

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**  

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**УСМАНОВА НАРГИЗА БАХТИЁРБЕКОВНА**

**ИНФОКОММУНИКАЦИЯ ТАРМОҚ ТИЗИМЛАРИДА**  
**АССОЦИАТИВ ЎЗARO ҲАРАКАТЛАР**

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

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

**Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**

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

**Усманова Наргиза Бахтиёрбековна**

Инфокоммуникация тармоқ тизимларида

ассоциатив ўзаро ҳаракатлар .....3

**Усманова Наргиза Бахтиёрбековна**

Ассоциативные взаимодействия в инфокоммуникационных

сетевых структурах .....33

**Usmanova Nargiza**

Associative interconnections in infocommunication

networking structures .....63

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works .....67

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**  

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**УСМАНОВА НАРГИЗА БАХТИЁРБЕКОВНА**

**ИНФОКОММУНИКАЦИЯ ТАРМОҚ ТИЗИМЛАРИДА**  
**АССОЦИАТИВ ЎЗARO ҲАРАКАТЛАР**

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

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

**Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.DSc/Т39 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари 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.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Қосимов Содиқжон Собирович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Бекмуратов Тулкун Файзиевич**  
техника фанлари доктори, профессор, академик

**Марахимов Авазжон Рахимович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Мусаев Мухаммаджан Махмудович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент давлат техника университети**

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2017 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент ш., Амир Темур кўчаси, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( \_\_ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100202, Тошкент ш., Амир Темур кўчаси, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Диссертация автореферати 2017 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.

(2017 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баенномаси).

**Р.Ҳ.Ҳамдамов**

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

**Ф.М.Нуралиев**

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

**Х.К. Арипов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунё миқёсида инновацион соҳа ва тармоқлар билан техник жиҳатдан ўзаро боғланган инфокоммуникация тармоқлари ва тизимлари ахборот-коммуникация технологиялари (АКТ) воситалари ва ечимлари билан интеграциялашиб, турли йўналишларда намоён бўлмоқда: АКТ нинг жадал ўсаётган соҳаларидан бири - Big Data учун, «олинаётган ва сақланаётган маълумотларнинг умумий ҳажми ҳар 1.2 йилда икки ҳисса кўпаймоқда; 2012-2014 йиллар мобайнида мобил алоқа тармоқларидан ҳар ойда узатиладиган маълумотлар миқдори 81%га ошди»<sup>1</sup>, 2016 йилда «булутли инфраструктурани ривожлантириш учун сервислар бозори 2015 йилда 52%га ўсиб, 23 млрд. долларга, оммавий булутли хизматларнинг дунё бозори ҳажми эса 2016 йилда 204 млрд. долларга етди, бу 2015 йилга нисбатан 16.5% га кўп»<sup>2</sup>. Бу борада инфраструктурани такомиллаштириш, ахборот тизимлари, маълумотлар базаларини яратиш ҳамда татбиқ қилиш, инновацион лойиҳаларни қўллаш, ахборот жараёнлари билан боғлиқ кўплаб технологиялар, функциялар, тизимларни муқобил тарзда амалга ошириш каби вазифаларда истиқболли ечимлар ишлаб чиқиш зарурлиги тақозо этилади. Жанубий Корея, АҚШ, Буюк Британия, Германия, Франция каби ривожланган мамлакатларда мураккаб инфокоммуникация тармоқлари ва тизимларининг тақсимланган табиатида вужудга келадиган функционал жараёнлар ва ҳодисаларни тадқиқ этишда махсус математик ва имитацион усуллар ва воситалардан кенг фойдаланилмоқда.

Жаҳонда инфокоммуникация тармоқлари доирасида тақсимланган тармоқ ва технологиялар (семантик Web, Булутли ҳисоблашлар, Нарсалар Интернет, ва шу кабилар)ни такомиллаштиришга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Кўп соҳаларда ахборотни қайта ишлаш табиати ва ҳисоблаш тизими бошқарувини ишлаб чиқиш билан боғлиқ равишда ҳисоблаш воситалари имкониятларини кенгайтириш (масалан, тўлиқ маълумот бўлмаганда масалаларни ечишда, тахмин қилинаётган ҳаракат натижаларини башорат қилишда, реал вақтда жараёнлар динамикасида бошқарувни ишлаб чиқишда ва ҳ.к.); ахборотни ассоциатив (интуитив) ишлаб чиқишнинг умумий хусусиятлари билан бирлашган ахборотни қайта ишлашнинг янги ёндашувларни назарда тутадиган ахборот технологияларнинг замонавий имкониятлари, билимларни қайта ишлаш, мантиқий хулоса чиқариш, ва шу орқали ҳисоблаш тизимларининг интеллектуаллашиш усул ва воситаларни яратиш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Республикамиз мустақилликка эришгандан буён ахборот-коммуникация тизимларини комплекс ривожлантириш, Интернет, глобал ахборот тизимларидан кенг кўламда фойдаланиш, инфокоммуникация тармоқлари ва

---

<sup>1</sup>Soumitra Dutta and Beñat Bilbao-Osorio. The Global Information Technology Report 2012 Living in a Hyper connected World-World Economic Forum, 2012.

<sup>2</sup><http://www.gartner.com/technology/home.jsp>.

тизимлари самарадорлигини кенгайтириш, истикболли ечимларни давлат бошқарувида тадбиқ этиш ва бир қатор бошқа вазифалар ва масалалар юзасидан чора тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилди. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «иктисодиёт, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»<sup>3</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан инфокоммуникация тармоқ тизимларида ассоциатив ўзаро ҳаракатларнинг такомиллашган моделларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасининг «Электрон ҳукумат тўғрисида»ги Қонуни (2015), Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 30 июндаги ПФ-5099-сон «Республикада ахборот технологиялари соҳасини ривожлантириш учун шарт-шароитларни тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармони, 2012 йил 21 мартдаги ПҚ-1730-сон «Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини янада жорий этиш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларга боғлиқлиги.** 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>.** Инфокоммуникация тармоқлари ва тизимларида функционал ўзаро ҳаракатларни такомиллаштиришга йўналтирилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказларида, жумладан Chalmers, KTH, Uppsala Технологиялар университетларида “Distributed Computing Research” (Швеция), ETH Zurich университети “Distributed Systems Group”, Lausanne институти “Systems Group”, LSIR “Distributed Information Systems Laboratory” (Швейцария), West London университети “Distributed Computing and Systems”, Cambridge университети “Systems Research Group”, “Networks and Operating Systems” (Буюк Британия), INRIA миллий тадқиқот институтида “Networks, systems and services, distributed computing” (Франция), Freie Universität Berlin, TUM (Германия), Berkeley Institute for Data Science, UIUC, Cornell, MITларда “Theory of Distributed Systems” (АҚШ); Kyung Hee университетида “Ubiquitous Computing Laboratory”, Korea University “Distributed & Cloud Computing Lab”, SUNY Korea, Incheon IFEZ (Жанубий Корея), Институт вычислительных технологий РАН (Россия), Тошкент

3 Ўзбекистон Республикасини Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

4 Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи: <http://www.cse.chalmers.se/research/group>, <https://www.ethz.ch/en/utis>, [www.uwl.ac.uk](http://www.uwl.ac.uk), <http://systems.epfl.ch>, <http://www.cam.ac.uk>, <https://www.inria.fr>, <http://groups.csail.mit.edu/tds>, <http://srg.cs.illinois.edu/research>, <http://dprg.cs.uiuc.edu/research>, <http://uclab.khu.ac.kr>, <http://ds.korea.ac.kr>, <http://www.cs.sunykorea.ac.kr/research> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган

ахборот технологиялари университети ва унинг қошидаги АКТ Илмий-инновация Марказида кенг қамровда олиб борилмоқда.

Тақсимланган ҳисоблашлар ва технологиялар кенг соҳасида фундаментал ҳамда амалий тадқиқотлар орқали коммуникацион алгоритмлар, коллаборатив муҳит, интеллектуал алоқа платформаларини яратиш борасида жаҳонда ҳозирги кундаги олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор илмий натижалар олинган, жумладан: маълумотлар марказлари самарадорлиги ва ишлаб чиқариш қувватини яхшилашда, дастурий таъминот архитектурасини ва катта хажмли маълумотлар учун иловалар ишлаб чиқиш ҳамда маълумотларни бошқариш (ETH Zurich, Швейцария); катта маълумотлар (Big Data)ни қайта ишлаш ва таҳлил қилиш, булутли ва кластер ҳисоблашлар, технология ва иловалар учун юқори натижали ҳисоблашларга эришиш (West London университети, Буюк Британия); Келажак Интернетини соҳасида коммуникация ва ҳисоблаш инфраструктураси, инновацион коммуникация протоколлари ривожланиши ва унумдорликни яхшилаш мақсадида тармоқларни моделлаштириш (INRIA, Франция); динамик тизимлар соҳасидаги тақсимланган ва параллел тизимларнинг конфигурацияларини вақт ўтишида ўзгариш моделлари (MIT, АҚШ); янги русумдаги операцион тизимлар ва тақсимланган (Булутли) тизимларда жараёнларни оптималлаштириш (Korea University, Жанубий Корея).

Дунё илмий ҳамжамияти томонидан тармоқнинг ўзгарувчан тавсифларига мослашадиган самарадор алгоритмлар яратиш, «Нарсалар Интернетини» ва «Хизматлар Интернетини»да ахборотни қайта ишлаш усулларини такомиллаштиришга мўлжалланган қатор, устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда. Интернетнинг мураккаб табиатини ҳисобга олган ҳолда, ҳозирги пайтда кўплаб илмий-тадқиқот ишлар тармоқлар ва қайта ишлаш тугунлар учун операцион тизимлар ва оралиқ дастурий таъминотни ҳамда гетероген муҳитни қўллаб-қувватловчи ҳисоблаш архитектуралар ишлаб чиқишни назарда тутди. Йирик масштабли тақсимланган тизимларни ишлаб чиқиш, амалга ошириш ва баҳолаш бўйича натижалар кучли назарий асос ва амалий имкониятларни яратиш, тақсимланган тизимлар учун лойиҳалаш ва бошқариш методологиялари, ҳисоблаш алгоритмлари, протоколларнинг эҳтимолли моделлари, ва умуман тақсимланган тизимлар соҳасидаги инновацион ечимлар ва моделларга асосланади.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Тақсимланган тизимларни ташкил қилиш, тизим компонентларининг биргаликдаги ҳаракатини амалга ошириш, тақсимланган ҳисоблашларни моделлаштириш масалалари бир қатор олимлар: Э.Таненбаум, Й.Фостер, К.Кессельман, В.В.Топорков, А.Г.Тормасов ва бошқаларнинг илмий ишларида кўриб чиқилган. Р.Калман, А.Ширяев, Р.Беллман, Л.Понтрягин, В.К.Кабулов, Ф.Б.Абуталиев, Ф.Т.Адилова ва бошқалар ишларининг негизида ҳисоблаш машиналарининг математик таъминоти ва ҳисоблаш жараёнларни бошқариш масалалари тадқиқ қилинган. Ахборотни самарали қайта ишлашни ташкил қилиш ва ҳисоблаш тизим ва тармоқларида ахборот алмашиш бўйича алоҳида масалалар К.Петри, С.Хоаре, Дж.Нейман, В.А.Мизин, Ю.Злотников,

Д.Мельников, Д.Конрад, Э.Нельсон, шунингдек Т.Ф.Бекмурадов, С.С.Косимов, М.М.Мусаев ва бошқалар ишларида кўриб чиқилган.

В.В.Липаев, М.Липов, Э.Нельсон, Д.Нессер, Т.Тейер, шунингдек М.М.Камилов, Д.А.Абдуллаев ва бошқалар ишларида ахборот алмашиниш тизимлари ва воситалари функционаллигини ошириш масалалари келтирилган; сервислар учун ахборот алмашиниш воситаси протоколларида поғоналар орасидаги ўзаро алоқага Н.Анисимов, С.Белковский, В.Н.Турченко, А.Д.Иванников кабилар ишлари бағишланган. Интеллектуал муҳит компонентларини ривожлантиришда ҳамда бошқарув моделлари ва сунъий интеллектда ноаниқ кўпликлардан фойдаланиш масалалари Л.Заде, Е.Мамдани, Д.А.Поспелов, Р.А.Алиев, шунингдек Р.Н.Усманов, Д.Т.Мухамедиева ва бошқаларнинг ишларида акс этган.

Мос келувчи функционаллиқни кенгайтириш, янги технологик талабларда кўплаб компонентларнинг ўзаро алоқа механизмларини такомиллаштириш вазифасида тақсимланган ҳисоблашларни самарали ташкил қилиш масалалари мавжудлиги, функционал жараёнларнинг ички- ва тизимлараро характерини, муҳит, платформа, технологиялар, шунингдек тармоқ ва тизим архитектураси билан шартланган мураккаб инфраструктура алоқаларининг турли-туманлигини инобатга оладиган инфокоммуникация тармоқ структураларда функционал ўзаро ҳаракатлар, мураккаб муҳитда интеллектуаллиқни кенгайтириш, қарор қабул қилишга оид усулларга бағишланган илмий-тадқиқотлар етарли даражада кўрилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг 07-06 «NGN тармоқларининг функционал архитектура-сини тадқиқ этиш ва Ўзбекистон телекоммуникация тармоқларида NGNни тадқиқ этиш тамойиллари» (2006-2007), 17-009 «Ахборот узатиш ва қайта ишлашнинг тақсимланган инфокоммуникация тармоқ муҳити» (2009-2011), А5-060 «Булутли ҳисоблашлар инфратузилмасида тармоқ хизматларини тақдим этиш моделлари ва механизмлари (“Электрон ҳукумат” тизими элементларини ривожлантириш мисолида)» (2015-2017) мавзулардаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** тақсимланган муҳитда ассоциатив ўзаро ҳаракат моделлари ва механизмлари асосида инфокоммуникация тармоқ структуралари фаолият самарадорлигини оширишнинг илмий-методологик асосларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқот вазифалари:**

ахборотни узатиш ва қайта ишлаш тақсимланган тармоқ муҳитида компонентларнинг ўзаро ҳаракат жараёнларини такомиллаштириш;

тақсимланган инфокоммуникация тармоқ структураларида ассоциатив ўзаро ҳаракатланиш тамойилларини яратиш;

инфокоммуникация тармоқ структураларида ассоциатив ўзаро ҳаракатланишнинг илмий-асосланган концепциясини ишлаб чиқиш;



тақсимланган ҳисоблаш тизимлари компонентларининг функционал ўзаро ҳаракат муносабатини такомиллаштириш методологиясини ишлаб чиқиш;

тақсимланган ҳисоблашларда иштирок этувчи жараёнлар ва/ёки механизмларни интеллектуал бошқариш тизимининг концептуал моделини яратиш;

самарадор ҳисоблаш структураларни шакллантириш ва тақсимланган тизимларни функционал хусусиятларини амалга ошириш имконини берувчи тақсимланган ҳисоблаш муҳитини ташкил қилиш тамойилларини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида тақсимланган инфокоммуникация тармоқ структуралари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** инфокоммуникация тармоқ структураларида компонентларнинг функционал ўзаро ҳаракат моделлари ва механизмларидан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотда интеллектуал тизимлар тамойиллари, ассоциатив муҳитлар назарияси, графлар назарияси, оммавий хизмат кўрсатиш назарияси, ноаниқ кўпликлар назарияси, тизимли таҳлил усуллари, нейрон тармоқлар аппарати, тензор ҳисоблашлар тамойиллари ва усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

инфокоммуникация тармоқ структураларида дастурий таъминотнинг оралиқ муҳитини ташкил қилиш тамойили асосида ахборот жараёнларини амалга ошириш механизмлари такомиллаштирилган;

инфокоммуникация тармоқ структураси компонентларининг ҳатти-ҳаракатини интеллектуаллаштиришга имкон берувчи ассоциатив ўзаро боғланишни амалга ошириш тамойиллари яратилган;

тақсимланган ҳисоблаш тизимларида объектларни турли функциялар амалга оширишда ҳатти-ҳаракатини акс эттирилиши орқали такомиллаштиришнинг концептуал асослари яратилган;

ассоциатив алоқаларни ҳисобга олган ҳолда, инфокоммуникация тармоқ структурасида компонентларнинг функционал ўзаро боғланиш моделлари ва механизмлари ишлаб чиқилган;

ахборотни қайта ишлаш ва алмашиш жараёнларида бир-бирига таъсири муносабати, объектлар муносабатида формал схемалар ҳамда муҳим хусусиятларини акс эттирадиган тақсимланган ҳисоблашларда иштирок этувчи жараёнлар ва/ёки механизмларни интеллектуал бошқариш тизимининг концептуал модели ишлаб чиқилган;

тақсимланган инфокоммуникация тармоқ структураларида алгоритм ва дастурлар учун самарали иш тартибини ташкил қилиш имконини берадиган компонентлар орасида тизим ичида ва тизимлараро ахборот алмашишнинг турли механизмлари асосида такомиллаштирилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

тадқиқотнинг ишлаб чиқилган методологиясини амалга оширишда алоқаларни реконфигурация қилиш шароитида алоҳида тизим ости (подсистема)лар орасида мураккаб функционал алоқаларнинг мавжудлиги аниқланган (структура ва ахборот даражаларида), булар асосида хизматлар ва ресурслар бир-бирига таъсири таъминотида тақсимланган муҳитнинг тармоқ ва тизим компонентларининг ўзаро ҳаракатланиш самарадорлиги ва функционал имкониятларини ошириш услублари ишлаб чиқилган;

инфокоммуникация тармоқ структурасида ассоциатив ўзаро ҳаракатланиш моделларини тадқиқ қилиш асосида ахборот алмашишнинг ассоциатив хусусиятлари аниқланган, ахборотнинг узатиш ва қайта ишлашнинг турли йўналишларида белгиларни аниқлаш воситасида унумдорликни ошириш услуби ва инфокоммуникация тармоқ муҳитининг ассоциатив модели ишлаб чиқилган;

тақсимланган илова модели ва дастурий компоненти учун тизимли модель асосида турли жараёнлар томонидан сўровлар учун муносабатларнинг формал процедуралари аниқланган, ва турли мураккабликдаги тақсимланган тизимлар ва тармоқлар учун муайян ечимлари ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган дастурий таъминот модулларини амалий татбиқ этиш мобайнида компонентларнинг ўзаро боғланиш механизмлари ва процедуралари ишлаб чиқилган, бунда тақсимланган сервислар учун уларнинг ўзаро таъсири жараёни билан ассоциацияланадиган ахборот блокларини аниқлаш мумкин, бу орқали фан ва амалиётнинг турли соҳаларида дастурлаш тили ва платформасидан мустақил бўлган, ташкил қилиш ва қўллаб-қувватлашга мослашган тақсимланган тизимлар, шунингдек маълумотларни тақсимланган қайта ишлашнинг юқори унумдорли тизимларга асос яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** тадқиқотнинг кўриб чиқиладиган соҳасида илмий ишларнинг таҳлилий таърифида, тақсимланган тармоқ ва тизимлар соҳасида назарий ва амалий тажриба таҳлили натижаларини қўллаганлиги, сунъий интеллект, кўпагентли тизимлар усулларини ўринли қўллаганлиги, математик ва имитацион моделлаштириш (жумладан, объектга йўналтирилган лойиҳалаштириш принциплари)да, тақсимланган архитектурада ресурсларни мувофиқлаштириш ва координациялаш масалаларида таклиф қилинган моделлар апробацияси бўйича ҳисоблаш тажрибаларида, булутли ҳисоблашлар самарадорлигини компонентларнинг параметрлар ва характеристикаларида ҳамда ишлашнинг чегаравий шароитини аниқлаш масалалари тасдиқланганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тармоқнинг мантиқий ва физикавий қурилмаларини тақсимлаш ва биргаликда қўллаш концепциясини амалга ошириш асосида инфокоммуникация тармоғининг функционал имкониятларини сезиларли даражада кенгайтиришга имкон берадиган алгоритмлар ва дастурий воситаларни амалий апробацияси билан

изоҳланади. Ахборотни узатиш ва қайта ишлаш учун универсал инфраструктура ишлашининг таклиф қилинган механизмлари ва ишлаб чиқилган моделлари, шунингдек ахборот алмашинувида қатнашувчиларнинг турли моделлардаги бир-бирига таъсирини амалга оширувчи дастурий маҳсулотлар, тақсимланган тизим (тармоқ) ва ресурсларга (ҳисоблашларга ҳам) чекловлар бўлганда, хизматлар ҳамда сервисларда фойдаланувчиларнинг талабини қондириш учун тақсимланган тизим ва тармоқларда ахборот алмашиш жараёнини яхшилаш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти вақтнинг реал масштабида тармоқнинг алоҳида тармоқ ва тизим компонентларининг ҳатти-ҳаракатини адекват равишда моделлаштириш, ахборотни қайта ишлаш ва узатиш тизими характеристикалари, функционал имкониятларини аниқлаш, эксплуатация қилинаётган тармоқнинг фаолият жараёнларини яхшилашга йўналтирилган параметрларни ўзгартириш чегараларини аниқлаш имконини берадиган услублар, механизмлар ва дастурий маҳсулотлари ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади. Тадқиқот натижаларини қўллаш тақсимланган тизим ва тармоқлар функционалиги, шунингдек интеллектуал тизимларда ечимларни шакллантириш доирасида, самарадорлигини ошириш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Инфокоммуникация тармоқ структуралардаги жараёнларни ассоциатив ўзаро ҳаракатланиш асосида такомиллаштириш усуллари ва механизмлари, тақсимланган тизим ва тармоқлар доирасида компонентлар, иловалар ва сервислар функционалиги интеллектуаллашиш ёндашуви асосида:

замонавий инфокоммуникация хизматлар ва ресурсларни амалга оширишда тармоқ ва тизим компонентларининг самарали ўзаро ишлаш усуллари «UZINFOCOM» маркази ДУК ишлаб чиқариш фаолиятига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 14 декабрдаги 33-8/8473-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида тақсимланган муҳит вазибалари ва жараёнларини амалга оширишда объектлар тўпламини аниқлашга ва алоқа операторлари учун ахборот ресурсларни самарали бошқариш ва тармоқнинг функционалигини кенгайтириш ҳамда дастурий таъминот фаолиятида такомиллашган виртуал машиналар учун кетадиган харажатларни 14%гача қисқартириш имконини берган;

объектга йўналтирилган лойиҳалаш концепциясида тақсимланган тармоқ ва тизимларни такомиллашган бошқариш усуллари, ахборот, ҳисоблаш ва коммуникация ресурсларини турли фойдаланувчиларга тақдим этишнинг тизимли яратиш ва амалий қўллаш воситалари «Ўзбектелеком» АК филиали “InfoSystems” корхонасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 14 декабрдаги 33-8/8473-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида булутли ҳисоблаш муҳитида ҳисоблаш масалаларни дастурий таъминот архитектурасига мос келиши, тақсимланган архитектураси ҳамда ўзаро ишловчи протоколлар, сервислар ва

интерфейслар учун тизим структурасини конфигурацияланадиган ҳисоблаш ресурсларга мослаштириш асосини яратган ва булутли ҳисоблашлар воситасида ахборотни йиллик қайта ишлаш нархини 12-20%гача камайтириш ҳисобига фойдаланувчиларга хизматни тақдим этадиган муҳит сифатида ташкилотлар инфратузилмасидаги сарфни, бошқарувга кетадиган вақтни тежаш имконини берган;

тармоқнинг мантикий ва физикавий қурилмаларини ишлатишнинг тақсимлаш ва бирлаштириш концепциясини амалга ошириш асосида инфокоммуникация тармоғи функционаллигини кенгайтиришга мўлжалланган алгоритм ва дастурий воситалари «Ўзбектелеком» АК «БРМ» филиали фаолиятига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 14 декабрдаги 33-8/8473-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида тармоқнинг тизимли компонентларини моделлаштириш, маълумот узатиш ва қайта ишлаш тизимлар характеристикаларини аниқлаш, шунингдек, эксплуатация қилинаётган тармоқнинг ишлаш жараёнларининг яхшиланишига олиб келувчи параметрларини чегаравий қийматларини аниқлашга имкон берган;

ахборотни узатиш ва қайта ишлаш инфраструктурасининг моделлари ва механизмлари ҳамда дастурий таъминоти тақсимланган тизим ва ресурсларга бўлган талабларни бажаришга ва ахборот алмашинув жараёнларини яхшилашга имкон бериши Илмий-техник ва маркетинг тадқиқотлари маркази «UNICON.UZ» ДУКга жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 14 декабрдаги 33-8/8473-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаси муайян амалий масалалар учун (сўровни қайта ишлаш вақтини камайтириш ҳисобига) фойдаланувчилар талабларини қониқтиришга хизмат қилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 22 та халқаро ва 8 та республика илмий-техник конференцияларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Тадқиқот мавзуси бўйича жами 58 та илмий иш чоп этилган, жумладан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 15 та (6 та халқаро ва 9 та республика журналларида), шунингдек ЭҲМ учун дастурларни рўйхатга олиш ҳақида 4 та гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 200 саҳифани ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯ ИШИНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги асослаб берилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объекти ва предмети белгилаб берилган. Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига тадқиқотнинг мослиги кўрсатилган, илмий янгилиги ва амалий натижалари, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларнинг амалиётга татбиқи, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Инфокоммуникация тармоқ структураларида ўзаро ҳаракатланиш жараёнларни тадқиқ қилиш методологияси»** деб номланган биринчи бобида инфокоммуникация тармоқ архитектурасини шаклланиш принциплари асосида тармоқ структуралари ва жараёнларининг ўзига хос томонлари аниқлаб берилган.

