

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.13/30.12.2019.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

---

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР**  
**УНИВЕРСИТЕТИ**

**КАЛАНДАРОВ ИЛЁС ИБОДУЛЛАЕВИЧ**

**ДИСКРЕТ АХБОРОТ ТИЗИМЛАРИ ВА ЖАРАЁНЛАРИНИНГ**  
**ДИНАМИК ФУНКЦИОНАЛ ЖАДВАЛЛАР АСОСИДАГИ**  
**МОДЕЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.10 – Ахборот олиш тизимлари ва жараёнлари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ**  
**АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2022**

**Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**

**Contents of the abstract of Doctoral (DSc) dissertation**

**Каландаров Илёс Ибодуллаевич**

Дискрет ахборот тизимлари ва жараёнларининг динамик функционал жадваллар асосидаги моделлари ва алгоритмлари.....3

**Каландаров Илёс Ибодуллаевич**

Модели и алгоритмы дискретных информационных процессов и систем на базе динамических таблиц функционирования.....27

**Kalandarov Ilyos Ibodullayevich**

Models and algorithms of discrete information processes and systems based on dynamic functioning tables.....51

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 55

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ЎЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.13/30.12.2019.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

---

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР**  
**УНИВЕРСИТЕТИ**

**КАЛАНДАРОВ ИЛЁС ИБОДУЛЛАЕВИЧ**

**ДИСКРЕТ АХБОРОТ ТИЗИМЛАРИ ВА ЖАРАЁНЛАРИНИНГ**  
**ДИНАМИК ФУНКЦИОНАЛ ЖАДВАЛЛАР АСОСИДАГИ**  
**МОДЕЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.10 – Ахборот олиш тизимлари ва жараёнлари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ**  
**АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2022**

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.3.DSc/T359 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Кабулов Анвар Василевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Рахматуллаев Марат Алимович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Зайнидинов Хакимжон Насридинович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Маматов Алишер Зулунович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университетидаги DSc.13/30.12.2019.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «23» декабрь соат 14:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100084, Тошкент шаҳри, Юнусобод тумани, Амир Темур шох кўчаси 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, e-mail: [iktuit@tuit.uz](mailto:iktuit@tuit.uz)).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети кутубхонасида танишиш мумкин 254 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент шаҳри, Юнусобод тумани, Амир Темур шох кўчаси 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43).

Диссертация автореферати 2022 йил «7» декабрь да тарқатилди.  
(2022 йил «30» ноябрь даги 13 рақамли реестр баённомаси.)



*M. M. Musaev*  
*R. O. Rahimov*  
*U. P. Xamdamov*

**М.М.Мусаев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси,  
техника фанлари доктори, профессор

**Н.О.Рахимов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
илмий котиби, техника фанлари доктори

**У.Р.Хамдамов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги  
илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, доцент

## КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда ривожланишнинг бугунги босқичида инновацион саноат маҳсулотларини яратиш ва ахборот тизими ва жараёнларини бошқаришнинг самарали усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқишда ахборот технологиялари ютуқларини жорий қилиш юқори меҳнат унумдорлиги ва маҳсулот сифатини таъминлашнинг энг муҳим вазифаларидан биридир. Шу муносабат билан ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларидаги ускуналарни илғор техникаларга таяниб ўз вақтида янгилаш, янги маҳсулотларни ишлаб чиқаришга тезкор мослаштириш ва кўпроқ иқтисодий ва ижтимоий самара берадиган мослашувчан ахборот тизимлари ва ресурс тежовчи жараёнларни кенг миқёсда жорий қилиш биринчи даражадаги муҳим вазифа бўлиб ҳисобланади. Дунёнинг ишлаб чиқариш саноати ривожланган мамлакатларида, жумладан, Хитой, АҚШ, Япония, Германия, Жанубий Корея, Ҳиндистон, Италия, Францияда «катта серияли ва оммавий ишлаб чиқариш фақатгина 20% ни, бирлик, кичик серияли ва серияли ишлаб чиқариш эса 80%ни ташкил қилади»<sup>1</sup>. Бирлик ва кичик серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларида маҳсулотлар номенклатурасининг доимий ўзгариб туриши доимий равишда ҳар бир режалаштириш даврига мос ишлаб чиқариш дастури ташкилий тузилмасини «мослаштириб» туриш заруратини пайдо қилади.

Жаҳонда календарь режалаштириш ва тезкор бошқариш масаласининг ечимлари ҳам катта серияли ҳам серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимларини қамраб олади. Бирлик ва кичик серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларини ташкил этиш, захираларни аниқлаш ва «кескин» режали дастурни шакллантириш учун ахборот тизимида календарь режалаштириш масалаларини ечиш, ишчи ўринларни юклаш ҳажмини тезда таҳлил қилиш имконини берадиган концептуал модел қуриш учун математик модел ва алгоритмларни ишлаб чиқиш долзарб бўлиб ҳисобланади. Ишлаб чиқариш ахборот тизими ва жараёнини ташкил қилишдаги тезкорлик ташқи ва ички омиллар ҳолатига боғлиқлиги асосида ишлаб чиқилган назорат алгоритмларини вақтнинг реал режимида амалга ошириш талабини қўяди.

Республикамизда машинасозлик саноати ахборот тизимлари ва жараёнларини модернизация қилишда ахборот-коммуникация технологиялардан фойдаланиб интеграциялашган, автоматлаштирилган тизимларни яратиш бўйича кенг кўламли жадал тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги фармонида, жумладан «Саноат тармоқларида меҳнат унумдорлигини ошириш дастурларини кенг жорий қилиш»<sup>2</sup> ва Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясида «сунъий интеллект, буюмлар

<sup>1</sup> <https://helpiks.org/9-38443.html>

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022 - 2026-йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони

интернети ҳамда рақамлаштириш технологияларини жорий қилиш»<sup>3</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда саноат корхоналарида ахборот-коммуникацион технологиялардан фойдаланиб, замонавий ахборот тизимларини қўллаш асосида қарор қабул қилиш жараёнларини қўллаб-қувватловчи иерархик кетма-кетликда мувофиқлаштирилган алгоритмлар мажмуасига эга бўлган агрегатив ахборот тизимларни ишлаб чиқиш муҳим вазифа бўлиб ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сон «2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида» ги, Ўзбекистон Республикаси президентининг 2018 йил 25 декабрдаги ПҚ-4077-сон «Ишлаб чиқариш қувватларини модернизация қилиш, саноат тармоқларини техник ва технологик жиҳатдан қайта жиҳозлаш жараёнини жадаллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги ва 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124 «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи**<sup>4</sup>. Дунёда дискрет ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнлари объектларида ахборот тизимларининг ривожланиш тенденцияси иқтисодий фаолиятнинг ишлаб чиқариш ва ахборот тизимлари каби турли соҳаларида замонавий математик усуллар ва электрон ҳисоблаш техникаларидан фойдаланиш билан боғлиқдир. Дунёнинг ривожланган мамлакатларидаги йирик илмий-инновацион марказлар ва олий таълим муассасаларида жумладан, Harvard University, Massachusetts Institute of Technology (АҚШ), University of Cambridge, University of Oxford (Буюк Британия), Kyoto University (Япония), Université de Paris (la Sorbonne, Франция), Москва давлат технология университети «Станкин» (Россия Федерацияси), В.М.Глушков номидаги Миллий фанлар академияси кибернетика институти (Украина), Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети, Ислон Каримов

<sup>3</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 6 июлдаги ПФ-165-сонли «2022 – 2026 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожланиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида» ги Фармони

<sup>4</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи қуйидаги манбалар: <http://www.ds.mpg.de/en>, <http://www.ox.ac.uk/>, <http://www.bioe.neu.edu>, <http://www.zbit.uni-tuebingen.de/>, <http://neel.cnrs.fr/?lang=fr>, [https://www.kribb.re.kr/eng/sub02/sub02\\_07\\_03.jsp](https://www.kribb.re.kr/eng/sub02/sub02_07_03.jsp), <https://www.cbcu.umd.edu/>, <http://www.arizona.edu/>, [https://mipt.ru/science/labs/laboratory\\_of\\_the\\_biophysics\\_of\\_excitable\\_systems/](https://mipt.ru/science/labs/laboratory_of_the_biophysics_of_excitable_systems/) ва бошқа асосида ишлаб чиқилган.

номидаги Тошкент давлат техника университети, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ва Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетида кенг кўламли тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Тадқиқотлар жараёнида бир қатор натижалар олинган: ахборотларни қайта ишлаш жараёнида юкларни ташиш учун оптимал технологик йўналишни танлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган (Central Salt and Marine Chemicals Research Institute, Clean Energy Manufacturing Analysis Center); мураккаб объектларни технологик тайёрлашнинг автоматлаштирилган ахборот тизимлари яратилган (Москва давлат технология университети «Станкин»); «интеграциялашган ишлаб чиқариш тизимларини ўрганишда моделлаштириш» деб номланган интеграллашган ахборот тизимлардаги тадқиқотларни шакллантиришда нотекис ёндашув масалалари ечилган (University of Oxford); ахборот тизимларини тезкор бошқариш ва режалаштириш масалаларини ечиш модел ва усуллари курилган (Украинанинг В.М.Глушков номидаги миллий фанлар академияси Кибернетика институти).

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий - тадқиқот ишлари ва адабиётлар манбалари таҳлили шуни кўрсатадики, моделлар яратишнинг назарий ва амалий масалалари Allahverdi A., Cheng T.C., Kovalyov M.Y., Aouam T., Geryl K., Kumar K., Brahimi N., Atan Z. ишларида, ишлаб чиқариш ахборот жараёнларини тизимли назорат қилиш усуллари Ahmadi T., Stegehuis C., DeKok T., Adan L., Bankole I., Chang C. ишларида, шунингдек ахборот тизимлари ва жараёнларида тезкор режалаштириш масалаларини ечиш усуллари В.Г.Митрофанов, Kreowski H., Kuske S., Totth C., Lattanzio T., Cauvin A., Makris S., Zoupas P., Chryssolouris G., Mamalis A.G. Ganovsky V.S., Mauergauz Yu. E., Motallebi S., Zandieh M., Norouzilame F., Jackson M., Olhager J., Pinedo M.L. каби олимларнинг илмий-тадқиқот ишларида кўриб чиқилган.

Ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларида ахборотлар оқими асосида режалаштириш масалаларини ечиш алгоритмларини ишлаб чиқишда Titov V.V., Benavides Gallego P.T., Bhattacharya A., He T., Jouneghani R.A. лар олган натижалардан фойдаланилди. Ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларини ташкил қилишни режалаштириш назариясининг умумий масаласи учун янги усул ва алгоритмларни яратиш соҳасида Solding P., Thollander P., Moore P., Мауэргауз Ю.Е., Морозов А.В., Овшинов С.А., Курченков В.В., Петров И.В., Прохоров В.Т., Рыбников А.И., Самарский А.А., Севастьянов С.В., Гаврилов Д.А., Громов С.А., Тарасов В.Б., Данилин В.И., Забиняко Г.И., Загидуллин Р.Р. ютуқлари ҳисобга олинди.

Ўзбекистонда В.К.Кабулов, Н.Р.Юсупбеков, Т.Ф.Бекмурадов, Х.З.Игамбердиев, Т.С.Нусратов ва О.М.Набиевлар бошчилигидаги илмий-тадқиқот жамоалари томонидан ишлаб чиқилган математик моделлар, алгоритмик усуллар ва ҳисоблаш техникаси воситалари ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларини режалаштириш ва назорат қилишда қўлланилиб келинмоқда.

Ҳозирги кунда барча даражадаги ахборот тизимларини такомиллаштириш учун замонавий компьютер технологияларидан фойдаланган ҳолда ахборот жараёнларини алгоритмлаштириш, ахборот тизимларини динамик моделлаштириш, тадқиқот объектлари таснифини шакллантиришнинг янги самарали усулларини ишлаб чиқиш, ягона технология асосидаги алгоритмларни янги мезонларини танлаш етарли даражада ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети ва Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялар университетининг илмий тадқиқот ишлари режасининг БВ-М-Ф4-004 «Бошқариш тизимлари назариясида алгоритмлаштириш принципларини ишлаб чиқиш» (2017-2020), ОТ-Атех-2018-486 «Мантиқий бошқариш ва ахборот хавфсизлиги тизимларини дастурлаштирилган мантиқий контроллерлар ва уларни лойиҳаловчи инструментал САД мантиқий тизими асосида амалга ошириш» (2018-2020), ФЗ-201906117 «Орол бўйи қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришида экологик вазиятлар таъсирини аниқлаш мониторингини юритишнинг дастурий таъминоти» (2020-2021) мавзуларидаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** цех, бўлим ва технологик модуллар даражасидаги дискрет ахборот тизими ва жараёнларини динамик функционал жадваллар асосида ташкиллаштириш ва тизимлаштиришнинг коцептуал, математик модел ва алгоритмларини яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

динамик функционал жадваллар ёрдамида дискрет ахборот тизими ва жараёнларининг ягона стандарт тавсифга асосланган коцептуал моделини ишлаб чиқиш;

дискрет ахборот тизими ва жараёнлари учун агрегатларни шакллантириш, ихтисослашган ишчи ўринларни ташкил қилиш орқали ресурслардан самарали фойдаланиш ва ахборот тизими тузилмасини ташкиллаштиришнинг математик модел ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

динамик функционал жадваллар асосида инсон-машина ахборот тизими ва жараёнларини ўрганиш учун имитацион моделларни яратиш;

динамик функционал жадваллар алгебрасига асосланиб бирлик ва кичик серияли дискрет ахборот тизими ва жараёнларини ташкиллаштириш ва тизимлаштиришнинг когнитив модел ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

ахборот тизими ва жараёнларини тавсифлаш учун мўлжалланган вақт бўйича оптимал технологик йўналишни ва гуруҳ ускуналарини танлаш алгоритминини модификация қилиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида дискрет турдаги бирлик ва кичик серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнлари қаралди.

**Тадқиқотнинг предмети** цех, бўлим ва технологик модул даражасидаги (бирлик ва кичик серияли) ахборот тизимлари ва жараёнларини тавсифлаш

масалаларини ечиш усуллари, математик моделлари, алгоритмлари ва дастурий воситалари ҳисобланди.

**Тадқиқот усуллари.** Ишнинг назарий тадқиқотларида мураккаб тизим ахборот жараёнлари ва ахборот ресурсларини ягона ҳолда тавсифлаш усули, кузатув мониторларини қуриш, иммитацияли моделлаштириш, Петри тармоқлари, чекли автоматлар назарияси, катта техник тизимлар элементларини агрегатлаш ёрдамида тавсифлаш усули, С.В.Яблонский тизимлари, функционал жадвалларни синтез ва анализ қилиш усулларидан фойдаланилди, тажриба тадқиқотлари дастурлаштириш тиллари орқали амалга оширилди.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

динамик функционал жадваллар орқали дискрет ахборот тизими объектларини ягона стандарт тавсифга асосланган концептуал модели ишлаб чиқилган;

дискрет турдаги ахборот тизими ва жараёнлари учун агрегатларни шакллантириш, ихтисослашган ишчи ўринларни ташкил қилиш орқали ресурслардан самарали фойдаланиш ва ахборот тизими тузилмасини ташкиллаштиришнинг математик моделлари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

динамик функционал жадваллар алгебрасига асосланиб дискрет турдаги кичик серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнлари тузилмасини ташкиллаштириш ва тизимлаштиришнинг алгоритмик усули ишлаб чиқилди;

инсон-машина тизимини ташкил қилиш масалалари мажмуасини ечиш ва саноат корхонаси ахборот жараёнларини тезкор тартибга солишнинг функционал математик моделлари ва алгоритмлари яратилган;

дискрет ахборот тизимлари ва жараёнларини ташкилий таъминотини такомиллаштиришнинг вақт бўйича оптимал технологик йўналиш ва ускуналар гуруҳини танлашнинг математик модел ва алгоритмлари модификация қилинган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

дискрет ахборот тизимлари ва жараёнларини тизимлаштириш ва ахборот тизими тузилмасини ташкиллаштиришга доир тавсиялар, динамик функционал жадваллар ёрдамида ишчи ўринлар тўпламларини синтез қилиш, агрегатларни шакллантириш, ихтисослашган ишчи ўринларни ташкил қилиш, ахборот тизимида қувватларни юклаш масалаларининг математик модел ва алгоритмлар ишлаб чиқилган;

динамик функционал жадваллар платформасида алгебраик операциялар асосидаги алгоритмик ахборот тизим, объектларни ягона стандарт тавсифга асосланган ҳолда кўрсатиш учун мўлжалланган концептуал модел ва дастурий таъминот ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** динамик функционал жадваллар асосида яратилган концептуал модел, математик моделлар ва алгоритмлар дискрет турдаги бирлик ва кичик серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимлари компонентларини адекват тавсифлаши, вақтнинг реал

режимида белгиланган чегараларда натижаларнинг самарали ишлаши билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти қоидалар, хулосалар, тавсиялар саноат корхонаси ахборот тизими ва жараёнларини ташкил этиш, маълумотларни ташкиллаштириш ва тизимлаштириш масалаларини ечишдаги математик моделлар, алгоритмлар тўпламини адекватлиги ва турғунлигини таъминланганлиги ва ишлаб чиқилган усуллар, алгоритмлар танланган объектларнинг параметрларига мослаштирилган ахборот тизимини яратишда қўлланилиши мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, инсон-машинанинг ўзаро таъсирига йўналтирилган ахборот тизими ва жараёнларининг концептуал модели технологик режимни оптималлаштириш ва барқарорлаштириш, ахборот тизимини турғун ишлашини таъминлаш, шу сабабли маҳсулот ишлаб чиқариш унумдорлигини ошириш, буюртмаларни тайёрлашга кетадиган вақт, хом ашё ва энергия ресурслари сарфини камайтириш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Дискрет ахборот тизимлари ва жараёнларининг динамик функционал жадваллар асосидаги моделлари ва алгоритмларига доир илмий тадқиқотлар натижалари:

динамик функционал жадваллар орқали дискрет ахборот тизими объектларини ягона стандарт тавсифига асосланган концептуал модели ва дискрет ахборот тизимлари ва жараёнларини ташкилий таъминотини такомиллаштиришнинг вақт бўйича оптимал технологик йўналиш ва ускуналар гуруҳини танлашнинг модификация қилинган математик модел ва алгоритмлари Навоий кон-металлургия комбинати АЖ Тахиатош металл конструкциялар ва ностандарт жихозлар заводида қўлланилди (Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг 2022 йил 26 августдаги 23.01-01-07/558-сон маълумотномаси). Тадқиқотлар натижаси маҳсулот ишлаб чиқариш самарадорлигини 10% га ошириб маҳсулотни тайёрлашга кетадиган вақтни 1,5 баробарга камайтириш имконини берган;

динамик функционал жадваллар алгебрасига асосланиб дискрет турдаги кичик серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларини ташкиллаштириш ва тизимлаштиришнинг алгоритмик усули ва инсон-машина тизимини ташкил қилиш масалалари мажмуасини ечиш ва саноат корхонаси ахборот жараёнларини тезкор тартибга солишнинг функционал математик модел ва алгоритмлари Навоий кон-металлургия комбинати АЖ Шимолий кон бошқармасида (3-ГМЗ) қўлланилди (Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг 2022 йил 26 августдаги 23.01-01-07/558-сон маълумотномаси). Жорий қилиш натижасида мулоқот тизимида маҳсулотни тайёрлашга кетадиган вақтни 1,5 баробарга камайтириш, ишлаб чиқариш хажминини 7% га ошириш имконияти яратилди;

дискрет ахборот тизими ва жараёнлари учун агрегатларни шакллантириш, ихтисослашган ишчи ўринларни ташкил қилиш орқали ресурслардан самарали фойдаланиш ва ахборот тизими тузилмасини

ташқиллаштириш математик моделлари ва алгоритмлари ва динамик функционал жадваллар асосида инсон-машина ахборот тизими ва жараёнларини ўрганиш учун имитация моделлари Навоий кон-металлургия комбинати АЖ, «Навоий машинасозлик заводи» ишлаб чиқариш бирлашмасида қўлланилди (Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг 2022 йил 26 августдаги 23.01-01-07/558-сон маълумотномаси). Инсон-машина тизимини жорий қилиш натижасида маҳсулот ишлаб чиқариш ҳажмини 8% га ошириб, маҳсулотни тайёрлашга кетадиган вақтни 1,7 баробарга камайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация иши натижалари 10 та халқаро ва 3 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 39 та илмий иш чоп қилинган, жумладан 17 та мақола, 9 таси хорижий, 8 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси тавсия этган республика журналларида, 1 та монография, 1 та патент (янги усул ихтироси) ҳамда 3 та дастурий воситаларга Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг гувоҳномалари олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 168 бетни ташкил этган.

