорлигини оширишга бошқаришнинг турли поғоналари ва структуралари ўртасида буйруқ ва ахборотларни узатишда инсон омилини йўқотиш ҳисобига эришилади,бошқариш қарорларини қабул қилишнинг объективлиги ва аниқлигини ошириш

эсажихозларнинг ҳолати ҳақидаги ишлаб чиқариш ва технологик маълумотларни интеграциялаш ҳисобига таъминланади. Таклиф этилаётган концепциянинг мажбурий элементи – MES-осттизими бўлиб, у ишлаб чиқаришдаги турли манбалар, жумладан, очиқ интернет иловалари ва веб-браузерлар асосидаги иқтисодий муҳитдаги маълумотлар манбаларидан олинадиган ва технологик жараён ҳақидаги ахборотларни бошқариш ва таҳлил қилиш, ўзаро таъсирлари ва визуаллаштиришни таъминлайди.

Ҳеч бир муболағасиз, шуни таъкидлаб ўтиш жоиз-ки, Ўзбекистон Республикасида бугунги кунда амалга оширилаётган UzGTL лойиҳасини «Саноат 4.0» киберфизик тизимларини амалга ошириш синфидаги инновацион ва юқори технологик лойиҳаларнинг ёрқин флагмани деб аташ мумкин. Лойиҳа раҳбарияти ва бевосита ижрочилари томонидан технологик мажмуанинг ахборот моделлари концепциясини яратиш ва амалга ошириш учун танланган ёндашув лойиҳани янада юқори савияда, сифатли бажариш имконини беради. Кўриб чиқилаётган концепцияда ўзини-ўзи доимий оптималлаштириш механизмини қўйилганлиги ҳам муҳим аҳамиятга эга. Ушбу модель ишлаб чиқариш мажмуаси учун бошқа ишлаб чиқариш кластерлари билан интеграциялашув ҳамда дунё умумпланетар даражаси – глобал ахборот тармоғидаги Honeywell аналитик булутига ахборотларни узатиш каби янги горизонтларини очади, бу объект ишини бошқа шунга ўхшаш объектлар иши билан синхронлаш, шунингдек технологик жиҳозларни ишлаб чиқарувчи-экспертлари ҳамда технологик жараёнларнинг лицензиялари эгалари билан тезкор ва аниқ тавсиялар учун бевосита уланишни таъминлаш имконини беради.

ХУЛОСА

“Юқори мураккабликдаги мажмуавий технологик схемали саноат корхоналарининг ҳаётий циклини бошқариш қарорларини қўллаб-қувватлашнинг кўп агентли тизимларини ишлаб чиқиш” диссертация ишини бажариш жараёнида қуйидаги янги илмий натижалар олинган:

1. Ишлаб чиқаришнинг жорий вазиятларини мониторинг қилиш асосида саноат корхоналарининг ҳаётий циклини бошқариш бўйича тезкор қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи мультиагентли ёндашувни амалга оширишга мўлжалланган, мураккаб технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни такомиллашган рақамли бошқаришнинг Advanced Process Control and Optimization APC-тизимлари асосида қўйилган, саноат корхоналари ҳаётий циклини бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи киберфизик мультиагентли тизимларини қуришнинг асосий тамойиллари, усуллари ва алгоритмлари асосланган.

2. Тизимли декомпозициялаш усуллари асосида саноат корхоналари ҳаётий циклини бошқариш бўйича қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи мультиагентли тизимларнинг концептуал модели қурилган бўлиб, у дастурий-техник модуллартехник тавсифлари, шунингдек мультиагентли тизимлар стандарти билан чегараланган MAT топологик структураларини танлаш (топологияларни танлашда бошланғич маълумот

сифатида абонентлар тракти (элементлар уйғунлиги) нинг функцияларидаги маълумотлар олинади) масалаларини ечишга бўлган умумий ёндашувларни асослаш имконини беради.

3. Автоматлаштириш объектларининг бутун цикли бўйлаб ишлаб чиқариш технологик жараёнлари узлуксиз бўлган саноат корхоналари учун қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи интеграллашган бошқариш услубияти ишлаб чиқилган.

4. Рақамлаштиришнинг монанд концепциясини яратиш учун бошқаришнинг учта – майдоний локал автоматика осттизимлари, MES (Manufacturing Execution System) ҳамдаресурс ва захираларни бошқаришнинг ERP (Enterprise Recourse Planning) тезкор-диспетчерлик бошқаруви сатҳларида қуйидагилар аниқланган: бошқариш субъекти; бошқаришни таркиби ва сатҳларини тузилиши; шунингдек мавжуд структурага тегишлилиги бўйича ечиладиган масалаларнинг барча спектри учун бошқариш амаллари ранглланган; бошқариш объектларининг ҳаётий циклини барча босқичларида уларни ривожланиши энг яхши йўналишлари тизимли аниқланган; бошқаришнинг асосий сатҳларида ечиладиган масалалар шакллантирилган ва дастурий-алгоритмик тарзда амалга оширилган.

5. Билимлар ва маълумотларга ишлов беришнинг таклиф этилган архитектураси доирасида тугунларида локал объектлар билан координацион боғланган интеллектуал агентлар жойлашган мультиагентли тизимнинг веер структураси кўринишидаги федератив архитектураси таклиф этилган; агентлар коммуникациясининг парадигмаси, тақсимланган мультиагентли структураларда бошқаришнинг стратегияси аниқланган ҳамда агентларни координациялаш ва кооперациялаш тамойиллари ишлаб чиқилган.

6. Uzbekistan Gas To Liquid (UzGTL) лойиҳаси мисолида мажмуавий юқори технологик ишлаб чиқаришда инновацион АТ-ечимларини қўллаш, Experion Orion платформаси базасида “келажак операторлари консоли” инсон-машина интерфейси эргономикасига бўлган янги ёндашув асосида саноат ишлаб чиқаришини тезкор бошқаришни оптималлаштириш имконини беради.

7. Замонавий саноат корхоналарини рақамлаштириш соҳасида FORGE дастурий-аналитик платформасидан фойдаланилган бўлиб, у бошқаришнинг барча осттизимларидан келадиган, визуал аналитика шаклидаги, консолланган маълумотларни ягона портал ойнасида визуаллаштириш имконини беради.

8. Саноат ишлаб чиқаришлари ва мураккаб технологик жараёнларини оптималлаштириш масалаларини ечишда саноат Интернет буюмлари булутли технологияларини қўллаш, ишлаб чиқариш жараёнлари боришининг ўзгарувчан шароитлари доирасида саноат ишлаб чиқаришини ишончлилиги ва самарадорлигини узоқ муддатли йўл харитаси асосида ошириш ҳамда бошқариш қарорларини қабул қилиш вақтини қисқартириш 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

АБДУРАСУЛОВ ФАХРИТДИН РАУПОВИЧ

РАЗРАБОТКА МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМИ ЦИКЛАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С КОМПЛЕКСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СХЕМАМИ ВЫСОКОЙ СЛОЖНОСТИ

05.01.08 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2018.2.PhD/T700.