Инфокоммуникация тармоғи (ИКТ)нинг функционал архитектурасида ахборот алмашиш ва қайта ишлаш аппарат-дастурий воситаларининг функционал боғланган йиғиндиси белгиланади; ИКТ да турли сценарийларни кўриб чиқишда базавий талаблар тақсимланган ҳисоблаш структураларида функционал ва тармоқ элементлари конфигурациясига хос хусусиятлар ва атрибутлар орқали аниқланади (дастурий таъминот (ДТ) архитектураси нуқтаи назаридан), яъни *инфокоммуникация тармоқ структураси* тақсимланган тармоқ ҳисоблашларда иштирок этадиган архитектуравий ва тизимли компонентлари йиғиндиси сифатида аниқланади. Бунда: тақсимланган тармоқ ҳисоблашларни архитектурали тақдим этилиши тизимнинг турли томонларини (ҳатти-ҳаракатли, структуравий, мантикий, физикавий, амалга ошириш ва ҳ.к.) белгилаб беради; структуралар ёки тақдим этишлар йиғиндиси абстракциянинг турли даражаларига эга ва архитектуранинг турли жихатларини кўрсатиб ўтади (синфлар структураси, амалга ошириш, компонентларнинг ўзаро боғланиш сценарийлари); дастурий компонента - ДТ бирлиги сифатида, унинг ташқи интерфейси орқали қўлланилган сервисларнинг баъзи йиғиндисини акс эттирса, тақсимланган тармоқ ва тизимларнинг мувофиқ структураларида мураккаб ўзаро боғланишни амалга ошириш ва таърифлаб бериш учун қабул қилинади.

Архитектурани таърифлаш учун кетма-кет функционал декомпозиция усули қўлланилади, функционал архитектура поғоналари, тизимларни амалга оширувчи функциялар гуруҳлари, функционал-йўналтирилган элементлар турлари ва стеклари аниқланади. Бундай элементларнинг бир-бирига ўзаро боғланиш учун оралиқ муҳит керак бўлади, бунда турли ички ва тизимлараро оралиқ механизмлари қўлланилади, улар маълумотлар алмашиш учун стандарт платформалараро сервисни ҳавола қилади. Бундай механизмларни амалга оширишдаги ахборот алоқаларининг йўналишлари ва уларнинг турли туманлиги ўзаро боғланиш жараёнларининг мураккаблигини белгилаб беради, уларни таърифлаш учун эса ассоциатив муҳитлар назарияси талқинида *тақсимланган ассоциатив жараёнлар* таклиф қилинади.

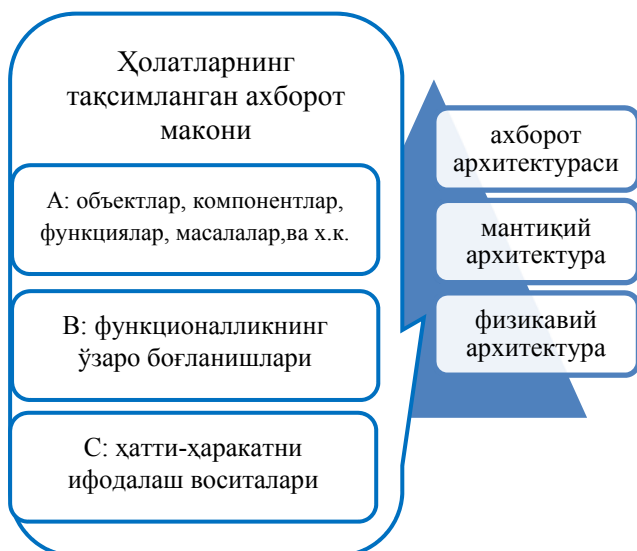
Жараёнларни бундай тасаввурда тақдим этиш (алоҳида: *дастурлаш* ва *ҳисоблашлар моделларини* назарда тутган ҳолда) ИКТ структураларда дастурий компонентларни ташкил қилиш ва ишлатиш принципларини эътиборга олиш имконини бериши, жумладан, улар хизмат (сервис) кўрсатиш жараёнларини динамик бошқариш имконияти, ўзаро алоқа ва сервис характеристикаси ҳамда шароитларини мувофиқлаштириш, бир-бирига таъсир жараёнининг ҳаётий даврини ҳисобга олиш, ўзаро муносабатда бўлган объектлар ўртасидаги ўзаро алоқа параметрлари ва шартларини аниқлаш, ресурсларнинг турғун конфигурациясини таъминлаш кабилар асослаб берилган.

Диссертациянинг муҳим жиҳати ажратиб кўрсатилган: тақсимланган ҳисоблаш тизимларини амалга ошириш вариантларини, мавжуд инфраструктура устидан биргаликдаги ишни ташкил қилиш учун, ҳамда биргаликдаги ресурслардан фойдаланиш учун ягона (виртуал) сатхни яратиш базавий ғояси бирлаштиради. Диссертация тадқиқотлари контекстидан келиб чиқиб, тақсимланган ҳисоблаш муҳитини ишлаб чиқиш (яратиш асосларини аниқлаш) вазифаси қўйилади, бундан мақсад тақсимланган ҳисоблашларда иштирок этувчи жараёнлар ва/ёки механизмларни бошқариш функциясини амалга ошириш имконини берувчи *самарадор ҳисоблаш структураларни* ташкил қилишдир.

Функционаликни акс эттириш учун, концептуал кўриниши 1-расмда келтирилган методология тақлиф қилинган ва асослаб берилган. Модель *ҳатти-ҳаракат билан бошқариладиган тузилмани* ифодалаб, тақсимланган ИКТ архитектурасининг ўзига хос хусусиятларини оралиқ ДТ ташкил қилиш тамойиллари нуқтаи назаридан ҳисобга олади.

Тақсимланган тармоқ структураларда жараёнларнинг ўзаро боғланишини формаллаштириш мақсадида, ҳолатларнинг тақсимланган ахборот макони кўп агентли тизим (КАТ) сифатида ифодаланади ва тармоқ структуралари билан бирлашган ўзаро таъсир қилувчи асосларнинг мавжудлиги билан тавсифланади, уларнинг мақсади - умумий вазифа ёки функцияни, ҳаракат сценарийси ёки алгоритмининг бажариш; уларни бирлаштириш эса *тақсимланган ҳисоблаш муҳитини* кўриб чиқиш ва тадқиқ қилишга асос бўлади. Муҳит компонентларининг самарали ўзаро боғланишгайўналган ҳаракатларни (ҳисоблаш жараёнининг алгоритмик таъминоти) кетма-кет бажарилиши алоҳида ахамиятга эга бўлади. Агентлар орасидаги бундай ўзаро боғланишлар ўйинлар назарияси – механизмлар дизайни орқали кўриб чиқилади.

КАТда самарали ўзаро боғланиш вазифасида ҳатти –ҳаракат сценарийси тушунчаси киритилади: ҳолатлар ва воқеалар билан боғлиқ ҳаракатлар кетма-кетлиги кўринишида. Ҳатти-ҳаракат механизми ёки сценарий КАТда агентлар ҳаракати стратегиясини аниқлаб беради, яъни агентнинг ҳатти – ҳаракати унинг бошқариш тизими билан белгиланади. Ҳаракатларнинг (механизмнинг) шундай алгоритминини ишлаб чиқиш вазифаси қўйиладики, агентларнинг шахсий ҳатти –ҳаракати стратегиянинг  $s(t)$  керакли профилини амалга оширишга олиб келсин, бундай стратегияда чиқиш функцияси эса танлаш функциясига мувофиқ бўлсин.



**1-расм. Ҳатти-ҳаракат билан бошқариладиган тузилма модели**

Методологик ёндашув тақсимланган муҳитда жараёнлар ва функцияларни амалга оширишда объектлар тўпламини аниқлаш имконини беради (ҳам тармоқнинг архитектураси учун, ҳам ўзаро алоқадаги протоколлар, сервислар ва интерфейслар учун). Бунда оралиқ ДТ хусусиятлари эътиборга олинади: бошқарилувчи объектлар мавжудлиги (А блоки), хизматларни таъминлаш тузилма ва интерфейслари (В блоки), буларни тақсимланган муҳитда моделлар ва ҳатти-ҳаракатни ифода қилиш кўринишида тасвирлаш мумкин (С блоки).

Агент учун вазифа сифатида ассоциатив алоқаларни шакллантириш тайинланади, қайсики реакция тарзда агентлар орасида ўзаро ҳаракатларни самарали ташкил қилишга, шунингдек жорий функционал мақсадга мувофиқ ечим қабул қилишга имкон беради. Механизм  $d \in D$  ечимни ва вектор  $\mathbf{p}$  (қиймат функцияси)ни танлайди; бу бошқарувчи таъсир тақсимланган агентларнинг энг мақбул (самарали ёки оптимал) тарзда популяциянинг эволюциясига олиб келади. Мумкин бўлган ечимлар  $F$  йиғиндисидан шундай  $(d, \mathbf{p}) \in F \subseteq D \times R^n$  ечим танлаб олиниши керакки,  $T^n \rightarrow F$  да берилган танлаш функцияси профили  $\mathbf{t}$  туридаги ва исталган ечимга  $(d, \mathbf{p})$  мос келишига имкон берсин (яъни ахборот тури вектори ва чиқиш функцияларининг тўплами мос келиши). Агент  $i$  танлаган  $d_i$  ечими охириги ечим ва  $p_i$  қиймат билан ўзаро боғланган, буни агентни фойдалилик функцияси орқали акс эттириш мумкин, яъни  $w_i = u_i(t_i, d) + p_i$ , бу ерда  $u_i(t_i, d)$  – механизмни  $d$  ечими фойдалилиги.

Индивидуал агент учун бу функция максимал бўлиши керак. Агент популяцияси учун тақсимланган муҳитда  $d$  ечим самарадорлиги қуйидаги кўринишда берилади:

$$W(d) = \sum_{i=1}^n u_i(t_i, d)$$

Фойдалилик функциясини эътиборга олиб,  $(d, p)$  ечими шундай шароитда самарали бўладики,  $d$  ечими  $D$  да  $W(d)$  максимал кўрсаткичга эга бўлади, яъни популяциянинг барча агентларининг фойдалилик функцияси йиғиндисини максималлаштиришда.

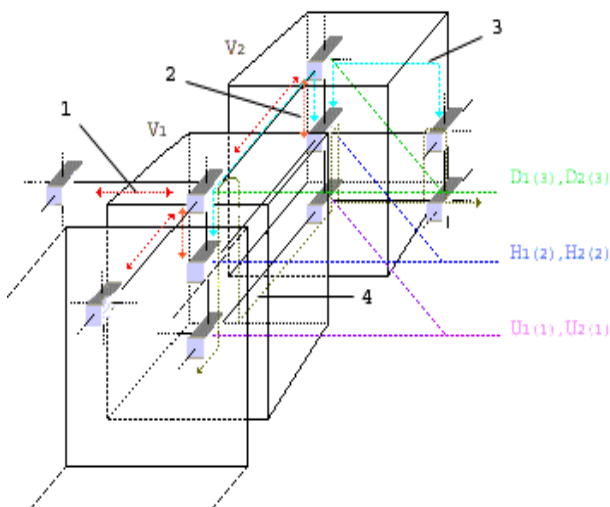
Диссертациянинг «Ассоциатив ўзаро ҳаракатланишлар асосида инфокоммуникация тармоқ структураларини формаллаштириш» деб номланган иккинчи бобида ассоциатив ўзаро ҳаракатланишлар асосида уларни тадқиқ қилишга концептуал ёндашув нуктаи назаридан инфокоммуникация тармоқ структураларини формаллаштиришнинг илмий ва методик асослари аниқланади. Компонентлар асосида турли конфигурацияларни топиш имконини берувчи методика ишлаб чиқилган, конфигурациялар

архитектура услубларига таснифланган бўлиб, улар асосида компонентли архитектура ва компонентлар бир-бири билан боғланган ҳамда биргаликда тизимга конфигурацияланиш усули шакллантирилган.

ИКТ структураларда функционал ўзаро боғланишни *ассоциатив муҳит* тушунчасини киритиш билан очиб бериш мақсадга мувофиқлиги кўрсатилган – акс этиш, тўплаш, сақлаш, таҳлил қилиш, ўзгартириш, ахборот алмашиш хусусиятларига эга тартибга келтирилган ассоциативячейкалар тўплами йиғиндисини маълум даражада ташкил қилишда. Элементларнинг структура ва хусусиятлари асосида ассоциатив ахборот муҳитида ҳар хил турдаги (ахборот, ҳисоблаш, коммуникацион) ресурсларнинг дастурий инженерия принципларида дастурий компонентларнинг фаолияти нуқтаи назаридан ўзаро таъсири кўрсатиб берилган.

Тугунларнинг мумкин бўлган жуфтли тўплами  $D_0$ :  $D_0 = \{(s, d) | s, d \in V, s \neq d\}$  сифатида тармоқ графи  $G(V, R(V))$  кўриб чиқилган; бу ерда жуфтликнинг биринчи элементи маълумотлар оқими тугун-манбасига, иккинчиси эса тугун-қабул қилувчига мос келади. 2-расмда кўп поғонали моделнинг учта поғонали модули ассоциатив тасаввур қилишда ўзаро боғланиш структураси тақдим этилган.  $D_0 = (V, V_I)$  графнинг жуфти кўриб чиқилади  $G(V, R(V))$ , бу ерда  $V_I$  – виртуал объектларнинг йиғиндисини тарзида тақдим этилган тармоқ структурасининг тугуни; улар турли даражадаги ахборот тизимларининг ахборотлашган бир-бирига таъсирини характерлайди  $V_I, (V_I \subset H_{k(L)}, D_{k(L)}, U_{k(L)})$  бунда тизимни ишлаши элементларнинг ўзаро боғланишига асосланган  $H_{k(L)}, D_{k(L)}, U_{k(L)}$ .

Тугун-манба томонидан  $d \in D$  жуфтликдан акс этирилган ахборот оқимининг интенсивлиги  $Fd$ , ахборот тизими  $E_1, (E_1 \subset H_{k(1)})$ нинг  $H_{k(1)}$  элементларнинг ўзаро боғланиш натижаси сифатида намоён бўлади. Шундай тарзда тармоқ компонентлари орасидаги ўзаро ҳаракатларнинг бошқа турлари ҳам очиб берилиши мумкин – бу улар бажарадиган функциялар ва структурада боғланиш (жараёнлар)нинг поғоналараро алоқалари мураккаблигига боғлиқ.



**2-расм. Модуллар ўзаро боғланишининг структуравий тақдим этилиши**

2-расмда йўналтирилган чизиклар тармоқ тугуни элементлари ўзаро боғланишини тавсифлайди:

1) алмашиш учун керакли ахборот йиғиш (топология, конфигурация ҳақида ахборот алмашиш),

$H_{k(3)} \xleftrightarrow{Fh} H_{(k-1)(3)}$  ўзаро боғланиш;

2) алмашиш механизмини амалга ошириш:  $D_{k(3)} \xleftrightarrow{Fvd} D_{k(2)}$ ;

3) поғонада алмашиш механизмларидан бирини қўллашда белгилар шаклланиши,  $U_{k(2)} \xleftrightarrow{Fvu} U_{k(3)}$ ,

$H_{k(3)} \xleftrightarrow{Fh} H_{(k-1)(3)}$  ўзаро боғланиш;



4) бевосита алмашинув, мантикий узатиш  $H_{k(1)} \xleftarrow{Fh} H_{(k-1)(1)}$ .

Қиёслаш шартларини бажаришда қидирув аргументига мос келувчи ахборот қидирув бошлаган элементга келиб тушади. улар  $P_{K(3)}$  элементлар тўпламида (каттароқ иерархик поғонада) шаклланган  $OS_{K(L)}$  қидирув объектларини  $\{P_{G(2)}^{K(3)} / K = 1 \dots E_{(2)}^{K(3)}\}$  элементига проекциялаш амалга оширилади.

$OS_{K(L)}$  ахборот объектларини акс эттириш ва белгилаш қуйидаги турдаги ўзаро боғланиш йўлида амалга оширилади:

$$U_{G(2)} \xleftarrow{Fvu, Fvd} H_{G(3)} \xleftarrow{F3} H_{K(3)} \xleftarrow{Fvd, Fvu} D_{G(3)}, G \in K.$$

Қидирув аргументига мос келувчи ахборот асосида,  $P_{K(3)}$  тўпламдаги  $P_{G(3)}$  элемент тўплами ўз  $S_l$  ҳолатларини ўзгартиради, ва улар кириш йўналишига  $P_{G(2)}^{K(3)}$  га мос келади.

Умуман олганда, ассоциатив ўзаро боғланишларнинг ҳолатлари асосида бошқарувчи ахборотни юборилувчи компонентага узатиш принципи виртуал элементларнинг поғоналар орасидаги ўзаро таъсир орқали амалга оширилади

$D_{K(3)} \xleftarrow{Fvd} D_{K(2)}$ , улар иерархия ва ахборот майдонларининг иккита белгиланган сатхининг ўзаро таъсирини намоён қилади  $Q(3) \leftrightarrow Q(2)$ .

Тадқиқот методологиясига асосланиб, ИКТнинг турли поғоналарининг ахборот жараёнларини таҳлил қилиш орқали инфокоммуникация тармоқни мантикий тасаввурининг иккита сатх кўринишида – транспорт ва сервис сатхларидаги масалалар учун ассоциатив алоқалар мавжудлигининг асосланиши келтирилган.

*Транспорт сатхида:* ахборотни излаш ва саралаш алгоритмлари учун кўп координатали ассоциатив муҳитни мантикий ташкил қилишда қўллаш имконияти асосланган, улар IP-пакет (IP-Internet Protocol) сарлавҳасида кўрсатилган устунлик (приоритет) даражаси бўйича пакетларни саралаш ва кетма-кетликда беришни амалга оширади.

Пакетни тармоқда кечикиш вақтининг таркибида бўлган – навбатда кутиш вақтини камайтириш услуги таклиф қилинган; услубни амалга ошириш учун кўп координатали ассоциатив муҳит қўлланилади, бунда фрактал жараёнлар коммутация тугунларида оқимларнинг ҳатти-ҳаракатини прогноз (башорат) қилиш асоси бўлиб хизмат қилади. Кўп координатали ассоциатив йиғувчи амалга оширилади ва пакет қайта ишлаш учун ассоциатив муҳитни қўллаш натижалари олинади. Бу бир тугун учун турли приоритетлар учун 3 - 9% гача пакетлар навбатда кутиш вақтини камайтириш имконини берди; коммутациянинг иккита тугунидатрафик генерацияланганда, пакетларни ишлаш учун ассоциатив муҳитни қўллаш, пакетлар учун кутиш вақтини 3 дан 6% гача камайтириш имконини берди.

*Сервис сатхида:* IP протоколида боғланишлар мавжудлигини назарда тутадиган тармоқнинг ташкил қилувчи ва функционал структураси, боғланиш жараёнида ахборот алмашишнинг мураккаб жараёнларини шарт қилиб қўяди; шу сабабли, кейинги авлод тармоқлари сигнализацияси протоколлари орасида ахборот алмашишни ўрганиш ва бундай жараёнларда ассоциатив хусусиятлар мавжудлигини аниқлаш тушаётган оқим

юкламаларнинг асосий параметрларини таҳлил қилиш асосида ҳамда SCTP (Session Control Transmission Protocol) протоколи, SIGTRAN стекида (SIGnalling TRANsport - IP- тармоқ орқали сигнал маълумотларини узатиш) ишлаш моделини тадқиқ қилиш амалга оширилади – тизим ишлаши учун оптимал параметрларни аниқлаш мақсадида. SIGTRAN гуруҳи протоколлари орасида ахборот алмашишни тадқиқ қилиш шуни кўрсатадики, тармоқ еки тизимнинг муайян тавсифларини айна жараёнлардаги ассоциатив хусусиятлар асосида такомиллаштириш имконийлиги мавжуд экан.

ДТни ишлаб чиқиш масалалари учун келтирилган декомпозиция принципларини умумлаштириб, ассоциативлик хусусияти структураларнинг бошқа қисмларида ҳам пайдо бўлишини, компонентларнинг самарали ўзаро таъсири алгоритминини ишлаб чиқиш имконини беришини кўрсатади.

Ассоциацияларга асосланган функционал ўзаро боғланишда иккита жихатни ажратиб кўрсатиш мумкин: а) ассоциациялар ўзаро тобе абстракт структура сифатида, улар орасидаги алоқада ёки тасаввур шаклларида ахборот объектларида ноаниқ кодлаштирилган (яъни, ассоциациялар ахборот объектлари ўртасида муносабатни акс эттиради, бунда объектларнинг ўзи ва улар орасидаги муносабат берилди); б) ассоциациялар ахборот ташувчи ҳисобланадиган мантиқий-хотира муҳитда коллектив ёки интеграл ўзгаришлар сифатида (яъни шу муҳитнинг аниқ хусусиятларини акс эттириб, ассоциацияланувчи ахборот объектлари ўртасидаги муносабатларни аниқлаб, структуравий ва функционал белгиларни ажратиб бериш имконини беради).

ИКТ структураларни моделлаштириш вазифаси учун маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш принциплари белгилаб берилган, у ассоциатив қоидалар учун объектларда иерархиянинг мавжудлиги, уни ўзгарувчан таҳлиliga эришиш ва қўшимча билим олиш мақсадида қўллаш имконини беради. Бу диссертация тадқиқотининг муҳим томонини асослаб бериб, мос бўлувчи интерфейс сифатида оралик ДТ орқали ўзаро таъсирни амалга ошириш билан боғлиқ. Унинг функцияси ассоциатив ўзаро таъсир орқали амалга оширилиб, алмашиш жараёни ва/ёки ахборотни ишлашни интеллектуаллаштиришнинг етарли даражасини таъминлайди, шунингдек тақсимланган ҳисоблашлар ва ДТ инженерияси масалаларида ечим қабул қилиш имконини беради.