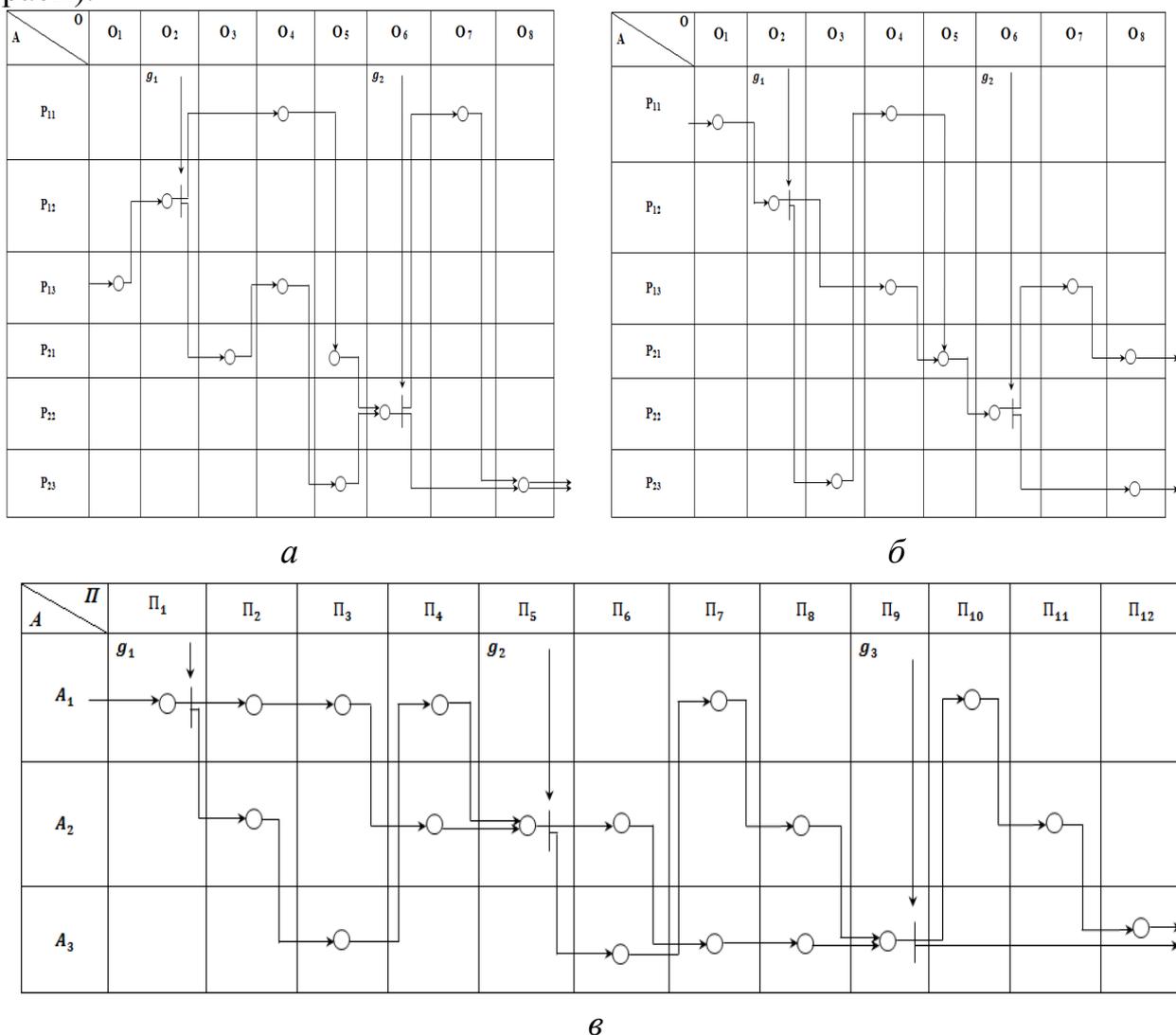
## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асослаб берилган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Ишнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети кўрсатилган, илмий янгилиги кўрсатилган, олинган натижаларининг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиқ этилиши рўйхати, ишнинг синов натижалари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи «**Дискрет ахборот тизими ва жараёнларини алгоритмлашнинг таҳлили**» бобида ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларидаги муаммолари ва саноатда ишлаб чиқариш ахборот тизимини ташкил қилиш билан боғлиқлиги кўриб чиқилган. Самарадорликни ошириш мақсадида ишлаб чиқариш ахборот тизимини ташқиллаштириш ва тизимлаштириш масалаларини шакллантириш, календарь режалаштириш масаласини ечишнинг мавжуд усуллари ҳақида қисқача маълумот берилди.

Диссертациянинг §1.1-ида ишлаб чиқариш самарадорлиги (қиймат кўринишида) қуйидагича ҳисобланади:  $E = MX(C_{x,x} + C_{a,x})$ , бу ерда  $MX$  - вақт бирлиги ичида ишлаб чиқарилган маҳсулот ёки хизматлар миқдори, уларнинг сифатини ҳисобга олган ҳолда,  $C_{x,x}$ ,  $C_{a,x}$  - ушбу маҳсулот ёки хизматни ишлаб чиқаришдаги ҳозирги ва аввалги меҳнат харажатлари.

Дискрет ахборот тизими ва жараёнларини тўғри ташкил қилиш орқали вақт бирлигида ишлаб чиқарилган маҳсулот миқдори ва сифатини оширишнинг динамик функционал жадваллар асосидаги усули кўриб чиқилган. Ахборот тизимида ахборот жараёнларини ташкиллаштириш ва ахборот ресурсларини тизимлаштириш (§1.2) ахборот муҳитининг қуйидаги ички омиллари ҳолатини ўзгартириш орқали амалга оширилади (1-расм): ишчи ўринларни жойлаштиришнинг тузилмаси (1а-расм); ускуналарни жойлаштиришнинг тузилмаси (1б-расм); ускуналарни ихтисослаштириш (1в-расм).

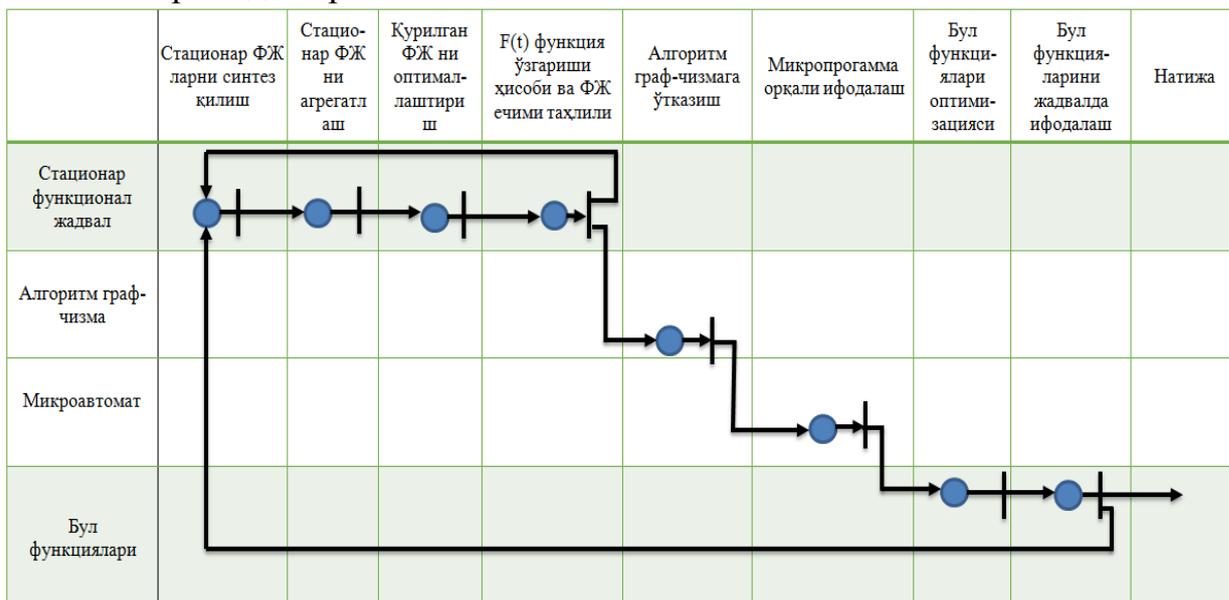


**1-расм. Динамик функционал жадваллар орқали ахборот жараёнлари ва ахборот ресурсларини тавсифлаш чизмаси**

Дискрет ахборот тизими ва жараёнларида календар режалаштириш масаласини ечишнинг эвристик усули ишлаб чиқилган (§1.3). Ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларини динамик функционал жадваллар шаклида тафсифлаш таклиф қилинади.

§1.4да динамик функционал жадваллар асосида дискрет ахборот тизими ва жараёнларини анализ ва синтез қилиш масалаларига бағишланган. Дискрет хусусиятдаги ишлаб чиқариш ахборот тизими учун функционал

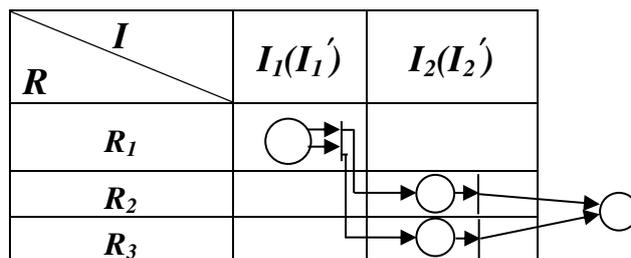
жадвалларни ўзгартиришнинг алгоритмик усулини асослаш амалга оширилади. Ахборот тизимини алгоритмик моделини қуриш функционал чизмаси 2-расмда берилган.



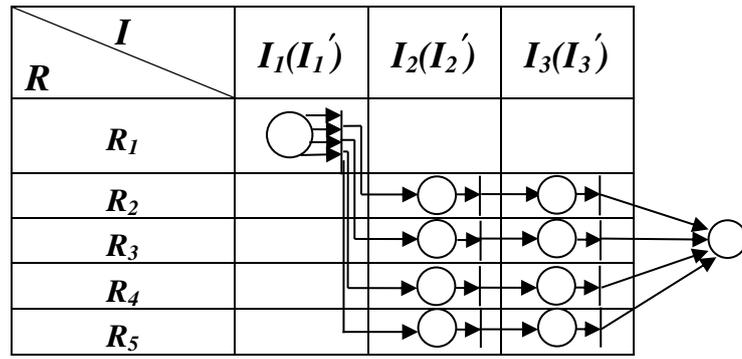
**2-расм. Ахборот тизимини алгоритмик моделини қуриш функционал чизмаси**

Мураккаб тизимлар кичик тизимлар композициясидан иборат. Ҳар бир кичик тизим технологик даврни ифодалайди, уни тавсифлаш учун Хомски таснифи бўйича автоматлар тили ишлатилади. Тил грамматикасининг дастлабки симболи функционал жадваллар бўлиб ҳисобланиб, қоидалар сифатида конкатенация (3-расм), бирлаштириш, параллел улаш, тўлдириш ва кесишиш операцияларидан фойдаланилади:

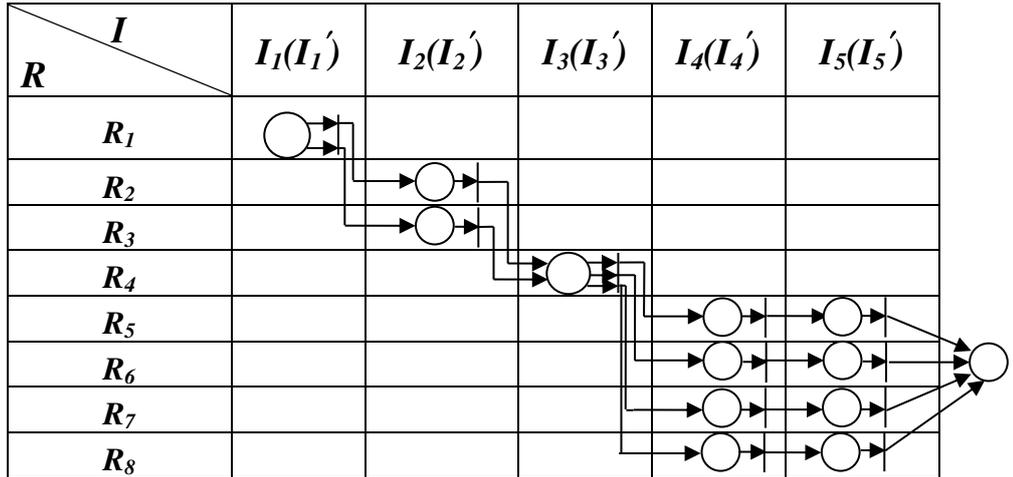
$$\left\{ \begin{array}{l}
 SFJ_1 \times SFJ_2 \times \dots \times SFJ_n, x_1, x_2, \dots, x_n \setminus x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}, \\
 SFJ_1 \cup SFJ_2 \cup \dots \cup SFJ_n = \bigcup_{i=1}^n SFJ_i, x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}, \\
 SFJ_1 \parallel SFJ_2 \parallel \dots \parallel SFJ_n, x_1 \parallel x_2 \parallel \dots \parallel x_n \setminus x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}, \\
 SFJ_1 \cap SFJ_2 \cap \dots \cap SFJ_n = \bigcap_{i=1}^n SFJ_i, x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}.
 \end{array} \right. \quad (1)$$



*a*



*б*



*в*

**3-расм. Динамик функционал жадвалда конкатенация операцияси: а – СФЖ1; б – СФЖ2; в – конкатенация натижаси.**

Ушбу ўтишларни кўйидагича ифодалаймиз:

$$\begin{aligned}
 W_{11} &= R_1(I_1(I_1')) * R_2(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_5(I_4(I_4')) * R_5(I_5(I_5')) * z \\
 W_{12} &= R_1(I_1(I_1')) * R_2(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_6(I_4(I_4')) * R_6(I_5(I_5')) * z \\
 W_{13} &= R_1(I_1(I_1')) * R_2(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_7(I_4(I_4')) * R_7(I_5(I_5')) * z \\
 W_{14} &= R_1(I_1(I_1')) * R_2(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_8(I_4(I_4')) * R_8(I_5(I_5')) * z \\
 W_{21} &= R_1(I_1(I_1')) * R_3(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_5(I_4(I_4')) * R_5(I_5(I_5')) * z \\
 W_{22} &= R_1(I_1(I_1')) * R_3(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_6(I_4(I_4')) * R_6(I_5(I_5')) * z \\
 W_{23} &= R_1(I_1(I_1')) * R_3(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_7(I_4(I_4')) * R_7(I_5(I_5')) * z \\
 W_{24} &= R_1(I_1(I_1')) * R_3(I_2(I_2')) * R_4(I_3(I_3')) * R_8(I_4(I_4')) * R_8(I_5(I_5')) * z
 \end{aligned}$$

бу ерда  $W$  – функционал жадвал бошидан охирига ўтиш вектори.

Милли-Мур бошқарувчи фаолияти қоидалари автоматлари бўйича ахборот тизими кўйидагича ифодаланилади:

$$\begin{cases} P(t+1) = f[P(t), g(t)]; \\ O(t) = R[P(t), g(t)], \end{cases} \quad (2)$$

бу ерда  $P$  – ҳолатлар тўплами;  $O$  – чиқиш ҳолатлари тўплами;  $R$  – ишчи ўринлар тўплами;  $f$  – ўтиш функцияси;  $g$  – бошқарувчи автомат.