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.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Адилов Фарух Тулкунович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Марахимов Авазжон Рахимович**
доктор технических наук, профессор

Авазов Юсуф Шодиевич
доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент

Ведущая организация: **Бухарский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится «14» 10 2020 года в 10⁰⁰ 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 №164). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.)

Автореферат диссертации разослан «8» 10 2020 года.
(реестр протокола рассылки №20 от «13» 09 2020 года)

Н.Р.Юсупбеков
председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор, академик

У.Ф.Мамиров
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии по техническим наукам (PhD)

Х.З.Игамбердиев
Председатель Научного семинара
при Научном совете по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире современные концепции управления сложными технологическими процессами и производствами базируются на парадигме человеко-машинной организации процессов управления, в которой роль принятия управленческих решений на всех стадиях жизненного цикла сложных систем отводится человеку, а вычислительная машина обеспечивает информационную поддержку этапов выработки и генерации альтернативных вариантов решений. В этой области особое внимание уделяется разработке многоагентных систем поддержки решений для увеличения надежности современных систем управления, наряду с живучестью, безопасностью, эффективностью управления, в связи с этим особой задачей является использование многоагентных систем поддержки для решения задач управления сложными технологическими процессами в условиях неопределенности.

В мире ведутся научно-исследовательские работы с использованием систем поддержки принятия решений, обеспечивающих корректность решения задач управления сложными объектами за счет инфокоммуникационной поддержки конечного пользователя на различных этапах жизненного цикла создаваемой системы при помощи совокупности технологически взаимосвязанных сервисов, реализующих традиционные и перспективные информационные технологии. В этой связи осуществление целенаправленных исследований, в том числе, разработка многоагентных систем поддержки решений систем управления; повышение эффективности, надёжности и расширение функциональных возможностей сложных систем за счет использования интеллектуальных систем поддержки решений, считается одной из важных задач.

Сегодня в республике особое внимание уделяется вопросам разработки высокоэффективных мультиагентных систем поддержки принятия решений по проактивному управлению жизненными циклами промышленных предприятий, в которых реализуются современные комплексные технологические схемы высокой сложности, соответствующие методологии «Индустрии 4.0 и цифровой экономики». В «Стратегии развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы» поставлена ответственная задача: «...дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов»[2]. Для достижения поставленных задач существенно важным вопросом является разработка

[2]Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии действий по дальнешему развитию Республики Узбекистан» УП-4047 от 7 февраля 2017 года.

многоагентных систем поддержки решений по управлению жизненными циклами промышленных предприятий.

Данное диссертационное исследование затрагивает решение задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-4047 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», а также в постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-2772 от 13 февраля 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию управления, ускоренному развитию и диверсификации электротехнической промышленности на 2017-2021 гг.» №ПП-3365 от 01 ноября 2017 года «О мерах по дальнейшему укреплению инфраструктуры научно-исследовательских учреждений и развитию инновационной деятельности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан IV «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Проблемами управления жизненными циклами сложных технологических систем, каковыми безусловно являются многоагентные системы, занимаются ведущие научно-исследовательские высшие образовательные учреждения, в том числе: Honeywell (США), «Siemens» (ФРГ), «ABB» (Швейцария), «Allen Bradley» (США), Emerson Electric (США), University of California (США), University of Munster (ФРГ), University of Technology (США), Imperial College (Великобритания), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Южная Корея), Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Духова (Россия), ТашГТУ (Узбекистан) и другие.

Высокий вклад в проблемы мультиагентных систем поддержки принятия решений на всех этапах жизненного цикла промышленных предприятий внесли и вносят ведущие зарубежные ученые: J.F.Steffe, J.I.Lohrenz, R.A.Brown (США), M.Brizard, C.Verdier (Франция), Gert Böhme, J.F.Richardson, Bernard Coleman (Германия), И.З.Батыршин, С.В.Ульянов, В.Б.Тарасов, А.Н.Аверкин (Россия) и другие. Среди отечественных исследователей, внесших и вносящих весомый вклад в трактуемую в реферируемой диссертации научную проблему необходимо отметить ученых Д.А.Абдуллаева, М.М.Камилова, Т.Ф.Бекмутатова, Н.Р.Юсупбекова, Т.Д.Раджабова, Х.З.Игамбердиева, К.Р.Аллаева, Р.А.Захидова, С.С.Касымова, А.А.Кадырова, Ш.Х.Фазылова, Ф.Т.Адилову, А.Р.Марахимова, М.М.Каримова, С.К.Каримова, М.М.Мусаева и других.

Анализ современного состояния теории и практики реализации мультиагентных систем как отдельных объектов исследования свидетельствует о том, что при реализации современных парадигм разработки приложений, построенных как открытые сообщества взаимодействующих интеллектуальных агентов вопросы разработки

многоагентных систем поддержки принятия решений в условиях управления жизненными циклами промышленных предприятий с комплексными технологическими схемами высокой сложности остаются все еще малоисследованными и незавершенными.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов включённых в планы научно исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета на тему № Ф-4-56. «Разработка теоретических основ и методов структурно-параметрического синтеза интеллектуальных систем управления сложными технологическими объектами на основе нечетко-множественных отношений» (2012-2016).

Целью исследования является разработка мультиагентных систем (МАС) поддержки принятия решений по управлению жизненными циклами (ЖЦ) промышленных предприятий с комплексными технологическими схемами высокой сложности для повышения эффективности функционирования технологических комплексов и установок посредством применения концепции усовершенствованного (продвинутого) управления и оптимизации (Advanced Process Control&Optimization), а также современных ИТ- технологий.

Задачи исследования:

анализ современного состояния теории и практики построения мультиагентных систем поддержки принятия решений по управлению жизненными циклами, а также информационно-управляющих систем и выявление тенденций их дальнейшего развития и совершенствования;

формулирование концептуальных основ аналитического управления сложными многоуровневыми информационно-управляющими системами посредством реализации многоагентной технологии проактивного управления их жизненным циклом;

обоснование агентно-ориентированной технологии построения многоуровневых МАС распределенного координационного управления;

концептуальное моделирование в задачах синтеза мультиагентных информационно-управляющих систем;

разработка федеративной архитектуры системы корпоративного проектирования информационно-управляющих систем промышленных предприятий с непрерывным характером протекающих технологических процессов;

мультиагентный подход к реализации информационной поддержки информационно-управляющих систем на всех этапах их жизненного цикла;

организация обмена запросами в многоагентных схемах;

обоснование концепции повышения эффективности функционирования промышленного предприятия на основе цифровизации и применения программно-аналитической платформы Forge;

Объектом исследования являются многоагентные системы поддержки принятия решений по управлению жизненными циклами ИУС.