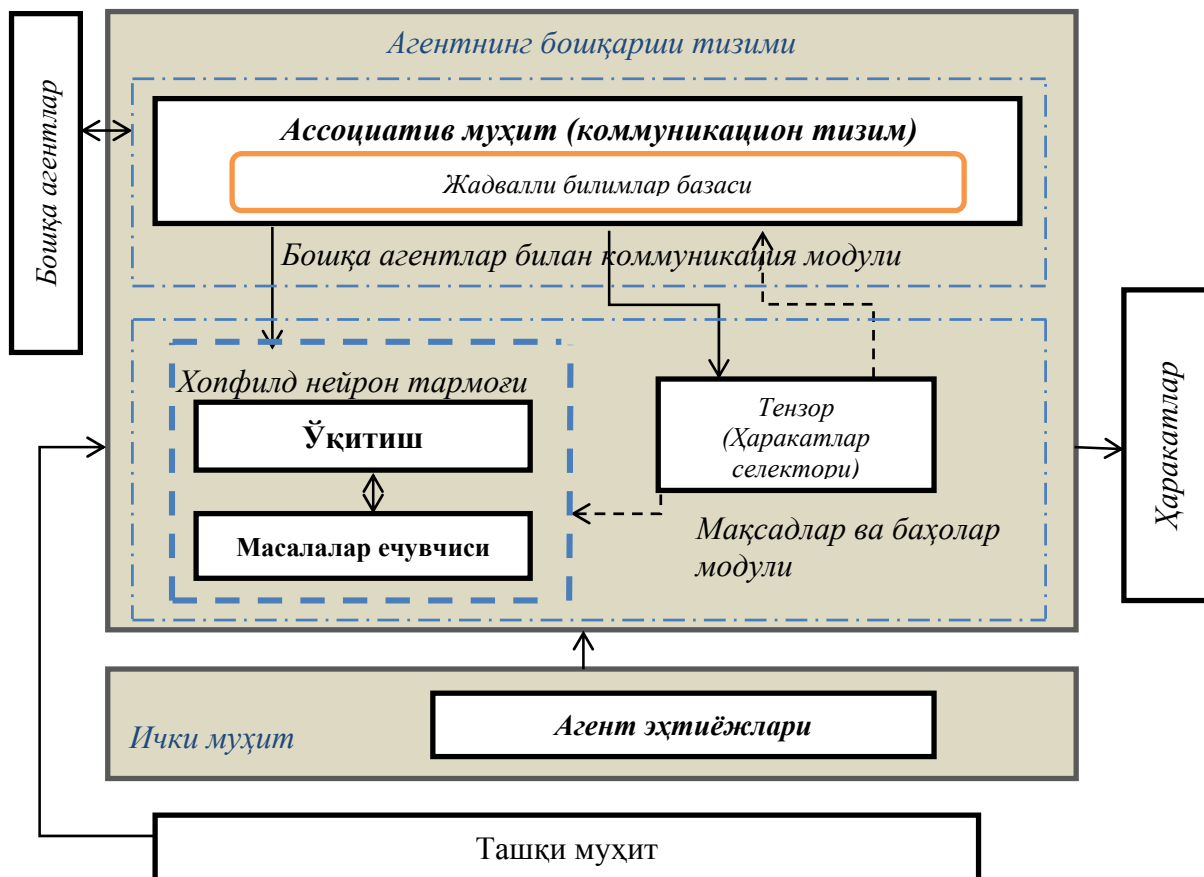
Диссертациянинг **“Тақсимланган муҳитда компонентларнинг самарали ўзаро ҳаракатланиш масалаларини ечиш учун моделларни ишлаб чиқиш”** деб номланган учинчи бобида тақсимланган архитектура декомпозиция тамойиллари ва функционал ташкил қилинишига мувофиқ бошқарув таъсирларни ишлаб чиқиш учун моделлар тузиш асослари аниқланган.

Тақсимланган тизимлар функционал архитектураси декомпозицияси ҳисоблаш тизимнинг ДТ компонент тузишини, компонентлар хусусиятлар ва улар ўртасида муносабатларни ҳисобга олади. Шу билан бирга компонентлар ва турли компонентлар учун ҳолатлар маконини тақдим қилишга нисбатан декомпозиция методологик жихатдан шундай амалга ошириладики, моделда у ёки бу поғонада уланишлар аниқланиши мумкин бўлади. Шу билан бирга,

тақсимланган маконда иловани амалга ошириш автоном жараёнлар йиғиндиси орқали содир бўлади, КАТ билан ифодаланади ва кўриб чиқиш қуйи поғонали муҳит томонидан қўллаб-қувватланади, яъни функционалликнинг етарли даражада бўлиши тақсимланган муҳитнинг (маконнинг) хулқий модели орқали дастурлаш моделига ва мос равишда ДТ архитектурасига ёки уни ишлаб чиқиш жараёни модификациясига ўтишга имкон беради.

Кўп агентли тизимда агент хулқи унинг бошқариш тизими томонидан белгиланиши ҳисобга олиниб, тақсимланган макон хулқий модели концептуал тақдим қилишда агентни бошқариш схемаси кўриб чиқилган. Тақсимланган маконда вазифага қараб объектлар тўплами шаклланади, объектлар ҳаракати, уларнинг хусусиятлари, объектлар ўртасида муносабатлар ўрнатиш, ҳар бир объект учун интерфейслар ва объектни амалга ошириш аниқланади. Унда ОЙЛда ҳисоблаш жараёни ўзаро ишлайдиган ва келиб тушадиган хабарларга ишлов бериш усулларига эга модуллардан йиғилган тизим сифатида асосланиш муҳим ҳисобланади. Моделлаштиришнинг асосланган тамойилларига оид агентни бошқариш тизими тегишли блокларини агент томонидан амалга ошириш (3-расм) ва агентлар хулқини оптималлаштириш қуйидаги омилларни ҳисобга олган ҳолда содир бўлади:

1. Эволюцион излаш: бошқа агентлар билан коммуникация модули (схемада штрих-пунктир билан кўрсатилган) – ассоциатив муҳит модели.



3-расм. Хулқий модельнинг концептуал тақдим этишда агентни бошқариш схемаси

2. Индивидуал ўқитиш ва ҳаракатни танлаш: мақсадлар ва баҳоларни ташкил қилиш модули, – Хопфилд нейрон тармоғи ва тензорли ўзгартириш модели.

3. Коммуникациялар натижасида агентлар ўртасида тажриба алмашиш: тақсимланган муҳитда компонентларнинг самарали ўзаро ишлаш – ноаниқ тўпламлар асосида кўп агентли тизим модели.

Шу билан бирга уларнинг ҳар бири учун моделлаштириш тамойилларни амалга ошириш кўп ўлчамли декомпозиция тамойиллар ҳисобга олган ҳолда тегишли модел билан аниқланади.

*Эволюцион излашни моделлаштириш.* Интеллектуал тизимлар назарияси тезисларига мувофиқ ахборотга ишлов бериш ва бошқариш технологиялари кўп жиҳатдан тизимнинг амалга ошириладиган ташкил қилиниш тамойилига боғлиқ; коммуникацион тизим сифатида намоён бўлаётган ассоциатив муҳитда ахборот объектлар хусусиятларининг эҳтимолли ифодаланишдан фойдаланиб, қуйидагиларни аниқлаш мумкин:  $Q$  ахборот майдонини ахборот тизими ҳолатлари макони ҳақида маълумотлар йиғиндиси сифатида;  $Q_L$  ахборот майдони иерархияси поғонаси –  $Q$  дан келиб чиқадиган  $U(\{P_{K(L)} / K = 1 \dots Z \dots X\})$  иерархиясининг тегишли  $L$  поғонали катаklarининг барча тўпламларида маълум даражадаги ахборот тизимлар билан акс эттирилиши мумкин;  $Q_{J(L)}$  ахборот майдонини иерархия поғонаси, яъни  $L$  иерархия поғонаси элементлари йиғиндиси  $U(\{P_{K(L)} / K = 1 \dots Z\}, U(P_{K(L)}))$  га мумкин бўлган ахборот.

Унда ахборот ўзгариши билан боғлиқ ихтиёрий масала  $H_{K(L)}$ ,  $D_{K(L)}$  ва  $U_{K(L)}$  виртуал элементлари ва тармоқнинг муайян тугунларининг ўзаро боғланиш масалалари тўплами сифатида ифода этилиши мумкин.

Агар  $V_I$  – тармоқ тугунлари бўлса ва улар турли поғоналардаги ахборот тизимларнинг ахборот алоқаларини ифода этувчи виртуал объектлар сифатида намоён бўлса, унда масала қуйидагича ифодаланади:

$$\min \left( \sum_{c \in P_c} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N U_{ij}^c C_{ij}^c + \sum_{s \in P_s} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N H_{ij}^s C_{ij}^s + \sum_{d \in D} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N D_{ij}^d C_{ij}^d \right) \quad (3.1)$$

бу ерда:  $N$  - битта поғонадаги элементлар йиғиндиси;  $P_c$  – манба тугуни жараёнлари;  $P_s$  - қабул тугун жараёнлари;  $C_{ij}^x$  - ахборот объектининг  $i$  элементида  $j$  элементидаги сўров юборганда алоқанинг шартли баҳоси;

Кўриниб турибдики,  $C_{ij}^x$  қиймати инфокоммуникация тармоқ структуралардан шаклланган тақсимланган муҳитда турли жисмли компонентларни (объектларни) бошқариш жараёнлар самарадорлиги билан белгиланади. Ушбу ифоданинг бажарилиш шартлари бирор-бир ресурсдан фойдаланишда чекловлар, иловани амалга ошириш хусусиятлари ва ҳ.к. бўлиши мумкин. Таъкидлаш муҳимки, бундай тақдим қилишда тақисмланган муҳитда объектларнинг ахборотли ўзаро боғланиш масалаларига таъриф бериш учун иккита тушунча ишлатилади: *маълумотлар* (ахборот алмашиш натижаси сифатида) ҳамда *ҳисоблашлар* (жараён сифатида). Ушбу тушунчалар турли иловалар учун ҳар хил бўлади. Тақсимланган муҳитнинг самарадорлиги маълумотларни тақдим қилиш ва ҳисоблашларни амалга

ошириш билан боғлиқ жараёнларни бошқариш натижаларига боғлиқ ва уларга қараб белгиланади. Бунда маълумотлар муҳитдаги борлиқлар атрибутлари ёрдамида тавсифланади, ҳисоблашлар эса борлиқлар ҳаракатига тааллуқлидир.

*Тақсимланган муҳитда индивидуал ўқитиш ва ҳаракатни танлашни моделлаштириш.* Ассоциатив муҳитни тақдим қилиш объектли тамойил бўйича ташкил қилинган моделга яқинлаштирилган; у ҳолда муҳитнинг ассоциатив элементи параметрлари бўйича минимал ва унга нисбатан ассоциатив муҳит бир турда бўлган структуравий элемент бўлади.

Кўп ўлчамли тармоқ тузилиши иерархиянинг маълум даражаларига боғлиқ тармоқ элементларини ўз ичига олади; ҳар бир даражадаги тармоқ элементи тармоқнинг ўзига хос функцияси билан аниқланиши мумкин: ассоциатив моделдаги ҳар бир тугун ахборот майдонининг тушунчалари асосида тасвирланади; тугуннинг функционал хусусиятлари мос келадиган ассоциатив ўзаро ҳаракатга олиб келадиган таъсирни ифодалайди. Шундай қилиб, нейрон тармоқлари қоидалари ишлайдиган тензорлар сифатида тасвирланган тугунлар кўп ўлчамли ассоциатив муҳитда тақсимланган компонентларнинг ўзаро таъсирининг ахборот жараёнларини янада тўлиқ функционал таърифлашга имкон беради.

*Ноаниқ тўпламлар асосида кўп агентли тизим модели.* ИКТструктураларида мавжуд ахборотли ўзаро боғланиш жараёнларининг мураккаблиги ва ноаниқлиги юмшоқ ҳисоблашлар (Soft Computing) соҳасида ёндашувлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқлигини белгилайди.

КАТ моделида агентларнинг ўзаро ишлаши агентлар ўртасида икки ва кўп томонлама динамик муносабатлар ўрнатилиши сифатида қаралади; компонентанинг ҳаракатланишига *ҳолат, воқеа, ўтиш, ҳаракат* каби тушунчалар ёрдамида таъриф берилади; агентларнинг ўзаро ишлаши – агентлар ўртасида икки ва кўп томонлама динамик муносабатлар ўрнатилишидир. Компонентанинг ҳаракатлари ҳолат билан боғлиқ, шу билан бирга ҳолат бир қатор хусусиятларга эга: ном, кириш/чиқиш фаолияти, сўровлар рўйхати, сўровлар соҳаси, кириш/чиқиш портлари. Воқеа ҳолат ва компонента томонидан бажариладиган ҳаракатлар тўпламига боғлиқ бўлади, ушбу компонента интерфейсида хабар, усл ва ўзгарувчилар тавсифланади. Ҳаракат компонентанинг ҳаракатига тааллуқли бўлган мантиқий номи билан белгиланади.

Модель актив борлиқлар – агентлардан ва пассив борлиқлар – хулқ, траекториялар, қоидалар, ҳаракатлардан ташкил топган. Актив борлиқлар сифатида агентлар хусусий хулққа эга бўлиб, агентнинг формал структураси қуйидаги кўринишга эга:

*Агент (номи, ҳолати, муносабатлари, атрибутлари, жараёнлар)*

*Жараёнлар (хулқи, ўзаро ишлаш муносабатлари ва ҳ.к.).*

Агент тақсимланган муҳитга жойлаштирилган очик тизимдан иборат; агент ахборотни ташқи муҳитдан англаш учун қабул қилиб, уни ўзининг ресурслари асосида ишлов бериш, бошқа агентлар билан ўзаро ишлашга ҳамда маълум вақт ичида муҳитга таъсир қилишга қодир. Тақсимланган

объектлар муҳитида тақсимланган тизимнинг ишлаш жараёнида иштирок этаётган борлиқлар тўпламларнинг мураккаб ва ноаниқ ўзаро боғланиши назарда тутилган: шу аснода бирор-бир мураккаб масалани ечиш учун агентларнинг ўзаро боғланиши талаб этилади, ушбу ўзаро боғланиш қуйидаги йиғинди билан намоён бўладиган кўп агентли тизимни шакллантиришга чамбарчас боғлиқ:

$MAS = (AGN, ENV, REL, STR, ACT)$ ,

унда  $AGN = \{1, \dots, n\}$ - ҳар хил турдаги агентлар тўплами;  $ENV$ - агентлар ишлайдиган муҳитлар тўплами;  $REL$  – агентлар ўртасида таянч муносабатлар оиласи;  $STR$  – жорий ташкилий структурасини белгиловчи КАТ ҳолатлар тўплами;  $ACT$ – агентлар ҳаракатларининг тўплами. Детализация даражаси тадқиқот мақсадларига боғлиқ ва ҳар хил вариантларга (ресурслар конфигурациялари, топологиялари ва ҳ.к. тўплами орқали) эга бўлиши мумкин.

Агентнинг хулқ модели борлиқлар ҳолати ва маълум эволюцияда таърифланади, агентларнинг ҳолати эса атрибутлар ва уларнинг қийматлари билан белгиланади. Атрибутлар агентнинг атроф муҳит тўғрисидаги билимларни белгилайди ва қуйидаги кўринишда бўлган формал структурасига эга:

$(IDENTIF, TYPE, VALUE)$ , унда  $IDENTIF$  атрибут номини белгилайди,  $TYPE$  –атрибут тури,  $VALUE$  – атрибутнинг турига қараб қиймати.

Ҳолатлар маконида борлиқлар тўплами мавжуд бўлиб, уларнинг ҳар бири маълум хулққа ва локал атрибутларга эга. Борлиқлар учун мураккаброк хулқ шаклларнинг таърифини шунга ўхшаш тарзда киритиш мумкин.

Диссертациянинг **“Тақсимланган архитектурада ресурсларни мослаш ва мувофиқлаштириш масалаларини ечиш учун моделларни ишлаб чиқиш (концептуал модельнинг апробацияси)”** деб номланган тўртинчи бобида тармоқнинг бошқариладиган структура сифатида намоён этилиши асосида ва концептуал моделнинг қоидаларини ҳисобга олган ҳолда, унинг апробациясини ўтказиш мақсадида тақсимланган архитектурада ресурсларни мослаш ва мувофиқлаштириш масалаларни ечиш моделлари ишлаб чиқилган.

Тақсимланган илова объектларни  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$  жараёнлар йиғиндиси сифатида қўллаб бажарилади; ҳар бир борлиқ турли жараёнларга белгиланиши ёки тайинланиши мумкин. Тақсимланган тизимнинг асосий вазифаси тизим-тармоқ ресурсларнинг истеъмолчилари сифатида сервисларни тақдим қилишидан иборат бўлганлигини ҳисобга олсак, улар  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$  тўплам сифатида аниқланиши мумкин.  $A = \{a_{11}, \dots, a_{nm}\}$  матрицаси  $S$  сервислар тўпламлари учун  $E$  да у ёки бу борлиқлар тақдим қилиш имкониятини аниқлаш учун киритилади, яъни:  $A: E \rightarrow S$  ва  $a \subseteq E \times S: E \rightarrow S$  ўлчами  $n \times m$ :  $A = [a_{ij}]_{n \times m}$ ; бошқа томондан, ушбу матрица объектнинг интерфейс орқали фойдаланиш учун очиклигини, яъни илова учун мавжудлигини, акс эттиради.

Объектлар ва борлиқлар билан боғлиқ функциялар тўплами  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$  киритилади.  $S$  ва  $E$ -сервислар ва борлиқларнинг бўлган нисбатини мувофиқлиги қуйидагича:  $A \subseteq E \times S$  бўлиб,  $A$  даги элементлар

билан  $S$  ни ҳисобга олиб  $E$  да ўзаро боғланиш муносабати қуйидаги шаклга эга:

$$\text{Component1}(A) = \{e : (\exists s \in S)(e, s) \in A\}, \text{ ва } \text{Component1}(A) \subseteq E. \quad (4.1)$$

Бу  $S$  дан сўровга мувофиқ маълум ега тегишли бўлган  $A$  дан барча жуфтликлар аниқланишини билдиради.

Бошқа компонентлар шунга ўхшаб топилиши мумкин, умуман олганда  $A \subseteq E \times S$  дан  $A(e) = \{s : (e, s) \in A\}$  сервис томонидан сўров бўйича борлиқларнинг фойдаланиш учун очиқлиги аниқланади. Бир неча кичик тўпламлар алоқа ўрнатган умумий ҳолатда  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$  ўзаро боғланишнинг турли жараёнларини кўрсатиш мумкин. У ёки бу тадқиқ қилинатёган хусусиятга нисбатан керакли тўпламлар ва элементларини бирлаштириб,  $(A_1 \circ A_2 \circ \dots \circ A_L) \cap M$  бўлганда фойдаланиш учун очиқ сервислар керакли хусусиятлар умумий йиғиндисини қуйидаги кўринишда белгилаш мумкин:

$$T = E \otimes S \otimes F \quad (4.2)$$

Ушбу ифода тақсимланган тизимнинг функционаллигини акс эттириш учун ҳолатлар томонидан белгиланадиган зарур хусусиятлар йиғиндисини акс эттирувчи элементи сифатида тензор қўлланиши мумкинлигини, шунингдек тақсимланган хулқга таъриф бериш учун аналитик воситани намоён қилади.

Хопфилд икки ўлчамли нейрон тармоғини тўлиқ бирлашган нейронларнинг  $m \times n$ га,  $(x, i)$ нейрондан  $(y, j)$ нейронгача синаптик алоқа  $w_{xyij}$ деб белгиланади.  $V$ ҳолатлар вектори  $t$  маълум вақтда  $V_{xi}$  компонентасига эга, ушбу компонент  $t$ вақт ичида  $(x, i)$  нейрон фаоллигига (иккита қиймат қўзғатувчи ва тормозловчи муносабатларни белгилайди) таъриф беради.  $(x, i)$ нейрон ҳар бир  $(y, j)$ нейрондан киришда ўлчанган  $w_{yxji}V_{yj}$  ҳолатларни қабул қилиб олади;  $(x, i)$ умумий кириши қуйидагича бўлади:  $I_{xi} = \sum_{y=1}^m \sum_{j=1}^n w_{yxji}V_{yj}$ .

Ҳар бир нейроннинг чиқиши қуйидаги қиймат билан баҳоланади:

$$V_{xi}^{new} = \begin{cases} 1, \text{ агар } I_{xi} > \text{ threshold}, \\ V_{xi}, \text{ агар } I_{xi} = \text{ threshold}, \\ 0, \text{ агар } I_{xi} < \text{ threshold}. \end{cases} \quad (4.3)$$

ҳамда агар  $E = \sum_x \sum_y \sum_i \sum_j w_{xyij}V_{xi}V_{yj}$  энергетик функцияси минимал бўлса, тармоқ барқарор ҳолатда бўлади.

Чиқиш қуйидаги кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$V_{xi}(t) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^n V_{yj}(t) - \theta_{xi}, V_{xi}(t-1)\right) \text{ ёки қуйидаги шаклда:}$$

$$V_{xi}(t) = \text{sign}(I_{xi}(t), V_{xi}(t-1)) = \begin{cases} 1, \text{ агар } I_{xi}(t) > 0, \\ -1, \text{ агар } I_{xi}(t) < 0, \\ V_{xi}(t-1), \text{ агар } I_{xi}(t) = 0. \end{cases} \quad (4.4)$$

( $\text{sign}$  – ночизиқли оператор бўлиб,  $y_i$  координатали векторни  $\text{sign}(y_i)$  координатали векторга ўтказди).

$I_{xi} = \sum_{y=1}^m \sum_{j=1}^n w_{yxi} V_{yj}$  бўлганда, чиқиш куйидагича аниқланади:

$$V_{xi}(t) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^n w_{xij} V_{yj}(t-1)\right).$$

Тензорли методологиянинг муҳим тушунчаси, макон ўзгаришларига нисбатан ўзгармайдиган объект – инвариант ҳисобланади. Унинг проекциялари турлича бўлиши мумкин, аммо унинг ўзи ўзгармайди. Проекцияларни билиб, объектдан чалғиб унинг ўзгаришини фақат проекциялар ўзгаришларига қараб кузатиш мумкин. Тензор объектлар ва борлиқларнинг структуравий муносабатларини вектор қийматлар йиғиндиси сифатида белгилайди. Хопфилд тармоғида ҳолатлар кўп ўлчамли маконининг структуравий нисбатини белгиловчи  $T$  тензори мавжуд бўлса,  $T1$  тензорнинг ҳолати ҳар бир тугун биполяр қиймати сифатида  $V_{xi}$  мос келади;  $T2$  тензор компонентлари тугунлар учун чегаравий қийматларни акс эттирувчи  $I$  учун белгиланади; шу билан бирга ҳолатнинг кетма-кет ўзгаришига куйидагича таъриф берилади:

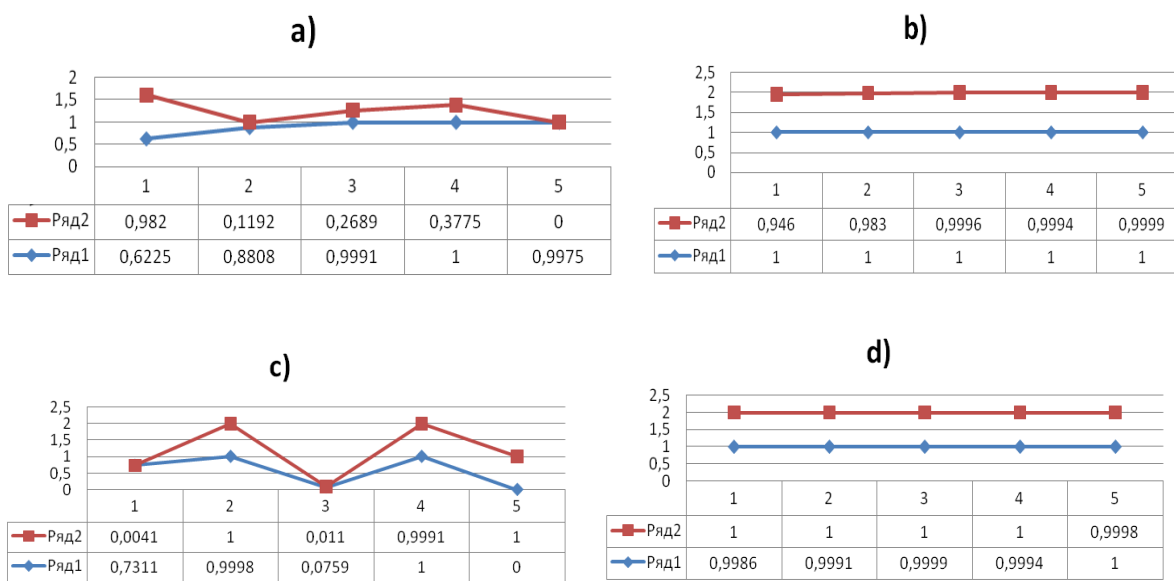
$$V'(t+1) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^m V_{xi} V_{yj}(t) - I_{xi}(t)\right) \quad T1_{xi}(t+1) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^m T_{xi} T1_{yj}(t) - T2_{xi}(t)\right),$$

ёки

ва тугунлар ҳолатлари кичик тўпламлари, барқарор (корреляцион) ҳолатга эришишгача ўзгариб боради, яъни

$$T1_{xi}(t) = \text{sign}(T \otimes T1_{xi}(t) - T2_{xi}). \quad (4.5)$$

Ушбу имкониятни текшириб кўриш учун, корреляция қилинганликни аниқлаш тамойиллари 4-расмда кўрсатилгандек, (а,с) кириш қийматлар диапазони, бешта тугундан иборат тармоқда қўлланилган, бу билан тегишли кириш таъсиридатурли вазиятлар учун (b,d) конвергент қийматлар олиш имконияти намойиш қилинади.