Ушбу тенгламага (2) кўра, динамик функционал жадвал кўйидаги кўринишга келади:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{t+1} = \varphi(F_t, P, O, I, I', R, T, \Delta), \exists \varphi(x_1, \dots, x_k \xrightarrow{\varphi} y_1, \dots, y_t), \\ A_{t+1}^{+-} = A_t^{+-}(\varphi, P, O, I, I', R, T, \Delta, F_t), \Psi_1 = \Psi_0 + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots a_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} \dots a_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} o_1 \\ o_2 \\ \dots \\ o_n \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots a_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} \dots a_{kn} \end{bmatrix} \bar{W} = 0, \\ P \cap O = \emptyset, p_i \in I(t_j), p_i \in I'(t_j); \end{array} \right. \quad (3)$$

бу ерда  $A^{+-}$  – динамик функционал жадвалдаги ўтиш ҳолатларининг кириш-чиқиш матрицалари;  $T$  – вақт оралиқлари;  $\Delta$  – ишчи ўринларнинг тизимдаги координаталари;  $F_t$  – динамик функционал жадвални вақт бўйича ўзгариш функцияси;  $O$  – операциялар;  $I$  – ҳар бир ишчи ўриннинг кириш-чиқиш ( $I$ ) ҳолати;  $\varphi - \exists \varphi(x_1, \dots, x_k \xrightarrow{\varphi} y_1, \dots, y_t)$  тизим кириш параметрлари қисмларини  $(x_1, \dots, x_k)$  тизимнинг чиқиш параметрлари қисмларига  $(y_1, \dots, y_t)$  акслантириш функцияси;  $\Psi_1$  – динамик функционал жадвалнинг охириги ҳолати;  $\Psi_0$  – динамик функционал жадвалнинг бошланғич ҳолати;  $W - \Psi_1$  дан  $\Psi_0$  га ўтиш вектори.

Ҳолатлар ва операциялар тўплами (ўтишлар) кесишмаси – бўш тўплам ( $P \cap O = \emptyset$ ). Ахборот тизимида технологик даврнинг ҳолати (позицияси) ўтиш  $t_j$  нинг кириш ҳолати  $P_i \in I(t_j)$  бўлса, чиқиш ҳолати  $P_i \in I'(t_j)$  бўлиб ҳисобланади.

Ушбу тенгламадан (3) келиб чиқиб динамик функционал жадвални минимал дизъюнктив нормал шакллар бул функциялари тизими орқали ифодалаймиз:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \\ y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \\ \dots \\ y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \\ \dots \\ y_n = f_n(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n). \end{array} \right. \quad (x_i, y \in \{0, 1\}, i = \overline{1, n})$$

Диссертациянинг иккинчи «Дискрет ахборот тизими ва жараёнларини динамик функционал жадваллар асосида математик ва алгоритмик моделлаштириш» бобида масаланинг математик моделлари кўриб чиқилган.

§2.1да дискрет ахборот тизими ва жараёнларини вақт бўйича ишлаши ахборот модели берилди. Аналитик тарзда уни қуйидагича ифодалаш мумкин:  $Z=f(w, d)$  – буюртманинг ишга тушиш санаси;  $w$  – буюртманинг чиқиш санаси;  $d$  – ишга тушишнинг чиқишга нисбатан календарь илгариллаши.

Дискрет ахборот тизимлари ва жараёнларида ахборотлар оқими асосида ускуналарни тайёрлаш давомийлиги ( $T_{УТД}$ ) қуйидагича ҳисобланади:

$$T_{УТД} = T_{ТЕХ} + T_{ОО} + T_{ОЦ} + T_{КТ}, \quad (4)$$

бу ерда  $T_{ТДД}$  – технологик давр давомийлиги;  $T_{ОО}$  – операциялар орасидаги узилишлар;  $T_{ОЦ}$  – оралик цехларда операцияларни бажариш вақти;  $T_{КТ}$  – назорат ва транспорт операцияларини амалга ошириш вақти.

Шунинг учун

$$T_{ТДД} = T_{ТДД М} + T_{ТДД Й}, \quad (5)$$

бу ерда  $T_{ТДД М}$  – механик ишлов бериш технологик даврининг давомийлиги;  $T_{ТДД Й}$  – йиғиш технологик даврининг давомийлиги.

Бинобарин ахборот тизими ва жараёнларида технологик жиҳозларни ишлаб чиқариш тартиби турли ишлов бериш вақтларига эга буюртмалар тўплами экан, буюртма бўйича ишлаб чиқариш даври давомийлиги энг кўп меҳнат талаб қиладиган қисми ишлаб чиқариш даврининг давомийлигига тенг бўлиб, (5) ҳисобга олинган ҳолда (4) формулани қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$T_{УТД} = T_{ТДД Й} + T_{ТДД М}^{КД} + T_{ОО}^{КД} + T_{ОЦ}^{КД} + T_{КТ}^{КД},$$

бу ерда  $T_{ТДД М}^{КД}$ ,  $T_{ОО}^{КД}$ ,  $T_{ОЦ}^{КД}$ ,  $T_{КТ}^{КД}$  – технологик даври максимал бўлган (фавқулотда даврийлик) буюртма қисмлари учун параметр қийматлари.

§2.2да тизимдаги ахборотлар оқими ва ресурслар асосида агрегатларни шакллантириш, ихтисослашган ишчи ўринларни ташкил қилиш ва ахборот тизими тузилмасини ташкиллаштириш масалаларининг математик моделлари ишлаб чиқилган.

Тўпламларни қуйидагича белгилашлардан фойдаланилди:  
ускуналар

$$V = \{V_i^{kj}, i = \overline{1, a}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J}\},$$

бу ерда  $V_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гурихидаги  $j$  - дастгоҳ; ишчилар тўплами

$$W = \{W_i^{kf} : W_i^{kf} = \{F_i^{kf}, Z_i^{kf}\}, i = \overline{1, a}, k = \overline{1, K}, f = \overline{1, l}\},$$

бу ерда  $W_i^{kf}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - мутахассисликдаги  $f$  – ишчи;  $F_i^{kf}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - мутахассисликдаги  $f$  - ишчининг бир ойлик иш вақти фонди;  $Z_i^{kf}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - мутахассисликдаги  $f$  - ишчининг тоифаси;

технологик операциялар

$$O = \{O_n^{mk} : O_n^{mk} = \{T_n^{mk}, \overline{Z_n^{mk}}\}, n = \overline{1, b}, m = \overline{1, a}, k = \overline{1, K}\},$$

бу ерда  $O_n^{mk}$  –  $n$  - буюртма  $m$  - қисмининг  $k$  - технологик операцияси;  $T_n^{mk}$  –  $n$  - буюртмани  $m$  - қисмидаги  $k$  - технологик операциянинг амалга ошириш унумдорлиги;  $\overline{Z_n^{mk}}$  –  $n$  - буюртмани  $m$  - қисмидаги  $k$  - технологик операция ишининг тоифаси.

$z$  - тоифали  $f$  - ишчининг малакали иш вақтини йўқотиши деганда унинг малакасига тўғри келмайдиган технологик операцияни бажаришини тушунамиз ( $Z_i^{kf} \neq \overline{Z_n^{mk}}$ ).

$$A = P_{zi}^{kf} = \overline{F_{zi}^{kf}} - \overline{T_{zi}^{kf}} \rightarrow \min$$

учун  $W \xrightarrow{A} V$  акслантириш талаб қилинади; бу ерда  $P_{zi}^{kf} - i$  - бўлимдаги  $z$  - тоифали  $k$  - мутахасисликдаги  $f$  - ишчининг иш вақтини йўқотиши вақти;  $\overline{F_{zi}^{kf}} - i$  - бўлимдаги  $z$  - тоифали  $k$  - мутахасисликдаги  $f$  - ишчининг бир ойлик иш фақти фонди;  $\overline{T_{zi}^{kf}} - i$  - бўлимдаги  $z$  - тоифали  $k$  - мутахасисликдаги  $f$  - ишчининг иш ҳажми, чегараларини киритамиз:

$$F'_{zi}{}^k - T'_{zi}{}^k \geq 0, F'_{zi}{}^k = \sum_{f=1}^{\bar{l}} \overline{F_{zi}^{kf}}, T'_{zi}{}^k = \sum_{f=1}^{\bar{l}} \overline{T_{zi}^{kf}}$$

Ишчи ўринлар тўплами мавжуд:

$$R = \{R_i^{kj} : R_i^{kj} = \{\phi_i^{kj}\}, i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, i}\},$$

бу ерда  $R_i^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $j$  - ишчи ўрин, шу билан бирга,  $\phi_i^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $j$  - ишчи ўриннинг сменадаги мавжуд вақт фонди.

Ускуналарга самарали юклаш учун шарт:

$$\phi_i^k = \overline{T_i^k},$$

бу ерда  $\phi_i^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳининг сменадаги мавжуд вақт фонди;  $\overline{T_i^k} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи технологик операциянинг унумдорлиги, уни қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$\overline{T_i^k} = t_i'^k + t_i''^k,$$

бу ерда  $t_i'^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи қисмларни қайта ишлаш вақти;  $t_i''^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳида ускуналарни алмаштириш вақти.

Буюртма қисмларини қайта ишлаш учун ишлатиладиган жиҳозлар тўплами:

$$Q = \{Q_n^{k\tau}, n = \overline{1, b}, k = \overline{1, K}, \tau = \overline{1, e}\},$$

бу ерда  $Q_n^{k\tau} - n$  - буюртмани ишлашда  $k$  - технологик операциядаги  $\tau$  - жиҳоз;  $t_n^{k\tau} - n$  - буюртмани ишлашда  $k$  - технологик операциядаги  $\tau$  - жиҳозни ўрнатиш вақти.

$$B = \overline{t_i'^{kj}} = \overline{\Phi_i^{kj}} + \overline{t_i''^{kj}} \rightarrow \min,$$

учун  $Q \xrightarrow{B} R$  акслантиришни қуриш талаб қилинади; бу ерда  $\overline{t_i'^{kj}}$  - ускуналарни алмаштириш вақти;  $\overline{t_i''^{kj}} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $j$  - ишчи ўриннинг қисми қайта ишлаш вақти; у учун чегаралар

$$\overline{\phi_i^k} - t_i'^{kj} \geq 0, \overline{\phi_i^k} = \sum_{j=1}^J \overline{\phi_i^{kj}}, t_i'^{kj} = \sum_{j=1}^J \overline{t_i'^{kj}}.$$

Технологик ускуналар гуруҳи тўплами мавжуд:

$$M = \{M_i^k : M_i^k = \{N_i^k, \overline{\phi_i^k}\}, i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}\},$$

бу ерда  $M_i^k$  –  $i$  - бўлимдаги  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи;  $N_i^k$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи таркибига кирувчи ишчи ўринлар сони;  $\overline{\phi}_i^k$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги мавжуд бир ойлик вақт фонди.

Ишчи ўринлар тўплами мавжуд:

$$R = \{R_i^{kj} : R_i^{kj} = \{\overline{\phi}_i^{kj}, Z_i^{kj}\}, i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J}\},$$

бу ерда  $R_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $j$  - ишчи ўрин;  $\overline{\phi}_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $j$  - ишчи ўриннинг мавжуд бир ойлик вақт фонди;  $Z_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $j$  - ишчи ўринда ишловчи ишчининг тоифаси,

$$\overline{\phi}_i^k = \sum_{j=1}^J \overline{\phi}_i^{kj}$$

Режалаштирилган даврда цехнинг ишлаб чиқариш дастурини амалга ошириш учун зарурий технологик ускуналар гуруҳининг ишлаб чиқариш қувватлари тўплами:

$$S = \{S_i^k / i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}\},$$

бу ерда  $S_i^k$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳининг керакли ишлаб чиқариш қуввати.

$$C = \theta_i^k = \overline{\phi}_i^k - S_i^k \rightarrow \min$$

шарт учун  $R \xrightarrow{C} M$  акслантиришни қуриш талаб қилинади;  $\theta_i^k$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи ишлаб чиқариш қувватларини қайта ишга тушириш ( $\theta_i^k < 0$ ) ёки захираси ( $\theta_i^k > 0$ ) қўйидаги чегараларда

$$\overline{\phi}'^k - S'^k \geq 0.$$

§2.3да дискрет ахборот тизими ва жараёнларида қувватларни юклаш масаласининг математик ва ахборот модели ишлаб чиқилди.

$$D = E_n = H_n + \Pi_n \rightarrow \min$$

учун  $O \xrightarrow{D} R$  акслантиришни қуриш талаб қилинади;  $E_n$  –  $n$  - буюртмани ишлаб чиқариш даври давомийлиги;  $H_n$  –  $n$  - буюртмани мураккаблиги;  $\Pi_n$  –  $n$  - буюртмани туриб қолиши, чегараларни киритамиз:

$$\overline{D} \subset \overline{A}; \overline{D} = \bigcup_{n=1}^{\overline{c}} \overline{A}_n, 1 \leq \overline{c} \leq \overline{e}; \overline{D} = \{\overline{A}_n / n = \overline{1, \overline{c}}, \overline{a} \leq \overline{p}_n \leq \overline{b}\},$$

бу ерда  $[\overline{a}, \overline{b}]$  буюртма устиворликлари ўзгариши интервали, бунинг учун ахборот тизимида ишлаб чиқариш даври давомийлигини қисқартириш талаб қилинади

$$\overline{\Pi}_i^{kj} = \overline{\phi}_i^{kj} - \overline{T}_i^{kj} \rightarrow \min,$$

бу ерда  $\overline{\Pi}_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи  $j$  - ишчи ўриндаги узилишлар вақти;  $\overline{\phi}_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи  $j$  - ишчи ўриндаги мавжуд вақт фонди;  $\overline{T}_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи  $j$  - ишчи ўринда бажариладиган технологик операциянинг мураккаблиги, агар

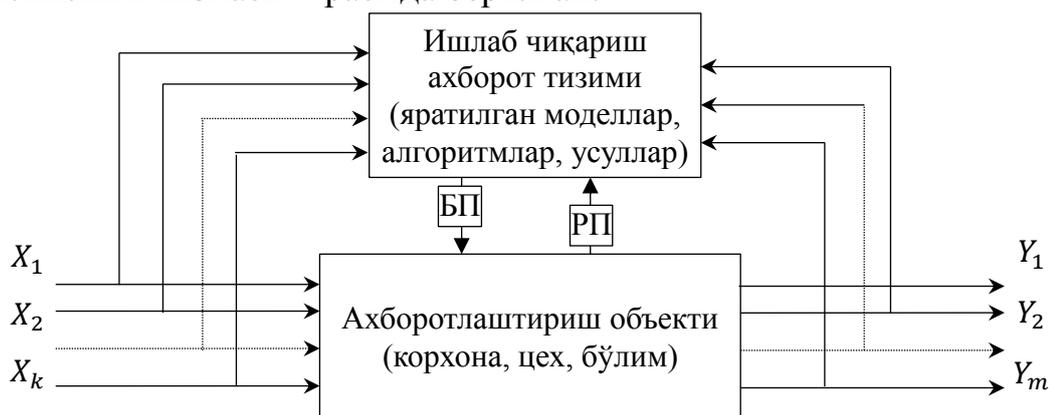
$$k_n^{mf} = M_i^k, \overline{Z}_n^{mf} = Z_i^{kj} \text{ бўлса, унда } \overline{\phi}_i^{kj} - \overline{T}_i^{kj} \geq 0,$$

бу ерда  $k_n^{mf}$  –  $n$  - буюртмани  $m$  - қисмидаги  $f$  - технологик операция бўйича қайта ишлашнинг тури;  $M_i^k$  –  $i$  - бўлимдаги  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи;  $Z_n^{mf}$  –  $n$  - буюртмани  $m$  – қисмидаги  $f$  - технологик операцияни бажариш тоифаси;  $Z_i^{kj}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи  $j$  - ишчи ўринда ишловчи ишчининг малакаси.

§2.4да дискрет ахборот тизим ва жараёнларини динамик функционал жадваллар алгебраси асосидаги алгоритмик модели асосида ишлаб чиқариш ахборот жараёнларини тезкор режалаштириш қуйидагича амалга оширилади:

- буюртмалар тўпламлари ва уларни ишлаб чиқариш учун йўналишлар шакллантирилиб, ускуналарга оптимал юкланиш даражаси аниқланади;
- стационар жадвалларни синтез қилиш асосида ускуналарга ойлик, ҳафталик ва кунлик ишлаб чиқариш юкламалари тузилади;
- ахборот тизимида цехнинг барча бўлимлари ва ускуналарга юкламаларни тақсимлаш учун динамик функционал жадваллар лойиҳалаштирилади;
- стационар функционал жадваллар асосидаги ахборот тизим агрегатлари учун технологик даврлар ва дастурий таъминот ишлаб чиқилади;
- технологик даврлар бўйича динамик функционал жадвалларни созлаш ва ишчи ўринларни ишга тушиш жараёнини имитация қилинади;
- динамик функционал жадвал асосида берилган ахборот тизим агрегатларини ташкиллаштириш ва тизимлаштиришнинг мақбул параметрларини назорат қилинади;
- ахборот тизимида динамик функционал жадваллар шаклида берилган операцияларнинг хотира омборида мантиқий кетма-кетликда бажарилиши амалга оширилади.

Ишлаб чиқариш ахборот тизими ва ахборотлаштириш объектининг ўз аро боғлиқлиги чизмаси 4-расмда берилган.



**4-расм. Ишлаб чиқариш ахборот тизими ва ахборотлаштириш объектининг ўз аро боғлиқлиги чизмаси**

Кириш ва чиқиш маълумотларига (4-расм) ахборот тизимларидаги ишчи ўринлар, уларнинг ҳолатлари, тизимдаги координаталари, вақт оралиқлари, операциялар динамик функционал жадвалининг вақт бўйича ўзгариш функцияси,  $n$ - буюртманинг кириш ва чиқишдаги ҳолати, кириш ва чиқиш



Ахборот тизимидаги барча ресурслардан фойдаланган ҳолда режалаштирилган буюртмаларга ишлов бериш учун ускуналарнинг оптимал тўпламини танлаш масаласини ечиш натижасида  $CT$  тўпландан энг унумдор ускуналар гуруҳи аниқланади.

§3.3да динамик функционал жадваллар асосида ахборот тизим ва жараёнларидаги технологик модулларини оптимал ишлаш даврийлигини куриш масаласи ечилади. Кластер таркибидаги таянч ускуналар гуруҳини танлаш модели ва алгоритми ишлаб чиқилган. Дискрет ишлаб чиқариш ахборот тизими учун яратилган алгоритмлар турғунлиги Гурвиц мезони орқали таҳлил қилинган.

Диссертациянинг тўртинчи «Дискрет ахборот тизими ва жараёнларини динамик функционал жадваллар асосидаги алгоритмлари» бобида I ва II бобларда шакллантирилган масалаларни ечиш услубияти келтирилган.

§4.1да ахборот тизимлари ва жараёнларида бажариладиган операцияларни мураккаблигини таҳлил қилиш (яъни ишнинг ишчи тоифасига мослиги) асосида ишчиларни ускуналарга тақсимлаш алгоритмининг қадамлари тавсифланди.