Предметом исследования являются модели, методы и алгоритмы построения мультиагентных систем поддержки принятия решений (СППР) для управления сложными технологическими процессами и производствами.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы методы системного анализа сложных химико-технологических процессов и систем, современной теории автоматического управления, теории искусственного интеллекта, многоагентных систем, систем поддержки принятия решений, управления жизненными циклами промышленной продукции, математической логики, а также методов системотехники.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана модель поведения элементов распределенного объекта управления на основе ассоциативного взаимодействия агентов;

разработана многоагентная интегрированная ИУС для производственного кластера Устюртского газохимического комплекса и его программно-методический комплекс;

разработана система интеграции распределенных баз данных и информационных потоков с помощью технологии интернет/интранет;

разработана модель рационального интеллектуального агента как программного инфобота процесса принятия решения;

разработан алгоритм системы поддержки принятия решений в условиях неопределенности и рисков.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны алгоритмы мультиагентных систем поддержки принятия решений по проактивному управлению жизненными циклами информационно-управляющих систем;

предложены модели поведения интеллектуального рационального агента;

разработаны алгоритмы и программное обеспечение задач поддержки принятия решений в условиях неопределенности внешней и внутренней информации;

разработана федеративная архитектура информационно-управляющей системы в виде многоагентной системы, объединяющей в своем составе системы низовой полевой автоматики, системы оперативно-диспетчерского управления технологическими процессами и системы верхнего уровня управления ресурсами и запасами.

На базе программно-реализационной SCADA системы Устюртского газохимического комплекса создан и эксплуатируется компьютерный тренажерный комплекс, на котором проходят подготовку операторы и диспетчерский персонал нефтеперерабатывающей и химической промышленности Республики.

Достоверность результатов исследования. Научная достоверность и обоснованность полученных результатов основаны на применении классического математического аппарата современной теории управления, практически полном совпадении теоретических результатов с итогами

промышленных испытаний известных прототипов системы продвинутого управления сложными технологическими процессами и производствами, на позитивных результатах опытно-промышленных испытаний и внедрения разработок диссертации.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования состоит в том, что формализована модель мультиагентных систем, в отличие от существующих учитывающая реакцию окружающей внешней среды на действия или бездействия агентов как интерактивных сущностей самой среды.

Практически значимым результатом является реализация концепции повышения эффективности функционирования промышленного предприятия и его информационно-управляющей системы на основе цифровизации и применения программно-аналитической платформы FORGE фирмы Honeywell, а также разработка АСУТП «Uz-KorGas Chemical» с использованием системы Experion PKS и программного логического контроллера Master Logic 200R.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке многоагентных систем поддержки решений по управлению жизненными циклами промышленных предприятий с комплексными технологическими схемами высокой сложности промышленных предприятий внедрены:

разработанная мультиагентная интегрированная информационно-управляющая система для производственного кластера, объединяющего в своем составе завод по сепарации газа, заводы по производству этилена, полиэтилена, полипропилена и общезаводское хозяйство внедрено на Устюртском газохимическом комплексе (справка АО «Узбекнефтгаз» № 08/41-2-370 от 23 июня 2020 года). В результате снижено время, затраченное на оперативный анализ информации о технологическом процессе;

алгоритм системы интеграции распределенных базы данных и информационных потоков с помощью технологии интернет/интранет. (справка АО «Узбекнефтгаз» № 08/41-2-370 от 23 июня 2020 года). В результате достигнута стабильность технологического режима протекания процесса и повышена эффективность его функционирования;

алгоритм системы поддержки принятия решений в условиях неопределенности и рисков (справка АО «Узбекнефтгаз» № 08/41-2-370 от 23 июня 2020 года). В результате обеспечивается эффективное решение задач управления на базе информационных технологий;

алгоритм взаимодействия интеллектуальных агентов на основе ассоциативной памяти (справка АО «Узбекнефтгаз» № 08/41-2-370 от 23 июня 2020 года). В результате повышена эффективность взаимодействия интеллектуальных агентов, а также надёжность и действенность принимаемых управленческих решений.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования докладывались на 4 научно-технических конференциях, в том числе на 3 международных.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационного исследования опубликовано всего 7 научных работ, из них 3 в научных журналах из перечня ВАК Республики Узбекистан, в том числе 2 научных статей в международных изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитированной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 121 страниц машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность, сформулированы основная цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, отражена научная новизна, показана теоретическая и практическая значимость полученных результатов, содержатся сведения об апробации и внедрении результатов работы.

Первая глава диссертации посвящена критическому анализу современного состоянии теории и практики предметной области диссертационного исследования. В ней рассматривается применение целого ряда инновационных решений задач проектирования сложных высокотехнологичных производств. В качестве наглядного примера объекта информатизации описывается проектируемой в настоящее время производственный комплекс Uzbekistan Gas to Liquid (UzGTL). Детально описывается прямой экономический эффект от внедрения комплекса ИТ-решений по оптимизации оперативного управления производством. Особый акцент делается на кардинально новом подходе к эргономике человеко-машинного интерфейса, заключающемся в применении операторских консолей будущего на базе платформы Experion Orion.

Реализация проектов высокого уровня сложности в рамках стратегии «Индустрии 4.0» невозможна без принятия руководством стратегического решения по внедрению самого высокого уровня информатизации производственного объекта. Именно тотальная информатизация объекта – основополагающий подход при проектировании и залог успеха. Данный аспект неизбежно ведет сначала к интеграции производственного сообщества в глобальное информационное пространство, а затем и к цифровизации всего гражданского общества, что является показателем повышения уровня его цивилизации и культуры.

Таким образом, существует востребованная научно-техническая задача структурно-параметрического анализа и синтеза управления жизненными циклами информационно-управляющих систем, ориентированных на решение задач выработки управляющих воздействий на базе системного подхода к анализу и прогнозу производственно-технологических ситуаций для реализации экстремальных режимов управления объектом исследования. Применяемые для решаемой задачи новые технологии информационного анализа данных хранилища или склады, витрины данных: хранилища или склада, витрины данных Data Warehouse (DW), связаны с необходимостью

накопления и оперативной обработки сверхбольших объемов ретроспективной информации.

Задачи построения систем поддержки принятия решений (СППР) и связанные с ними вопросы ситуационного анализа и оперативно-прогнозного управления рассматривались и ранее, но эффективность их решения была низкой, типовые математические технологии анализа и аппарат предсказание развития производственного-технологической ситуации применялись в крайне незначительном объеме.

Вторая глава диссертации трактует вопросы концептуального моделирования в задачах синтеза мультиагентных информационно-управляющих систем. Процесс проектирования мультиагентных систем (МАС) как информационно-вычислительных сетей и систем – сложный и итерационный, требующий учета значительного объема слабоформализуемых явлений в условиях недостаточности и нечеткости исходной информации.