4-расм. Бешта тугундан иборат тармоқни моделлаштиришга мисол



Тақсимланган муҳитда ўзини-ўзи ташкил қилиш хусусиятларни таъминлаш билан сервислар ва ресурслар вазифаси учун тензордан фойдаланиш кўриб чиқилган.  $S_\alpha$  сервиси учун мутаносибликни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$S_\alpha = \sum_{\beta} p_{\beta\alpha} + \sum_k r_{k\alpha}$$

$p_{\beta\alpha}$  сўровлар ва  $r_{k\alpha}$  ресурслар учун ифодалар қуйидаги кўринишда бўлади:  $p_{\beta\alpha} = a_{\beta\alpha} S_\alpha$ ,  $r_{k\alpha} = x_{k\alpha} S_\alpha$ , унда эса сервисни амалга ошириш учун ифода қуйидагича бўлади:  $S_\alpha = \sum_{\beta} a_{\beta\alpha} S_\alpha + \sum_k x_{k\alpha} S_\alpha$ . Икки қисмни ҳам  $S_\alpha$  га бўлиб,  $\sum_{\beta} a_{\beta\alpha} + \sum_k x_{k\alpha} = 1$  ифодани оламиз, у эса тизимда жараёнлар барқарорлигини кўрсатади.

Тизим ишлашининг белгиланган алгоритми (сценарийси) учун сервислар ва объектлар йиғиндиси учун ҳолатлар макони мавжуд, улар сервислар ёки иловалар томонидан сўровларни амалга оширишдаги талабларга мос келиши керак. Тензор компонентларнинг инвариант бўлиш хусусиятини ҳисобга олсак, кўриб чиқилаётган модель учун аниқ сервисни амалга оширилганда уни амалга ошириш алгоритми бўлиб, ДТ структурасида жараёнлар ва объектларнинг оптимал бирикмаси топилади: у бевосита тақсимланган тизимларда муҳим саналган тушунча – ўзини-ўзи ташкил қилиш билан боғлиқ, ушбу тушунча тизимда маълум структура ва функционаллик мавжудлигини кўзда тутаяди. Шу билан бирга, структуранинг мавжудлиги объектлар маълум равишда ўзаро боғлиқ ва маълум қоидалар бўйича ўзаро ишлаши, функционаллик эса бутун тизим маълум мақсаднинг бажарилишига йўналтирилганлигини билдиради.

Жумладан,  $S_\alpha$  таъсирига тизимдаги локал таъсир сифатида қараш мумкин, ушбу таъсир объектлар томонидан тегишли ҳаракатларга (жавобга) сабаб бўлади, шу билан бирга ўзаро таъсир ва жавоб ўртасида боғлиқлик мавжуд, яъни агар  $S_\alpha = \gamma_{\alpha\beta} S_\beta$  бўлса,  $S_\alpha$  ва  $S_\beta$  ўзгаришнинг турлихил қонунларга эга бўлиши керак, бошқача қилиб айтганда, тизимдаги жараёнларни тенглаштириш учун сервисни амалга ошириш учун ресурслардаги эҳтиёж  $\alpha$  контравариантлик катталики деб қараш кераклигини кўрсатади, яъни  $S^\alpha$  ва  $\gamma^{\alpha\beta}$  контравариант катталиклари сифатида намоён бўлишади. Бу ҳолда  $S^\alpha = \gamma^{\alpha\beta} S_\beta$  бўлади, унда  $\gamma^{\alpha\beta}$  метрик тензор ролини ўйнайди.

Тензорнинг ковариантлик ёки контравариантлик компонентларнинг (компонентлар массивларининг) нисбий ўзгаришини метрик тензор ифода этишини ҳисобга олиб, жараёнлар оқимлари контравариант қонун бўйича ўзгаради, ҳолбуки  $S_\alpha$  – ковариантлик ўзгариш, чунки таъсир этувчи катталик ҳисобланади. Бошқача қилиб айтганда, бу тақсимланган муҳитда ўзини-ўзи ташкил қилиш хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда (тақсимланган тизимнинг исталган структураси ва функционалликка ўтиши) масалаларни қулай ечишга имкон беради.

Ишлаб чиқилган методология қоидаларида ассоциатив ўзаро боғланиш тамойиллари булутли ҳисоблашлар (Cloud Computing) инфраструктураси унумдорлигини баҳолаш учун қўлланилади. Булутли инфраструктурасини амалга ошириш усуллари сервислар ва қўллаш моделлари билан фарқ қилади; тақсимланган ҳисоблаш тизимларининг мураккаб ташкилий структурага эгаллиги, ушбу тизимларни ишлаб чиқиш ва фойдаланишда тизимлар, уларнинг ишлаш алгоритмлари ва архитектураси ўзгариши билан боғлиқ масалаларни пайдо қилади. Тақсимланган компонентларни хулқини ўрганиш мақсадида, булутли инфраструктуранинг унумдорлиги параметрларини булутли инфраструктуранинг тақсимланган ҳисоблаш муҳитининг динамик ўзгарувчан хусусиятлар шароитида ҳисоблаш сервислар хулқини аниқлаш мақсадида баҳолаш учун ишлаб чиқилган хулқ модели қоидаларини қўллаш кўрсатилган.

Ноаниқ тўпламлар асосида моделларни қўллаган ҳолда умумий унумдор-лигига тармоқ трафигининг таъсирини қуйидагича ифодалаш мумкин:

*Унумдорлик УН қиймати:* «самарали», «ўрта», «паст»;  
*Тармоқ трафиги ТТ қиймати:* 100MB дан кам; 100MB; 100MB дан кўп;  
 (паст); (ўрта); (юқори).

У ҳолда ноаниқ тизимнинг мантикий тақдим қилиш учун оддий қоидалар қуйидагича шаклланади:

IF (ТТ паст) then (УН самарали);  
 IF (ТТўрта) then (УНўрта);  
 IF (ТТюқори) then (УНпаст).

Фойдаланилаётган маълумотлар ҳажмива оператив хотира учун параметрларни қўллаган ҳолда қоидалар шунга ўхшаш тарзда белгиланади.

Тақсимланган булутли инфраструктура моделини компонентли амалга оширишда:

$$CloudNet = \left\{ \begin{array}{l} SDN_s, CloudDataSenters, Flavors, \\ Orcestrators, Applications, Users \end{array} \right\}, \text{унда } SDN_s =$$

$\{SDN_1, SDN_2, \dots, SDN_k\}$  – дастурий конфигурацияланган тармоқлар тўплами;  
 $CloudDataSenters = \{CDS_1, CDS_2, \dots, CDS_m\}$  – маълумотларни қайта ишлаш булутли марказлар тўплами, ушбу тўплам  $SDN_s$  тармоқларга уланган.  
 $Flavors = \{Flavor_1, Flavor_2, \dots, Flavor_v\}$  – виртуал машиналар тўплами;  
 $Orcestrators = \{Orcestrator_1, Orcestrator_2, \dots, Orcestrator_k\}$  – оркестраторлар тўплами бўлиб, Flavors ва  $SDN_s$  виртуал машиналарни мувофиқлаштиради.  
 $Applications = \{App_1, App_2, \dots, App_s\}$  –  $CloudNet$  иловалар (амалий ва тармоқ сервислар) тўплами;  $Users = \{Uzer_1, Uzer_2, \dots, User_n\}$  –  $CloudNet$  фойдаланувчилар тўплами.

Булутли тармоқ оркестратори фойдаланувчилар сўровларини таҳлил қилиш ва таснифлаш асосида иловалар виртуализацияси алгоритминини амалга оширади. Алгоритм натижаси аппарат ва дастурий таъминот белгиланган параметрлари билан *Flavor* виртуал машинаси ўз ичига олган тармоқ иловалар учун шаблон кўринишида конфигурация файли ҳисобланади. Булутли дата-марказнинг контроллери *Flavor* (булутли сервер) виртуал машинасини ишга тушириш учун оптимал ҳисоблаш тугунлари *CN* ларни танлаб олади.

Булутли инфраструктуранинг функционал ва концептуал моделлари кўриб чиқилган. Хусусан, концептуал моделда пакетларни узатиш ва ишлов бериш жараёнлари оммавий хизмат кўрсатиш тизимлари (ОХТ) назарияси асосида моделлаштирилган, тармоқ жараёнлари ва ресурсларни бошқариш алгоритмлари - кўп агентли назария асосида:

$$Model = \{ОХТ, Агент\}$$

унда ОХТ = (ОХТ<sub>фТК</sub>, ОХТ<sub>ТЯК</sub>, ОХТ<sub>ДМ</sub>, ОХТ<sub>ТК</sub>, ОХТ<sub>ВМО</sub>) – фойдаланиш тармоғи коммутатори (ФТК), тармоқ ядроси коммутатори (ТЯК), дата-марказ (ДМ), тармоқ контроллери (ТК) ва виртуал машиналар оркестратори (ВМО) ОХТлар тўплами;

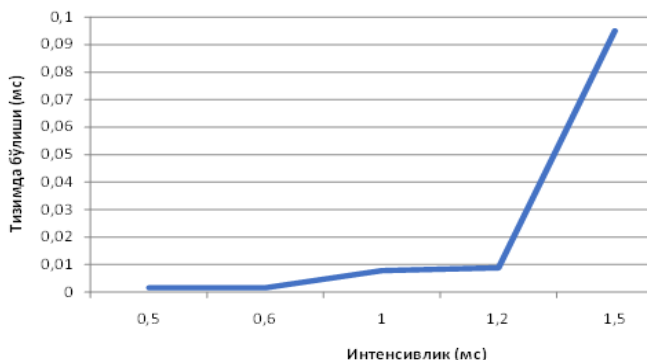
Агент = (Агент<sub>фТК</sub>, Агент<sub>ТЯК</sub>, Агент<sub>БК</sub>, Агент<sub>СР</sub>, Агент<sub>ТК</sub>, Агент<sub>ВМО</sub>, Агент<sub>ТС</sub>, Агент<sub>АС</sub>)- ФТК, ТЯК, булут контроллери (БК), сервис режалаштирувчиси (СР), ТК, ВМО, тармоқ сервиси (ТС) ва илова сервиси (АС) агентлар тўплами.

Кўриб чиқилаётган тизимни моделлаштириш AnyLogic дастурий муҳитда амалга оширилган; бу муҳит турли ёндашувлардан фойдаланиб, катта гетероген тизимлар қисмларига таъриф беришга имконият беради. Булутли инфраструктуранинг концептуал модели асосида агентларни белгилаш, уларнинг хусусиятлари, структураси, хулқини аниқлаш ҳамда уларни бирлаштиришга қулай имкон берувчи имитацион моделлаштириш тизими яратилган. Anylogic муҳитида ишни шакллантиришда агентларга қўшимча имкониятлар ёрдамида ахборот алмашишнинг вариантыдан келиб чиқиб вазифалар белгиланади; ҳар бир вариант учун ҳолатлар диаграммаси яратилади ва керакли кетма-кетликда боғланади.

Ўтказилган моделлаштириш натижалари тақсимланган кўп агентли тизимининг алоҳида компонентлари бўйича ишлаш хусусиятлари қийматларини, шу қаторда тизимнинг у ёки бу агент/компонентининг турли шароитларда хулқининг аниқлашга имкон беради. 5-расмда моделлаштириш натижаси мисоли келтирилган (муайян ишлаш ҳолатига интенсивлик).

Имитацион моделлаштириш натижалари асосида булутли ҳисоблашлар муҳитида компонентларнинг турли параметрлари ва хусусиятлари ҳамда ишлашнинг чегаравий шароитларни кейинчалик кўрсатиш ва баҳолаш билан аниқланиши мумкин.

Интенсивлик ( $\lambda$ )	Тизимда бўлиш вақти	U1	U2	U3	U4
0.5	0.0017	0.25	0.4	0.4	0.2
0.6	0.0017	0.29	0.3	0.25	0.3
1	0.008	0.63	0.6	0.6	0.6
1.2	0.009	0.55	0.4	0.6	0.7
1.5	0.095	0.65	0.6	0.6	0.8



**5-расм. Тақсимланган булутли инфраструктура моделини ишлаши**

Бундан ташқари, таклиф қилинган методика асосида тақсимланган тизимларни тадқиқ қилишдаги мураккаброқ вазифалари билан боғлиқ (шу қаторда катта ҳажмлар ва қарорлар қабул қилиш процедуралар шароитларида булутли муҳитнинг ишлашини ташкил қилишда) ҳисоблаш процедураларни амалга ошириш соҳасида йўналтирилган ҳисоблаш экспериментини амалга ошириш мумкин.

Диссертациянинг «**Тақсимланган тармоқ структураларида ахборот алмашиш жараёнларини дастурий амалга ошириш**» деб номланган бешинчи бобида тақсимланган тармоқ муҳитида ахборотли ўзаро боғланиш таҳлил қилинган. Таянч моделларнинг тақсимланган тармоқ структуралари тадқиқ қилинади: орқалиқ ДТ амалга ошириладиган мижоз-сервер ва пиринг архитектура модели; тақсимланган файлли тизим учун оралиқ муҳит парадигмасидан фойдаланиш келтирилади.

Ахборотли ўзаро ҳаракатланиш таҳлили тақсимланган тармоқ ҳисоблашлар асосида бажарилган: тақсимланган ҳисоблашларда қўлланиладиган қоидалар, алгоритмлар, протоколлар ва ҳ.к. учун компонентлар ва ресурслар орасида ўзаро алоқалар, муносабатлар ва ўзаро келишувларни таҳлил қилиш вазифалари долзарб эканлиги кўрсатилган, ушбу компонентлар ва ресурслар ўз навбатида, ахборот жараёнларини бошқариш тамойиллари билан белгиланади.

Тақсимланган тармоқ ҳисоблашларни тақдим қилишнинг асосий шакли интерфейсни ўзгартирмасдан объектларни алмаштириш ёки ўзгартириш мумкин бўлган *дастурий инженерия объектлари* асосида тақдим қилиш асосий шакли сифатида қабул қилинган; шунингдек, объектнинг асосий ўзига хослиги унинг *ҳолат* деб аталадиган маълумотларни ҳамда ушбу маълумотлар билан *усуллар* деб номланган операциялар инкапсуляция қилишидадир, шу вақтнинг ўзида усуллардан интерфейс орқали фойдаланиш мумкин. Интерфейслар ва объектларга мазкур бўлиниш диссертацияда тақсимланган ассоциатив ўзаро боғланишнинг асосий элементи сифатида қабул қилинган.

Тақсимланган тизимлар яратишда объектга йўналтирилган (ОЙ) ёндашувдан фойдаланиш турли поғоналарда тизим компонентларига ҳар бири маълум хатти-ҳаракат линиясига эга объектлар сифатида қарашга имкон беради. Ишда формал процедуралар ёрдамида жараёнлар томонидан турли сўровлар учун нисбатлар ёзилиши мумкин бўлган тақсимланган илова модели ва дастурий компонентаси учун тизимли модель таклиф қилинган.

Дастурий компонентанинг тизим модели процедуралари асосида тақсимланган тармоқ муҳитида ахборот алмашиш жараёнларни формаллаштириш мақсадга мувофиқдир: тақсимланган иловаларда ахборотни (маълумотлар базалари, файллар, объектлар) бошқарадиган жараёнлар ва тугунлар маълум сони ишлатилади. Объектларнинг айна сони  $x \in X$  орқали ўзаро ишлайдиган  $p_1, p_2, \dots, p_n$  кетма-кет боғламалар (жараёнлар) айна йиғиндисидан иборат тизим кўриб чиқилган. Ҳар бир  $x$  объект ёзиш/ўқиш операцияси ёрдамида фойдаланиш учун мумкин бўлиши қабул қилинган (ёзиш операцияси  $x$  учун янги қийматни белгилайди; ўқиш операцияси

тугунга объект қийматини олишга имкон беради). Шу билан бирга  $z$  қиймати  $x$  объектига қуйидагича белгиланади:  $w(x)z$  – ёзиш учун ва  $r(x)z$  – ўқиш учун.

У ёки бу  $p_i$  жараёнини амалга ошириш  $op_1^1, op_1^2, \dots, op_1^k$  операциялар кетма-кетлиги шаклида намоёиш қилиниши мумкин, унда  $k$  – индекс бўлиб,  $p_i$  жараёнининг  $k$ -операциясини белгилайди. Операциялар (воқеалар) кетма-кетлиги  $p_i$  учун  $\check{s}_i$  воқеани белгилайди. Агар  $s_i$  нир $p_i$  учун операциялар йиғиндиси ва  $\vec{v}$  тегишлилик векторини  $p_i$  томонидан операциялар йўналтирилган нисбати (мисол учун,  $\check{s}_i$  ни  $(S_i, V_i)$  йиғиндиси) деб қабул қилинса,  $\check{S} = (S, V_s)$  кетма-кетликни қабул қилиш,  $V_s$  ни “жараён-сўров” нисбати деб аташ мумкин, яъни

$$S = \bigcup_i s_i$$

$op_1 \vec{v}_s op_2$  ( $op_1$  сўрови  $op_2$  бажарилмагунча), агар:

$$1. \quad \exists p_i: op_1 \vec{v}_s op_2,$$

$$2. \quad op_1 = w(x)z,$$

$op_2 = r(x)z$ , яъни  $op_2$  операцияси  $op_1$  киритган ахборотни қўллайди,

$$3. \quad \exists p_3: op_1 \vec{v}_s op_3 \text{ ва } op_3 \vec{v}_s op_2.$$

Ушбу формал процедуралар ёрдамида турли жараёнлар учун муносабатлар ифода этилиши мумкин.

Тақсимланган тармоқ структураси ўзаро боғлиқ тугунлар йиғиндиси ҳисобланади; ҳар бир тугун ўзининг алмашиш алгоритмлари бўйича ишлаб, ахборот алмашиш умумий жараёнига маълум чекловлар қўяди. Алмашувнинг қайси тури бўлишидан қатъий равишида – серверлардан объектларни сўраш ташаббускорлари бўлган мижозлар ҳамда алмашишнинг бевосита ва/ёки потенциал иштирокчилари бўлган серверлар алмашиш қатнашадиган – *алоҳида объект* (битта сервис) учун ёки серверлар бирор-бир объектлар учун мижозлар сифатида намоён бўлиши мумкин бўлган *объектлар тўплами* учун, – уни амалга оширишда турли сервислар ўртасида (уларнинг вазифалари мижознинг маълум сўровларини бажаришдан иборат) тегишли мувофиқлаштиришни талаб қилади.

Бобда ОЙ лойиҳалаштириш (ОЙЛ) ва ДТ инженерия концепцияси тушунчалари асосида объект дастурнинг у ёки бу хусусиятларини (жумладан объект ягона номга, ўзининг маълумотлар ва процедураларига эга бўлади; у бир неча объектлардан иборат бўлиши ва йирикроқ объектнинг қисми бўлиши мумкин; барча ҳаракатлар хабарлар орқали бажарилади ва х.к.) амалга оширадиган ўзаро муносабатлар элементи сифатида имкониятлари асослаб кўрсатиб берилган.

Умуман олганда, объект тушунчаси инкапсуляция, «синф-намуна», ворислик хусусияти, хабарларнинг ўтиши каби асосий хусусиятлар ёрдамида аниқланади; шу тарзда ахборот алмашиш процедуралари қуйидагича таърифланиши мумкин: а) маълумотлар ва процедуралар дастурий объектларига бирлашади; б) хабарлар объектлар ўртасида ўзаро алоқаларни

таъминлаш учун қўлланилади;в) ўхшаш объектлар синфларга гуруҳ бўлиб бирлаштирилади; г) маълумотлар ва процедуралар синфлар иерархияси бўйича гуруҳларга бирлаштирилади. Ушбу хусусиятлар тақсимланган муҳитда ахборот ўзгаришларини таҳлил қилиш нуқтаи назаридан кўриб чиқилган (ОЙЛ асосида ДТ ишлаб чиқилганда қуйидагилар ишлатилиши намоён бўлди: “объект – синф - хабар” шаклидаги модель; тил; интерфейс ва ўрнатилган синфлар тўплами).

Ишлаб чиқилган (рўйхатдан ўтганлиги тўғрисида тегишли гувоҳномалар мавжуд) ДТ ёрдамида ахборот алмашиш механизмлари ва процедуралари тақсимланган объектлар ахборотини алмашишда ассоциатив ўзаро боғланиш имкониятларини намойиш қилади ва жараёнларни акс эттириш учун қулай восита ҳисобланади. Хусусан, мижоз-сервер архитектурасига асосланган тақсимланган тизимларда ахборот алмашиш алгоритми ишлаб чиқилган ДТ томонидан амалга оширилган, ушбу ДТ тизимнинг компонентларини функционал алоқаларини таянч архитектурада кузатиб боришга имконият беради. Тақсимланган тизим компонентлари ўзаро ишлаш тамойилларини батафсилроқ ўрганиш учун *пиринг (бир погонали) алоқалар асосида* тармоқда компонентлар функционал ўзаро боғланишини таҳлил қилиш вазифалари кўриб чиқилган. Ушбу имкониятлар тақсимланган тизимда ядро вазифасини менежери функцияларини амалга оширувчи ДТ ёрдамида асосланган. Шунингдек, бобда ишлаб чиқилган ДТ – *тақсимланган файл тизими* имкониятларига (бошқариш ва юкломани қулай тақсимлаш учун умумий ресурсларни мантиқий тақдим қилиш; бир неча муқобил умумий ресурслар яратиш ва ҳ.к.) таъриф берилган.

Диссертация ишида тақсимланган ҳисоблашлар ёки иловалар асоси бўлган бажариладиган жараёнлар ва компонентларга нисбатан ўзаро ҳаракатлар жиҳатларини тизимлаштириш ва категорияларга ажратиш асосида тақсимланган муҳитларда ресурсларни (уларни мувофиқлаштириш ва уйғунлаштириш мақсадида) бошқаришда махсус механизмлари зарурати асослаб берилган.

Шундай қилиб, тадқиқот объектининг хулқини таърифлаш учун таклиф қилинаётган ёндашув тармоқнинг тақсимланган функционалликнинг турли жиҳатларини тадқиқ қилишга, структура ва функционалликни кўп ўлчамли тақдим қилишда моделлаштириш элементлар хусусиятларини акс эттириш ёрдамида тақсимланган тармоқда объектлар хулқлари (фаоллик) нинг ўзига хосликларини таҳлил қилишга имкон беради. Баён қилинаётган диссертацияда ассоциатив ўзаро боғланишларни кўриб чиқишнинг энг муҳим жиҳати - тақсимланган борлиқ (объект, агент)лар хулқида интеллектуализациянинг юқорироқ даражасига эришишдан иборат; бу эса диссертация тадқиқотини сўнгги ўн йилликларда интеллектуал тизимларда ечимларни шакллантириш доирасида тадқиқ қилинаётган ва ривожланаётган “билимлар асосида хулоса қилиш” деб номланадиган концепцияси доирасидаги ишларга яқинлаштиради.

## ХУЛОСА

«Инфокоммуникация тармоқ тизимларида ассоциатив ўзаро ҳаракатлар» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Инфокоммуникация тармоқ структуралар ва уларнинг функционал имкониятларини таҳлил ва тадқиқ қилиш учун оралик дастурий таъминот тамойиллари доирасида методологик ёндашув таклиф қилинган ва асосланиб берилган, ушбу ёндашув қўлланган ҳолда, хизматлар ва ресурсларни ўзаро боғланиш механизмлари ва тамойилларини батафсил англаш мақсадида, шунингдек тармоқнинг тақсимланган архитектураси ҳамда ўзаро ишловчи протоколлар, сервислар ва интерфейслар учун тармоқ ва тизим компонентларининг самарали ўзаро ишлаши учун тақсимланган муҳит вазибалари ва жараёнларини амалга оширишда объектлар тўпланими (тақсимланган элементларни) аниқлашга имкон беради.

2. Инфокоммуникация тармоқ структуралари тизимли компонентларининг функционал ташкил этилишининг назарий асослари яратилган. Улар тақсимланган тармоқнинг фойдаланувчиларни турли хизматларга бўлган талабларини қондириш учун яратиладиган ва ишлатиладиган турли хил платформалар ва иловалар мавжудлигида турли мураккаблик, келиб чиқиш ва интенсивликдаги жараёнлар кўплигини ҳисобга олган ҳолда, ресурсларни шаффоф ва эгилувчан тақдим қилишни таъминлашга имкон беради.