Биринчи қадамда  $Z_i^{kf}$  ва  $\bar{Z}_n^{mk}$  ларга қиймат берилади:  $Z_i^{kf} = \bar{Z}_n^{mk}$ , бу ерда  $Z_i^{kf}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - ихтисосликдаги  $f$  - ишчининг тоифаси;  $\bar{Z}_n^{mk}$  –  $n$  - буюртманинг  $m$  – қисмидаги  $k$  - технологик операциясига мос ишчининг тоифаси.

Иккинчи қадамда технологик операцияларнинг умумий меҳнат сарфи ихтисосликка мос ишчиларнинг аниқ тоифаси бўйича ҳисобланади:

$$\bar{T}_{zi}^k = \sum_{m=1}^E T_{zi}^{km}$$

бу ерда  $\bar{T}_{zi}^k$  –  $i$  - бўлим  $k$  - ихтисосликдаги  $z$  - тоифадаги ишчилар учун ишнинг хажми;  $T_{zi}^{km}$  –  $i$  - бўлим  $z$  - тоифадаги ишнинг  $m$  – қисмида  $k$  - технологик операциясининг мураккаблиги.

Учинчи қадамда  $k$  - тоифадаги ихтисослик бўйича талаб қилинадиган иш ўринлари ҳисоблаб чиқилади:

$$\bar{N}_{zi}^k = \frac{\bar{T}_{zi}^k}{\bar{F}_{zi}^{kf}}$$

бу ерда  $\bar{N}_{zi}^k$  –  $i$  - бўлим  $k$  - ихтисосликдаги  $z$  - тоифадаги зарур ишчилар сон;  $\bar{F}_{zi}^{kf}$  –  $i$  - бўлим  $k$  - ихтисосликдаги  $z$  - тоифали  $f$  - ишчининг ойлик иш вақти фонди.

Тўртинчи қадамда аниқ бир тоифадаги маълум бир ихтисосликга эга бўлган ишчилар сони мавжуд ишчилар сони билан таққосланади:

$$N_{zi}^{0k} = N_{zi}^k - \bar{N}_{zi}^k$$

$i$  - бўлим  $k$  - ихтисосликдаги  $z$  - тоифадаги ишчи дефицити  $N_{zi}^{0k} < 0$  ёки

захираси, мавжуд  $N_{zi}^{0k} > 0$ ;  $N_{zi}^k - i$  - бўлим  $k$  - ихтисосликдаги  $z$  - тоифадаги ишчилар сони.

§4.2да дискрет ахборот тизимида ихтисослашган ишчи ўринларни ташкил қилиш ва тизим таркибини ташкиллаштириш масаласининг алгоритми ишлаб чиқилган. Алгоритм сменада буюртмаларга ишлов беришда ишлатиладиган жиҳозларнинг таҳлили ҳақидаги ахборотга асосланади. Ускуналарни алмаштириш вақтини қисқартириш орқали меҳнат унумдорлигини ошириш мақсадида ихтисослашган ишчи ўринларни тақсимлаш масаласининг ечими бўлиб ҳисобланади.

Биринчи қадамда маълум бир ускуналар орқали маълум бир ускуналар гуруҳи учун сменадаги (суткалик) технологик операцияларнинг умумий меҳнат сарфи ҳисобланади:

$$\bar{T}_i^{k\tau} = \sum_{n=1}^{\bar{E}} T_{in}^{k\tau}$$

бу ерда  $\bar{T}_i^{k\tau} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $\tau$  - ускуна билан бажариладиган технологик операцияларнинг мураккаблиги;  $T_{in}^{k\tau} - i$  - бўлимда  $n$  - буюртмани  $\tau$  - ускуна билан  $k$  - технологик операциянинг бажарилиши мураккаблиги.

Иккинчи қадамда бўлимдаги технологик ускуналар гуруҳлари учун керак бўладиган ихтисослашган ишчи ўринлар сони ҳисоблаб чиқилади:

$$N_i^{k\tau} = \frac{\bar{T}_i^{k\tau}}{\phi_i^{kj}}$$

бу ерда  $N_i^{k\tau} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $\tau$  - чи ускуна билан жиҳозланган ихтисослашган ишчи ўринлар сони;  $\phi_i^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳининг  $j$  - ишчи ўринларни алмаштириш учун мавжуд вақт фонди.

Учинчи қадамда ишнинг тоифаси ва ишчиларнинг малакасини ҳисобга олган ҳолда ихтисослаштирилган ишчи ўринларнинг натижавий сони технологик ускуналар гуруҳига киритилади. Масала ахборот тизимининг ҳар бир қисмидаги технологик ускуналар гуруҳларини барча турлари учун ечиб чиқилади.

§4.3да дискрет ахборот тизими ва жараёнларида қувватларини юклаш масаласининг алгоритми ишлаб чиқилган. Ахборот тизими объектларидан самарали фойдаланиш ва ойлик ишлаб чиқариш дастурини бажариш мақсадида ахборот тизимидаги ҳар бир бўлим тузилмасини қайта ташкил қилиш масалани ечишнинг натижаси бўлиб ҳисобланади.

Биринчи қадамда бўлимдаги технологик ускуналар гуруҳининг юкланиш вақти (керакли ишлаб чиқариш қуввати) ҳисобланади:

$$S_i^k = \sum_{f=1}^L T_{if}^k$$

бу ерда  $S_i^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳининг юкланиш вақти;  $T_{if}^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳи ускунасида бажарилган  $f$ -чи технологик операциянинг бажарилиши мураккаблиги.

Иккинчи босқичда бўлимдаги технологик ускуналар гуруҳидаги юкланиш таҳлил қилинади. Ҳар бир гуруҳ учун бир ойлик мавжуд вақт фонди ҳисоблаб чиқилади:  $\bar{\phi}_i^k = \sum_{j=1}^J \phi_i^{kj}$ , бу ерда  $\bar{\phi}_i^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳининг бир ойлик мавжуд вақт фонди;  $\phi_i^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги  $j$  - сонли ишчи ўрин учун бир ойда мавжуд вақт фонди.

Учта юклашни вариантлари мавжуд:

- 1)  $\bar{\phi}_i^k = S_i^k$  - нормал юклама;
- 2)  $\bar{\phi}_i^k > S_i^k$  - бўлимда қувват захираси мавжуд;
- 3)  $\bar{\phi}_i^k < S_i^k$  - бўлимнинг ишлаб чиқариш қуввати юкломани таъминлай олмайди.

Таҳлил ўтказилиб, технологик ускуналар гуруҳи учун юклаш вариантини танлаш амалга оширилади.

Иккинчи вариантда юклама ( $\bar{\phi}_i^k > S_i^k$ ) ишлаб чиқариш бўлимининг қувват захираси билан аниқланади:  $\bar{N}_i^k = \frac{\bar{\phi}_i^k - S_i^k}{\phi_i^{kj}}$ , бу ерда  $\bar{N}_i^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги захира ишчи ўринлар сони.

Учинчи вариант ( $\bar{\phi}_i^k < S_i^k$ ) танланганда бўлимнинг юкланишини нормаллаштириш учун зарур бўлган қўшимча ишчи ўринлар сони аниқланади:  $\bar{N}_i^k = \frac{S_i^k - \bar{\phi}_i^k}{\phi_i^{kj}}$ , бу ерда  $\bar{N}_i^k - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гуруҳидаги юкланишни тенглаштириш учун зарур бўлган қўшимча ишчи ўринлар сони.

§4.4да ахборот тизимида буюртма ва операцияларнинг устуворлик (приоритет) ларидан фойдаланган ҳолда ускуналарга юклаш учун тармоқни режалаштириш усули алгоритми амалга оширилади.

Ахборот тизимида операцияларнинг устуворликларини ҳисоблашда буюртмаларнинг мураккаблигига кўра гуруҳлашнинг учта алгоритмидан фойдаланилади:

- 1) фавқулотда даврда чиқариладиган буюртмалар қаторига кирувчи;
- 2) жадаллаштирилган даврда чиқариладиган буюртмалар қаторига кирувчи;
- 3) оддий даврда бўладиган буюртмалар қаторига кирувчи.

Умуман олганда, буюртма операцияларининг устуворлик йўналишлари ускунада буюртмаларни ишлаб чиқариш тартибини акс эттиради.

Қувватларини юклаш масаласининг алгоритмини тасвирлаш учун куйидаги белгилашни киритамиз:  $t_{oi}^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар

гурӯҳидаги  $j$  - ишчи ўринни бўш вақти;  $t_{1n}^{mf}$  -  $n$  - буюртманинг  $m$  - қисмидаги  $f$  - технологик операцияни тугаш вақти;  $t_{2n}^{mf}$  -  $n$  - буюртманинг  $m$  - қисмидаги  $f$  - технологик операцияни бошланиши вақти;  $\bar{t}_n^{mf}$  -  $n$  - буюртманинг  $m$  - қисмидаги  $f$  - технологик операция учун транспорт ва назорат операцияларининг давомийлиги

$$t_{2n}^{mf} = t_{1n}^{mf-1} + \bar{t}_n^{mf-1}.$$

$F_n^{mf}(t_{2n}^{mf}) - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гурӯҳидаги  $j$  - ишчи ўрин бўйича  $n$  - буюртмада  $f$  - технологик операцияни бажаришда  $m$  - қисми тегишлилигини аниқловчи функция:

$$F_n^{mf}(t_{2n}^{mf}) = t_{oi}^{kj} - t_{2n}^{mf}.$$

$\bar{F}_i^{kj}(t_{oi}^{kj}) - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гурӯҳидаги  $j$  - ишчи ўриннинг  $n$  - буюртманинг  $m$  - қисмида  $f$  - технологик операцияни бажаришдаги узилиш вақтини аниқловчи функция:

$$\bar{F}_i^{kj}(t_{oi}^{kj}) = t_{2n}^{mf} - t_{oi}^{kj}.$$

$\bar{S}_i^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гурӯҳидаги  $j$  - ишчи ўриннинг юкланиш вақти:

$$\bar{S}_i^{kj} = \bar{T}_i^{kj} + \bar{\Pi}_i^{kj}$$

бу ерда  $\bar{T}_i^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гурӯҳидаги  $j$  - ишчи ўрин бўйича бажариладиган технологик операцияларнинг мураккаблиги;  $\bar{\Pi}_i^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гурӯҳи  $j$  - ишчи ўриндаги узилиш вақти,

$$\bar{\Pi}_i^{kj} = \sum_{h=1}^{\bar{\alpha}} \bar{Q}_{hi}^{kj}$$

бу ерда  $\bar{Q}_{hi}^{kj} - i$  - бўлим  $k$  - технологик ускуналар гурӯҳи  $j$  - ишчи ўриндаги  $h$  - узулишнинг давомийлиги.

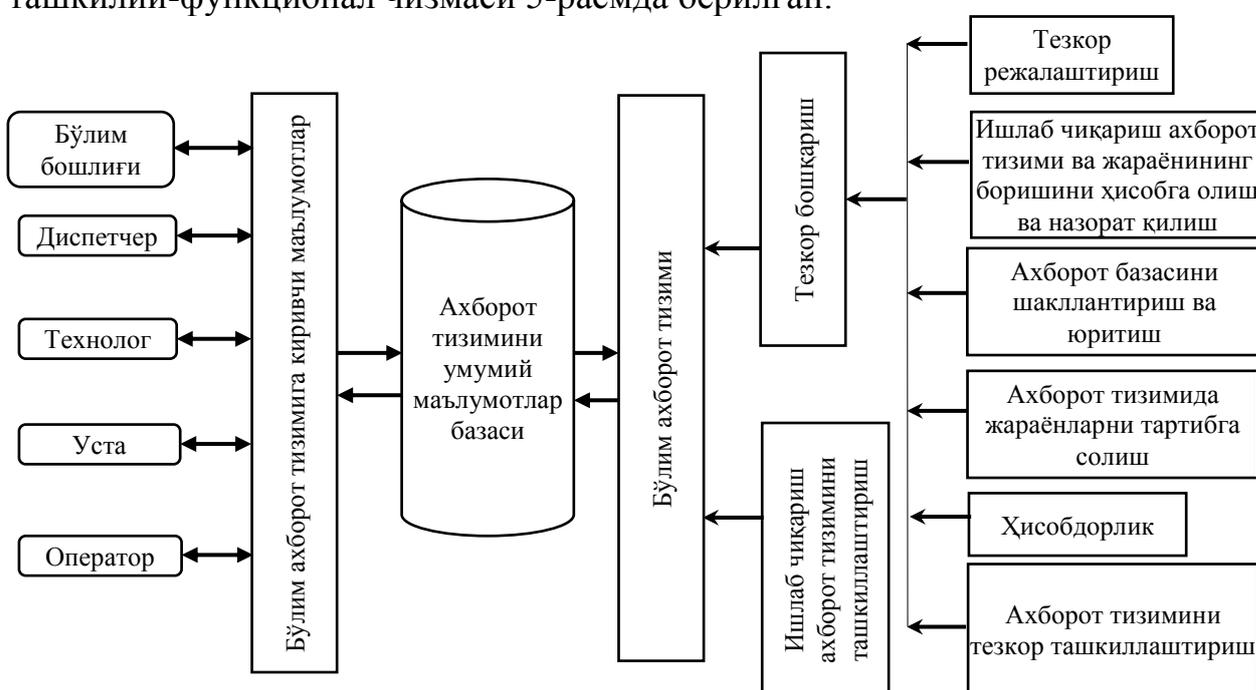
Бу белгилашлар диссертациянинг «**Динамик функционал жадваллар асосида ишлаб чиқилган инсон-машина тизимини жорий қилиш**» деб номланган бешинчи боби асбоб-ускуналар цехида инсон-машина ахборот тизимини ташкиллаштириш ва тизимлаштиришда фойдаланилган. Шунингдек бу бобда динамик функционал жадваллар асосидаги инсон-машина тизимининг иқтисодий самарадорлиги ҳисобланган.

§5.1да дискрет ахборот тизими ва жараёнининг ахборот ва дастурий таъминотининг тавсифи берилган. Динамик функционал жадваллар асосида ишлаб чиқилган ахборот тизими цех даражасидаги кўп фойдаланувчиларга мўлжалланган, вақтнинг реал режимида ишлайдиган тизим бўлиб ҳисобланади. Тизим асбоб-ускуналар цехида ахборот жараёнини ташкил этиш, назорат қилиш, ҳисобини юритиш ва технологик ускуналардаги ахборот алмашинув жараёнларидаги маълумотларни тезкор тартибга солиш

учун мўлжалланган. Ахборот тизимининг аппарат ва дастурий таъминоти воситалари тизим фойдаланувчиларига ахборот жараёнларининг ҳолати ва бориши ҳақида вақтнинг реал режимда маълумот олиш имконини беради, қарор қабул қилиш самарадорлигини оширади, ишлаб чиқарилган маҳсулотларнинг ҳажми ва номенклатураси бўйича режалаштирилган вазифаларнинг бажарилишини таъминлайди.

Ахборот тизимининг алгоритмик дастурий таъминоти олти та банк ёрдамида қурилди. Булар белгилар банки, моделлар банки, алгоритмлар банки, амалий дастурлар банки, операциялар банки ва маълумотлар банки.

§5.2да параграфда дискрет ахборот тизими ва жараёнида мулоқот тартиботи ва тизимнинг ташкилий таъминоти тавсифланган, унинг ўзига хос хусусияти ахборот тизимининг алоҳида ҳодисаларига тезкор жавоб бериш учун мулоқот тартиботининг мавжудлигидир. Ишлаб чиқариш ахборот тизимининг ташкилий-функционал чизмаси 5-расмда берилган.



**5-расм. Ишлаб чиқариш ахборот тизимининг ташкилий-функционал чизмаси**

§5.3да дискрет ахборот тизими ва жараёнларида динамик функционал жадвалларни қўлланилиши тавсифи ва асбоб-ускуналар цехида инсон-машина тизимини жорий қилишдаги иқтисодий самарадорлик ҳисоби келтирилади.

## ХУЛОСА

«Дискрет ахборот тизимлари ва жараёнларининг динамик функционал жадваллар асосидаги моделлари ва алгоритмлари» мавзусидаги диссертация иши натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Динамик функционал жадваллар ёрдамида дискрет ахборот тизими ва жараёнларининг ягона стандарт тавсифга асосланган коцептуал модели ишлаб чиқилди. Бу ахборот тизимлари ва жараёнларини ташкилий

таъминотини такомиллаштиришнинг вақт бўйича оптимал технологик йўналиш ва ускуналар гуруҳини танлашнинг математик модел ва алгоритмларини модификация қилиш имконини берди. Натижада ишлаб чиқариш самарадорлигини 10%га ошириб маҳсулотни тайёрлашга кетадиган вақтни 1,5 баробарга камайтиришга эришди.

2. Динамик функционал жадваллар алгебрасига асосланиб дискрет турдаги кичик серияли ишлаб чиқариш ахборот тизимлари ва жараёнларини ташкиллаштириш ва тизимлаштиришнинг алгоритмик усули ишлаб чиқилди. Бу эса инсон-машина тизимини ташкил қилиш масалалари мажмуасини ечиш ва саноат корхонаси ахборот жараёнларини тезкор тартибга солишнинг функционал математик модел ва алгоритмларини яратиш имконини берди. Натижада металл буюмларни ишлаб чиқаришга сарфланган вақт 1,5 баробар қисқарди ва ишлаб чиқариш ҳажми 7% га ошди.

3. Инсон-машинанинг ўзаро таъсирига йўналтирилган ахборот тизимлари ва жараёнларининг концептуал модели ишлаб чиқилди. Бу эса технологик режимни оптималлаштириш ва барқарорлаштириш, ахборот тизимини турғун ишлашини таъминлаш, маҳсулот ишлаб чиқариш унумдорлиги ошириш, буюртмаларни тайёрлашга кетадиган вақт, хом ашё ва энергия ресурслари сарфини камайтириш имконини берди.

4. Динамик функционал жадваллар асосида инсон-машина ахборот тизими ва жараёнларини ўрганиш учун имитация моделлари яратилди. Бу дискрет ахборот тизими ва жараёнлари учун агрегатларни шакллантириш, ихтисослашган ишчи ўринларни ташкил қилиш орқали ресурслардан самарали фойдаланиш ва ахборот тизими тузилмасини ташкиллаштириш математик моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш имконини берди. Инсон-машина тизимини жорий қилиш натижасида маҳсулот ишлаб чиқариш ҳажминини 8%га ошириб, маҳсулотни тайёрлашга кетадиган вақтни 1,7 баробарга камайтириш имконини яратди.