При этом с теоретической точки зрения создаваемая МАС рассматривается в виде упорядоченного набора следующих компонент:

$$<\Omega, A, B, N, \Theta>, \quad (1)$$

где Ω и А –задачи и функции системы; *B*– реализация системы; *N* – множество элементов Ω,*A*, *B*; Θ- функционирование системы.

Каждую из компонент кортежа (1) можно представить математической моделью того или иного типа. Введем в рассмотрение множество объектов, входящих в состав системы, и множество отношений между ними.

Мультиагентные системы могут создаваться для решения различных задач, при этом специфичность циркулирующей в них информации предопределяет конкретные требования к архитектуре создаваемых систем. При этом основное внимание следует уделять управлению потоками информации в них. Представим МАС как совокупность абстрактных информационных объектов:

$$s = \{s_j\}, \quad (2)$$

Каждому объекту $S_i \in S$ поставим в соответствие описание его состояния X_{S_i} в виде следующего кортежа:

$$x_{s_i} =< A_{s_i}, Ds_i > \quad (3)$$

где $A_{S_i} = \{a^1_{s_i}, a^2_{s_i}, \dots, a^n_{s_i}\}$ - множество имен свойств *i*-го информационного объекта; $D_{S_i} = \{d^1_{s_i}, d^2_{s_i}, \dots, d^n_{s_i}\}$ - множество доменов соответствующих свойств *i*-го информационного объекта.

Совокупность информационных объектов будет описываться множеством состояний информации:

$$X_s = \{Xs_i\}, \quad (4)$$

На множестве X_s можно установить функциональные отношения:

$$R=\{r_i\}, \quad (5)$$

где $R \in X_s \times X_s$ - множество функциональных отношений, определяемых сменой состояний X_{s_i}, то - есть множество функций обработки информации

(например, r_1 - получение информации, r_2- передача информации, r_3- обработка информации, r_4- хранение информации, r_5- отображение информации и т.д.).

Каждой из этих функций поставим в соответствие описание ее состояния в виде следующего кортежа:

$$X_{R_i} =< A_{R_i}, D_{R_i} >, \quad (6)$$

где $X_{S\Omega}$ - множество имен свойств i-ой функции обработки; $D_{R_i} = \{d^1_{R_i}, d^2_{R_i}, \dots, d^n_{R_i}\}$ - множество доменов, соответствующих i-ой функции обработки.

При функционировании рассматриваемой системы элементы множества состояний информации *Xs* и функциональные отношения *R* образуют граф изменения состояний информации G_S (1), на котором можно выделить подграфы $G^1_S, G^2_S, \dots, G^k_S$ и т.д., отражающие процесс обработки информации в соответствующей подсети. Выделяемые подграфы связаны между собой межсетевым взаимодействием.

Для описания характеристики элементов программно-технического комплекса (ПТК) сети, введем в рассмотрение множество программно-технических модулей (ПТМ):

$$W=\{W_i\}, \quad (7)$$

где W_i - модуль ПТК ИУС, который может быть аппаратным или программным блоком.

Каждому программно-техническому модулю $W_i \in W$ поставим в соответствие описание его состояния X_{W_i}в виде следующего кортежа:

$$X_{W_i} =< A_{W_i}, D_{W_i} >, \quad (8)$$

где $A_{W_i} = \{a^1_{W_i}, a^2_{W_i}, \dots, a^n_{W_i}\}$ - множество имен свойств *i*-ой функции обработки; $D_{W_i} = \{d^1_{W_i}, d^2_{W_i}, \dots, d^n_{W_i}\}$ - множество доменов соответствующих атрибутов.

Характеристики программно-технических модулей будут описываться множеством состояний модулей ПТК ИУС:

$$X_W = \{X_{W_i}\}.$$

Одним из важнейших свойств каждого программно-технического модуля сети является аппаратная или программная совместимость с другими модулями. Поэтому на множестве состояний модулей ПТК ИУС X_W необходимо выделить отношения совместимости:

$$H=\{h_i\}, \quad (9)$$

где $H \in X_W \times X_W$ - множество отношений совместимости, связывающих различные программно-технические модули.

Элементы множества X_W и отношений совместимости *H* образуют граф G_W, отражающий состояния элементов ПТК ИУС и взаимосвязи между этими состояниями.

Рассматривая произвольную ИУС, можно заметить, что между функциональными состояниями X_R и состояниями X_W, существуют отношения, определяемые следующим соотношением:

$$Q \in X_R \times X_W \ . \qquad (10)$$

Выражение (10) следует интерпретировать как соответствие типовым функциям обработки информации типовых модулей ПТК ИУС.

Создание ИУС, как правило, осуществляется на базе стандартных компонентов программного и технического обеспечений. В целях учета ограничений, накладываемых тем или иным стандартом вычислительной системы (ВС), введем в рассмотрение множество стандартов ИУС:

$$V=\{V_{\mathrm{i}}\}, \qquad (11)$$

где V_{i}- тот или иной стандарт ИУС.

Между X_V и состояниями модулей ПТК X_{W} существуют отношения, определяемые следующим соотношением:

$$E \in X_W \times X_V \ , \qquad (12)$$

Каждому стандарту ИУС $V_{\mathrm{i}} \in V$поставим в соответствие описание его состояния X_{V_i}в виде следующего кортежа:

$$X_{V_i} =< A_{V_i}, D_{V_i} >,$$

где $A_{V_i} = \{a^1_{V_i}, a^2_{V_i}, \dots, a^n_{V_i}\}$ множество имен свойств i-го стандарта ИУС; $D_{V_i} = \{d^1_{V_i}, d^2_{V_i}, \dots, d^n_{V_i}\}$ - множество доменов соответствующих атрибутов.

Определенному стандарту ИУС соответствует свой набор программно-технических модулей. Тогда совокупность стандартов ИУС будет отражаться множеством состояний стандартов ИУС $X_V = \{X_{V\,i}\}$.

Набор программно-технических модулей, соответствующих тому или иному стандарту ИУС, образует подмножество X_W. Обозначим такие подмножества стандартных модулей $X^{st}_{W_i}$, при этом очевидно, что $X_W = \bigcup_l X^{st}_{W_i}$.

Необходимо подчеркнуть, что предлагаемая классификация объектов ИУС и выявленные отношения между этими объектами дают возможность обеспечить построение сетей из стандартных унифицированных модулей по модульному принципу, являющемуся важным аспектом организации ИУС.

Наличие классификации состояний объектов ИУС и отношений между ними позволяет построить описания состояний и выбора альтернатив при проектировании информационно-управляющих систем, представляющих собой модели системных элементов: $\boldsymbol{\Omega}$, F, C, K и Θ.