3. Сервислар ва иловаларни таҳлил қилиш ва лойиҳалаштириш масалаларини (дастурий таъминот инженериясининг ажралмас қисми сифатида) ечиш учун дастурий таъминотни амалга ошириш тамойиллари асослаб берилган. Ушбу тамойиллар инфокоммуникация тармоқ структураларининг компонентлари (объектлари) ўртасида алмашиш механизмлари турли-туманлигида ва мураккаб конфигурацияларни (элементлар, интерфейслар ва сервислар учун) яратишда ва уларнинг ўзаро боғлиқлигида функционал ва тармоқ элементлари архитектураси учун асосий хусусиятлар (атрибутилар) таркиби билан боғлиқ асосий талабларга жавоб берадиган ва ўзаро боғланган функциялар, тизимлар ва технологияларнинг турли композициялари ролини ҳисобга олади.

4. Тақсимланган компонентлар учун ассоциатив ўзаро ҳаракатланишлар концепциясининг илмий асосланган қоидалари ишлаб чиқилди. Мазкур концепция тақсимланган тизимлар дастурий архитектурасини бажарилаётган функциялар ва объектлар турли синфларига тегишлилигини аниқлайди (тақсимланган объектларни ва улар билан боғлиқ функцияларни тўғри ифодалайди) ва ассоциативлик хусусиятини аниқлаш асосида ахборот алмашиш жараёнига таъсир қилиш имкониятини ҳисобга олади. Ишлаб чиқилган ва дастурий амалга оширилган ахборот алмашиш механизмлари ва процедуралари тақсимланган объектлар ёрдамида ахборот алмашишда ассоциатив ўзаро боғланишни қўллаш имкониятларини намоён қилади ва жараёнларни акс эттиришнинг қулай воситаси ҳисобланади.

5. Объектли тамойил бўйича ташкил қилинган, инфокоммуникация тармоғи компонентларининг ўзаро ҳаракатланиш модели ишлаб чиқилган, ушбу модель тақсимланган муҳит (макон) компонентлари ва элементларининг мураккаб хулқини жараёнларга боғлиқ объектлар (тўплами) орқали ҳолатларнинг кўп ўлчамли тақсимланган ахборот маконида акс эттиришга имкон беради.

6. Моделлаштириладиган объектлар хулқи ва функционал ўзаро боғланиш ноаниқ муносабатларида уларнинг интеллектуал хусусиятларини таърифлашга хизмат қиладиган нейротармоқли тақдим қилиш асосида тақсимланган ҳисоблаш тармоқлар ва тизимларнинг таркибий компонентлари ва тугунлари хулқини объектга йўналтирилган моделлаштириш ёндашуви ишлаб чиқилган.

7. Инфокоммуникация тармоқ муҳитининг кўп ўлчамли ассоциатив модели ишлаб чиқилган, мазкур модель тақсимланган инфокоммуникация тармоқ муҳитининг унумдорлигини ошириш мақсадида – унинг компонентлари орасида ахборот ассоциатив хусусиятларидан фойдаланишда (узатиш ва қайта ишлашнинг турли йўналишларида хусусиятларни аниқлашда) кўп ўлчамли алоқаларни амалга ошириш имкониятини таъминлашга асосланган тақсимланган тармоқлар ва тизимларни лойиҳалаштириш ва ишлаб чиқиш жараёнида тақсимланган структураларни формалаштиришга имкон беради.

8. Концептуал қарашлар ва киритилган тушунчалар (хулқни бошқарувчи структура модели, тақсимланган ассоциатив жараёнлар) асосида тақсимланган муҳитда компонентлар самарали ўзаро боғланиш масаласини турли иерархик даражаларда тегишли ўзаро боғланиш протоколлари билан амалга ошириладиган (объектлар муносабатлари формалаштирилган схемалари ва муҳим хусусиятлари ҳамда қайта ишлаш ва алмашиш жараёнларининг ўзаро ҳаракат муносабатларини акс эттирувчи) тақсимланган ҳисоблаш процедураларини ҳисобга олиб ечиш учун моделлар яратилган.

9. Тақсимланган тизимнинг таркибий компонентлари ўзаро боғланишининг турли тасниф жиҳатлари (синфлар структураси, ишга тушириш структураси хусусиятлари, ўзаро ишлаш вариантлари ва улар ўртасида муносабатлар бўйича) нуқтаи назаридан дастурий таъминот архитектурасини компонентли тузишни ҳисобга олган ҳолда функционал структураси декомпозиция тамойиллари ва тақсимланган тармоқлар ва тизимлар архитектурасини функционал расмийлаштиришга қараб ассоциатив муҳит моделини тузишнинг илмий-методик асослари яратилган. Бу тақсимланган муҳит хулқий модели орқали дастурлаш моделига, шунингдек, дастурий таъминот архитектураси ёки уни ишлаб чиқиш жараёнининг модификациясига ўтишга имкон беради.



**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**УСМАНОВА НАРГИЗА БАХТИЁРБЕКОВНА**

**АССОЦИАТИВНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ**

**05.04.01 – Телекоммуникационные и компьютерные системы, сети и  
устройства телекоммуникаций. Распределение информации**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc) ДИССЕРТАЦИИ  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2017**

**Тема докторской DSc диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.1.DSc/Т39.**

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и Информационно-образовательном портале “Ziyonet” ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz))

**Научный консультант:**

**Касымов Садикджан Сабирович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Бекмуратов Тулкун Файзиевич**  
доктор технических наук, профессор, академик

**Марахимов Авазжон Рахимович**  
доктор технических наук, профессор

**Мусаев Мухаммаджан Махмудович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. в \_\_ часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий (Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер \_\_\_\_).

Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 года.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2017 г.).

**Р.Х. Хамдамов**

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

**Ф.М. Нуралиев**

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

**Х.К. Арипов**

Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.ф.-м.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире инфокоммуникационные сети и системы, являясь технически взаимосвязанными с инновационной сферой и отраслями, интегрируются в различные средства и решения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), и проявляются в различных сферах и направлениях: к примеру, для Big Data, как одной из самых быстрорастущих сфер ИКТ, «общий объем получаемых и хранимых данных удваивается каждые 1,2 года; за период с 2012 по 2014 год количество данных, ежемесячно передаваемых мобильными сетями, выросло на 81%»<sup>1</sup>, в 2016 году «рынок сервисов для развертывания облачных инфраструктур вырос на 52% в 2015 году, достигнув 23 млрд. долларов, объем мирового рынка публичных облачных услуг в 2016 г. достиг 204 млрд. доллара, что на 16,5% больше, чем в 2015 г.»<sup>2</sup>. В этой связи, возникает необходимость разработки перспективных решений в таких задачах, как совершенствование инфраструктуры, создание и внедрение информационных систем, баз данных, применение инновационных проектов, а также эффективной реализации многих технологий, функций и систем, задействующих информационные процессы. В таких развитых странах, как Южная Корея, США, Великобритания, Германия, Франция широко используются специализированные математические и имитационные методы и средства для исследования функциональных процессов и явлений, возникающих и происходящих в сложной распределенной природе инфокоммуникационных сетей и систем.

В этих условиях системы распределенных вычислений (Distributed Computing) являются объектом исследований со стороны многих групп мирового сообщества. Такие исследования стимулируются все возрастающей ролью и все более широким развитием различных сетей и технологий (таких, как семантический Web, Grid –вычисления, облачные вычисления, Интернет вещей и др.). Наряду с этим, во многих областях возможности вычислительных средств ограничены в связи с характером обработки информации и выработки управления вычислительной системой (к примеру, при решении задач при неполной информации, прогнозе результатов предполагаемого действия и выработке управления, при динамике процессов в реальном времени и т.п.). Современные возможности ИТ предполагают реализацию новых подходов к обработке информации, объединяемых общими свойствами ассоциативной (интуитивной) обработки информации, дающих возможность обрабатывать знания, осуществлять логический вывод и, тем самым, позволяющих интеллектуализацию вычислительных систем.

С приобретением независимости республики был достигнут определенный прогресс в комплексной разработке информационно-коммуникационных систем, использовании Интернета и глобальных

---

<sup>1</sup>Soumitra Dutta and Beñat Bilbao-Osorio. The Global Information Technology Report 2012 Living in a Hyper connected World-World Economic Forum, 2012.

<sup>2</sup><http://www.gartner.com/technology/home.jsp>

информационных систем, расширении эффективности информационно-коммуникационных сетей и систем, применении перспективных решений в развитии государственного управления, а также ряде других задач. В Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 — 2021 годах, определены задачи по «внедрению информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления»<sup>3</sup>. Реализация этих задач, в частности, связана с разработкой усовершенствованных моделей ассоциативного взаимодействия в инфокоммуникационных сетевых структурах.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан «Об электронном правительстве» (2015), Указе Президента Республики Узбекистан № УП-5099 от 30 июня 2017 года «О мерах по коренному улучшению условий для развития отрасли информационных технологий в республике», Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-1730 от 21 марта 2012г. «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Настоящее исследование выполнено в соответствии приоритетными направлениям развития науки и технологий IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

#### **Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>4</sup>.**

Научные исследования, направленные на совершенствование функционального взаимодействия в инфокоммуникационных сетях и системах проводятся со стороны ведущих научных центров мира, в частности, исследовательские группы Distributed Computing Research в университетах Chalmers, KTH, Uppsala (Швеция), Distributed Systems Group в ETH Zurich, Systems Group в Lausanne University, Distributed Information Systems Laboratory в LSIR (Швейцария), Distributed Computing/Systems Research Group в University of West London, Systems Research Group, Networks and Operating Systems в University of Cambridge (Великобритания), Networks, systems and services, distributed computing в национальном исследовательском институте INRIA (Франция), группы в TUM, Freie Universität Berlin (Германия), в Berkeley Institute for Data Science, в UIUC и Cornell university,

---

<sup>3</sup>Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. №УП-4947 “О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”

<sup>4</sup>При обзоре зарубежных научных исследований по теме диссертации использовались источники: <http://www.cse.chalmers.se/research/group>, <https://www.ethz.ch/en/utis>, [www.uwl.ac.uk](http://www.uwl.ac.uk), <http://systems.epfl.ch>, <http://www.cam.ac.uk>, <https://www.inria.fr>, <http://groups.csail.mit.edu/tds>, <http://srg.cs.illinois.edu/research>, <http://dprg.cs.uiuc.edu/research>, <http://uclab.khu.ac.kr>, <http://ds.korea.ac.kr>, <http://www.cs.sunykorea.ac.kr/research> и др.

Theory of Distributed Systems MIT (США), в Ubiquitous Computing Laboratory в Kyung Hee University, The Distributed & Cloud Computing Lab в Korea University, SUNY Korea, Incheon IFEZ (Южная Корея), в Институте вычислительных технологий РАН (Россия), в Ташкентском университете информационных технологий (ТУИТ) и в Научно-инновационном Центре ИКТ при ТУИТ.

На сегодняшний день фундаментальные и прикладные исследования в широкой области распределенных вычислений и технологий, направленные на создание коммуникационных алгоритмов, коллаборативных сред, платформ интеллектуальной связи, имеют ощутимые результаты, в частности: в улучшении эффективности и производительности датацентров, разработке архитектуры программного обеспечения (ПО) и приложений для больших данных и взаимодействию в ПО при управлении данными (ETH Zurich, Швейцария); анализе и обработке больших данных, облачных и кластерных вычислениях, высокопроизводительных вычислениях для технологий и приложений (University of West London Великобритания); в области Интернета будущего в качестве коммуникационной, а также вычислительной инфраструктуры, исследованиях по развитию инновационных коммуникационных протоколов и моделированию существующих сетей для улучшения производительности (INRIA, Франция); аспектах распределенных и параллельных систем, с передовыми исследованиями в области динамических систем, в которых конфигурации системы изменяются с течением времени (MIT, США); оптимизации процессов в операционных системах нового поколения и распределенных системах (Korea University, Южная Корея).

В целом, усилия мирового научного сообщества в направлении исследования нацелены на создание эффективных алгоритмов, адаптированных к переменным характеристикам сети, совершенствование методов обработки информации в «Интернете вещей» и «Интернете-услуг» Учитывая сложную природу Интернета, многие научно-исследовательские работы в настоящее время предусматривают разработку операционных систем и промежуточного ПО для сетей или узлов обработки (к примеру, для Облачных технологий) и вычислительных архитектур, поддерживающих гетерогенные среды. Наряду с этим, результаты исследовательских групп по изучению, разработке, реализации и оценке крупномасштабных распределенных систем, создавая сильную теоретическую основу и прикладные возможности, ориентированы на модели и инновационные решения в области методологий проектирования и управления для распределенных систем, распределенных вычислительных алгоритмов, вероятностные модели протоколов и распределенных систем в целом.

**Степень изученности проблемы.** Принципам организации распределенных систем, осуществления взаимодействия системных компонентов и моделирования распределенных вычислений посвящены работы отечественных и зарубежных ученых, таких, как Э.Таненбаум, Й.Фостер, К.Кессельман, В.В. Топорков, А.Г. Тормасов и др. Исследование вопросов

математического обеспечения вычислительных машин и управления вычислительными процессами является основой работ Р.Калмана, А.Ширяева, Р.Беллмана, Л.Понтрягина, В.К.Кабулова, Ф.Б.Абуталиева, Ф.Т. Адыловой, и др. Отдельные вопросы организации эффективной обработки информации и информационного обмена в вычислительных системах и сетях рассмотрены в работах К.Петри, С.Хоаре, Дж.Неймана, В.А.Мизина, Ю.Злотникова, Д.Конарда, Д.Мельникова, Э.Нельсона, а также Т.Ф. Бекмурадова, С.С. Касимова, М.М. Мусаева и др.

В работах В. В. Липаева, М. Липова, Э. Нельсона, Д. Нессера, Т. Тейера, а также М.М. Камилова, Д.А. Абдуллаева и др. трактуются вопросы повышения функциональности средств и систем информационного обмена; межуровневое взаимодействие в протоколах средств информационного обмена для сервисов рассматривается в работах Н.Анисимова, С.Белковского, В.Н.Турченко, А.Д.Иванникова, и др. Важными, имеющими актуальное и востребованное значение в рассматриваемой области исследования задачами, являются задачи искусственного интеллекта в области развития компонентов интеллектуальных сред и применения нечетких множеств в моделях управления и искусственного интеллекта, которые отражены в работах Л.Заде, Е.Мамдани, Д.А.Поспелова, Р.А.Алиева, а также Р.Н.Усманова, Д.Т. Мухамедиевой и др.

Вместе с тем, недостаточно исследованы вопросы эффективной организации распределенных вычислений в задачах расширения соответствующей функциональности и совершенствования механизмов взаимодействия множества компонентов инфокоммуникационных сетевых структур, в методах расширения интеллектуальности сложных сред и принятия решений, с учетом функциональных процессов внутри- и межсистемного характера, наличием большого разнообразия сред, платформ, технологий, а также сложных инфраструктурных связей, обусловленных сетевой и системной архитектурами.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Исследования выполнялись в рамках научно-исследовательских работ: 07-06 «Исследование функциональной архитектуры сетей NGN и разработка принципов внедрения NGN на сетях телекоммуникаций Узбекистана» (2006-2007), прикладных тем 17-009 «Распределенная инфокоммуникационная сетевая среда передачи и обработки информации» (2009-2011), А5-060 «Модели и механизмы предоставления сетевых услуг в инфраструктуре облачных вычислений (на примере развития элементов системы “Электронное правительство”» (2015-2017).

**Цель исследования** заключается в разработке научно-методологических основ повышения эффективности функционирования инфокоммуникационных сетевых структур на основе моделей и механизмов ассоциативного взаимодействия в вычислительной среде.

### **Задачи исследования:**

совершенствование процессов взаимодействия компонентов распределенной сетевой среды передачи и обработки информации;

создание принципов ассоциативного взаимодействия в распределенных инфокоммуникационных сетевых структурах;

разработка научно-обоснованной концепции ассоциативных взаимодействий в инфокоммуникационных сетевых структурах;

разработка методологии совершенствования функционального взаимодействия компонентов распределенных вычислительных систем;

создание концептуальной модели системы интеллектуального управления процессами и/или механизмами, задействованными в распределенных вычислениях;

разработка принципов организации распределённой вычислительной среды, позволяющей формирование эффективных вычислительных структур и реализацию функциональных свойств распределенных систем.

**Объектом исследования** являются распределенные инфокоммуникационные сетевые структуры.

**Предмет исследования** составляют модели и механизмы функционального взаимодействия компонентов в инфокоммуникационных сетевых структурах.

**Методы исследований.** В исследовании применялись методы и положения интеллектуальных систем, теории ассоциативных сред, теории графов, теории массового обслуживания, теории нечетких множеств, системного анализа, аппарата нейронных сетей, тензорных исчислений.

**Научная новизна исследований** заключается в следующем:

усовершенствованы механизмы реализации информационных процессов в инфокоммуникационных сетевых структурах на основе принципов организации промежуточной среды программного обеспечения;

созданы принципы реализации ассоциативного взаимодействия компонентов инфокоммуникационных сетевых структур, позволяющих добиться интеллектуализации их поведения;

созданы концептуальные основы исследования и создания объектов в распределенных вычислительных системах, позволяющие отображать поведение объектов при реализации различных функций.

разработаны модели и механизмы функционального взаимодействия компонентов в инфокоммуникационных сетевых структурах с учетом ассоциативных связей;

разработана концептуальная модель интеллектуального управления процессов и/или механизмов, задействованных в распределенных вычислениях, которая отражает существенные свойства и формализованные схемы отношений объектов и отношения взаимодействия процессов обработки и обмена информацией;

усовершенствованы механизмы информационного обмена внутри- и межсистемного характера, позволяющие организовать эффективные

процедуры для алгоритмов и программ в инфокоммуникационных сетевых структурах.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

выявлено в ходе реализации разработанной методологии исследования существование сложных функциональных связей между отдельными подсистемами в условиях реконфигурации связей (на структурном и информационном уровнях) и на их основе разработаны способы повышения эффективности взаимодействия и функциональных возможностей сетевых и системных компонентов распределенной среды в принципах взаимодействия служб и ресурсов;

выявлены на основе исследования моделей ассоциативного взаимодействия в инфокоммуникационных сетевых структурах ассоциативные свойства обмена информацией и разработана ассоциативная модель инфокоммуникационной сетевой среды, а также способ повышения ее производительности посредством определения признаков в различных направлениях передачи и обработки информации;

определены на основе модели распределенного приложения и системной модели для программной компоненты, формальные процедуры отношений для различных запросов со стороны различных процессов, и разработаны конкретные решения для распределенных систем и сетей различной сложности;

выявлены в ходе практической реализации посредством разработанных модулей ПО, механизмы и процедуры взаимодействия компонентов, когда для распределенных сервисов можно определять информационные блоки, ассоциируемые с процессом их взаимодействия, что позволяет создавать независимые от платформы и языка программирования, адаптируемые в организации и поддержке распределенные системы, в том числе для поддержки высокопроизводительных систем распределенной обработки данных в различных областях науки и практики.

**Достоверность результатов исследования** обосновывается аналитическим обзором научных работ в рассматриваемой области исследований, использованием результатов анализа теоретического и практического опыта в области распределенных сетей и систем, корректным использованием методов искусственного интеллекта, многоагентных систем, математического и имитационного моделирования (в том числе в принципах объектно-ориентированного проектирования), вычислительными экспериментами по апробации предложенных моделей в задачах согласования и координации ресурсов в распределенной архитектуре, использовании основных положений диссертации при оценке производительности облачных вычислений в параметрах и характеристиках компонентов и оценке граничных условий функционирования.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования обоснована практической апробацией предложенных в работе алгоритмов и программных средств, позволяющих существенно расширить функциональные возможности



инфокоммуникационной сети на основе реализации концепции разделения и совместного использования логических и физических устройств сети. Разработанные модели и предложенные механизмы функционирования универсальной инфраструктуры для передачи и обработки информации, а также программные продукты, реализующие различные модели взаимодействия участников обмена информацией, позволяют при наличии распределенной системы (сети) и ограничений на ресурсы (в том числе на вычислительные) улучшить процессы обмена информацией (за счет уменьшения времени обработки запроса) в распределенных системах и сетях при удовлетворении потребностей пользователей в услугах и сервисах.

Практическая значимость результатов исследования обоснована разработанными программными продуктами позволяют адекватно моделировать в реальном масштабе времени поведение отдельных сетевых и системных компонентов сети, определять функциональные возможности и характеристики системы передачи и системы обработки информации и определять допустимые границы изменения параметров эксплуатируемой сети, при которых улучшаются процессы функционирования. Использование разработанных теоретических и практических положений диссертации обеспечивает повышение эффективности функционирования распределенных систем и сетей, в том числе в рамках формирования решений в интеллектуальных системах.

**Внедрение результатов исследования.** На основе методов и механизмов совершенствования процессов ассоциативного взаимодействия в инфокоммуникационных сетевых структурах, подхода интеллектуализации функциональности компонентов, приложений и услуг в распределенных системах и сетях:

способы эффективного взаимодействия сетевых и системных компонентов при реализации современных инфокоммуникационных услуг и ресурсов внедрены в производственную деятельность ГУП Центр «UZINFOCOM» (Справка №33-8/8473 от 14 декабря 2017 года Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан). Реализация результатов исследования позволила определить набор объектов (распределенных элементов) при выполнении задач и процессов в распределенной среде, эффективное управление информационными ресурсами для операторов связи и расширение функциональности сети, а также снизить до 14 % расходы на виртуальные машины при реализации ПО;

усовершенствованные методы управления распределенными сетями и системами в концепциях объектно-ориентированного проектирования, а также средства системной разработки и практического применения информационных, вычислительных и коммуникационных ресурсов при предоставлении различным пользователям (приложениям) внедрены в филиале “Инфосистемы” компании «Узбектелеком» (Справка №33-8/8473 от 14 декабря 2017 года Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан). В результате, это

явилось основой для обеспечения соответствия вычислительных задач архитектуре ПО в инфраструктуре облачных вычислений, а также согласования системной структуры конфигурируемых вычислительных ресурсов с взаимосвязанными протоколами, сервисами и интерфейсами в распределенной архитектуре, что, в свою очередь, продемонстрировало снижение расходов в инфраструктуре предприятия за счет сокращения на 12-20 % годовой стоимости обработки информации для облачных вычислений.

на основе реализации концепции разделения и совместного использования логических и физических устройств в сети предложенные алгоритмы и программные средства внедрены в деятельность филиала “БРМ” АК Узбектелеком (Справка №33-8/8473 от 14 декабря 2017 года Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан). Результаты исследования позволяют моделировать поведение отдельных сетевых и системных компонентов сети, определять функциональные возможности и характеристики системы передачи и системы обработки информации (в частности, систем хранения данных) и определять допустимые границы изменения значений параметров эксплуатируемой сети, при которых улучшаются процессы функционирования;

разработанные модели и механизмы функционирования инфраструктуры для передачи и обработки информации, а также реализующее их программное нашли практическое применение в Центре научно-технических и маркетинговых исследований ГУП «UNICON.UZ» (Справка №33-8/8473 от 14 декабря 2017 года Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан). Результаты исследования позволяют улучшить процессы обмена информацией в распределенных системах и сетях в удовлетворении потребностей пользователей в услугах и сервисах.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования докладывались и обсуждались на 22 международных и 8 республиканских научно-технических конференциях.

**Публикации.** По теме исследования опубликовано 58 научных работ, из них 1 монография, 15 журнальных статей, в том числе 6 в зарубежных и 9 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 200 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, определен объект и предмет исследования. Приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, сведения об апробации и внедрении результатов работы.

В первой главе диссертации «**Методология исследования процессов взаимодействия в инфокоммуникационных сетевых структурах**» на основе принципов формирования архитектуры инфокоммуникационной сети, определены особенности сетевых структур и процессов, имеющих место в таких структурах.

В функциональной архитектуре инфокоммуникационной сети (ИКС) определяется функционально связанная совокупность аппаратно-программных средств обработки и обмена информацией; базовые требования при рассмотрении различных сценариев в ИКС определяются свойствами или атрибутами, присущими конфигурациям функциональных и сетевых элементов в структурах распределенных вычислений (с точки зрения архитектуры ПО), т.е. *инфокоммуникационная сетевая структура* определяется как любая совокупность архитектурных и/или системных компонентов, задействованных в распределенных сетевых вычислениях. При этом: архитектурное представление распределенных сетевых вычислений определяет разные стороны (поведенческую, структурную, логическую, физическую, реализации и т.п.) системы; набор структур или представлений имеет разный уровень абстракций и показывает разные аспекты архитектуры (структуру классов, развертывания, сценарии взаимодействия компонентов и пр.); программная компонента как единица ПО, исполняемая в пределах одного процесса, и предоставляющая некоторый набор сервисов, используемых через ее внешний интерфейс другими компонентами, может быть принята для описания и реализации сложных взаимосвязей в соответствующих структурах распределенных сетей и систем.