5. Саноат корхонаси ахборот тизими ва жараёнларини тавсифлаш учун ишлаб чиқилган қоидалар, хулосалар, тавсиялар, математик моделлар ва алгоритмлар тўплами танланган объектларнинг параметрларига мослаштирилган концептуал ахборот тизимини яратишда қўлланилди. Бу дискрет турдаги ишлаб чиқариш корхонаси раҳбарияти учун бошқариш масалаларини ечиш имконини берди.

6. Дискрет ахборот тизими ва жараёнлари учун ишлаб чиқилган инсон-машина ахборот тизимининг самарадорлиги ахборот тизимини алгоритмлашнинг назарий ва амалий усуллари, концептуал модел, математик моделлар ва алгоритмлар динамик функционал жадвалларни қўллашнинг ягона ва стандарт тавсифи асосида кўрсатиб берилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**КАЛАНДАРОВ ИЛЁС ИБОДУЛЛАЕВИЧ**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДИСКРЕТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ НА БАЗЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

**05.01. 10 - Информационные системы и процессы**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ  
НАУКАМ**

**Ташкент – 2022**

Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2022.3.DSc/T359.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации размещён на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на сайте Ученого совета ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный консультант:</b>	<b>Кабулов Анвар Васильевич</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Рахматуллаев Марат Алимович</b> доктор технических наук, профессор <b>Зайнидинов Хакимжон Насридинович</b> доктор технических наук, профессор <b>Маматов Алишер Зулунович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ферганский политехнический институт</b>

Защита диссертации состоится «23» сентября 2022 г. в 14:00 часов на заседании Научного Совета DSc.13/30.12.2019.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; e-mail: [iktuit@tuit.uz](mailto:iktuit@tuit.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 254). (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43).

Автореферат диссертации разослан «7» сентября 2022 года.  
(протокол рассылки № 13 от «30» июля 2022 года.).



*M. Musaev*  
*R. Rahimov*

**М.М.Мусаев**  
Председатель Ученого Совета по присуждению  
ученых степеней, доктор технических наук, профессор

**Н.О.Рахимов**  
Ученый секретарь Ученого совета по присуждению  
ученых степеней, доктор технических наук

*U.R. Xamdamov*

**У.Р.Хамдамов**  
председатель Научного семинара при Ученом совете по присуждению  
ученых степеней, доктор технических наук, доцент

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора технических наук (DSc))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На современном этапе развития в мире внедрение достижений информационных технологий для создания инновационных промышленных изделий и разработки эффективных методов и алгоритмов управления информационными системами и процессами является одной из важнейших задач по обеспечению высокой производительности труда и качества продукции. В связи с этим первостепенное значение имеет своевременное обновление оборудования в производственных информационных системах и процессах на базе передовой техники, быстрая адаптация к производству новых продуктов и широкомасштабное внедрение гибких информационных систем и ресурсосберегающих процессов, дающих больший экономический и социальный эффект, считается важной задачей. В промышленно развитых странах мира, таких как Китай, США, Япония, Германия, Южная Корея, Индия, Италия, Франция доля «крупносерийного и массового производства составляет лишь 20%, а единичного, мелкосерийного и серийного – 80%»<sup>1</sup>. В условиях постоянно изменяющейся номенклатуры изделий производственных информационных системах и процессах единичного и мелкосерийного производства требуется гибкая «настройка» их организационной структуры на новые производственные программы в каждом плановом периоде.

В мировой практике решения задач календарного планирования и оперативного управления охватывают как крупносерийные, так и серийные производственные информационные системы. Актуальной является организация производственных информационных систем и процессов, решение вопросов календарного планирования в информационной системе для определения резервов и формирования «напряжённой» плановой программы, разработка математических моделей и алгоритмов для построения концептуальной модели, позволяющей проводить оперативный анализ загрузки рабочих мест единичного и мелкосерийного производства. Для оперативности управления и организация производственных информационных систем и процессов в зависимости от состояния внешних и внутренних факторов требуется разработка, и реализация алгоритмов управления в реальном режиме времени.

В нашей республике проводятся широкомасштабные интенсивные исследования по созданию интегрированных, автоматизированных систем с использованием информационных и коммуникационных технологий при модернизации информационных систем и процессов машиностроительной отрасли. Следующая задача «Широкое внедрение программ повышения производительности труда в отраслях промышленности»<sup>2</sup> включена в постановлении Президента Республики Узбекистан «О стратегии развития

---

<sup>1</sup> <https://helpiks.org/9-38443.html>

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», а в стратегии инновационного развития Республики Узбекистан, отмечено «внедрение технологий искусственного интеллекта, интернета вещей и цифровизации»<sup>3</sup>. При реализации этих задач важной задачей является разработка агрегированных информационных систем, скоординированных в иерархической последовательности алгоритмов, поддерживающих процессы принятия решений на основе использования современных информационных систем с использованием информационно-коммуникационных технологий на промышленных предприятиях.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-5544 от 21 сентября 2018 г «Об утверждении стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2019-2021 годы», Постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-4077 от 25 декабря 2018 года «О мерах по ускорению процесса модернизации производственных мощностей, технического и технологического перевооружения отраслей промышленности», №ПП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий» и №ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», а также 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 Узбекистан IV. «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации**<sup>4</sup>. Тенденция развития информационных систем в объектах дискретных производственных информационных систем и процессов в мире связана с применением современных математических методов и электронно-вычислительной техники в различных областях экономической деятельности, таких как производственные и информационные системы. В развитых странах мира проводятся широкомасштабные исследования в научных и инновационных центрах, высших образовательных учреждениях, таких, как Harvard University, Massachusetts Institute of Technology (США), University of Cambridge, University of Oxford (Великобритания), Kyoto University (Япония), Université de Paris (la Sorbonne, Франция), Московский государственный

---

<sup>3</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 21 сентября 2018 года № УП-5544 «Стратегия инновационного развития Республики Узбекистан на 2019 — 2021 годы»

<sup>4</sup> При обзоре зарубежных научных исследований по теме диссертации использовались следующие источники: <http://www.ds.mpg.de/en/>; <http://www.ox.ac.uk/>; <http://www.bioe.neu.edu/>; <http://www.zbit.uni-tuebingen.de/>; [http://neel.cnrs.fr/?lang=fr](http://neel.cnrs.fr/?lang=fr;); [https://www.kribb.re.kr/eng/sub02/sub02\\_07\\_03.jsp](https://www.kribb.re.kr/eng/sub02/sub02_07_03.jsp); <https://www.cbcb.umd.edu/>; <http://www.arizona.edu/>; [https://mipt.ru/science/labs/laboratory\\_of\\_the\\_biophysics\\_of\\_excitable\\_systems/](https://mipt.ru/science/labs/laboratory_of_the_biophysics_of_excitable_systems/) и др.

технологический университет «Станкин» (Российская Федерация), Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН (Украина), а также в ВУЗах Узбекистана: Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова, Ташкентский университет информационных технологий им. Мухаммад ал-Хорезми, Навоийский государственный горный и технологический университет.

В процессе исследований был получен ряд результатов: разработаны алгоритмы выбора оптимального технологического направления для перевозки грузов при обработке информации (Central Salt and Marine Chemicals Research Institute, Clean Energy Manufacturing Analysis Center); созданы автоматизированные информационные системы технологической подготовки сложных объектов (Московский государственный технологический университет «Станкин»); решены проблемы неравномерного подхода в формализации исследований интегрированных информационных систем, известные как «моделирование в исследовании интегрированных производственных систем» (University of Oxford); построены модели и методы решения задач оперативного управления и планирования информационными системами (Институт кибернетики им. В.М. Глушкова Национальной академии наук Украины).

**Степень изученности проблемы.** Анализ научных исследований и литературных источников показывает, что теоретические и практические вопросы создания моделей были рассмотрены в работах Allahverdi A., Cheng T.C., Kovalyov M.Y., Aouam T., Geryl K., Kumar K., Brahimi N., Atan Z., методы системного контроля производственных информационных процессов в работах Ahmadi T., Stegehuis C., DeKok T., Adan L., Bankole I., Chang C. методы решения задач оперативного планирования в информационных системах и процессах в исследовательских работах таких учёных, как В.Г.Митрофанов, Kreowski H., Kuske S., Totth C., Lattanzio T., Cauvin A., Makris S., Zoupas P., Chryssolouris G., Mamalis A.G. Ganovsky V.S., Mauergauz Yu. E., Motallebi S., Zandieh M., Norouzilame F., Jackson M., Olhager J., Pinedo M.L. других.

В разработке алгоритмов решения задачи планирования на основе информационных потоков в производственных информационных системах и процессах использованы результаты Titov V.V., Benavides Gallego P.T., Bhattacharya A., He T., Jouneghani R.A. При создания новых методов и алгоритмов для общей задачи теории планирования организации производственных информационных систем и процессов учтены достижения в этой области Solding P., Thollander P., Moore P., Мауэрггауз Ю.Е., Морозова А.В., Овшинова С.А., Курченкова В.В., Петрова И.В., Прохорова В.Т., Рыбникова А.И., Самарского А.А., Севастьянова С.В., Гаврилова Д.А., Громова С.А., Тарасова В.Б., Данилина В.И., Забиняко Г.И., Загидуллина Р.Р.

В Узбекистане научными коллективами под руководствами В.К. Кабулова, Н.Р. Юсупбекова, Т.Ф. Бекмурадова, Х.З. Игамбердиева Т.С.Нусратова и О.М.Набиева разработаны и применяются математические

модели, алгоритмические методы и средства вычислительной техники в планировании и контроле производственных информационных систем и процессов.

В настоящее время недостаточно изучены алгоритмизация информационных процессов с использованием современных компьютерных технологий, динамическое моделирование информационных систем, разработка новых эффективных методов классификации объектов исследования, выбор новых критериев алгоритмов на основе единой технологии.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научных проектов плана научно-исследовательских работ Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека и Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммеда аль-Хорезми: БВ-М-Ф4-004 «Разработка принципов алгоритмизации управления сложными системами на основе алгебры над таблицами функционирования» (2017-2020), ОТ-Атех-2018-486 «Разработка систем логического управления и информационной безопасности на базе программируемых микроконтроллеров и системы САД проектирования программируемых логических контроллеров» (2018-2020), ФЗ-2019081578 «Программное обеспечение проведения мониторинга определения влияния экологической ситуации на сельскохозяйственное производство Приаралья» (2020-2021).

**Целью исследования** является создание концептуальных, математических моделей и алгоритмов организации и структурирования дискретных информационных систем и процессов на уровне цеха, участка и технологических модулей на основе динамических таблиц функционирования.

**Задачи исследования:**

разработка концептуальной модели на основе единого стандартного описания дискретных информационных систем и процессов с использованием динамических таблиц функционирования;

разработка математических моделей и алгоритмов при формировании агрегатов, эффективное использование ресурсов за счёт организации специализированных рабочих мест, а также организации структуры информационной системы для дискретных информационных систем и процессов;

создание имитационной модели для исследования человеко-машинного информационного систем и процессов на основе динамических таблиц функционирования;

разработка когнитивной модели и алгоритмов для организации и структурирования единичных и мелкосерийных дискретных информационных систем и процессов на основе алгебраических динамических таблиц функционирования;

модифицирование алгоритма выбора оптимального технологического направления и группового оборудования для описания информационной системы и процессов.

**Объектом исследования** являются единичные и мелкосерийные производственные информационные системы и процессы дискретного типа.

**Предметом исследования** являются методы, математические модели, алгоритмы и программные средства для решения задач описания информационных систем и процессов на уровне цеха, участка и технологического модуля (единичные и мелкосерийные).

**Методы исследования.** Теоретические исследования в работе базировались на методах унифицированного описания информационных процессов и информационных ресурсов сложных систем, построение мониторов наблюдения, имитационного моделирования, сетей Петри, теории конечных автоматов, описания больших систем с помощью агрегирования их элементов, управляющих систем С.В.Яблонского, применения операций над таблицами функционирования, а экспериментальное исследование проводилось с помощью языков программирования.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработаны концептуальная модель на основе единого стандартного описания дискретных информационных систем и процессов с использованием динамических таблиц функционирования;

разработаны математические модели и алгоритмы формирования агрегатов, эффективное использование ресурсов за счёт организации специализированных рабочих мест и организация структуры информационной системы для дискретных информационных систем и процессов;

разработаны алгоритмический метод организации и систематизации структуры информационных систем и процессов мелкосерийного производства дискретного типа на основе алгебраических динамических таблиц функционирования;

созданы функциональные математические модели и алгоритмы решения комплексных задач организации человеко-машинного систем и оперативного регулирования информационных процессов промышленного предприятия;

модифицированы математические модели и алгоритмы выбора оптимального по времени технологического направления и группового оборудования для улучшения организационного обеспечения дискретных информационных систем и процессов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

в данной работе созданы рекомендации по структурированию дискретных информационных систем и процессов и организации структуры информационной системы, математических моделей и алгоритмов для решения задач синтеза множеств рабочих мест, формирования агрегатов, организации специализированных рабочих мест, загрузки мощностей в информационной системе с использованием динамических таблиц функционирования;

разработана алгоритмическая информационная система на основе алгебраических операций на платформе динамических таблиц функционирования, концептуальная модель и программное обеспечение, предназначенные для отображения объектов на основе единого стандартного описания.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается тем, что созданные концептуальные модели, математические модели и алгоритмы на основе динамических таблиц функционирования адекватно описывают компоненты единичных и мелкосерийных производственных информационных систем дискретного типа, которые эффективно функционируют в режиме реального времени, что подтверждается результатами решения в рамках заданных ограничений.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что правила, выводы, рекомендации, обеспечивают адекватность и устойчивость комплексных математических моделей и алгоритмов при решении задач организации информационных систем и процессов промышленного предприятия и структурирования, систематизации данных, а разработанные методы и алгоритмы могут быть использованы при создании информационной системы, адаптированной к параметрам выбранных объектов.

Практическая значимость результатов исследований объясняется тем, концептуальная модель информационной системы и процессов, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие, позволяет оптимизировать и стабилизировать технологический режим, обеспечить стабильную работу информационной системы, следовательно, позволяет повысить производительность производства продукции, сократить время на подготовку заказов, расход сырья и энергетических ресурсов.

**Внедрение результатов исследования.** Результаты научных исследований по моделям и алгоритмам дискретных информационных систем и процессов на основе динамических таблиц функционирования:

разработана концептуальная модель на основе единого стандартного описания дискретных информационных систем и процессов с использованием динамических таблиц функционирования и модифицированных математических моделей и алгоритмов выбора оптимального по времени технологического направления и группового оборудования для улучшения организационного обеспечения дискретных информационных систем и процессов, применяются на Тахиаташском заводе металлоконструкций и нестандартного оборудования АО Навоийского горно-металлургического комбината (Справка 23.01-01-07/558 от 26 августа 2022 года АО Навоийского горно-металлургического комбината). Результаты внедрения позволили повысить эффективность производства продукции на 10 % и сократить время, затрачиваемое на подготовку продукции, в 1,5 раза.

разработан алгоритмический метод организации и систематизации структуры информационных систем и процессов мелкосерийного

производства дискретного типа на основе алгебры над динамических таблиц функционирования, созданы функциональные математические модели и алгоритмы решения комплексных задач организации человеко-машинного систем и оперативного регулирования информационных процессов промышленного предприятия используются в Северном рудоуправлении (3-ГМЗ) АО Навоийского горно-металлургического комбината (Справка 23.01-01-07/558 от 26 августа 2022 года АО Навоийского горно-металлургического комбината). Результатом внедрения стало сокращение времени, затрачиваемого на изготовление продукта, в 1,5 раза, а объем производства увеличился на 7%;

разработаны математические модели и алгоритмы формирования агрегатов, эффективного использования ресурсов за счёт организации специализированных рабочих мест и организации структуры информационной системы для дискретных информационных систем и процессов, созданы имитационные модели для исследования человеко-машинного информационного систем и процессов на основе динамических таблиц функционирование применяются в производственное объединение «Навоийский машиностроительный завод» АО Навоийского горно-металлургического комбината (Справка 23.01-01-07/558 от 26 августа 2022 года АО Навоийского горно-металлургического комбината). В результате внедрения человеко-машинной системы удалось увеличить объем выпуска продукции на 8%, сократить время, затрачиваемое на изготовление изделия, в 1,7 раза.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы обсуждены на 10 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 39 научных работ, 17 журнальных статей, из них 9 статей в иностранных журналах, 8 статей в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, 1 монография, 1 патент (изобретение нового метода), также получены 3 свидетельства на программные продукты Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

**Структура и объем работы.** Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 168 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

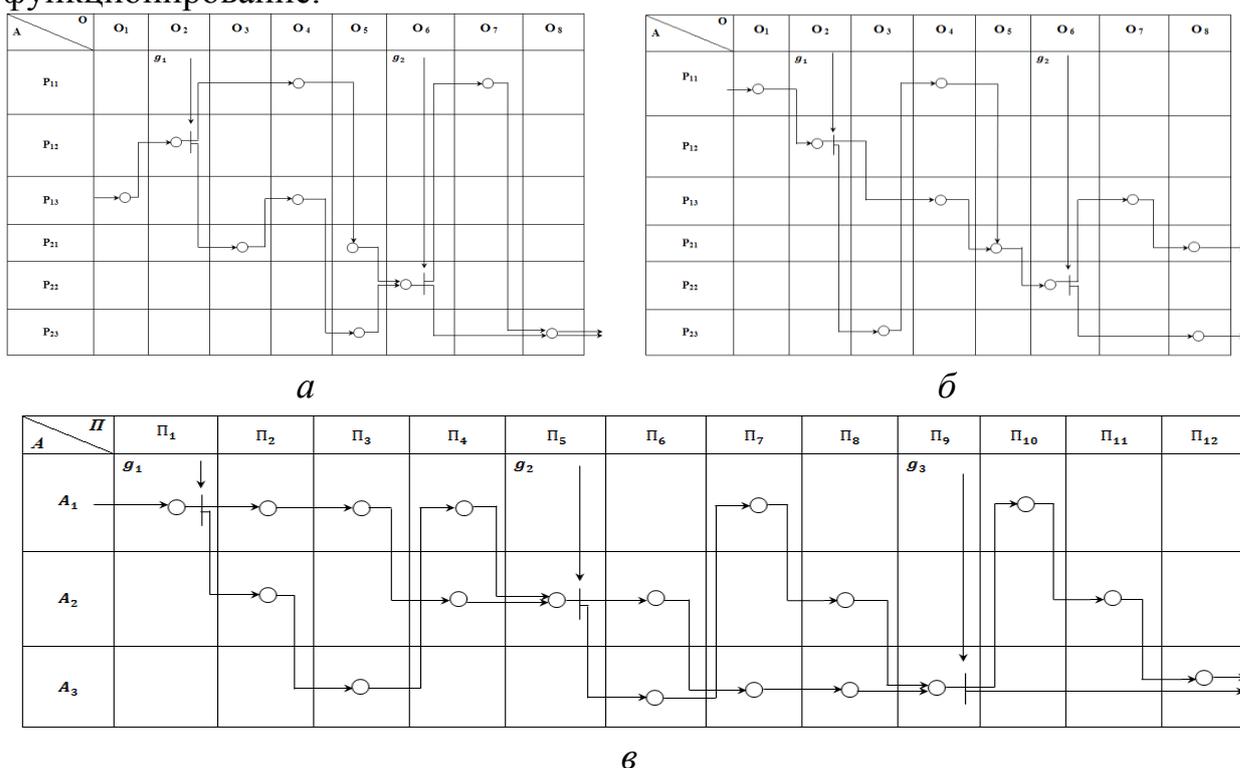
**В введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, показано соответствие исследования по приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Сформулированы цели и задачи, указаны объект и предмет, научная новизна исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о

внедрении результатов исследования в практику, об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Анализ алгоритмизации дискретных информационных систем и процессов» рассматриваются проблемы производственных информационных систем и процессов и организации производственной информационной системы в промышленности. В целях повышения эффективности дана краткая информация о существующих методах решения задач календарного планирования, организации и систематизации производственной информационной системы.