Модель цели *ВС* формально обозначим в виде следующего кортежа:

$$\Omega =< X_\Omega, \boldsymbol{\Psi}, \boldsymbol{U} >, \qquad (13)$$

На практике наиболее часто встречается ситуация, когда в техническом задании на проектирование представлены требуемые значения характеристик состояний информации, модулей ПТК и стандарта сети, т.е. заданы целевые состояния системы. В этом случае первый элемент кортежа - множество X_Ω, которое задано определением количественных и качественных характеристик целевых состояний системы. На множестве X_Ω можно

выделить следующие подмножества: $X_{S\Omega}$ – подмножество желаемых состояний информации, $X_{W\Omega}$ - подмножество желаемых состояний модулей ПТК и $X_{V\Omega}$ - множество желаемых состояний стандарта ВС.

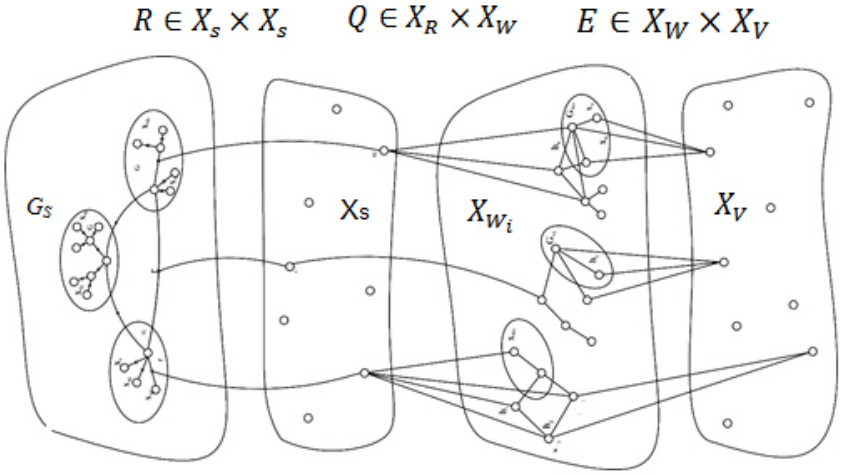


Рис.1. Граф изменения состояний информации

Очевидно, что

$$X_\Omega = X_{S\Omega} \cup X_{W\Omega} \cup X_{V\Omega}, X_{S\Omega} \cup X_{W\Omega} \cup X_{V\Omega} = \emptyset\,.$$

Второй элемент кортежа (13) представляет собой вектор критериев эффективности системы, для которого необходимо найти оптимум в пределах области допустимых состояний системы:

$$\underset{x \epsilon \Theta_x}{opt} \boldsymbol{\Psi}\,(\boldsymbol{\Psi_1}\,(\overline{\boldsymbol{x}}), \boldsymbol{\Psi_2}\,(\overline{\boldsymbol{x}}), \ldots, \boldsymbol{\Psi_l}\,(\overline{\boldsymbol{x}}));$$
$$\Theta_x = \{\overline{x} \mid \Phi_1(\overline{\boldsymbol{x}}) \geq 0, \Phi_2(\overline{\boldsymbol{x}}) = 0\}; \qquad (14)$$
$$\bar{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

$\bar{x}$ - вектор состояний системы; Θ_x - область допустимых состояний системы, задаваемая ограничениями типа равенств или неравенств.

Третий элемент кортежа (13) U - характеризует отношения предпочтения ЛПР и обеспечивает формализацию функций предпочтения ЛПР. Эти отношения определяются на множестве состояний информации X_s, на множестве состояний модулей ПТК ИУС X_w, а также и на множестве состояний стандартов ИУС X_V.

Следует отметить, что отношения U обеспечивают формализацию предпочтения не только отдельных программно-технических модулей, но и целых групп модулей, то-есть, относятся к классу гиперотношений.

Таким образом, на основе системной декомпозиции построена концептуальная модель процесса проектирования ИУС, позволяющая обосновать общие подходы к решению задач проектирования. Представляемая в форме кортежа параметров состояния исследуемого объекта и отношений между ними, концептуальная модель служит основой для разработки конкретных методов и алгоритмов синтеза проектных решений в условиях нечеткой исходной информации.

Третья глава диссертации посвящена вопросам повышения эффективности управления промышленным предприятиям на базе программно-аналитической платформы FORGE.

В рамках работы над диссертационным исследованием разработан алгоритм расчета мультиагентной системы для сложного технологического процесса производственного предприятия. В качестве базового примера выполнения данного алгоритма принят технологический процесс аминовой очистки природного газа, являющийся составной частью производственного процесса завода по разделению газа Устюртского газохимического комплекса. Алгоритм расчета МАС процесса аминовой очистки природного газа заключается в выборе оптимального значения добавочного теоретического коэффициента, в зависимости от нескольких величин (температура, давление, концентрация амина, концентрация кислых газов во входящем потоке), для каждой из которых проводится свой подсчет оптимального добавочного коэффициента.

Применение данного алгоритма на практике помогает существенно снизить энергозатраты процесса и потери раствора метил диэтаноламина из-за уноса. Структура и блок-схема алгоритма для подсчета оптимального добавочного коэффициента с последующей корректировкой данных по замерам газового анализатора и параметрах расходов, представлена на рисунке 2

Добавочные коэффициенты, определяются следующим уравнением:

$$K = \frac{(100 - K_{\text{тек.значение}\,\%})}{100} \qquad (15)$$

Для определения значения $K_{\text{общ.}}$ воспользуемся следующим уравнением:

$$K_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{n} K_i \,/n, \qquad (16)$$

где n-добавочный коэффициент (n =4), K_i- коэффициент зависимости от концентрации.

В настоящее время при разработке интеллектуальных интегрированных систем (ИУС) имеют место указанные выше направления. Все они поддерживаются теми или иными программными пакетами или системами. В то же время ни одна из существующих систем в полной мере не отвечает приведенным принципам построения интеллектуальных интегрированных ИУС. Ни одна из них не обеспечивает выполнение всех этапов жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Лучшие из них имеют начальный уровень работы со знаниями и поэтому в малой степени инициализированы под каждое предприятие.

В реферируемой работе представлены разработки в среде дигитализации современной промышленности – программно-аналитической платформы FORGE от компании Honeywell, позволяющей визуализировать в окно единого портала консолидированные данные из всех систем информатизации и автоматизации промышленных предприятий. При этом платформа FORGEпредставляет собой не просто программную оболочку для визуализации данных, полученных путем интеграции набора различных

интерфейсов, но являет собой полноценную вычислительную и систематическую платформу, работающую с большими объемами данных и построенную согласно концепции промышленного Интернета вещей (IOT). Рассматриваемая концепция заключается в максимальной цифровизации внешней и внутренней информации исследуемой системы, моделировании состояний объекта исследования в применении методик вычислительных аналитик больших объемов данных BIGDATA как от реальных физических объектов, так и от моделей их виртуальных цифровых двойников.