Для описания архитектуры применяется метод последовательной функциональной декомпозиции, определяются уровни функциональной архитектуры, группы функций, типы и стеки функционально-ориентированных элементов, реализующих эти системы. При этом для взаимодействия таких элементов необходимо наличие промежуточной среды, где используются различные внутри- и межсистемные механизмы, предоставляющие стандартный межплатформенный сервис для обмена данными. Направления информационных связей при осуществлении таких механизмов и их многообразие предопределяют сложность взаимодействующих процессов, для описания которых предлагается использовать *распределенные ассоциативные процессы* в трактовке теории ассоциативных сред.

Обосновано, что такое представление (с учетом наличия отдельных моделей: программирования и вычислений) позволяет учитывать принципы организации и функционирования программных компонентов в ИКС структурах, с возможностью динамического управления процессом

предоставления услуги, согласованием условий и характеристик взаимосвязи и сервиса, учетом жизненного цикла процесса взаимодействия, определением условий и параметров взаимосвязи между взаимодействующими объектами, обеспечением стабильной конфигурации ресурсов.

В диссертации выделен важный момент: варианты реализации распределенных вычислительных систем объединяет базовая идея создания единого (виртуального) слоя над существующей инфраструктурой для обеспечения совместной работы и использования совместных ресурсов. Исходя из контекста диссертационного исследования, ставится задача разработки (определения основ создания) распределённой вычислительной среды, целью которой является организация *эффективных вычислительных структур*, позволяющих реализацию функций управления процессами и/или механизмами, задействованными в распределенных вычислениях.

Для отображения функциональности предлагается и обосновывается методология, концептуальное представление которой приведено на рис. 1. Модель представляет *рамочную структуру, управляемую поведением*, которая учитывает особенности формирования архитектуры распределенной ИКС с точки зрения принципов организации промежуточного ПО.

В целях формализации процессов взаимодействия в распределенных сетевых структурах, распределенное информационное пространство состояний представляется как многоагентная система (МАС) и характеризуется наличием объединенных сетевыми структурами взаимодействующих сущностей, цель которых - выполнение общей задачи или функции, сценария или алгоритма действий, а объединение дает основание рассматривать и исследовать *распределенную вычислительную среду*. Очевидно, что особую роль приобретает последовательность выполнения действий (алгоритмическое обеспечение вычислительного процесса), направленных на эффективное взаимодействие компонентов среды. Взаимодействие между агентами рассматривается разделом теории игр – дизайном механизмов.



**Рис. 1. Модель рамочной структуры, управляемой поведением**

Методологический подход позволяет определять набор объектов при реализации функций и процессов распределенной среды, как для рассредоточенной архитектуры самой сети, так и для взаимодействующих протоколов, сервисов и интерфейсов. В таком представлении учитываются свойства промежуточного ПО: наличие управляемых объектов (блок «А»), структур и интерфейсов обеспечения услуг (блок «В»), которые можно описать в виде моделей и представления поведения в распределенной среде (блок «С»).

В задаче эффективного взаимодействия в МАС вводится понятие сценария поведения: последовательности действий, связанных с состояниями и событиями. Механизм поведения или сценарий определяет стратегию действий агентов в МАС, т.е. поведение агента определяется его системой управления. Ставится задача разработки такого алгоритма действий (механизма), чтобы индивидуальное поведение агентов привело к реализации нужного профиля стратегии  $\mathbf{s}(t)$ , а выходная функция при такой стратегии соответствовала функции выбора.

Заданием для агента является формирование таких ассоциативных связей, реакция на которые позволит эффективную организацию взаимодействия между агентами, а также принятие решения в соответствии с текущей функциональной целью. Механизм выбирает решение  $d \in D$  и вектор  $\mathbf{p}$  (стоимостной функции) таким образом, чтобы это управляющее воздействие привело к эволюции популяции распределенных агентов наиболее приемлемым (эффективным или оптимальным) образом. Из совокупности возможных решений  $F$  должно быть выбрано такое решение  $(d, \mathbf{p}) \in F \subseteq D \times \mathbb{R}^n$ , чтобы заданная функция выбора при  $T^n \rightarrow F$  позволяла совпадение типа профиля  $\mathbf{t}$  и желаемого решения  $(d, \mathbf{p})$  (т.е. соответствие вектора типа информации и множества выходных функций). Выбранное агентом  $i$  решение  $d_i$  взаимосвязано с конечным решением и стоимостью  $p_i$ , что можно отразить через функцию полезности агента

$$w_i = u_i(t_i, d) + p_i, \quad (1.1)$$

где  $u_i(t_i, d)$  – полезность решения  $d$  механизма.

Для индивидуального агента эта функция должна быть максимальной. Для популяции агентов в распределенной среде эффективность решения  $d$  будет представлена в виде:

$$W(d) = \sum_{i=1}^n u_i(t_i, d) \quad (1.2)$$

С учетом функции полезности, решение  $(d, p)$  будет эффективным при условии, что решение  $d$  в  $D$  приведет к максимальному значению  $W(d)$ , т.е. максимизации суммы функций полезностей всех агентов популяции.

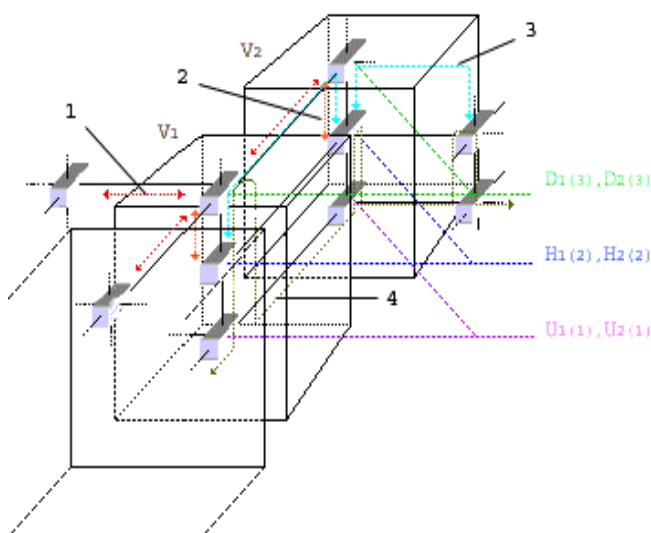
Во второй главе «**Формализация инфокоммуникационных сетевых структур на основе ассоциативных взаимодействий**» определяются научные и методические основы формализации инфокоммуникационных сетевых структур с позиций концептуального подхода к их исследованию на основе ассоциативных взаимодействий. Разработана методика, позволяющая на основе компонентов находить различные конфигурации, которые классифицированы в архитектурные стили и на основе которых сформированы компонентная архитектура и способ, которым компоненты связаны друг с другом и совместно конфигурированы в систему.

Показана целесообразность описания функционального взаимодействия в ИКС структурах с введением понятия *ассоциативной среды* - определенным образом организованной совокупности множества упорядоченных ассоциативных ячеек, обладающих свойствами отражения, накопления, хранения, анализа, преобразования и обмена информацией. На

основе структур и свойств элементов в ассоциативной информационной среде показано взаимодействие ресурсов различного типа (информационные, вычислительные, коммуникационные) с точки зрения функционирования программных компонентов в принципах программной инженерии.

Рассмотрен граф сети  $G(V, R(V))$  как множество всевозможных пар узлов  $D_0: D_0 = \{(s, d) | s, d \in V, s \neq d\}$ , где первый элемент пары соответствует узлу-источнику некоторого потока данных, а второй - узлу-получателю. На рис. 2 представлена структура взаимодействия в ассоциативном представлении модулей трех уровней многоуровневой модели. Рассматривается пара  $D_0 = (V, V_I)$  графа  $G(V, R(V))$ , где  $V_I$  - узлы сетевой структуры, представленные совокупностью виртуальных объектов; они характеризуют информационные взаимодействия разноуровневых информационных систем  $V_I, (V_I \subset H_{K(L)}, D_{K(L)}, U_{K(L)})$ , в которых функционирование основано на взаимодействии элементов  $H_{K(L)}, D_{K(L)}, U_{K(L)}$ .

Интенсивность информационного потока  $Fd$ , инициированного узлом - источником из пары  $d \in D$ , проявляется как результат взаимодействия элементов  $H_{K(1)}$  информационной системы  $E_1, (E_1 \subset H_{k(1)})$ .



**Рис. 2. Структурное представление взаимодействия двух модулей**

На рис. 2 направленные линии характеризуют следующие взаимодействия элементов узла сети:

1: сбор нужной для обмена информации (обмен информации уровня о топологии, конфигурации и т.п.);

взаимодействие  $H_{k(3)} \xleftarrow{Fh} H_{(k-1)(3)}$ ;

2: осуществление механизма

обмена:  $D_{K(3)} \xleftarrow{Fvd} D_{K(2)}$ ;

3: формирование признака при использовании одного из механизмов обмена уровня;

взаимодействие  $U_{K(2)} \xleftarrow{Fvu} U_{K(3)}$ ,

$H_{k(3)} \xleftarrow{Fh} H_{(k-1)(3)}$ ;

4: непосредственный обмен, логическая передача  $H_{k(1)} \xleftarrow{Fh} H_{(k-1)(1)}$ .

Аналогично могут быть описаны и другие виды взаимодействия между компонентами сети - в зависимости от выполняемых ими функций и сложности межуровневых связей в структуре соединений (процессов).

Информация, соответствующая поисковому аргументу при выполнении условий сравнения, поступает в элемент, инициировавший поиск. Происходит проецирование поисковых объектов  $OS_{K(L)}$ , сформированных во множестве элементов  $P_{K(3)}$  (бóльшего иерархического уровня) на элемент  $\{P_{G(2)}^{K(3)} / K = 1 \dots E_{(2)}^{K(3)}\}$ . Результат отображения и фиксации информационных объектов  $OS_{K(L)}$  реализуется путем взаимодействий типа:

$$U_{G(2)} \xleftarrow{Fvu, Fvd} H_{G(3)} \xleftarrow{F3} H_{K(3)} \xleftarrow{Fvd, Fvu} D_{G(3)}, G \in K. \quad (2.1)$$

На основе информации, соответствующей поисковому аргументу, элемент  $P_{G(3)}$  множества  $P_{K(3)}$  меняет свои состояния  $S_l$ , соответствующие направлениям множества доступа  $P_{G(2)}^{K(3)}$ .

В общем случае, на основе положений ассоциативных взаимодействий принцип передачи управляющей информации пересылающей компоненте реализуется межуровневым взаимодействием виртуальных элементов  $D_{K(3)} \xleftarrow{Fvd} D_{K(2)}$ , которые представляют собой взаимодействие двух определенных уровней иерархии и информационных полей  $Q_{(3)} \leftrightarrow Q_{(2)}$ .

В соответствии с методологией исследования приведено обоснование наличия ассоциативных связей - посредством анализа информационных процессов различных уровней ИКС для задач, которые соотносятся с логическим представлением инфокоммуникационной сети в виде двух плоскостей – транспортной и сервисной.

*В транспортной плоскости:* обоснована возможность использования логической организации многокоординатной ассоциативной среды для алгоритмов поиска и сортировки информации, которые осуществляют сортировку и последовательную выдачу пакетов IP (Internet Protocol) по уровню приоритета, указанному в заголовке IP-пакета.

Предложен способ уменьшения одной из составляющей сетевой задержки - задержки нахождения в очереди; для реализации способа используется многокоординатная ассоциативная среда, при этом фрактальные процессы служат основой прогнозирования поведения потоков в узлах коммутации. Реализован многокоординатный ассоциативный накопитель и получены результаты применения ассоциативной среды для обработки пакетов: это позволило уменьшить время задержки для пакетов для различных приоритетов от 3 до 9% для случая одного узла; когда трафик генерируют два узла коммутации, применение ассоциативной среды для обработки пакетов позволило уменьшить время задержки для пакетов от 3 до 6%.

*В сервисной плоскости:* организационная и функциональная структура сети, предполагающая наличие соединений с использованием протокола IP, обуславливает сложные процессы информационного обмена при установлении соединения; в связи с этим, изучение информационного обмена между протоколами сигнализации сетей следующего поколения и определение наличия ассоциативных свойств в таких процессах производится на основе анализа основных параметров потока поступающей нагрузки и исследования модели функционирования протокола SCTP (Session Control Transmission Protocol) в стеке SIGTRAN (SIGnalling TRANsport - передача сигнальных сообщений по IP-сети) - с целью определения оптимальных параметров работы системы. Исследование процесса информационного обмена между протоколами группы SIGTRAN показывает, что процессы соотносятся с положением о наличии

ассоциативных свойств, на основании которых можно улучшить соответствующие характеристики сети или системы.

Обобщая принципы декомпозиции, приведенных для задач разработки ПО, показано, что свойства ассоциативности будут проявляться и в других частях структур, позволяя разрабатывать алгоритмы эффективного взаимодействия компонентов.

При функциональном взаимодействии, основанном на ассоциациях, можно выделить два аспекта: а) ассоциации как абстрактная структура взаимозависимостей, неявно закодированная в информационных объектах и в связях между ними или в формах представлений (т.е. ассоциации представляют отношения между информационными объектами, где задаются сами объекты и отношения между ними); б) ассоциации как коллективные или интегральные изменения в логико-запоминающей среде, являющейся носителем информации (т.е. отражают конкретные свойства этой среды, определяя отношения между ассоциируемыми информационными объектами и позволяя выделить структурные и функциональные признаки).

Для задач моделирования ИКС структур определены принципы интеллектуального анализа данных, позволяющего учитывать для ассоциативных правил наличие иерархии в объектах и ее использование в целях достижения более гибкого анализа и получения дополнительных знаний. Это обосновывает важный аспект диссертационного исследования, связанный с реализацией взаимодействия через промежуточное ПО как согласующего интерфейса, функции которого, реализованные через ассоциативные взаимодействия, обеспечивают должную степень интеллектуализации процессов обмена и/или обработки информации, а также принятия решений в задачах распределенных вычислений и инженерии ПО.

В третьей главе **«Разработка моделей для решения задач эффективного взаимодействия компонентов в распределенной среде»** определены основы построения моделей для выработки управляющих воздействий в соответствии с функциональной организацией и принципами декомпозиции распределенной архитектуры.

Декомпозиция функциональной архитектуры распределенных систем учитывает компонентное построение ПО вычислительной системы, свойства компонентов и отношения между ними. При этом методологически декомпозиция по отношению к компонентам и представлению пространства состояний для различных компонентов производится таким образом, что в модели могут быть определены соединения на том или ином уровне.

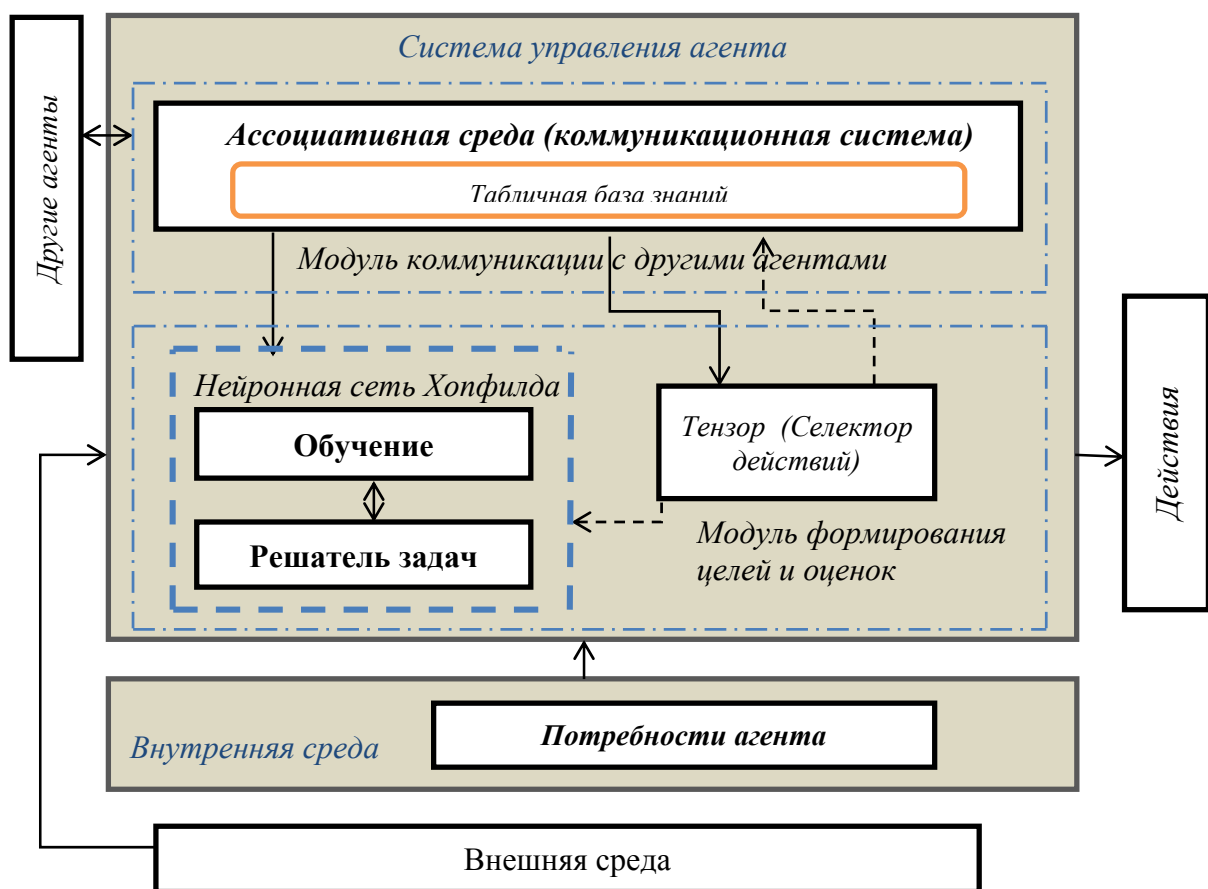
Наряду с этим, в распределенном пространстве реализация приложения осуществляется через совокупность автономных процессов, представляется МАС и поддерживается нижележащей средой, т.е. обеспечивается должная степень функциональности на нужном уровне рассмотрения, что дает возможность через поведенческую модель распределенной среды (пространства) перейти к модели программирования, и, соответственно, к архитектуре ПО или модификации процесса его разработки.



Учитывая, что поведение агента в многоагентной системе определяется его системой управления, рассматривается схема управления агентом в концептуальном представлении поведенческой модели распределенного пространства. В распределенном пространстве в зависимости от задачи формируется набор объектов, определяется поведение объектов, их свойства, установление отношений между объектами, специфицируются интерфейсы для каждого объекта и реализация объекта. Важным при этом является обоснование того, что в ООП вычислительный процесс понимается как система, собранная из модулей, которые взаимодействуют друг с другом и имеют собственные способы обработки поступающих сообщений.

На основе обоснованных принципов моделирования, реализация соответствующих блоков системы управления агентом (рис. 3) и оптимизация поведения агентов происходит с учетом следующих факторов:

1. Эволюционный поиск: модуль коммуникации с другими агентами (выделен на схеме штрих пунктиром) - модель ассоциативной среды.
2. Индивидуальное обучение и выбор действия: модуль формирования целей и оценок - модель нейронной сети Хопфилда и тензорного преобразования.
3. Обмен опытом между агентами в результате коммуникаций: эффективное взаимодействие компонентов в распределенной среде - модель многоагентной системы на основе нечетких множеств.



**Рис. 3. Схема управления агентом в концептуальном представлении поведенческой модели**

При этом реализация принципов моделирования для каждого из них определяется соответствующей моделью с учетом принципов многомерной декомпозиции.

*Моделирование эволюционного поиска.* В соответствии с положениями теории интеллектуальных систем, реализация технологий обработки информации и управления во многом зависят от реализуемого принципа организации системы; в ассоциативной среде, выступающей в качестве коммуникационной системы, используя возможные проявления свойств информационных объектов можно определить: информационное поле  $Q$  как совокупность информации о пространстве состояний информационной системы; уровень иерархии информационного поля  $Q_L$  - информация из  $Q$ , которая может быть отражена информационными системами определенного уровня во всех множествах ячеек соответствующего  $L$  - го уровня иерархии  $U(\{P_{K(L)} / K = 1...Z...X\})$ ; слой уровня иерархии информационного поля  $Q_{J(L)}$  - информация, доступная отдельному подмножеству информационных систем определенного уровня иерархии множеств элементов  $L$ -го иерархического уровня  $U(\{P_{K(L)} / K = 1...Z\}, U(P_{K(L)}))$ . Тогда любая задача, связанная с информационным преобразованием, может быть описана как совокупность задач взаимодействия виртуальных элементов  $H_{K(L)}$ ,  $D_{K(L)}$  и  $U_{K(L)}$  соответствующих узлов сети. Если  $V_I$  - узлы сети, представленные совокупностью виртуальных объектов, характеризующие информационные взаимодействия разноуровневых информационных систем  $V_I, (V_I \subset H_{K(L)}, D_{K(L)}, U_{K(L)})$ , задача сводится к:

$$\min \left( \sum_{c \in P_c} \sum_{\substack{i, j=1 \\ i \neq j}}^N U_{ij}^c C_{ij}^c + \sum_{s \in P_s} \sum_{\substack{i, j=1 \\ i \neq j}}^N H_{ij}^s C_{ij}^s + \sum_{d \in D} \sum_{\substack{i, j=1 \\ i \neq j}}^N D_{ij}^d C_{ij}^d \right) \quad (3.1)$$

где:  $N$  - совокупность элементов одного уровня;  $P_c$  - процессы узла - источника;  $P_s$  - процессы узла - получателя;  $C_{ij}^x$  - условная стоимость связи при запросе информационного объекта на элементе  $j$  из элемента  $i$ ;

Очевидно, что значение  $C_{ij}^x$  будет определяться эффективностью процессов управления разнородными компонентами (объектами) в распределенной среде, сформированной инфокоммуникационными сетевыми структурами. Условиями выполнения данного выражения могут быть ограничения при доступе какого-либо ресурса, особенности реализации приложения и т.п. Важно отметить, что в таком представлении для описания задачи информационного взаимодействия объектов в распределенной среде используются два понятия: *данные* (как результат обмена информацией) и *вычисления* (как процесс), которые различны для разных приложений. Эффективность распределенной среды определяется и зависит от результатов управления процессами, связанными с предоставлением данных и осуществлением вычислений. Данные при этом описываются атрибутами сущностей в среде, а вычисления относятся к поведению сущностей.

*Моделирование индивидуального обучения и выбора действия в распределенной среде.* Представление структуры ассоциативной среды приближено к модели, организованной по объектному принципу; тогда

ассоциативным элементом среды будет минимальный по параметрам структурный элемент, относительно которого ассоциативная среда представляется однородной.

Многомерная структура сети содержит сетевые элементы, относящихся к определенным уровням иерархии; каждый уровень может быть отождествлен с определенной функцией как самого сетевого элемента, так и сети: каждая вершина ассоциативной модели описывается на основе понятий информационного пространства; функциональные свойства вершины определяют те или иные ассоциативные признаки, на основе и при наличии которых осуществляется соответствующее ассоциативное взаимодействие. Таким образом, многомерная ассоциативная среда с вершинами, представленными как тензоры, для которых действуют правила функционирования нейронных сетей, позволяет более полное функциональное отображение информационных процессов взаимодействия распределенных компонентов.

*Модель многоагентной системы на основе нечетких множеств.* Сложность и неоднозначность процессов информационного взаимодействия, задействованных в ИКС структурах, предопределяет целесообразность использования подходов в области мягких вычислений.

В модели многоагентной системы рассматривается взаимодействие агентов как установление двусторонних и многосторонних динамических отношений между агентами; поведение компоненты описывается понятиями *состояние, событие, переход, действие*; взаимодействие агентов - как установление двусторонних и многосторонних динамических отношений между агентами. С состоянием связаны действия компоненты, при этом состояние обладает свойствами: имя, входная/выходная деятельность, список запросов, область запросов, входные/выходные порты. Событие связывается с состоянием и набором действий, выполняемых компонентой, когда в ее интерфейсе описываются сообщение, метод и переменная. Переход определяет варианты логических связей между состояниями. Действие определяется логическим именем, относящимся к поведению компоненты.