В §1.1 эффективность промышленного производства (в стоимостной форме) рассчитывается следующим образом:  $\mathcal{E} = \text{РП}(C_{\text{ж.т.}} + C_{\text{п.т.}})$ , где *РП* – количество произведённой за единицу времени продукции или услуг с учётом их качества;  $C_{\text{ж.т.}}$ ,  $C_{\text{п.т.}}$  – затраты живого и добавленного труда, обусловивших производство данной продукции или оказание услуги.

Рассмотрен метод увеличения количества и качества выпускаемой продукции в единицу времени за счёт правильной организации дискретных информационных систем и процессов на основе динамических таблиц функционирования.

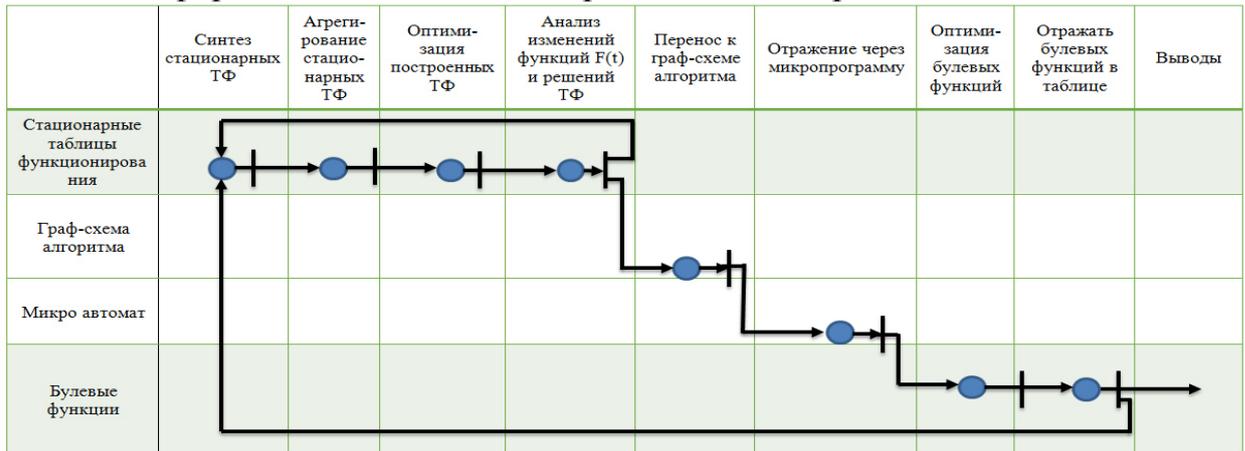


**Рис. 1. Схема описания информационных процессов и информационных ресурсов на основе динамических таблиц функционирования**

Организация информационных процессов и систематизация информационных ресурсов в информационной системе (§1.2) осуществляется за счёт изменения состояния следующих внутренних факторов информационной среды (рис. 1): структуры размещения рабочих мест (рис. 1а); структура размещения оборудования (рис. 1б); специализация оборудования (рис. 1в).

Разработан эвристический метод решения задачи календарного планирования в дискретных информационных системах и процессах (§1.3). Предлагается описывать производственные информационные системы и процессы в виде динамических таблиц функционирования.

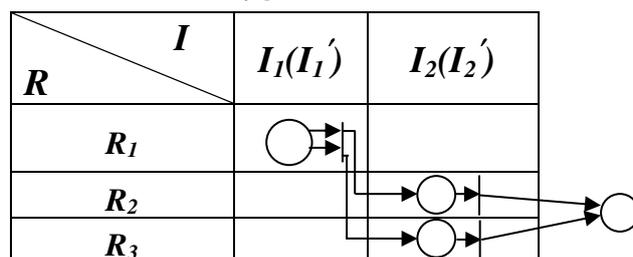
§1.4 посвящён анализу и синтезу дискретных информационных систем и процессов на основе динамических таблиц функционирования. Проводится обоснование алгоритмического метода преобразования таблиц функционирования для производственной информационной системы дискретного характера. Функциональная схема построения алгоритмической модели информационной системы представлена на рис. 2.



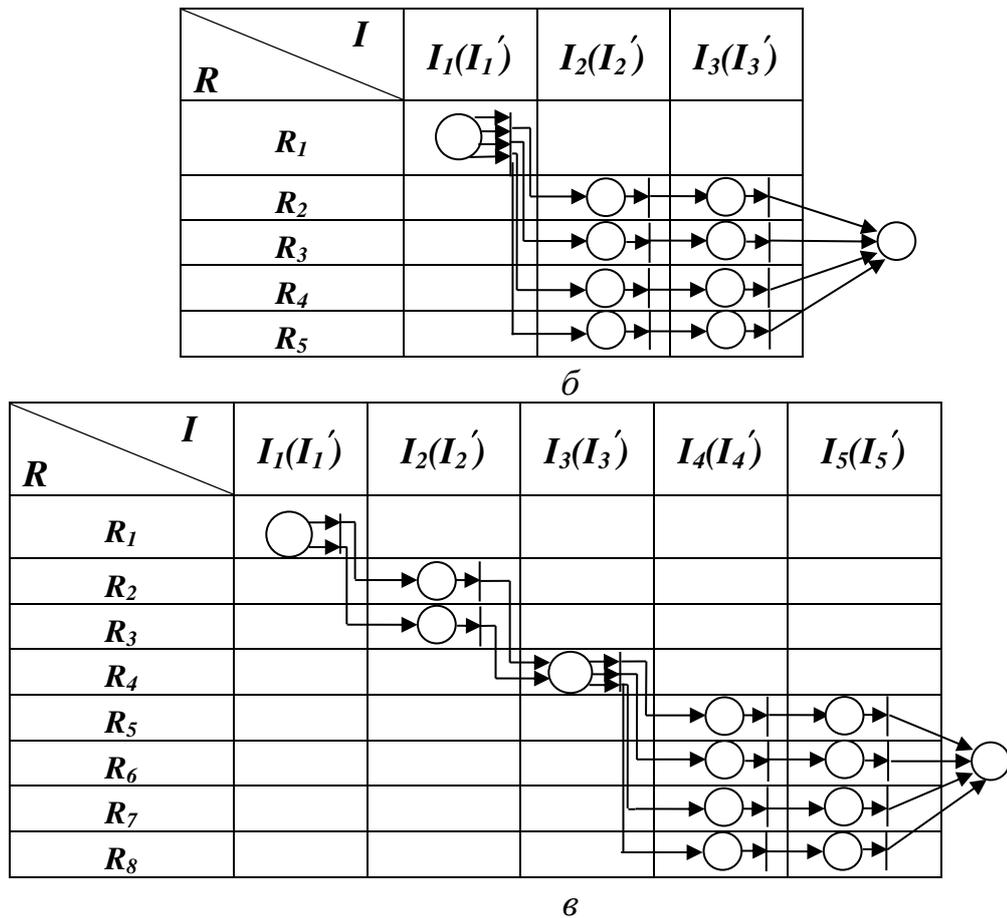
**Рис.2. Функциональная схема построения алгоритмической модели информационной системы**

Сложные системы представляют собой композицию подсистем. Каждая из подсистем представляет технологический цикл, для описания которого используется автоматный язык по классификации Хомского. Начальным символом грамматики языка является таблица функционирования, в правилах используются операции конкатенация (рис. 3), объединение, параллельное связывание, заполнение и пересечение:

$$\left\{ \begin{array}{l} SFJ_1 \times SFJ_2 \times \dots \times SFJ_n, x_1, x_2, \dots, x_n \setminus x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}, \\ SFJ_1 \cup SFJ_2 \cup \dots \cup SFJ_n = \bigcup_{i=1}^n SFJ_i, x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}, \\ SFJ_1 \parallel SFJ_2 \parallel \dots \parallel SFJ_n, x_1 \parallel x_2 \parallel \dots \parallel x_n \setminus x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}, \\ SFJ_1 \cap SFJ_2 \cap \dots \cap SFJ_n = \bigcap_{i=1}^n SFJ_i, x_i \in SFJ_i \mid i = \overline{1, n}. \end{array} \right. \quad (1)$$



*a*



**Рис. 3. Операция конкатенации в динамических таблицах функционирования: а - СТФ1; б - СТФ2; в - результат конкатенации**

Выразим эти переходы следующим образом:

$$W_{11} = R_1(I_1(I'_1)) * R_2(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_5(I_4(I'_4)) * R_5(I_5(I'_5)) * z$$

$$W_{12} = R_1(I_1(I'_1)) * R_2(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_6(I_4(I'_4)) * R_6(I_5(I'_5)) * z$$

$$W_{13} = R_1(I_1(I'_1)) * R_2(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_7(I_4(I'_4)) * R_7(I_5(I'_5)) * z$$

$$W_{14} = R_1(I_1(I'_1)) * R_2(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_8(I_4(I'_4)) * R_8(I_5(I'_5)) * z$$

$$W_{21} = R_1(I_1(I'_1)) * R_3(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_5(I_4(I'_4)) * R_5(I_5(I'_5)) * z$$

$$W_{22} = R_1(I_1(I'_1)) * R_3(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_6(I_4(I'_4)) * R_6(I_5(I'_5)) * z$$

$$W_{23} = R_1(I_1(I'_1)) * R_3(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_7(I_4(I'_4)) * R_7(I_5(I'_5)) * z$$

$$W_{24} = R_1(I_1(I'_1)) * R_3(I_2(I'_2)) * R_4(I_3(I'_3)) * R_8(I_4(I'_4)) * R_8(I_5(I'_5)) * z$$

здесь  $W$  — вектор перехода от начала к концу таблицы функционирования.

Система управления в соответствии с правилами функционирования автоматов Мура и Миля описывается следующим образом:

$$\begin{cases} P(t+1) = f[P(t), g(t)]; \\ O(t) = R[P(t), g(t)], \end{cases} \quad (2)$$

здесь  $P$  — множество позиций;  $O$  — множество выходных позиций;  $R$  — множество рабочих мест;  $f$  — функция перехода;  $g$  — управляющий автомат.

Согласно (2), динамическая таблица функционирования имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{t+1} = \varphi(F_t, P, O, I, I', R, T, \Delta), \exists \varphi(x_1, \dots, x_k \xrightarrow{\varphi} y_1, \dots, y_t), \\ A_{t+1}^{+-} = A_t^{+-}(\varphi, P, O, I, I', R, T, \Delta, F_t), \Psi_1 = \Psi_0 + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots a_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} \dots a_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} o_1 \\ o_2 \\ \dots \\ o_n \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots a_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} \dots a_{kn} \end{bmatrix} \bar{W} = 0, \\ P \cap O = \emptyset, p_i \in I(t_j), p_i \in I'(t_j); \end{array} \right. \quad (3)$$

здесь  $A^{+-}$  – матрицы входа-выхода переходных состояний динамической таблицы функционирования;  $T$  – временные интервалы;  $\Delta$  – координаты рабочего места в системе;  $F_t$  – функция динамической таблицы функционирования по времени сдвига;  $O$  – операции;  $I$  ( $I'$ ) входные (выходные) позиции каждого рабочего места;  $\varphi - \exists(x_1, \dots, x_k \xrightarrow{\varphi} y_1, \dots, y_t)$  – функция отображения входных параметров системы  $(x_1, \dots, x_k)$  на выходные параметры  $(y_1, \dots, y_t)$ ;  $\Psi_t$  – конечные состояния динамических таблиц функционирования;  $\Psi_0$  – начальное состояние динамических таблиц функционирования;  $W$  – вектор перехода от  $\Psi_t$  к  $\Psi_0$ .

Пересечение множества состояний и операций (переходов) пусто ( $P \cap O = \emptyset$ ). В информационной системе состояние (положение) технологического цикла считается входным для перехода  $t_j$ , если  $P_i \in I(t_j)$ , и при  $P_i \in I'(t_j)$  – выходным состоянием.

Исходя из уравнении (3), представляем динамическую таблицу функционирования в виде системы булевых функций в минимальной дизъюнктивной нормальной форме:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \\ y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \\ \dots \\ y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \\ \dots \\ y_n = f_n(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n). \end{array} \right. \quad (x_i, y \in \{0, 1\}, i = \overline{1, n})$$

Во второй главе диссертации «**Математическое и алгоритмическое моделирование дискретных информационных систем и процессов на основе динамических таблиц функционирования**» рассматриваются математические модели задач управления.

В §2.1 приводится информационная модель дискретных информационных систем и процессов во времени. Аналитически это можно выразить следующим образом:  $Z = f(w, d)$  – дата запуска заказа;  $w$  – время выпуска заказа;  $d$  – календарное опережение запуска относительно выпуска.

На основе информационных потоков в дискретных информационных системах и процессах длительность производственного цикла ( $T_{ДПЦ}$ ) рассчитывается следующим образом:

$$T_{УТД} = T_{ТЕХ} + T_{ОО} + T_{ОЦ} + T_{КТ}, \quad (4)$$

здесь  $T_{ТЕХ}$  – длительность технологического цикла;  $T_{МО}$  – время межоперационного прослеживания;  $T_{ПРОМ}$  – время выполнения операций в промежуточных цехах;  $T_{КТ}$  – время выполнения контрольных и транспортных операций, при этом

$$T_{ТДД} = T_{ТДД М} + T_{ТДД Й}, \quad (5)$$

здесь  $T_{ТЕХ М}$  – длительность технологического цикла механообработки,  $T_{ТЕХ СБ}$  – длительность технологического цикла сборки.

Так как заказ на изготовление технологического оснащения представляет собой совокупность деталей с различной длительностью технологической обработки в информационной системе и процессах, то длительность производственного цикла по заказу равна длительности производственного цикла самой трудоёмкой детали и формулу (4) с учётом (5) можно представить в виде:

$$T_{УТД} = T_{ТДД Й} + T_{ТДД М}^{КД} + T_{ОО}^{КД} + T_{ОЦ}^{КД} + T_{КТ}^{КД},$$

здесь  $T_{ТДД М}^{КД}$ ,  $T_{ОО}^{КД}$ ,  $T_{ОЦ}^{КД}$ ,  $T_{КТ}^{КД}$  – значения параметров для детали с максимальной длительностью технологического цикла (критическим циклом).

В §2.2 разработаны математические модели формирования агрегатов на основе информационных потоков и ресурсов в системе, организации специализированных рабочих мест и организации структуры информационной системы.

Используются обозначения множеств:  
оборудования

$$V = \{V_i^{kj}, i = \overline{1, a}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J}\},$$

где  $V_i^{kj}$  –  $j$ -й станок  $k$ -й группа технологического оборудования,  $i$ -го участка;  
рабочих

$$W = \{W_i^{kf} : W_i^{kf} = \{F_i^{kf}, Z_i^{kf}\}, i = \overline{1, a}, k = \overline{1, K}, f = \overline{1, l}\},$$

здесь  $W_i^{kf}$  –  $f$ -й рабочий  $k$ -й специальности  $i$ -го участка;  $F_i^{kf}$  – фонд рабочего времени на месяц  $f$ -го рабочего  $k$ -й специальности  $i$ -го участка;  $Z_i^{kf}$  – разряд  $f$ -го рабочего  $k$ -й специальности  $i$ -го участка;  
технологических операций

$$O = \{O_n^{mk} : O_n^{mk} = \{T_n^{mk}, \overline{Z_n^{mk}}\}, n = \overline{1, b}, m = \overline{1, a}, k = \overline{1, K}\},$$

здесь  $O_n^{mk}$  –  $k$ -ая технологическая операция  $m$ -й детали  $n$ -го заказа;  $T_n^{mk}$  – трудоёмкость  $k$ -й технологической операции  $m$ -й детали  $n$ -го заказа;  $\overline{Z_n^{mk}}$  – разряд работы  $k$ -й технологической операции  $m$ -й детали  $n$ -го заказа.

Под потерями рабочего времени  $f$ -го рабочего  $z$ -го разряда будем подразумевать выполнение им технологических операций, не требующих его квалификации ( $Z_i^{kf} \neq \overline{Z_n^{mk}}$ ).

Требуется отобразить:  $W \xrightarrow{A} V$  при  $A = P_{zi}^{kf} = \overline{F_{zi}^{kf}} - \overline{T_{zi}^{kf}} \rightarrow \min$ ,  
здесь  $P_{zi}^{kf}$  – потери рабочего времени  $f$ -го рабочего  $k$ -й специальности  $z$ -го разряда,  $i$ -го участка;  $\overline{F_{zi}^{kf}}$  – фонд рабочего времени на месяц  $f$ -го рабочего  $k$ -й специальности  $z$ -го разряда  $i$ -го участка;  $\overline{T_{zi}^{kf}}$  – объем работы для  $f$ -го рабочего,  $k$ -й специальности  $z$ -го разряда  $i$ -го участка при ограничении

$$F'_{zi}{}^k - T'_{zi}{}^k \geq 0, F'_{zi}{}^k = \sum_{f=1}^{\bar{l}} \overline{F_{zi}^{kf}}, T'_{zi}{}^k = \sum_{f=1}^{\bar{l}} \overline{T_{zi}^{kf}}.$$

Имеется множество рабочих мест:

$$R = \{R_i^{kj} : R_i^{kj} = \{\phi_i^{kj}\}, i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, i}\},$$

здесь  $R_i^{kj}$  –  $j$ -ое рабочее место  $k$ -ой группы технологического оборудования,  $i$ -го участка;  $\phi_i^{kj}$  – фонд доступного времени на смену  $j$ -го рабочего места,  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка.