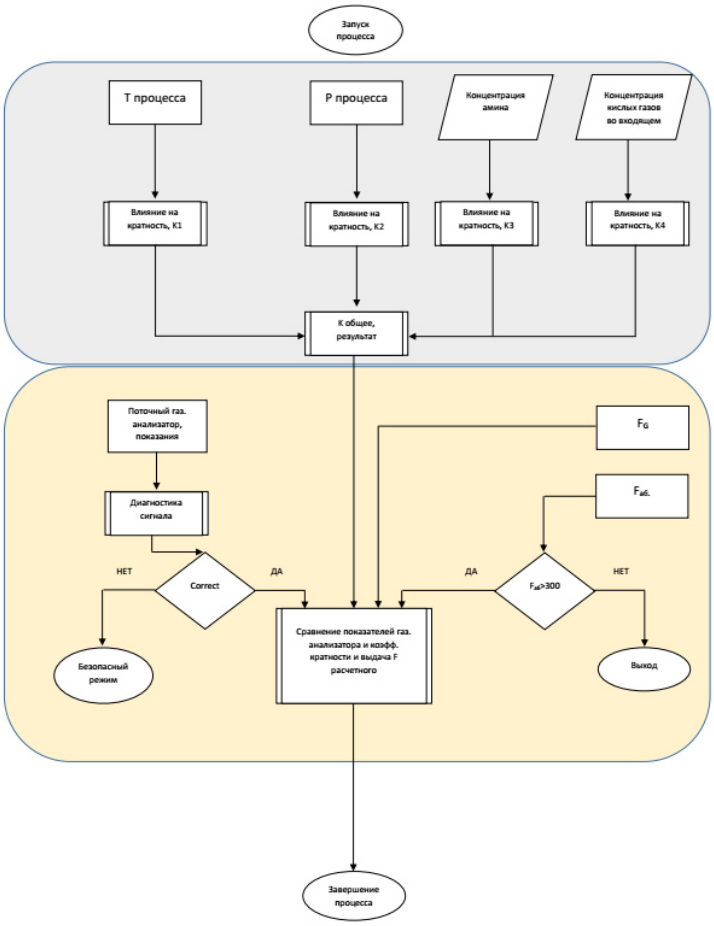


Рис.2. Алгоритм расчета процесса очистки природного газа

Четвёртая глава диссертационного исследования иллюстрирует применение инновационных ИТ – решений при реализации киберфизических систем в классе «Индустрия 4.0».

Цель реализации рассматриваемого в реферируемой диссертации проекта UzGTL состоит в вовлечении широкого круга экспертов, начиная с самых ранних этапов и кончая завершающим, конечным этапом жизненного цикла промышленного предприятия.

В качестве так называемого MAC-контрактора были выбраны международная компания Honeywell. Методологию анализа и синтеза информационной модели промышленного предприятия отображает рис.3.

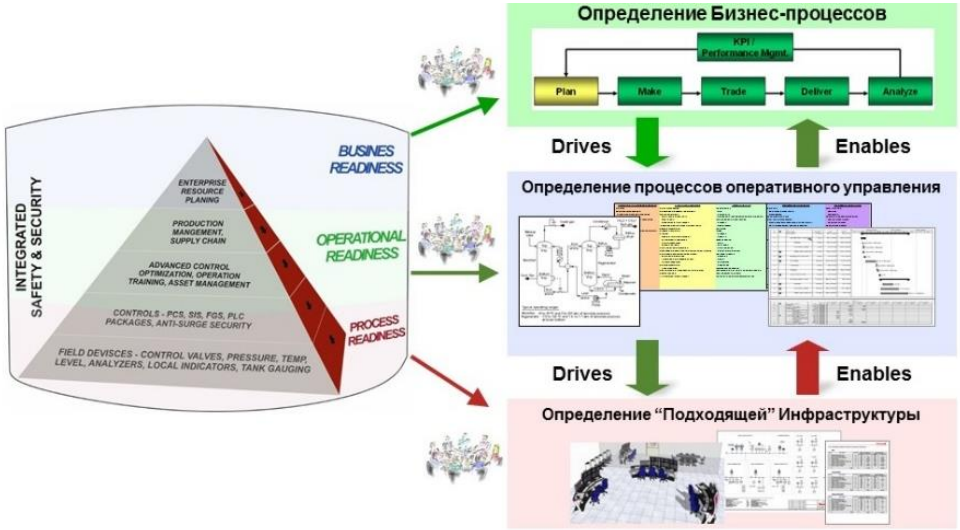


Рис.3. Методология анализа и синтеза информационной модели предприятия.

Упрощенно архитектура серверной платформы ProcessHistoryDatabase (PHD) фирмы Honeywell показана на рис.4. Она построена в полном соответствии со стандартами кибербезопасности промышленного объекта.

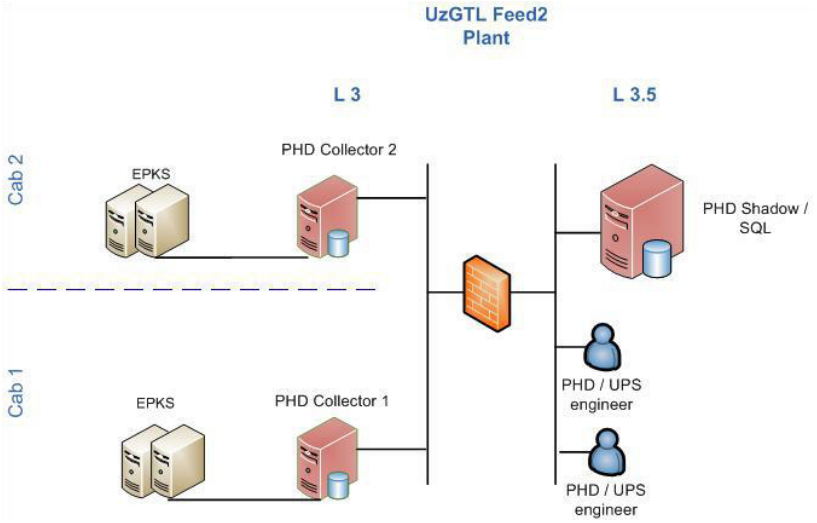


Рис.4. Упрощенная архитектура серверной платформы PHD.

Помимо функции сбора данных серверная платформа базы данных реального времени БДРВ PHD выполняет важнейшую функцию предоставления данных всем верхним уровням информационной модели промышленного комплекса UzGTL. Система баланса производственных данных ориентирована на методику обнаружения и устранения случайных и грубых ошибок (очистка данных путем статистического анализа, математические вычисления материальных и энергетических балансов, алгоритмы условной оптимизации и другие).