Модель состоит из активных сущностей - агентов и пассивных сущностей - поведения, траекторий, правил, условий, действий. Агенты как активные сущности имеют частное поведение, при котором формальная структура агента имеет вид:

*Агент (имя, положение, отношения, атрибуты, процессы)*

*Процессы (поведение, взаимодействия и т.п.).*

Агент представляет собой открытую систему, помещенную в распределенную среду; агент способен воспринимать информацию из внешней среды, обрабатывать ее на основе собственных ресурсов, взаимодействовать с другими агентами и действовать на среду в течение некоторого времени. В среде распределенных объектов предполагается сложное и неоднозначное взаимодействие множества сущностей, участвующих в процессе функционирования распределенной системы: в этой связи для решения сколько-нибудь сложной задачи требуется

взаимодействие агентов, которое неотделимо от формирования многоагентной системы, которая представляется следующей совокупностью:

$$MAS = (AGN, ENV, REL, STR, ACT),$$

где  $AGN = \{1, \dots, n\}$  - множество агентов различных типов;  $ENV$  - множество сред, в которых функционируют агенты;  $REL$  - семейство базовых отношений между агентами;  $STR$  - множество состояний  $MAS$ , задающих ее текущую организационную структуру;  $ACT$  - множество действий агентов. При этом степень детализации зависит от целей исследования и может варьироваться (через множества конфигураций ресурсов, топологий и т.п.).

Модель поведения агента описывается состоянием сущностей и определенной эволюцией, а состояние агентов задается атрибутами и их значениями. Атрибуты определяют знание агента об окружающей среде и имеют формальную структуру, описываемую в виде:

$$(IDENTIF, TYPE, VALUE), \text{ где } IDENTIF \text{ определяет имя атрибута,}$$

$TYPE$  – тип атрибута,  $VALUE$  – значение атрибута в зависимости от типа.

В пространстве состояний имеется множество сущностей, каждое из которых обладает некоторым поведением и локальными атрибутами. Аналогично можно вводить описание более сложных поведений для сущностей.

В четвертой главе «Разработка моделей решения задач согласования и координации ресурсов в распределенной архитектуре (апробация концептуальной модели)» на основе представления сети как управляемой структуры распределенного приложения и с учетом положений концептуальной модели в целях ее апробации разработаны модели решения задач согласования и координации ресурсов.

Распределенное приложение выполняется с использованием объектов как совокупности процессов  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ ; каждая сущность может быть определена или назначена различным процессам. Учитывая, что основное назначение распределенной системы состоит в предоставлении сервисов в качестве потребителей системно-сетевых ресурсов, они могут быть определены как множество  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ . Матрица  $A = \{a_{11}, \dots, a_{nm}\}$  вводится для определения возможности предоставления для множества сервисов  $S$  тех или иных сущностей в  $E$ , а именно:  $A: E \rightarrow S$  и  $a \subseteq E \times S: E \rightarrow S$  размера  $n \times m$ :  $A = [a_{i,j}]_{n \times m}$ ; с другой стороны, эта матрица отражает доступность объекта через интерфейс, т.е. его существование для приложения.

Вводится множество функций, которые могут быть связаны с объектами и сущностями как  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ . Отношение соответствия сущностей и сервисов  $E$  к  $S$ :  $A \subseteq E \times S$  с множеством элементов из  $A$ , имеющих взаимодействие в  $E$  с учетом  $S$  имеет вид:

$$Component1(A) = \{e : (\exists s \in S)(e, s) \in A\}, \quad \text{и} \quad Component1(A) \subseteq E. \quad (4.1)$$

Это означает, что определяются все пары из  $A$ , относящиеся к определенному  $e$  в соответствии с запросом из  $S$ .

Другие компоненты могут быть найдены аналогично и в целом, из  $A \subseteq E \times S$  с  $A(e) = \{s : (e, s) \in A\}$  определяется общая доступность сущностей по запросу со стороны сервиса. Для общего случая, когда несколько подмножеств осуществляют связь, можно указать различные процессы взаимодействия  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ . Объединяя необходимые множества и элементы относительно того или иного исследуемого свойства, можно при условии  $(A_1 \circ A_2 \circ \dots \circ A_L) \cap M$  определить общую совокупность нужного свойства для доступных сервисов в форме:

$$T = E \otimes S \otimes F \quad (4.2)$$

Это выражение означает, что для отображения функциональности распределенной системы может быть использован тензор как элемент, отражающий совокупность необходимых для рассмотрения свойств, задаваемых состояниями; он также демонстрирует аналитическое средство для описания распределенного поведения.

Двумерная нейронная сеть Хопфилда (НСХ) имеет  $m \times n$  полностью соединенных нейронов, синаптическая связь от нейрона  $(x, i)$  к  $(y, j)$  обозначается как  $w_{xij}$ . Вектор состояний  $V$  в определенное время  $t$  имеет компоненту  $V_{xi}$ , описывающую активность нейрона  $(x, i)$  в момент времени  $t$  (два значения определяют возбуждающее и тормозящее отношения). Нейрон  $(x, i)$  получает на входе взвешенные состояния  $w_{yji}V_{yj}$  от каждого нейрона  $(y, j)$ ; суммарный вход нейрона  $(x, i)$  будет:  $I_{xi} = \sum_{y=1}^m \sum_{j=1}^n w_{yji}V_{yj}$ .

Выход каждого нейрона будет оценен следующим значением:

$$V_{xi}^{new} = \begin{cases} 1, \text{если } I_{xi} > \text{threshold}, \\ V_{xi}, \text{если } I_{xi} = \text{threshold}, \\ 0, \text{если } I_{xi} < \text{threshold}. \end{cases} \quad (4.3)$$

и сеть будет в стабильном состоянии, когда энергетическая функция

$$E = \sum_x \sum_y \sum_i \sum_j w_{xij} V_{xi} V_{yj} \text{ будет минимальной.}$$

Выход может быть выражен следующим образом:

$$V_{xi}(t) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^n V_{yj}(t) - \theta_{xi}, V_{xi}(t-1)\right) \text{ или в форме:}$$

$$V_{xi}(t) = \text{sign}(I_{xi}(t), V_{xi}(t-1)) = \begin{cases} 1, \text{если } I_{xi}(t) > 0, \\ -1, \text{если } I_{xi}(t) < 0, \\ V_{xi}(t-1), \text{если } I_{xi}(t) = 0. \end{cases} \quad (4.4)$$

( $\text{sign}$  - нелинейный оператор, переводящий вектор с координатами  $y_i$  в вектор с координатами  $\text{sign}(y_i)$ ).

$$\text{При } I_{xi} = \sum_{y=1}^m \sum_{j=1}^n w_{yji} V_{yj}, \text{ выход определяется как: } V_{xi}(t) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^n w_{xij} V_{yj}(t-1)\right).$$

Важным понятием тензорной методологии является инвариант - объект, который не изменяется относительно преобразований пространства. Его проекции могут быть различны, но сам он не меняется. Зная проекции,

можно отвлечься от самого объекта и наблюдать его изменения только по изменениям проекций. Тензор задает структурные отношения объектов или сущностей как совокупность значений вектора. При наличии тензора  $T$ , определяющего структурное отношение многомерного пространства состояний в НСХ, состояние тензора  $T1$  соответствует  $V_{xi}$ , как биполярному значению состояния каждого узла; тензор  $T2$  определяется для  $I$ , компоненты которого отображают пороговые значения для узлов; при этом последовательное изменение состояния может быть описано как:

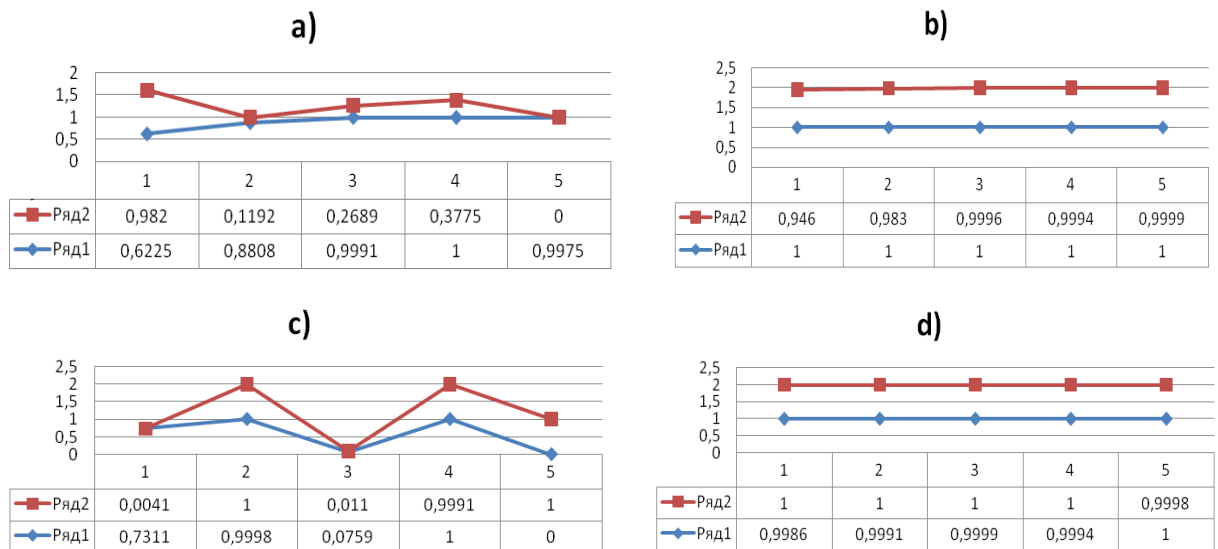
$$V'(t+1) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^m V_{xi} V_{yj}(t) - I_{xi}(t)\right) \quad T1_{xi}(t+1) = \text{sign}\left(\sum_{yj=1}^m T_{xi} T1_{yj}(t) - T2_{xi}(t)\right),$$

ИЛИ

и подмножество состояний узлов будет изменяться до тех пор, пока не будет достигнуто стабильное (коррелированное) состояние, т.е.

$$T1_{xi}(t) = \text{sign}(T \otimes T1_{xi}(t) - T2_{xi}). \quad (4.5)$$

Чтобы проверить эту возможность, принципы определения коррелированности применены на сети из пяти узлов в диапазоне входных значений (а,с), как показано на рис.4, чем демонстрируется возможность получения конвергентных значений (b,d) для различных ситуаций при соответствующих входных воздействиях.



**Рис. 4. Пример моделирования сети из пяти узлов**

Далее рассмотрено использование тензора для задачи соответствия сервисов и ресурсов с обеспечением свойств самоорганизации в распределенной среде. Соотношение для сервиса  $S_\alpha$  можно записать в виде:

$$S_\alpha = \sum_{\beta} p_{\beta\alpha} + \sum_k r_{k\alpha}$$

Выражения для запросов  $p_{\beta\alpha}$  и ресурсов  $r_{k\alpha}$  будут выглядеть

как:  $p_{\beta\alpha} = a_{\beta\alpha} S_\alpha$ ,  $r_{k\alpha} = x_{k\alpha} S_\alpha$  откуда выражение для реализации сервиса

запишется в виде:  $S_\alpha = \sum_{\beta} a_{\beta\alpha} S_\alpha + \sum_k x_{k\alpha} S_\alpha$ . Разделив обе части на  $S_\alpha$ , получим

выражение:  $\sum_{\beta} a_{\beta\alpha} + \sum_k x_{k\alpha} = 1$ , которое показывает уравнение равновесия

процессов в системе.

Для заданного алгоритма (сценария) функционирования системы имеется пространство состояний для совокупности сервисов и объектов, которые должны удовлетворять этим сервисам при реализации запросов со стороны сервисов или приложений. Учитывая свойство компонентов тензора иметь инвариант, для рассматриваемой модели в случае реализации конкретного сервиса, инвариантом будет алгоритм его реализации, для которого ищется оптимальное сочетание процессов и объектов в структуре ПО: он непосредственно связан с важным понятием в распределенных системах - самоорганизации, предполагающей наличие определенной структуры и функциональности в системе. При этом наличие структуры означает, что объекты определенным образом связаны и взаимодействуют между собой по определенным правилам, а функциональность означает, что вся система нацелена на выполнение определенной цели.

В частности, влияние  $S_\alpha$  можно рассматривать как локальное воздействие в системе, который будет вызывать соответствующие действия со стороны объектов (отклик), при этом имеется очевидная связь между воздействием и откликом, т.е. если имеется  $S_\alpha = \gamma_{\alpha\beta} S_\beta$ , это показывает, что  $S_\alpha$  и  $S_\beta$  должны иметь разные законы преобразования, другими словами, для уравнения равновесия процессов в системе, потребность в ресурсах для реализации сервиса  $\alpha$  должна рассматриваться как контравариантная величина, т.е.  $S^\alpha$  и  $\gamma^{\alpha\beta}$  выглядят как контравариантные величины. В этом случае  $S^\alpha = \gamma^{\alpha\beta} S_\beta$ , где  $\gamma^{\alpha\beta}$  играет роль метрического тензора.

Учитывая, что метрический тензор показывает относительное преобразование ковариантных или контравариантных компонент тензора (массивов компонент), потоки процессов преобразуются по контравариантному закону, тогда как  $S_\alpha$  - ковариантное преобразование, т.к. является воздействующей величиной. Другими словами, это дает возможность удобно решать задачи в распределенной среде с учетом свойств самоорганизации (переход к желаемой структуре и функциональности распределенной системы).

Принципы ассоциативного взаимодействия в положениях разработанной методологии были применены для оценки производительности в инфраструктуре облачных вычислений (Cloud Computing). Они основаны на таких технологиях, как распределённые вычисления, включающие в себя кластеризацию, серверную виртуализацию и динамическое предоставление ресурсов, а также широкомасштабную автоматизацию управления. Реализации облачной инфраструктуры различаются моделями сервисов и развертывания, имеют сложную организационную структуру распределенных вычислительных систем, при разработке и использовании которой возникают вопросы, связанные с изменением структуры систем, алгоритмов их работы и архитектуры. В целях изучения поведения распределенных компонентов показано применение положений разработанной поведенческой модели для оценки параметров производительности облачной инфраструктуры, с целью определения поведения

вычислительных сервисов в условиях динамически меняющихся характеристик распределенной вычислительной среды облачной инфраструктуры.

В случае применения модели на основе нечетких множеств, влияние сетевого трафика на общую производительность можно выразить следующим образом:

*Значение производительности ПР: «эффективная», «средняя», «низкая»;*

*Значение сетевого трафика СТ: менее 100МВ; 100МВ; более 100МВ;  
(низкий); (средний); (высокий).*

В этом случае формируются простые правила для логического вывода нечеткой системы следующим образом:

IF (СТ низкий) then (ПР эффективная);

IF (СТ средний) then (ПР средняя);

IF (СТ высокий) then (ПР низкая).

Аналогично определяются правила в случае использования параметров для объема используемых данных (ОД) и оперативной памяти (ОП).

В компонентной реализации модели распределенной облачной инфраструктуры:

$CloudNet = \{ SDN_s, CloudDataScenters, Flavors, \}$  где  $SDN_s = \{SDN_1, SDN_2, \dots, SDN_k\}$  – множество программно-конфигурируемых сетей;  
 $CloudDataScenters = \{CDS_1, CDS_2, \dots, CDS_m\}$  – множество облачных центров обработки данных, подключенных к сетям  $SDN_s$ .  $Flavors = \{Flavor_1, Flavor_2, \dots, Flavor_v\}$  – множество виртуальных машин;  
 $Orchestators = \{Orchestrator_1, Orchestrator_2, \dots, Orchestrator_k\}$  – множество оркестраторов, координирующих виртуальные машины  $Flavors$  и  $SDN_s$ .  
 $Applications = \{App_1, App_2, \dots, App_s\}$  – множество приложений (прикладных и сетевых сервисов)  $CloudNet$ ;  $Users = \{Uzer_1, Uzer_2, \dots, User_n\}$  – множество пользователей  $CloudNet$ .

Оркестратор облачной сети реализует алгоритм виртуализации приложений на основе анализа и классификации запросов пользователей. Результатом алгоритма является файл конфигурации в виде шаблона для приложений сети, включающего в себя образ виртуальной машины  $Flavor$  с заданными параметрами аппаратного и программного обеспечения. Контроллер облачного дата-центра подбирает оптимальные вычислительные узлы  $CN$  для запуска виртуальной машины  $Flavor$  (облачного сервера).

Рассмотрена функциональная и концептуальная модели облачной инфраструктуры. В частности, в концептуальной модели процессы передачи и обработки пакетов смоделированы на основе теории систем массового обслуживания (СМО), а алгоритмы управление процессами и ресурсами сети - на основе теории многоагентных систем:

$$Model = \{СМО, Агент\}$$

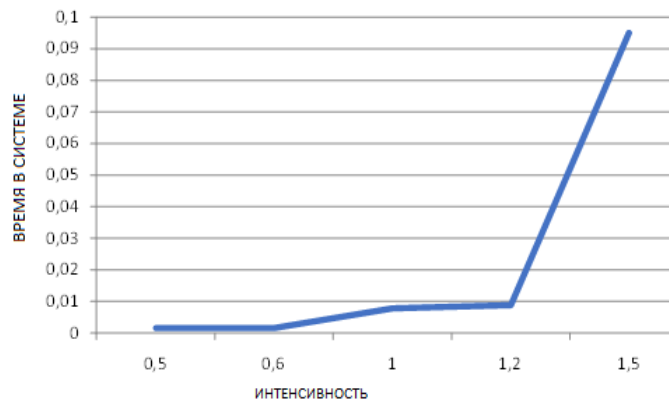
где  $СМО = (СМО_{кcd}, СМО_{кяс}, СМО_{dc}, СМО_{кc}, СМО_{овм})$  – множество СМО коммутатора сети доступа (КСД), коммутатора ядра сети (КЯС), датацентра (ДЦ), контроллера сети (КС) и оркестратора виртуальных машин (ОВМ);



$Агент = (Агент_{КСД}, Агент_{КЯС}, Агент_{КО}, Агент_{ПЛС}, Агент_{КС}, Агент_{ОВМ}, Агент_{СС}, Агент_{ПС})$ - множество агентов КСД, КЯС, контроллера облака (КО), планировщика сервиса (ПЛС), КС, ОВМ, сетевого сервиса (СС) и прикладного сервиса (ПС).

Моделирование рассматриваемой системы осуществлено в программной среде AnyLogic, которая позволяет описывать части больших гетерогенных систем, используя и объединяя разные подходы. На основе концептуальной модели облачной инфраструктуры построена система имитационного моделирования, которая позволяет достаточно просто задавать агентов, определять их свойства, структуру, поведение, а также объединять их. При формировании работы на Anylogic, агентам с помощью дополнительных возможностей на Java прописываются функции, исходя из вариантов обмена информацией; для каждого варианта создается диаграмма состояний и связывается в нужной последовательности. На рис.5 приведен пример результатов моделирования (интенсивность в различных состояниях).

Интенсивность ( $\lambda$ )	Время пребывания в системе	U1	U2	U3	U4
0.5	0.0017	0.25	0.4	0.4	0.2
0.6	0.0017	0.29	0.3	0.25	0.3
1	0.008	0.63	0.6	0.6	0.6
1.2	0.009	0.55	0.4	0.6	0.7
1.5	0.095	0.65	0.6	0.6	0.8



**Рис. 5. Пример работы модели облачной инфраструктуры**

Результаты проведенного моделирования позволили определить значения характеристик функционирования по отдельным компонентам распределенной многоагентной системы, в том числе особенности поведения того или иного агента/компонента системы в различных условиях.

На основе результатов имитационного моделирования могут быть определены различные параметры и характеристики компонентов в среде облачных вычислений, с дальнейшим указанием и оценкой граничных условий функционирования. Кроме того, на основе предложенной методики можно реализовать направленный вычислительный эксперимент в части реализации вычислительных процедур, связанных с более сложными задачами исследования распределенных систем (в том числе при организации облачной среды в условиях больших объемов данных и процедурах принятия решений).

В пятой главе «Программная реализация процессов обмена информацией в распределенных сетевых структурах» проведен анализ информационного взаимодействия в распределенной сетевой среде. Исследуются распределенные сетевые структуры базовых моделей: клиент-серверной и пиринговой архитектуры, в которых реализуется ПО

промежуточного уровня; показано использование парадигмы промежуточной среды для распределенной файловой системы.

Анализ информационного взаимодействия выполнен на основе распределенных сетевых вычислений: показано, что для правил, алгоритмов, протоколов и т.д., используемых в распределенных вычислениях, актуальны задачи анализа взаимосвязей, отношений и взаимного согласования компонентов и ресурсов, которые, в свою очередь, определяются принципами управления информационными процессами. Основной формой представления распределенных сетевых вычислений принято представление на основе *объектов программной инженерии*, когда можно заменять или изменять объекты, оставляя интерфейс неизменным; кроме того, ключевая особенность объекта состоит в том, что он инкапсулирует данные, называемые *состоянием*, и операции над этими данными, называемые *методами*, в то время как доступ к методам можно получить через интерфейс. Это подразделение на интерфейсы и объекты принято в диссертации основным элементом распределенного ассоциативного взаимодействия.

Использование объектно-ориентированного (ОО) подхода при создании распределенных систем позволяет рассматривать компоненты системы на различных уровнях абстракции как объекты, каждый из которых обладал бы определенной линией поведения. В работе предложена модель распределенного приложения и системная модель для программной компоненты, для которой с помощью формальных процедур могут быть записаны отношения для различных запросов со стороны тех или иных процессов.

На основе процедур построения системной модели программной компоненты целесообразна формализация процессов информационного обмена в распределенной сетевой среде: в распределенных приложениях используется некоторое число узлов и процессов, управляющих разделяемой информацией (базами данных, файлами, объектами). Рассмотрена система, состоящая из конечной совокупности последовательных узлов (процессов)  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , которые взаимодействуют через конечное число объектов  $x \in X$ . Принято, что каждый объект  $x$  может быть доступен посредством операции записи/чтения (операция записи определяет новое значение для  $x$ ; операция чтения позволяет узлу получить значение объекта). При этом значение  $z$  назначается объекту  $x$  как:  $w(x)z$  - для записи и  $r(x)z$  - для чтения.

Реализация того или иного процесса  $p_i$  может быть представлена последовательностью операций:  $op_i^1, op_i^2, \dots, op_i^k$  где  $k$  - индекс, определяющий  $k$ -ую операцию процесса  $p_i$ . Последовательность операций (событий) определяет события  $\check{s}_i$  для  $p_i$ . Если принять  $s_i$  как совокупность операций, реализованных для  $p_i$ , и вектор зависимости  $\vec{v}$  как направленное отношение операций, реализованных  $p_i$  (к примеру,  $\check{s}_i$  как совокупность  $(S_i, V_i)$ ), можно принять последовательность  $\check{S} = (S, V_s)$ , а  $V_s$  назвать отношением "процесс-запрос", т.е.

$$S = \bigcup_i s_i$$

$op_1 \xrightarrow{v_s} op_2$  (запрос  $op_1$  до исполнения  $op_2$ ), если:

4.  $\exists p_i: op_1 \xrightarrow{v_s} op_2$ ,
5.  $op_1 = w(x)z$ ,  
 $op_2 = r(x)z$ , т. е.  $op_2$  использует информацию, введенную  $op_1$ ,
6.  $\exists p_3: op_1 \xrightarrow{v_s} op_3$  и  $op_3 \xrightarrow{v_s} op_2$ .

С помощью таких формальных процедур могут быть записаны отношения для различных запросов со стороны различных процессов.

Распределенная сетевая структура представляется совокупностью взаимосвязанных узлов; каждый узел функционирует по своим алгоритмам обмена, накладывая определенные ограничения на общий процесс информационного обмена. Независимо от того, какой это вид обмена - для отдельного объекта (одного сервиса), когда в обмен вовлечены серверы - непосредственные и/или потенциальные участники обмена и клиенты-инициаторы запросов объектов у серверов, либо для множества объектов (сервисов), когда серверы могут сами выступать в роли клиентов для каких-нибудь объектов, - его реализация требует соответствующей координации между различными сервисами, функциональное назначение которых состоит в выполнении определенных запросов клиента.

В главе на основе понятий концепции ОО проектирования (ООП) и инженерии ПО обоснованы и продемонстрированы возможности объекта как элемента взаимоотношений, реализующего те или иные свойства программы: объект имеет единое имя, свои собственные данные и процедуры; он может состоять из нескольких объектов и, в свою очередь, быть частью более крупного объекта; все действия выполняются через сообщения и т.п.