Для эффективной загрузки оборудования необходимо:

$$\phi_i^k = \overline{T_i^k},$$

здесь  $\phi_i^k$  – фонд доступного времени на смену  $k$ -ой группы технологического оборудования  $i$ -го участка;  $\overline{T_i^k}$  – трудоёмкость технологических операций, выполняемых на  $k$ -й группе технологического оборудования  $i$ -го участка, вычисляемая как

$$\overline{T_i^k} = t_i'^k + t_i''^k,$$

здесь  $t_i'^k$  – время обработки деталей по  $k$ -й группе технологического оборудования  $i$ -го участка;  $t_i''^k$  – время переналадки оборудования по  $k$ -й группе технологического оборудования  $i$ -го участка.

Множество оснастки, применяемой при обработке деталей заказов:

$$Q = \{Q_n^{k\tau}, n = \overline{1, b}, k = \overline{1, K}, \tau = \overline{1, e}\},$$

здесь  $Q_n^{k\tau}$  –  $\tau$ -ая оснастка  $k$ -й технологической операции  $n$ -го заказа;  $t_n^{k\tau}$  – время переналадки  $\tau$ -й оснастки  $k$ -й технологической операции  $n$ -го заказа.

Требуется построить отображение:  $Q \xrightarrow{B} R$  при  $B = \overline{t_i'^{kj}} = \overline{\phi_i^{kj}} + \overline{t_i''^{kj}} \rightarrow \min$ ,  
здесь  $\overline{t_i'^{kj}}$  – время переналадки оборудования на  $j$ -м рабочем месте  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка;  $\overline{t_i''^{kj}}$  – время обработки детали на  $j$ -м рабочем месте  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка при ограничении:

$$\overline{\phi_i^k} - \overline{t_i'^{kj}} \geq 0, \overline{\phi_i^k} = \sum_{j=1}^J \overline{\phi_i^{kj}}, \overline{t_i'^{kj}} = \sum_{j=1}^J \overline{t_i'^{kj}}.$$

Имеется множество групп технологического оборудования:

$$M = \{M_i^k : M_i^k = \{N_i^k, \overline{\phi_i^k}\}, i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}\},$$

здесь  $M_i^k$  –  $k$ -ая группа технологического оборудования  $i$ -го участка;  $N_i^k$  – количество рабочих мест входящих в состав  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка;  $\overline{\phi_i^k}$  – фонд доступного времени на месяц  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка.

Имеется множество рабочих мест:

$$R = \{R_i^{kj} : R_i^{kj} = \{\phi_i^{kj}, Z_i^{kj}\}, i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J}\},$$

здесь  $R_i^{kj}$  –  $j$ -ое рабочее место  $k$ -й группы  $i$ -го участка;  $\phi_i^{kj}$  – фонд доступного времени на месяц по  $j$ -му рабочему месту  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка;  $Z_i^{kj}$  – разряд рабочего, работающего на  $j$ -м рабочем месте  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка,

$$\overline{\phi}_i^k = \sum_{j=1}^J \phi_i^{kj}$$

Множество производственных мощностей группы технологического оборудования, необходимого для выполнения производственной программы цеха в плановом периоде,

$$S = \{S_i^k / i = \overline{1, \alpha}, k = \overline{1, K}\},$$

здесь  $S_i^k$  – потребная производственная мощность  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка.

Требуется построить отображение  $R \xrightarrow{C} M$ , при  $C = \theta_i^k = \overline{\phi}_i^k - S_i^k \rightarrow \min$ , здесь условия  $\theta_i^k$  – перегрузка ( $\theta_i^k < 0$ ) или резерв ( $\theta_i^k > 0$ ) производственной мощности  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка при ограничении

$$\phi^{'k} - S^{'k} \geq 0.$$

В §2.3 разрабатываются математическая и информационная модели задачи загрузки производственных мощностей.

Требуется построить отображение:  $O \xrightarrow{D} R$ , при  $D = E_n = H_n + \Pi_n \rightarrow \min$   
 $E_n$  – длительность производственного цикла  $n$ -го заказа;  
 $H_n$  – трудоёмкость  $n$ -го заказа;  $\Pi_n$  – время прослеживания  $n$ -го заказа при ограничении:

$$\overline{D} \subset \overline{A}; \overline{D} = \bigcup_{n=1}^{\overline{c}} \overline{A}_n, 1 \leq \overline{c} \leq \overline{e}; \overline{D} = \{\overline{A}_n / n = \overline{1, \overline{c}}, \overline{a} \leq \overline{p}_n \leq \overline{b}\},$$

здесь  $[\overline{a}, \overline{b}]$  – интервал изменение приоритетов заказов, для которых требуется сокращение длительности производственного цикла

$$\overline{\Pi}_i^{kj} = \phi_i^{kj} - \overline{T}_i^{kj} \rightarrow \min,$$

здесь  $\overline{\Pi}_i^{kj}$  – длительность простоев по  $j$ -му рабочему месту  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка;  $\phi_i^{kj}$  – фонд доступного времени по  $j$ -му рабочему месту  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка;  $\overline{T}_i^{kj}$  – трудоёмкость технологических операций, выполняемых на  $j$ -м рабочем месте  $k$ -й группы технологического оборудования  $i$ -го участка при ограничении: если

$$k_n^{mf} = M_i^k, \overline{Z}_n^{mf} = Z_i^{kj}, \text{ то } \phi_i^{kj} - \overline{T}_i^{kj} \geq 0,$$

здесь  $k_n^{mf}$  – вид обработки по  $f$ -й технологической операции  $m$ -й детали  $n$ -го заказа,  $M_i^k$  –  $k$ -я группа технологического оборудования  $i$ -го участка;

$\bar{Z}_n^{mf}$  – разряд для выполнения  $f$  - й технологической операции  $m$  - й детали  $n$  - го заказа;  $Z_i^{kj}$  – квалификация рабочего, работающего на  $j$  - м рабочем месте  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка.

В §2.4 оперативное планирование производственных информационных процессов на основе алгоритмической модели дискретных информационных систем и процессов на основе алгебры динамических таблиц функционирования осуществляется следующим образом:

- формируются наборы заказов и направления для их изготовления, определяется степень оптимальной загрузки оборудования;
- составляются месячные, недельные и суточные производственные задания загрузки оборудования на основе синтеза стационарных таблиц функционирования;
- проектируются динамические таблицы функционирования для всех участков цеха и для загрузки оборудования информационной системы;
- разрабатываются технологические циклы и их программное обеспечение для управляющих агрегатов информационных систем на основе стационарных таблиц функционирования;
- настройка динамических таблиц функционирования на технологические циклы и имитация процесса запуска рабочих мест;
- контроль за допустимыми параметрами организации и систематизации агрегатов информационной системы, заданные на основе динамических таблиц функционирования;
- выполняются логическое последовательность операции памяти хранилище в информационной системе, заданными в виде динамических таблиц функционирования.

Схема взаимосвязи производственной информационной системы и объекта информатизации представлена на рис. 4.



**Рис.4. Схема взаимосвязи производственной информационной системы и объекта информатизации**

Входными и выходными информации являются (см. рис. 4) такую информации, как рабочие места, их состояние, координаты в системе, временные интервалы, операции, функции динамической таблицы функционирования по времени, состояние входа-выхода  $n$ -заказов, входные и выходные документы, сырье в информационной системе. На основе



По результату решения задачи выбора оптимального набора оборудования для обработки всех запланированных деталей с использованием всех ресурсов информационной системы определяются наиболее производительные станки из множества  $CT$ .

В §3.3 решается задача построения оптимального функционирования цикла работы технологических модулей в информационных системах и процессах на основе динамических таблиц функционирования. Разработаны модель и алгоритм выбора группы базового оборудования в кластере. Анализ устойчивости алгоритмов, созданных для дискретной производственной информационной системы, проводился с использованием критерия Гурвица.

В четвертой главе предоставлены **«Алгоритмы дискретных информационных систем и процессов на основе динамических таблиц функционирования»**, которые являются частью методики решения сформулированных в главах I и II задач.

В §4.1 описан пошаговый алгоритм распределения рабочих между оборудованием на основе анализа сложности операций, выполняемых в информационных системах и процессах (т.е. в соответствии с разрядами рабочих).

На первом шаге присваивается значение  $Z_i^{kf}$  и  $\bar{Z}_n^{mk} : Z_i^{kf} = \bar{Z}_n^{mk}$ ,  
здесь  $Z_i^{kf}$  - разряд  $f$  - го рабочего  $k$  - й специальности  $i$  - го участка;  
 $\bar{Z}_n^{mk}$  - разряд работы  $k$  - й технологической операции  $m$  - й детали  $n$  - го заказа.

На втором шаге рассчитывается общая трудоёмкость технологических операций по конкретному разряду для рабочих данной специальности:

$$\bar{T}_{zi}^k = \sum_{m=1}^E T_{zi}^{km}$$

здесь  $\bar{T}_{zi}^k$  - объём работ для рабочих  $z$  - го разряда  $k$  - й специальности  $i$  - го участка,  $T_{zi}^{km}$  - трудоёмкость  $k$  - й технологической операции  $z$  - го разряда изготовления  $m$  - й детали  $i$  - го участка.

На третьем шаге вычисляется необходимое количество рабочих  $k$  - ой специальности с определённым разрядом

$$\bar{N}_{zi}^k = \frac{\bar{T}_{zi}^k}{\bar{F}_{zi}^{kf}}$$

здесь  $\bar{N}_{zi}^k$  - необходимое количество рабочих  $k$  - й специальности  $z$  - го разряда для  $i$  - го участка;  $\bar{F}_{zi}^{kf}$  - фонд рабочего времени на месяц  $f$  - го рабочего  $k$ -й специальности  $z$  - го разряда  $i$  - го участка.

На четвёртом шаге количество рабочих по специальности с конкретным разрядом сравнивается с имеющимся:

$$N_{zi}^{0k} = N_{zi}^k - \bar{N}_{zi}^k$$

при  $N_{zi}^{0k} < 0$  дефицит или при  $N_{zi}^{0k} > 0$  избыток рабочих  $k$  - й специальности  $z$  - го разряда на  $i$  - м участке;  $N_{zi}^k$  – наличие рабочих  $k$  - й специальности  $z$  - го разряда  $i$  - го участка.

В §4.2 разработан алгоритм организации специализированных рабочих мест и организации свойства систем в дискретной информационной системе. Алгоритм строится на основании анализа информации оснастки, применяемой при обработке деталей за смену. Результатом решения является распределение специализированных рабочих мест с целью увеличения производительности труда за счёт сокращения времени на переналадку оборудования.

На первом шаге рассчитывается общая трудоёмкость технологических операций на смену (сутки) с определённой оснасткой для конкретной группы оборудования:

$$\bar{T}_i^{k\tau} = \sum_{n=1}^{\bar{E}} T_{in}^{k\tau}$$

здесь  $\bar{T}_i^{k\tau}$  – трудоёмкость технологических операций, выполняемых с  $\tau$  - й оснасткой на  $k$  - й группе технологического оборудования  $i$  - го участка;  $T_{in}^{k\tau}$  – трудоёмкость  $k$  - й технологической операции с  $\tau$  - й оснасткой,  $n$  - го заказа, выполняемой на  $i$  - м участке.

На втором шаге по набору технологического оборудования участка рассчитывается необходимое количество специализированных рабочих мест:

$$N_i^{k\tau} = \frac{\bar{T}_i^{k\tau}}{\phi_i^{kj}}$$

здесь  $N_i^{k\tau}$  – количество специализированных рабочих мест с  $\tau$  - й оснасткой  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка;  $\phi_i^{kj}$  – фонд доступного времени на смену  $j$  - го рабочего места  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка.

На третьем шаге количество специализированных рабочих мест с учётом разряда работ и квалификации рабочих вводится в состав группы технологического оборудования. Задача решается по всем видам оснастки для каждой группы технологического оборудования производственных участков информационных системы.

В §4.3 разработан алгоритм решения задач загрузки мощности в дискретных информационных системах и процессах. Результатом решения задачи является реорганизация структуры каждого отдела в информационной системе с целью эффективного использования средств данной системы с целью выполнения месячной производственной программы.

На первом шаге рассчитывается время загрузки (необходимая производственная мощность) по группе технологического оборудования на участке

$$S_i^k = \sum_{f=1}^L T_{if}^k$$

здесь  $S_i^k$  – время загрузки  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка;  $T_{if}^k$  – трудоёмкость  $f$  - й технологической операции, выполняемой на оборудовании  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка.

На втором шаге производится анализ загрузки группы технологического оборудования участка. По каждой группе рассчитывается фонд доступного времени на месяц:  $\bar{\phi}_i^k = \sum_{j=1}^J \phi_i^{kj}$ , здесь  $\bar{\phi}_i^k$  – фонд доступного времени на месяц  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка;  $\phi_i^{kj}$  – фонд доступного времени на месяц  $j$  - го рабочего места  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка.

Различаются три варианта загрузки:

- 1)  $\bar{\phi}_i^k = S_i^k$  – нормальная загрузка;
- 2)  $\bar{\phi}_i^k > S_i^k$  – резерв мощности на участке;
- 3)  $\bar{\phi}_i^k < S_i^k$  – загрузка не обеспечена производственной мощностью участка.

Проводятся анализ и выбор варианта загрузки для группы технологического оборудования.

При выборе второго варианта загрузки ( $\bar{\phi}_i^k > S_i^k$ ) определяется резерв мощности производственного участка:  $\bar{N}_i'^k = (\bar{\phi}_i^k - S_i^k) / \phi_i^{kj}$ , здесь  $\bar{N}_i'^k$  – количество резервных рабочих мест  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка.

При выборе третьего варианта ( $\bar{\phi}_i^k < S_i^k$ ) определяется количество дополнительных рабочих мест, необходимых для нормальной загрузки участка:  $\bar{N}_i^k = (S_i^k - \bar{\phi}_i^k) / \phi_i^{kj}$ , здесь  $\bar{N}_i^k$  – количество дополнительных рабочих мест для  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка.

В §4.4 реализован алгоритм метода сетевого планирования загрузки оборудования с использованием приоритета заказов и операций в информационной системе.

При расчёте приоритетов операций в информационной системе применяются три алгоритма группировки заказа по их трудоёмкости:

- 1) входящие заказы, изготовленные в чрезвычайный период;
- 2) входящие заказы, изготовленные в ускоренный период;
- 3) входящие заказы, изготовленные в обычный период.

В общем виде приоритеты операций заказов отражают очерёдность изготовления деталей на оборудовании.

Для описания алгоритма задачи загрузки производственных мощностей введём следующие обозначения:  $t_{oi}^{kj}$  – время освобождения  $j$  - го рабочего места  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка;  $t_{1n}^{mf}$  – время

окончания  $f$  - й технологической операции  $m$  - й детали  $n$  - го заказа;  
 $t_{2n}^{mf}$  – время начала  $f$  - й технологической операции  $m$  - й детали  $n$  - го заказа;  
 $\bar{t}_n^{mf}$  – длительность транспортных и контрольных операций по  $f$  - й технологической операции  $m$  - й детали  $n$  - го заказа, при этом

$$t_{2n}^{mf} = t_{1n}^{mf-1} + \bar{t}_n^{mf-1}.$$

$F_n^{mf}(t_{2n}^{mf})$  – функция, определяющая прослеживание,  $m$  - й детали  $n$  - го заказа при выполнении  $f$  - й технологической операции на  $j$  - му рабочему месту  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка,

$$F_n^{mf}(t_{2n}^{mf}) = t_{0i}^{kj} - t_{2n}^{mf}.$$

$\bar{F}_i^{kj}(t_{0i}^{kj})$  – функция, определяющая простой  $j$  - го рабочего места  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка при выполнении  $f$  - й технологической операции на  $m$  - й детали  $n$  - го заказа,

$$\bar{F}_i^{kj}(t_{0i}^{kj}) = t_{2n}^{mf} - t_{0i}^{kj}.$$

$\bar{S}_i^{kj}$  – длительность загрузки  $j$  - го рабочего места  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка,

$$\bar{S}_i^{kj} = \bar{T}_i^{kj} + \bar{\Pi}_i^{kj},$$

здесь  $\bar{T}_i^{kj}$  – трудоёмкость технологических операций, выполняемых на  $j$  - м рабочем месте  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка;  
 $\bar{\Pi}_i^{kj}$  – длительность простоев по  $j$  - го рабочему месту  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка,

$$\bar{\Pi}_i^{kj} = \sum_{h=1}^{\bar{\alpha}} \bar{Q}_{hi}^{kj}$$

здесь  $\bar{Q}_{hi}^{kj}$  – длительность  $h$  - го простоя по  $j$  - му рабочему месту  $k$  - й группы технологического оборудования  $i$  - го участка.