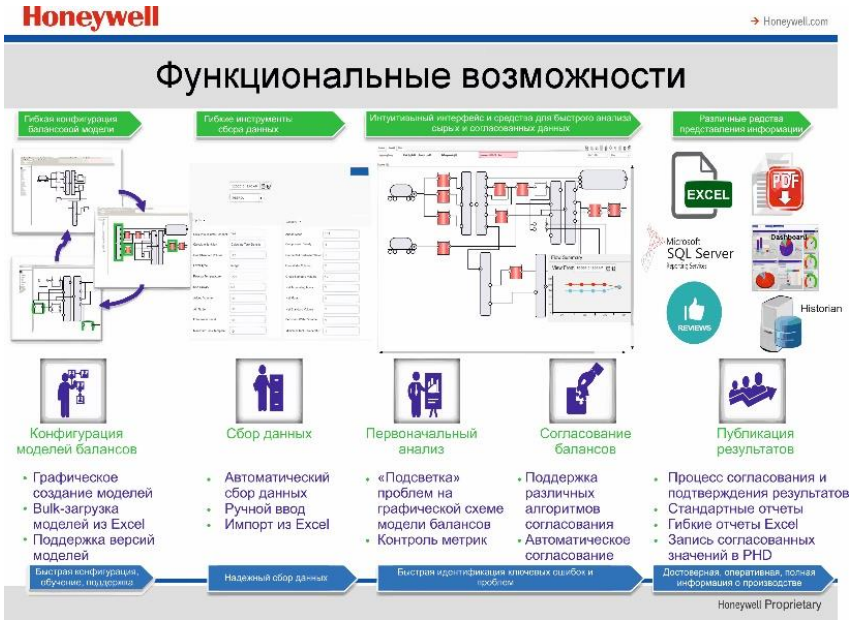


Рис.5. Функциональные возможности системы согласования балансов производственных данных.

Все эти методы используются для преобразования так называемых «серых данных» от датчиков, измерительных преобразователей и полевых приборов в «согласованные достоверные данные». Наглядно функционал DataReconciliation проиллюстрирован на рис.5.

В реферируемой диссертационной работе отражено применение промышленного Интернета вещей (IoT) на современных промышленных предприятиях, в том числе и на проектируемом UzGTL. Рассмотрены современные разработки в сфере Интернета вещей и их применение, обеспечивающее доказанное повышение эффективности управлении жизненным циклом продукции и предприятия в целом. Трактуются научные проблемы интеграции данных из многих источников и обработки больших объемов данных, проблема повышения надежности и эффективности функционирования предприятий путем оптимизации технологических и энергетических режимов и посредством внедрения инструментов прогнозирования производственных ситуаций. В качестве решения рассматриваемых проблем в работе изложены концепция, методология и приведены конкретные информационные технологии от компании Honeywell с результирующими выводами.

Повышение оперативности управления производством достигается за счет исключения человеческого фактора при передаче команд и информации между различными стратами и ступенями управления, а повышение объективности и точности принятия управленческих решений обеспечивается за счет интеграции производственных и технологических данных и о состоянии оборудования. Обязательный элемент в предлагаемой концепции _ MES – подсистема, которая обеспечивает взаимодействие, визуализацию, управление и анализ информации о технологическом процессе, промышленном производстве из различных источников, в том

числе источников данных в экономической среде на базе открытых интернет приложений, а также веб-браузера.

Резюмируя, необходимо особо подчеркнуть, что без всяких преувеличений проект UzGTL можно назвать ярким флагманом инновационных и высокотехнологических проектов в классе реализации киберфизических систем «Индустрии 4.0», реализуемых в данное время в Республике Узбекистан. Выбранный руководством и непосредственными исполнителями проекта подход к созданию и воплощению концепции информационной модели технологического комплекса ставит планку выполнения проекта на качественно более высокий уровень. Существенно важно, что в рассматриваемой концепции по умолчанию заложен механизм постоянной самооптимизации. В завершение к этому данная модель открывает для производственного комплекса новые горизонты дальнейшей интеграции с другими производственными кластерами и вывода информации на мировой общепланетарный уровень – в аналитическое облако Honeywell в составе глобальной информационной сети, что позволяет синхронизировать работу объекта с подобными объектами, а также обеспечить непосредственный доступ к незамедлительным и точным рекомендациям экспертов-производителей технологического оборудования и лицензиаров технологических процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения диссертационной работы «Разработка мультиагентных систем поддержи решений по управлению жизненными циклами промышленных предприятий с комплексными технологическими схемами высокой сложности» получены следующие новые научные результаты:

1. Обоснованы базовые принципы, методы и алгоритмы построения киберфизических мультиагентных систем поддержки принятия решения по управлению жизненными циклами промышленных предприятий, положенные в основу Advanced Process Control and Optimization APC-систем усовершенствованного (или продвинутого) цифрового управления сложными технологическими процессами и производствами, ориентированных на мультиагентный подход поддержки принятия оперативных решений по управлению жизненными циклами промышленных предприятий на основе мониторинга текущей производственной ситуации.

2. На основе методов системной декомпозиции построена концептуальная модель мультиагентной системы поддержки принятия решений по управлению жизненными циклами промышленных предприятий, позволяющая обосновать общие подходы к решению задач выбора топологической структуры МАС (в качестве исходных данных при выборе топологии выступают расположение абонентских трактов (компоновка элементов), ограниченная, накладываемые техническими характеристиками

программно-технических модулей, а также стандарт мультиагентной системы.

3. Разработана методология интегрированного управления поддержкой принятия решений для промышленных предприятий с непрерывным характером технологических процессов производства по всему циклу объектов автоматизации.

4. Для создания адекватной концепции цифровизации на трех уровнях управления – подсистем полевой локальной автоматики, MES (Manufacturing Execution System) и оперативно-диспетчерского управления ERP (Enterprise Recourse Planning) управления ресурсами и запасами – однозначно определены: субъект управления; состав и структура уровней (страт) управления; а также ранжированы управленческие процедуры для всего спектра задач, решаемых по отношению к существующим структурам; системно определены наилучшие направления развития объектов управления на всех этапах их жизненного цикла; осуществлена формализация и программно-алгоритмическая реализация задач, решаемых на этих основных ступенях управлении.

5. В рамках предложенной архитектуры обработки знаний и данных предложена федеративная архитектура мультиагентной системы в виде веерной структуры, в узлах которой располагаются интеллектуальные агенты, координационно связанные с локальными объектами; определена парадигма коммуникации агентов, стратегия управления в распределенных мультиагентных структурах и разработаны принципы координации и кооперации агентов.

6. Применение инновационных ИТ-решений в комплексном высокотехнологичном производстве на примере проекта Uzbekistan Gas to Liquid (UzGTL) обеспечивает оптимизацию оперативного управления промышленным производством на основе нового подхода к эргономике человеко-машинного интерфейса - «операторских консолей будущего» на базе платформы Experion Orion.

7. В сфере цифровизации современного промышленного предприятия использовала программно-аналитическая платформа FORGE, позволяющая визуализировать в окне единого портала консолидированные данные в виде визуальной аналитики из всех подсистем управления.