В целом, понятие объекта определяется с помощью таких ключевых признаков, как инкапсуляция, отношение “класс-пример”, свойство наследования, прохождение сообщений; таким образом, процедуры информационного обмена, могут характеризоваться следующим: а) данные и процедуры объединяются в программные объекты; б) сообщения используются для обеспечения взаимосвязей между объектами; в) схожие объекты группируются в классы; г) данные и процедуры наследуются по иерархии классов. Эти характеристики были рассмотрены с точки зрения анализа информационных преобразований в распределенной среде и показано, как при разработке ПО на основе ООП используются: модель вида “объект- класс - сообщение”; язык; интерфейс и встроенный набор классов в качестве инструмента реализации принципов ООП.

Механизмы и процедуры информационного обмена, реализованные с помощью разработанного ПО (на которые получено соответствующее свидетельство о регистрации), демонстрируют возможности использования ассоциативного взаимодействия при обмене информацией распределенных объектов и являются весьма удобным средством для отображения процессов.

В частности, алгоритм обмена информацией в распределенных системах, основанных на клиент-серверной архитектуре, реализован разработанным ПО, позволяющим проследить функциональные связи компонентов системы в базовой архитектуре. Для детального изучения принципов взаимодействия компонентов распределенной системы, рассмотрены задачи анализа функционального взаимодействия компонентов в сети на основе пириговых (одноранговых) связей. Эти возможности обоснованы с помощью ПО, реализующего функции менеджера задач ядра в распределенной системе. В главе также описаны возможности разработанного ПО - *распределенной файловой системы* (логическое представление общих ресурсов для удобного администрирования и распределения нагрузки; создание нескольких альтернативных общих ресурсов и т.д.).

На основе систематизации и категорирования аспектов взаимодействия относительно выполняемых процессов и компонентов, на которых основаны распределенные вычисления или приложения, в диссертационной работе обоснована необходимость в особых механизмах управления ресурсами в распределенных средах (с целью их координации и интеграции).

Таким образом, предлагаемый подход для описания поведения объекта исследования позволяет исследовать различные аспекты распределенной функциональности сети, анализировать особенности поведения (активности) объектов в распределенной сети посредством отражения свойств элементов моделирования в многомерном представлении структуры и функциональности. Наиболее важным следствием введения в рассмотрение ассоциативных взаимодействий в реферируемой диссертации является достижение бóльшей степени интеллектуализации в поведении распределенных сущностей (объектов, агентов); это приближает диссертационное исследование к работам в области так называемого “вывода на основе знаний”, концепция которого в последние десятилетия исследуется и развивается в рамках формирования решений в интеллектуальных системах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты исследований, проведенных в диссертационной работе на тему «Ассоциативные взаимодействия в инфокоммуникационных сетевых структурах», сводятся к следующему:

1. Предложен и обоснован методологический подход для исследования и анализа инфокоммуникационных сетевых структур и их функциональных возможностей, основанный на применении принципов промежуточного ПО и позволяющий определять набор объектов (распределенных элементов) при реализации функций и процессов распределенной среды, с целью детального изучения принципов и механизмов взаимодействия служб и ресурсов, а также эффективного взаимодействия сетевых и системных компонентов как для распределенной архитектуры самой сети, так и для взаимодействующих протоколов, сервисов и интерфейсов.

2. Созданы теоретические основы функциональной организации системных компонентов инфокоммуникационных сетевых структур, позволяющие при наличии разнообразных платформ и приложений, используемых и создаваемых для удовлетворения потребности пользователей распределенной сети в различных услугах, обеспечить прозрачное и гибкое предоставление ресурсов, с учетом множества процессов различной сложности, природы и интенсивности.

3. Для решения задач анализа и проектирования сервисов и приложений (как неотъемлемой части инженерии ПО) обоснованы принципы реализации ПО, учитывающие роль различных композиций взаимосвязанных функций, систем и технологий и удовлетворяющие базовым требованиям, связанным с составом основополагающих свойств (атрибутов) для архитектуры функциональных и сетевых элементов, их взаимосвязи при создании сложных конфигураций (для элементов, интерфейсов и сервисов) и многообразии механизмов обмена между компонентами (объектами) инфокоммуникационных сетевых структур.

4. Разработаны научно-обоснованные положения концепции ассоциативных взаимодействий для распределенных компонентов, позволяющей определять программную архитектуру распределенных систем в соответствии с выполняемыми функциями и принадлежностью к различным классам объектов (корректно определять распределенные объекты и связанные с ними функции) и учитывающей возможность влияния на процесс обмена информацией на основе определения признака ассоциативности. Разработанные и реализованные программно механизмы и процедуры информационного обмена демонстрируют возможности использования ассоциативного взаимодействия при обмене информацией с помощью распределенных объектов и являются удобным средством для отображения процессов.

5. Разработана комплексная, организованная по объектному принципу модель взаимодействия компонентов инфокоммуникационной сети,

позволяющая отразить сложное поведение элементов и компонентов распределенной среды (пространства) посредством представления (набора) объектов, связанных с процессами или относящихся к таковым, в многомерном распределенном информационном пространстве состояний.

6. Разработан подход к объектно-ориентированному моделированию поведения составных компонентов и узлов распределенных вычислительных сетей и систем на основе нейросетевого представления поведения моделируемых объектов и нечетких отношений функционального взаимодействия, с возможностями описания их интеллектуальных свойств.

7. Разработана многомерная ассоциативная модель инфокоммуникационной сетевой среды, позволяющая формализовать распределенные структуры при проектировании и разработке распределенных сетей и систем с целью повышения производительности распределенной инфокоммуникационной сетевой среды - за счет обеспечения возможности осуществления между ее компонентами многомерных связей, основанных на использовании ассоциативных свойств информации (определения признаков в различных направлениях ее передачи и обработки).

8. На основе концептуальных постулатов и введенных в рассмотрение понятий (модель рамочной структуры, управляемой поведением; распределенные ассоциативные процессы), построены модели для решения задачи эффективного взаимодействия компонентов в распределенной среде с учетом распределенных вычислительных процедур (отражающих существенные свойства и формализованные схемы отношений объектов и отношения взаимодействия процессов обработки и обмена), реализуемых на различных иерархических уровнях соответствующими протоколами взаимодействия.

9. Созданы научно-методические основы построения модели ассоциативной среды в соответствии с функциональным оформлением архитектуры распределенных сетей и систем и принципами декомпозиции функциональной структуры с учетом компонентного построения архитектуры ПО, с точки зрения различных классификационных аспектов взаимодействия составных компонентов исходной системы (по признакам структуры классов, структуры развертывания, вариантам сценариев взаимодействия и отношений между ними). Это дает возможность через поведенческую модель распределенной среды (пространства) перейти к модели программирования, и, соответственно, к архитектуре программного обеспечения или модификации процесса его разработки.

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

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**USMANOVA NARGIZA BAKHTIYORBEOVNA**

**ASSOCIATIVE INTERCONNECTIONS IN INFOCOMMUNICATION  
NETWORKING STRUCTURES**

05.04.01 – Telecommunication and computer systems, networks and telecommunication devices. Distribution of information

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF SCIENCE (DSc)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent-2017**

**The theme of Doctor of Science (DSc) dissertation is registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2017.1.DSc/T39.**

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website [www.tuit.uz](http://www.tuit.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Scientific consultant:** **Kasimov Sadikjan Sabirovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Bekmuratov Tulkun Fayzievich**  
doctor of technical sciences, professor, academician

**Marahimov Avazjon Rahimovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Musaev Mukhammadjan Mahmudovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** **Tashkent state technical university**

The defense will take place “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 at \_\_\_\_\_ on the meeting of Scientific council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No.\_\_\_\_). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation is sent out on “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 y.  
(mailing report No. \_\_\_\_ on “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 y.).

**R.Kh.Khamdamov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**F.M.Nuraliev**  
Scientific secretary of scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences

**Kh.K.Aripov**  
Chairman of the scientific seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of physics-mathematics sciences, professor



## INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

**The aim of the research** is to develop the scientific and methodological foundations for increasing the efficiency of the functioning of infocommunication network structures on the basis of models and mechanisms of associative interaction in computing environment.

**The object of the research work** are distributed infocommunication networking structures.

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

an approach to the research of information processes in infocommunication networking structures based on the principles of organization of Middleware environment is developed;

the principles of realization of associative interaction of components of infocommunication networking structures that allow to achieve intellectualization of their behavior are developed;

conceptual bases of research and creation of objects in distributed computing systems is developed, allowing to display the behavior of objects on implementation of various functions;

models and mechanisms of functional interaction of components in infocommunication networking structures are developed with taking into account of associative connections;

conceptual model of intellectual control of processes and/or mechanisms involved in distributed computing is developed that reflects the essential properties and formalized schemas of object relationships and the relationship of processes of information interaction and processing;

mechanisms of information exchange of intra- and inter-system nature are improved that allow to organize effective procedures for algorithms and programs in infocommunication networking structures.

**Implementation of the research results.** On the basis of methods and mechanisms for improving the processes of associative interaction in infocommunication networking structures, the approach of intellectualizing the functionality of components, applications and services in distributed systems and networks:

methods of effective interaction of network and system components in the implementation of modern infocommunication services and resources are implemented into operational activities of State Unitary Enterprise "UZINFOCOM" Center (Reference No. 33- 8/8473 dated December 14, 2017 of the Ministry for the Development of Information Technologies and communications of the Republic of Uzbekistan). The implementation of the results allowed to define the set of objects (distributed elements) in the performance of tasks and processes in a distributed environment, efficient management of information resources for telecom operators and expansion of network functionality, and also reduce up to 14% the cost of virtual machines on software implementation;

advanced methods for managing distributed networks and systems in the concepts of object-oriented design, as well as tools for the system development and

practical application of information, computing and communication resources in the provision of various users (applications) are implemented in the “Infosystems” branch of “Uzbektelecom” (Reference No. 33- 8/8473 dated December 14, 2017 of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan). As a result, this formed the basis for ensuring the compliance of computing tasks with the software architecture in cloud computing (CC) infrastructure, as well as complying the system structure of the configurable computing resources with the interconnected protocols, services and interfaces in the distributed architecture, which in turn demonstrated a decrease in infrastructure costs for the enterprise for 12-20% of the annual cost of information processing for cloud computing.

based on the implementation of the concept of shared and joint usage of logical and physical devices in the network, the proposed algorithms and software are implemented in the activity of BRM branch of Uzbektelecom (Reference No. 33-8/8473 dated December 14, 2017 of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan), in particular, the developed software products allow modeling the behavior of individual network and system components of the network, determine the functionality and characteristics of the transmission system and information processing systems (in particular, data storage systems) and determine the permissible limits for changing the values of the parameters of the operated network, which improve the functioning processes;

the developed models and mechanisms of infrastructure functioning for the transfer and processing of information, and software implementing them found practical application in the Center for Scientific, Technical and Marketing Research- State Unitary Enterprise “UNICON.UZ” (Reference No. 33-8/8473 of December 14, 2017 of the Ministry for the Development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan), improving the processes of information exchange in distributed systems and networks in meeting the users’ needs for services and services.

**Structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the thesis is 200 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Усманова Н.Б. Особенности предоставления услуг в инфраструктуре облачных вычислений: монография/LAP LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-2-07590-9, Beau Bassin 2017. -96 с.

2. Усманова Н.Б., Определение оптимальной структуры сетей телекоммуникаций в условиях введения новых технологий/Узбекский журнал “Проблемы информатики и энергетики”, Ташкент, №3-4, 2001.- с. 26-32 (05.00.00; №5).

3. Усманова Н.Б., Функционирование транспортной сети и вопросы интеграции трафика/ Узбекский журнал “Проблемы информатики и энергетики”, Ташкент, №5, 2002. -с.37-43 (05.00.00; №5).

4. Усманова Н.Б., Подход к описанию процессов преобразования и обмена информацией в инфокоммуникационной сети/Узбекский журнал “Проблемы информатики и энергетики”, Ташкент, №1, 2006.-с.38-42 (05.00.00; №5).

5. Усманова Н.Б., Кушакова Н.Г., Способ уменьшения времени задержки пакетов фрактального трафика на основе многокоординатной ассоциативной среды/ Узбекский журнал “Проблемы информатики и энергетики”, Ташкент, №3, 2009. -с.65-70 (05.00.00; №5).

6. Нишанбаев Т. Н., Усманова Н.Б., Мирхабибов А., Архитектура и особенности современных инфокоммуникационных сетей/Ахборот коммуникациялари: тармоқлар – технологиялар-ечимлар, Ташкент, №4 (12) 2009, с.13-17 (05.00.00; №2).

7. Усманова Н.Б., Координация распределенных сервисов в инфокоммуникационной сетевой среде/ Научно-технический журнал «ТАТУ хабарлари», Ташкент, №2, 2010,-с. 7-10 (05.00.00; №10).

8. Усманова Н.Б., Султанов Р., Предпосылки исследования способов взаимодействия функциональных блоков в архитектуре NGN/Научно-технический журнал «ТАТУ хабарлари», Ташкент, №4, 2010.-с.46-50 (05.00.00; №10).

9. Усманова Н.Б., Каюмова Г.А., Предпосылки моделирования функциональных модулей в архитектуре NGN/Научно-технический журнал «ТАТУ хабарлари», №3, 2013. -с.31-40 (05.00.00; №10).

10. Касымов С.С., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А., Унифицированная оценка надежности функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем/Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув №6, 2015, 69-75 б. (05.00.00; №12).

11. Usmanova N., Resource Management Issues in Distributed Environment/Ubiquitous Computing and Internationalization, S.Korea, Vol.3, №2, 2011, pp.25-28 (05.00.00; №40).

12. Usmanova N., Featuring Self-organization in Distributed Systems: the Way to Converge toward Desired Structure/Ubiquitous Computing and Internationalization, Korea, Vol.4, №1, 2012. pp.1-6 (05.00.00; №40).

13. Usmanova N., Anufrienko V., Analysis of Information Exchange Mechanisms on Enabling Converged Network Services: SCTP Example/Ubiquitous Computing and Internationalization, Vol.5, №1, 2013, pp.1-3 (05.00.00; №40).

14. Kasymov S.S., Usmanova N.B. On developing the environment for multiagent system of distributed computing: using the associations. Chemical Technology: Control and Management/Journal of Korea Multimedia Society/International Scientific and Technical Journal, №3-4/2015, pp. 72-76 (05.00.00; №12).

15. Н.Р. Юсупбеков, Ш.М. Гулямов, Н.Б. Усманова, Д.А. Мирзаев «Прогнозирование ошибок в задачах обеспечения надежности программного обеспечения: подход на основе ассоциативных правил». Промышленные АСУ и контроллеры (Российская Федерация), № 5, 2017. сс.45-50. (05.00.00; №69).

16. Н.Р. Юсупбеков, Ш.М. Гулямов, Н.Б. Усманова, Д.А. Мирзаев, Тенденции развития систем управления технологическими процессами и производствами: обзор в контексте исследований и разработок/ Промышленные АСУ и контроллеры (Российская Федерация), № 9, 2017. сс.3-9. (05.00.00; №69).

## **II бўлим (II часть; II part)**

17. Усманова Н.Б., Формирование и функционирование информационных потоков в телекоммуникационных сетях/Международная научная конференция «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании, Ташкент, 2004. -с.438-439.

18. Усманова Н.Б., Глобальная сеть Интернет как распределенная гипермедиа: об исследовании информационных потоков/ Международная научно-техническая конференция «Состояние и перспективы развития связи и ИТ Узбекистана», Ташкент, 2005.-с.127-128.

19. Усманова Н.Б., Сейтабдиев Э.А., О систематизации информационных ресурсов в глобальной сети Интернет/Республиканская научно-техническая конференция «Наука, техника и образование в области ИКТ и их интеграция», Ташкент, 2005. -с. 255-258.

20. Усманова Н.Б., Структурное представление сетевых архитектур в глобальной распределенной среде гипермедиа/Международная конференция «Роль и значение телекоммуникаций и ИТ в современном обществе», Ташкент, 2005. -с. 83-84.

21. Usmanova N.B., Kushakova N.G., Associative Properties of Information Exchange Mechanisms in Infocommunication Networks/ International Conference in Central Asia on Internet, IEEE Catalog Number: 06EX1492CISBN: 1-4244-

0543-2 Library of Congress: 2006930024

22. Усманова Н.Б., Функциональные особенности построения инфокоммуникационной сети и предоставление услуг/ Республика илмий-амалий анжумани “Олима аёлларнинг фан-техника тараққиётида тутган ўрни”. Ахборот коммуникация технологиялари ва автоматлашган бошқарув тизимлари. Тошкент, 2006. 92-95 б.

23. Усманова Н.Б. , Кушакова Н.Г., Формирование функциональной модели инфокоммуникационной сети/“Aloqa dunyosi” журналі, Ташкент, №4 (10), 2007.-с.38-42.

24. Usmanova N.B., Associative medium concept and processing of information in distributed network environment/ International Conference on IT Promotion in Asia 2007, South Korea, 2007. -p.54-60.

25. Usmanova N.B., Kushakova N.G., Interaction of Functional Modules and Information Processes in Modern Telecommunication Network/ International Conference in Central Asia on Internet ICI-2007. IEEE Catalog Number: 07EX1695C, ISBN: 1-4244-1007-X, Library of Congress: 2007920881

26. Usmanova N.B., The 3G Internet: Preconditions for modeling of information interactions/ The 9th International Conference on Electronics, Information and Communication, Tashkent, 2008. -p. 315-318.

27. Усманова Н.Б., Функциональные возможности компонентов распределенной сети и управление ресурсами/ Шестая Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых РСС «Техника и технологии связи», Ташкент, 2008. -с.17-19.

28. Usmanova N.B., Framework design for distributed services architecture/ Международная научная конференция «Проблемы развития информационно-коммуникационных технологий и подготовки кадров», Ташкент, 2009. -с.16-19.

29. Нишанбаев Т. Н., Усманова Н.Б., К вопросу исследования информационных процессов в распределенной инфокоммуникационной сети/Международная конференция «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий: Аль-Хорезми-2009», Ташкент, 2009. -с.186-187.

30. Usmanova N., Jochen Schiller, Distributed Architecture of New Generation Networks: Exploring the Information Interconnections Issues/ Technical Report Institute of Computer Science, Freie Universität Berlin, 2009.

31. Касымов С.С., Усманова Н.Б., Архитектурные и системные компоненты распределенной инфокоммуникационной сети: свойства механизмов обмена информацией/Наукові записки УДНІЗ, Киев, №2(14), 2010,-с.99-104.

32. Усманова Н.Б. О композиции сервисов в распределенных системах и сетях/ Республиканская научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и молодых ученых, Ташкент, 2010. -с.168-169.

33. Nishanbaev T., Usmanova N.B., E- Government Implementation Strategy: Approach for Developing Countries/The 4th International Conference on Application of ICT, AICT2010, IEEE Catalog Number: CPF1056H-CDR ISBN:

978-1-4244-6904-8, Tashkent, 2010.

34. Усманова Н.Б., Султанов Р. Об одном подходе к формированию конфигурации инфокоммуникационных сетей с помощью метода анализа иерархий/The 4th International Conference on Application of ICTs AICT2010, IEEE Catalog Number: CPF1056H-CDR ISBN:978-1-4244-6904-8, Tashkent, 2010.

35. Усманова Н.Б., Абилов М.А., К вопросу анализа производительности распределенных систем на основе процедур обмена информацией в промежуточной среде/ Международная научно-техническая конференция «Innovation-2010», Ташкент, 2010.

36. Усманова Н.Б., О моделировании информационных процессов в распределенной инфокоммуникационной сети/8-я Международная научно -техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов участников РСС «Техника и технологии связи», Бишкек, 2010.

37. Усманова Н.Б., Об одном подходе к моделированию информационных процессов в распределенных сетях/Двенадцатая международная научно-практическая «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности, Санкт-Петербург, 2011. -с.113-115.

38. Usmanova N., Gaber J., Behavior-Driven Affinity Framework: Approach to Attract Properties within Functionality of Distributed Systems/Technical report series (DI-02) Département Informatique de l'Université de technologie de Belfort-Montbéliard, France, 2012.

39. Усманова Н.Б., О методологии моделирования распределенной инфокоммуникационной среды/ Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов «Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций», Ташкент, 2012. -с.228-229.

40. Усманова Н.Б., К вопросу самоорганизации распределенной инфокоммуникационной сети/ Международная конференция «Актуальные проблемы развития инфокоммуникаций и информационного общества», Ташкент, 2012.

41. Usmanova N., The Way to Describe Distributed Application through Associative Relationships/Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, WCIS-2012, Tashkent, 2012. -pp. 179-184.

42. Usmanova N., Cloud Computing in Government: Challenges for Adopting in Uzbekistan. Республиканская научно-техническая конференция «Перспективы эффективного развития информационных технологий и телекоммуникационных систем», Ташкент, 2014. -с.78-80.

43. Усманова Н.Б. Многомерные динамические объекты в распределенном пространстве: аспекты моделирования/ Труды Северо-Кавказского филиала МТУСИ (ИНФОКОМ-2014), Ростов-на-Дону, 2014. -с.355-358.

44. Usmanova N., Muhamedov A., On defining service level specifications within functionality of telecommunication network/Международная конференция «Perspectives for the development of information technologies,

ИТРА -2014» Ташкент, 2014 г.

45. Usmanova N. Agent-based modeling of distributed environment: Assigning properties to agent /Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, Proceedings. WCIS 2014, Tashkent 2014.

46. Usmanova N. On developing and implementing of the Cloud Computing Ecosystem in Uzbekistan/ Международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, информационные и телекоммуникационные и технологии: проблемы и развитие». Ташкент, 2015.

47. Usmanova N., Arabboyev M. Self-Organization Issues in Cloud Ecosystem/ Республиканская научно-техническая конференция “Проблемы информационных и телекоммуникационных технологий», г.Ташкент 2016, с.174-176.

48. Usmanova N., Jalilova S. Considering and Defining SLA-related Communication Metrics in Cloud Computing Infrastructure/Республиканская научно-техническая конференция “Проблемы информационных и телекоммуникационных технологий», г.Ташкент 2016, с. 109-112.

49. Усманова Н.Б., Особенности стратегий формирования IMS сетей/ Труды Северо-Кавказского филиала МТУСИ, Ростов-на-Дону, ПЦ «Университет» 2016, с.224-228.

50. Усманова Н.Б. Функциональные особенности применения облачных вычислений/ Сборник статей VIII Международной научной конференции «Современные направления в науке и технологии», г. Ташкент 2016, с. 644-648.

51. Усманова Н.Б. Представление и формализация процессов взаимодействия в распределенных сетевых структурах / Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017, с. 485-490

52. Амирсаидов У.Б., Усманова Н.Б., Облачная инфраструктура инфокоммуникационной сети: особенности моделирования. Вестник науки и образования, №4 (28) 2017, Москва 2017, с.17-20.

53. Amirsaidov U. B., Usmanova N.B. Modeling of cloud computing system: Approach for dynamic allocation of virtual machines/“The scientific method” №6 (6)/2017, Warszawa, Poland, pp.79-84.

54. Usmanova N.B., Suyunov A.X. Challenging issues of fog computing in big data processing in tandem internet of things Сборник докладов республиканской научно-технической конференции «Значение информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии реальных отраслей экономики», 6-7 апреля 2017 г. с.337-339.

55. Усманова Н.Б. , Пак В.С., Таксимланган тизимда топшириклар менеджери вазифасини амалга ошириш учун дастурий таъминот/Давлат патент идораси ЭХМ учун яратилган дастурга DGU 02034 сонли гувоҳномаси, 2010.

56. Усманова Н.Б., Абилов М.М., Таксимланган тармоқ ва тизимларда мижоз-сервер муносабатини амалга оширувчи дастурий таъминот/ Давлат

патент идораси ЭХМ учун яратилган дастурга DGU02033 сонли гувоҳномаси, 2010.

57. Усманова Н.Б., Ахмедов И.Б., Коммутация пакетли таксимланган тармок ишини моделлаштирувчи дастурий таъминот/О'zbekiston Respublikasi Intellektual Mulk Agentligi, Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturiga DGU 02392 sonli guvohnoma, 30.11.2011.

58. Усманова Н.Б., Ахмедов И.Б., Таксимланган файл тизимини ифодаловчи дастурий таъминот/О'zbekiston Respublikasi Intellektual Mulk Agentligi, Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturiga DGU 02428 sonli guvohnoma, 30.01.2012.



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

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 4,5. Адади 100. Буюртма № 38.

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