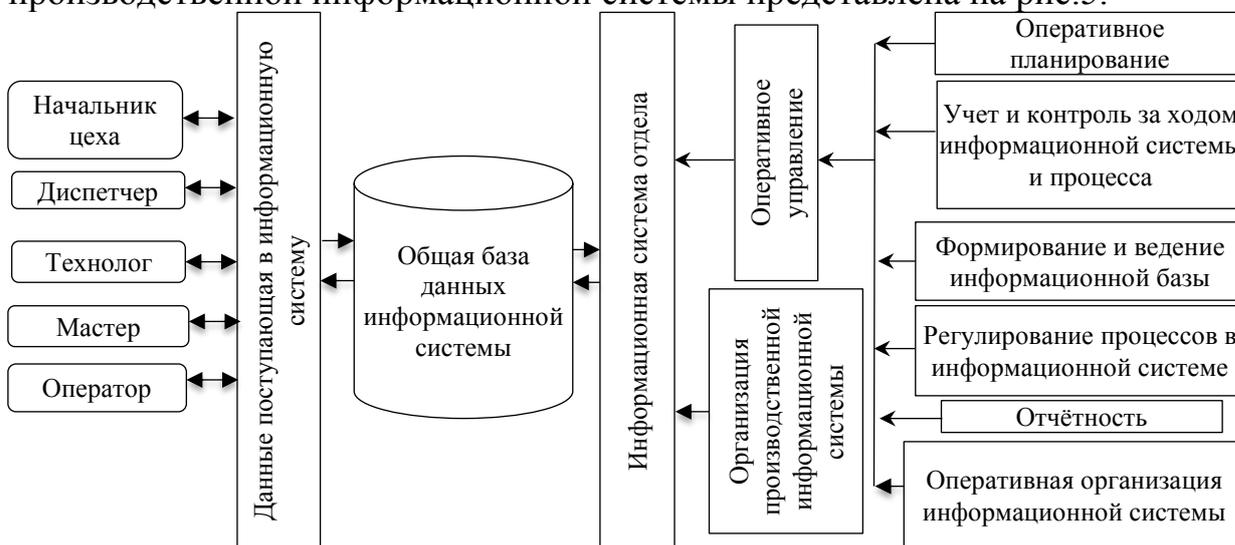
Эти обозначения использованы в пятой главе диссертации «**Внедрение разработок человеко-машинной системы на основе динамических таблиц функционирования**» для описания человеко-машинной системы управления инструментальным цехом на основе эвристических алгоритмов. В этой главе также проведён расчёт экономической эффективности разработанной системы управления.

В §5.1 описывается информационное и программное обеспечение дискретной информационной системы и процесса. Разработанная информационная система производственного подразделения является инструментальной многопользовательской системой реального времени для цехового уровня. Система предназначена для управления организацией производства, контроля, учёта и оперативного управления процессами изготовления технологического оснащения в инструментальном цехе. Аппаратные и программные средства информационной системы представляют пользователям системы возможность получить в режиме

реального времени информацию о состоянии и ходе информационного процесса, повышать оперативность принятия решений, обеспечивающих выполнение плановых заданий по объёмам и номенклатуре выпускаемых изделий.

Алгоритмическое программное обеспечение информационной системы было построено с использованием шести банков. Это банк признаков, банк моделей, банк алгоритмов, банк прикладных программ, банк операций и банк данных.

В §5.2 описан диалоговый режим дискретной информационной системы и организационного обеспечения системы, отличительной особенностью которой является диалоговый режим для оперативной реакции на отдельные события информационной системы. События регистрируются посредством данных, вводимых с терминалов, обрабатываются до полного или частичного завершения операций над ними. Организационно-функциональная схема производственной информационной системы представлена на рис.5.



**Рис. 5. Организационно-функциональной схема производственной информационной системы**

В §5.3 описано применение динамических таблиц функционирования в дискретных информационных системах и процессах и проводится расчёт экономической эффективности внедрения человеко-машинной системы управления инструментальным цехом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам диссертационной работы на тему «Модели и алгоритмы дискретных информационных систем и процессов на базе динамических таблиц функционирования» были представлены следующие выводы:

1. С использованием динамических таблиц функционирования разработана концептуальная модель дискретных информационных систем и процессов на основе единого стандартного описания. Это позволило своевременно модифицировать математические модели и алгоритмы выбора оптимального технологического направления и группового оборудования для

улучшения организационного обеспечения информационных систем и процессов. В результате эффективность производства увеличилась на 10 %, а время, затрачиваемое на подготовку продукции, сократилось в 1,5 раза.

2. Разработан алгоритмический метод организации и систематизации структуры информационных систем и процессов мелкосерийного производства дискретного типа на основе алгебраических динамических таблиц функционирования. Это позволило решить комплекс задач организации человеко-машинной системы и создать функциональные математические модели и алгоритмы оперативного регулирования информационных процессов промышленного предприятия. В результате достигнуто сокращение затрачиваемого на изготовление металлического изделия времени в 1,5 раза и объем производства увеличился на 7%.

3. Разработана концептуальная модель информационных систем и процессов, ориентированных на взаимодействие человека и машины. Это позволило оптимизировать и стабилизировать технологический режим, обеспечить стабильную работу информационной системы, следовательно, позволило повысить производительность производства продукции, сократить время на подготовку заказов, расход сырья и энергетических ресурсов.

4. Созданы имитационные модели для изучения человеко-машинной информационных систем и процессов на основе динамических таблиц функционирования. Это позволило разработать математические модели и алгоритмы формирования агрегатов, эффективного использования ресурсов за счёт организации специализированных рабочих мест и организации структуры информационной системы для дискретных информационных систем и процессов. В результате внедрения человеко-машинной системы удалось увеличить объем производства на 8%, уменьшить затраты времени на изготовление в 1,7 раза.

5. Разработаны правила, выводы, рекомендации, комплекс математических модели и алгоритмы для описания информационной системы и процессов промышленного предприятия, были использованы для создания концептуальной информационной системы, адаптированной к параметрам выбранных объектов. Это позволило решить управленческие вопросы для руководства производственным предприятием дискретного типа.

6. Показана эффективность разработки человеко-машинной информационной системы для дискретных информационных систем и процессов на основе теоретических и практических методов алгоритмизации информационных систем, концептуальной модели, математических моделей и алгоритмов, основанных на едином и стандартном описании использования динамических таблиц функционирования.

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

---

**NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES**

**KALANDAROV ILYOS IBODULLAYEVICH**

**MODELS AND ALGORITHMS OF DISCRETE INFORMATION  
SYSTEMS AND PROCESSES BASED ON DYNAMIC FUNCTIONING  
TABLES**

**05.01.10 – Information systems and processes**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTORAL (DSc) ON TECHNICAL  
SCIENCES**

**Tashkent – 2022**

The theme of dissertation of doctoral (DSc) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.3.DSc/T359.

The dissertation has been prepared at Navoi State University of Mining and Technological. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.tuit.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal (www.ziynet.uz).

**Scientific adviser:** **Kabulov Anvar Vasilovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Rakhmatullaev Marat Alimovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Zaynidinov Hakimjon Nasiridinovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Mamatov Alisher Zulunovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** **Fergana Polytechnic Institute**

Defense of the dissertation will take place on «23» December 2022 at 14:00 at a meeting of the Scientific Council 27.06.2017.T.07.01 at the Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph: (+99871) 238-64-43, e-mail: iktuit@tuit.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed in Information-Resource Center of Tashkent University of Information Technologies (registration number № 254). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph: (+99871) 238-64-43.

The abstract of dissertation is distributed on «7» December 2022 y.  
(Dispatching protocol № 13 on «30» NOVEMBER 2022y.)



*M. Musaev*  
*N.O. Rakhimov*

**M.M. Musaev**  
Chairman of the Scientific Council awarding scientific degrees, Doctor of Technical Science, Professor

**N.O. Rakhimov**  
Scientific Secretary of Scientific council awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences

**U.R. Khamdamov**  
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Docent

*U.R. Khamdamov*

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** is to create conceptual, mathematical models and algorithms for the organization and structuring of discrete information systems and processes at the level of the workshop, site and technological modules based on dynamic tables functioning.

**The object of the research work** is single and small-scale production information systems and discrete-type processes.

**The scientific novelty of the research work:**

developed a conceptual model based on a single standard description of discrete information systems and processes using dynamic tables;

developed mathematical models and algorithms for the formation of aggregates, efficient use of resources through the organization of specialized jobs and the organization of the structure of the information system for discrete information systems and processes;

an algorithmic method for organizing and systematizing the structure of information systems and processes of small-scale production of a discrete type based on algebraic dynamic tables of functioning was developed;

functional mathematical models and algorithms for solving complex problems of organizing man-machine systems and operational regulation of information processes of an industrial enterprise have been created;

modified mathematical models and algorithms for choosing the time-optimal technological direction and group equipment to improve the organizational support of discrete information systems and processes.

**Implementation of the research results.** The results of scientific research on models and algorithms of discrete information systems and processes based on dynamic tables of functioning:

a conceptual model was developed based on a single standard description of discrete information systems and processes using dynamic tables of functioning and modified mathematical models and algorithms for choosing the optimal technological direction in terms of time and group equipment to improve the organizational support of discrete information systems and processes; they are used at the Takhiatash plant of metal structures and non-standard equipment of JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine (Certificate No.23.01-01-07/558 as of August 26, 2022 JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine). The implementation results made it possible to increase the efficiency of production by 10% and reduce the time spent on product preparation by 1.5 times.

an algorithmic method for organizing and systematizing the structure of information systems and processes of small-scale production of a discrete type based on algebra over dynamic tables of functioning has been developed, functional mathematical models and algorithms for solving complex problems of organizing human-machine systems and operational regulation of information processes of an industrial enterprise are used in the Northern Mining Administration (3 - HMP) JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine (Certificate No.23.01-01-07/558 as of August 26, 2022 JSC Navoi Mining and

Metallurgical Combine). The result of the introduction was a reduction in the time spent on manufacturing the product by 1.5 times, and the volume of production increased by 7%;

mathematical models and algorithms for the formation of aggregates, efficient use of resources due to the organization of specialized jobs and the organization of the structure of the information system for discrete information systems and processes have been developed, simulation models have been created for the study of human-machine information systems and processes based on dynamic tables and are used in the «Navoi Machine Building Plant» Production Association JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine (Certificate No.23.01-01-07/558 as of August 26, 2022 JSC Navoi Mining and Metallurgical Combine). As a result of the introduction of the man-machine system, it was possible to increase the output by 8%, reduce the time spent on manufacturing the product by 1.7 times.

**Structure and size of the dissertation.** The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 168 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Каландаров И.И., Ашуоров А.О. Методы синтеза оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе функций  $k$ -значной логике // – Монография:-Ташкент: «Наврўз», 2020.- 276 с.
2. Кабулов А.В., Норматов И.Х., Каландаров И.И., Варисов А., Болтаев Ш.Т., Бабаджанов А.А. Бошқарув тизимларининг ахборот хавфсизлигини таъминлаш усули // – Патент: – 19.10.2021 IAP №06602 Адлия вазирлиги хузуридаги интеллектуал мулк агентлиги.
3. Кабулов А.В., Каландаров И.И., Варисов А. Оценка рисков информационный безопасности в обеспечение конфиденциальности информационных ресурсов // Проблемы информатики и энергетики. 2017. №6 (6). С.26–36 (05.00.00; №5).
4. Kalandarov I.I., Sotiboldiyev S.U., Narzullayev Y.E. Algorithm of the choice of the optimum technological route and the group equipment // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, India, Vol. 6. Issue 5. 2019. PP.9066- 9070 (05.00.00; №8)
5. Kalandarov I.I., Abdireymov A.R. Problems of decoding and search of the maximal top zero of monotonous functions of algebraic of logic // Science and education in Karakalpakstan. Vol. 3 (11). 2019. P.69-74 (05.00.00; №27)
6. Kalandarov I.I. Algorithm of the choice of the optimum technological route and the group equipment // Science and education in Karakalpakstan, Nukus, Vol. 3 (11). 2019. PP.27-32 (05.00.00; №27)
7. Kalandarov I.I. Mathematical methods for solving the problem of calendar planning in small-scale and unit production // Science and education in Karakalpakstan. Vol.1 (13). 2020. PP.67-73 (05.00.00; №27)
8. Каландаров И.И. Управление и эффективность производственным подразделением с единичным типом производства // «Ўзбекистон кончилик хабарномаси», №4 (83). 2020. С.96-99 (05.00.00; №7)
9. Kalandarov I.I., Abdireymov A.R. Network planning method in an automated system inside a shop operational management // Science and education in Karakalpakstan. Vol.2 (14). 2020. PP.32-38 (05.00.00; №27)
10. Kalandarov I.I. Algorithms for solving problems of managing a production unit with a discrete unit type of production // International Engineering Journal For Research & Development (IEJRD). Vol.5. Issue 4. 2020. PP.1-8 (№23, Scientific Journal Impact Factor, IF=7.169)
11. Kalandarov I.I. Human-machine tool shop management system // Middle European Scientific Bulletin. Vol.5. 2020. PP.177-182 (№23, Scientific Journal Impact Factor, IF=5.43)
12. Kabulov A.V., Kalandarov I.I., Karimov A.A. Algorithmic and mathematical methods for solving the problem of calendar planning based on dynamic functioning tables // International Journal of Advanced Science and

Technology. Vol.29. No.7. 2020. P.9090-9097 (№17, Open Academic Journals Index)

13. Каландаров И.И. Проблемы управления производственным процессом и эффективность промышленного производства // «Инновацион технологиялар» илмий-техник журнали, Қарши муҳандислик иқтисодий институти, Қарши, 2021/3(43)-сон, 20-23 бетлар (05.00.00; №38)

14. Kalandarov I.I. Development of Mathematical Models of Problems of Management the Production Division with a Discrete Unit Type Production // Robotics, Machinery and Engineering Technology for Precision Agriculture. Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol.247. Book Series, Singapore. PP.585-605 (№3, Scopus)

15. Kalandarov I.I. Algorithm for the Problem of Loading Production Capacities in Production Systems // In: Beskopylny A., Shamtsyan M. (eds) XIV International Scientific Conference «Interagromash 2021». Lecture Notes in Networks and Systems, Vol 246. Book Series Springer, PP.887-896 (№3, Scopus)

16. Каландаров И.И. М Анализ математических методов решения задачи календарного планирования в оперативном управлении // «Инновацион технологиялар» илмий-техник журнали, Қарши муҳандислик иқтисодий институти, Қарши, 2021/4(44)-сон, 64-69 бетлар (05.00.00; №38)

17. Kabulov A.V, Kalandarov I.I., Yarashov I. Problems Of Algorithmization Of Control Of Complex Systems Based On Functioning Tables In Dynamic Control Systems // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 2021, PP.1-4 (№3, Scopus)

18. Kabulov A., Normatov I., Kalandarov I., Yarashov I. Development of An Algorithmic Model And Methods For Managing Production Systems Based On Algebra Over Functioning Tables // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 2021, PP.1-4 (№3, Scopus)

19. Kabulov A., Kalandarov I., Saymanov I. Development of models and algorithms for transport and group equipment tasks // Transportation Research Procedia, Volume 63, 2022, PP.108-118 (№3, Scopus)

### **II бўлим (II часть; II part)**

20. Каландаров И.И. Система планирования и управления в мелкосерийном и единичном производстве // ТЕСНика. №2. 2020. С.8-11

21. Кабулов А.В., Норматов И.Х., Каландаров И.И. Алгоритмический метод планирования и управления производственными системами // Azerbaijan Memarlıq ve İnsaat Universiteti AMEA İdareetme Sistemleri İnstitutu, İnsaatda informasiya texnologiyalari ve sistemlerinin tetbiqi imkanlari ve perspektivleri, Beynelxalq Elmi-Praktiki konfransin. –Baki, 2018, С.145–149.

22. Каландаров И.И., Бобоев А.А., Меликулов С.Ё., Тагаев С.Ф. Микропроцессорная система с распределенным управлением // Международная научно-техническая конференция, сб.ст «Образовательная система: вопросы продуктивного взаимодействия наук в рамках технического прогресса», Общества науки и творчества в г.Казань. 2019. С.357-359

23. Каландаров И.И., Бекбутаев С. Algorithm for solving the optimal technological route tasks // Материалы международных научно-практических мероприятий Общества науки и творчества, сб.ст «Инициатива в науке как новая развития системы знаний». Казань. Россия. 2019. С.270-275

24. Каландаров И.И. Управление и эффективность производственным подразделением с единичным типом производства // IX Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений». УГГУ – Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2020. С.279-287

25. Кабулов А.В., Каландаров И.И. Математические методы решения задачи календарного планирования в мелкосерийном и единичном производстве // IX Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений», УГГУ – Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2020. С.287-294

26. Каландаров И.И. Задачи управления организацией производства и оперативного управления в единичном производстве // «Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар» мавзусидаги республика 20-кўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари. 16-қисм. 2020. С.37

27. Каландаров И.И. Решения задачи управления организацией производства и оперативного управления // «Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар» мавзусидаги республика 20-кўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари. 16-қисм. 2020. С.41-42

28. Каландаров И.И. Алгоритмическая модель системы управления предприятий с дискретным характером производства на уровне цеха, участка на основе динамического таблица функционирования // VI Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Образование и наука: взгляд на современность». г.Актубе. Баишев университет. Казакстан. 2021. С.235-241

29. Каландаров И.И. Эффективность производственного подразделения с мелкосерийным типом производства // Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2021. С.42-44

30. Каландаров И.И. Основные задачи организации специальных рабочих мест на предприятии и изменения структуры цеха // Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2021. С.45-47

31. Каландаров И.И. Анализ методы решение задачи календарного планирования в единичном производстве // Научные исследования студентов и учащихся: сборник статей III Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2021. С.12-15

32. Каландаров И.И. Методы решения задачи календарного планирования в мелкосерийном производстве // Научные исследования студентов и учащихся: сборник статей III Международной научно-

практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2021. С.16-18

33. Каландаров И.И. Разработки информационная модель производственного участка инструментального цеха // IV Международной научно-практической конференции «Наука и образование в современном обществе: актуальные вопросы и инновационные исследования»: сборник статей. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2021. С.14-16

34. Каландаров И.И. Разработка математических моделей в управлении производственным подразделением // XLVIII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации»: сборник статей. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2021. С.44-46

35. Каландаров И.И. Построения математического модели производственной системы и информационное обеспечение в инструментальном цехе // XLVIII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации»: сборник статей. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2021. С.47-50

36. Kabulov A.V., Yarashov I.K., Kalandarov I.I., Otakhonov A.A. Analysis of a system based on a functioning table and importance for information security // Modern problems of applied mathematics and information technologies al-Khwarizmi 2021: abstracts of the international scientific conference (15-17 November, Fergana, Uzbekistan). Fergana. 2021. P.134

37. Кабулов А.В., Каландаров И.И., Самадов А.Р., Аскарлов Р.Б., Рахмонова Х.З. Управление производственным подразделением с единичным типом производства на основе динамического таблиц функционирования // DGU №08271 Агентства по интеллектуальной собственности республике Узбекистан, 28.05.2020.

38. Каландаров И.И., Рахмонова Х.З. Управление производственной структурой цеха на верхнем уровне оперативного управления на основе динамического таблиц функционирования // DGU №08272 Агентства по интеллектуальной собственности республике Узбекистан, 28.05.2020.

39. Каландаров И.И., Мустафоев И.Г. Дискрет турдаги бирлик маҳсулот ишлаб чиқаришда агрегатларни шакллантириш масаласини ечиш усули // DGU №16142 Ўзбекистон республикаси Интеллектуал мулк агентлиги, 13.05.2022.

«Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.