Применение облачных технологий промышленного Интернета вещей к решению задач оптимизации сложных технологических процессов и промышленных производств позволяет на основе долгосрочной дорожной карты повысить надежность и эффективность промышленного производства в рамках изменяющихся условий протекания производственных процессов, и сократить время на принятие управленческих решений.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ABDURASULOV FAKHRITDIN RAUPOVICH

DEVELOPMENT OF MULTI-AGENT SUPPORT SYSTEMS FOR LIFE CYCLE CONTROL SOLUTIONS FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES WITH COMPLEX TECHNOLOGICAL SCHEMES OF HIGH COMPLEXITY

05.01.08 – Automation and control of technological processes and manufactures (technical sciences)

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

Tashkent – 2020

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2018.2.PhD/T700.

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:	**Adilov Farruh Tulkunovich** doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	**Maraximov Avazjon Raximovich** doctor of technical sciences, professor
	Avazov Yusuf Shodiyevich PhD in technical sciences, docent
Leading organization:	**Bukhara Engineering Technological Institute**

Defense of dissertation will take place in «14» 10 2020 at 10⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 246-46-00; fax: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent State Technical University (registration number 164). (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 246-03-41.)

Abstract of dissertation sent out on «8» 10 2020 year.
(mailing report № 20, on «19» 09 2020 year).

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

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

H.Z.Igamberdiev
Chairman of the Academic seminar
under the Scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is the development of methods and algorithms for building multi-agent decision support systems for managing the life cycles of industrial enterprises with complex technological schemes of high complexity.

The object of research is multi-agent decision support systems for managing the life cycles of informational-control systems.

The scientific novelty of the research is as follows:

a model of behavior of elements of a distributed control object has been developed based on the associative interaction of agents;

a multi-agent integrated IMS for the production cluster of the Ustyurt gas chemical complex and its software and methodological complex have been developed;

a system for the integration of distributed databases and information flows using Internet / intranet technology was developed;

a model of a rational intelligent agent as a software infobot of the decision-making process was developed;

the algorithm of the decision support system in conditions of uncertainty and risks has been developed.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained on the development of multi-agent systems for supporting solutions for managing the life cycles of industrial enterprises with complex technological schemes of high complexity, the following results have been implemented:

developed multi-agent integrated information and control system for a production cluster that includes a gas separation plant, ethylene, polyethylene, polypropylene production plants, and a general utilities and off-site facilities was implemented at the Ustyurt gas chemical complex (Reference of JSC “Uzbekneftegaz” of Republic of Uzbekistan with № 08/41-2-370 dated by 23.06.2020). As a result, the structure of a distributed intelligent system is proposed, with nodes containing coordinating intelligent agents associated with local intelligent agents;

algorithm for integration of distributed databases and information flows of Internet of things (IOT) technologies, cloud computing technology and the European concept "industry 4.0" (Reference of JSC “Uzbekneftegaz” of Republic of Uzbekistan with № 08/41-2-370 dated by 23.06.2020). As a result, the types and paradigms of communication, management strategies in distributed multi-agent systems are defined and forward-looking principles of coordination and cooperation of agents are formulated within the framework of the proposed structure of an intelligent data and knowledge processing system;

algorithm of decision support system in conditions of uncertainty and risks (Reference of JSC “Uzbekneftegaz” of Republic of Uzbekistan with № 08/41-2-370 dated by 23.06.2020). As a result, it provides an effective solution of management problems based on information technologies;

algorithm for interaction of intelligent agents based on associative memory (Reference of JSC “Uzbekneftegaz” of Republic of Uzbekistan with № 08/41-2-

370 dated by 23.06.2020). As a result, the efficiency of interaction between intelligent agents increases and the validity and effectiveness of management decisions increases.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of cited literature and attachments. The volume of dissertation is 121 pages of typewritten text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Yusupbekov N.R., Abdurasulov F.R., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Application of Cloud Technologies for Optimization of Complex Processes of Industrial Enterprises. In: Aliev R., Kacprzyk J., Pedrycz W., Jamshidi M., Sadikoglu F. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019, vol 896. –pp. 852-858. DOI: 10.1007/978-3-030-04164-9_112 (11, Springer)
2. Yusupbekov N.R., Somakumaran Sujith, Narwadkar Anand, Abdurasulov F.R., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Advantages of analytic solutions of sentience cloud platform // Chemical Technology. Control and Management, Tashkent, 2018, N4-5, –pp.82-83. (05.00.00; №12)
3. Yusupbekov N.R., Abdurasulov F.R., Adilov F.T., Ivanyan A.I.. Implementation of intelligent technologies for managing of gas-chemical complex on the example of Uzbekistan Gas to Liquid (UZGTL) project // International Journal of Engineering and Science, Vol.8, Issue 1 (January 2018), PP -14-20, Issn (e): 2278-4721, Issn (p):2319-6483, www.researchinventy.com. (40, ResearchGate)

II бўлим (Часть II; Part II)

4. Yusupbekov N., Abdurasulov F., Adilov F., Ivanyan A. (2020) Application of Advanced Process Control Technologies for Optimization of Polymers Production Processes / 10th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perceptions - ICSCCW-2019. – pp. 345-351. doi.org/10.1007/978-3-030-35249-3_44
5. Yusupbekov N.R., Isakova S.I., Abdurasulov F.R., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Simulation of turbines technological process on power generation in 3d environment of Unisim design / Proceedings of the 13th International Scientific Conference “Control of Power Systems 2018”, High Tatras, Slovak Republic, June 5-7, 2018, –pp. 99-103.
6. Н.Р. Юсупбеков, Ф.Р. Абдурасулов, Ф.Т. Адилов, А.И. Иваньян. Применение технологий Промышленного Интернета вещей на современных производственных предприятиях // Мягкие измерения и вычисления. - 2018., №12. –С. 26-30.
7. Yusupbekov N.R., Abdurasulov F.R., Sattarov Sh.B., Jin Jung Hwa, Adilov F.T., Ivanyan A.I. Application of innovative IT-solutions in complex high-technology production on the example of Uzbekistan Gas to Liquid (UzGTL) project / Proceedings of the International Conference on Integrated Innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, October 26-27, 2017, Volume II, –pp. 10-15.
8. Yusupbekov N.R., Jurayev T.T., Abdurasulov F.R., Sattarov Sh.B., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Investigation of further improvement of Integrated

Intelligent Control System for Ustyurt Gas-Chemical Complex / Халкаро илмий-техникавий конференция маърузалари туплами. Технологик жараёнлар ва ишлаб чикаришларни автоматлаштириш ва оптималлаштиришнинг долзарб муаммолари, Карши, Ноябрь 17-18, 2017, 43-47 б.

Автореферат “Technical science and innovation” илмий журнали таҳririятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва интлиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими 60x84 1/16. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи: 3,5. Адади 20 нусха. Буюртма № 185.

Гувохнома № 10-3719
“Тошкент кимё технология институти” босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кучаси, 32-уй.