

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

ТКАЧОВ ВІТАЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 004.738: 004.75: 004.67

МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕДАЧІ І ПАРАЛЕЛЬНОЇ  
ОБРОБКИ ДАНИХ ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ З ЗАПОБІГАННЯМ  
КОЛІЗІЙ

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному університеті радіоелектроніки  
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор  
**Саваневич Вадим Євгенович**,  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
професор кафедри електронних обчислювальних машин

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Можасєв Олександр Олександрович**,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
професор кафедри мультимедійних інформаційних  
технологій і систем

доктор технічних наук, професор  
**Рязанцев Олександр Іванович**,  
Східноукраїнський національний університет  
ім. Володимира Даля (м. Сєвєродонецьк),  
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

Захист відбудеться «            »            2015 р. о            годині на засіданні  
спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 у Харківському національному  
університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного  
університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «            »            2015 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

І.П. Плісс

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Досягнення в областях зберігання, обробки і передачі даних забезпечують можливість вчасної реєстрації великих масивів даних, які прямо або побічно генеруються в результаті наукових досліджень, їх передачі за прийнятний час та аналізу для отримання нових знань. Наслідком постійного зростання обсягів комп'ютерних даних є виникнення феномену «великих даних» («Big Data»), що сьогодні вважається однією з глобальних проблем ІТ-індустрії. Про наукову важливість цієї проблеми свідчить проведення значної кількості міжнародних конференцій за 2013-2014 роки, які включають тематику передачі та обробки великих обсягів даних. Крім того, постійно розширюється кількість ІТ-компаній, що займаються розробкою програмних засобів в даній предметній області.

Науковий напрямок організації передачі та обробки великих масивів даних продовжує розвиватися разом із вдосконаленням існуючих та розробкою нових методів та інформаційних технологій. Про окремі методи передачі та паралельної обробки великих масивів даних йдеться в роботах Пилипа Андона, Леоніда Черняка, Олександра Можаяєва, Юрія Карпова, Кліффорда Лінча, Майкла Стоунбрейкера, Manyika James, Michael L. Brodie, Joseph M. Hellerstein, Arcot Rajasekar, Maurice Herlihy і інших вітчизняних та іноземних вчених. Однак, описані методи передачі та паралельної обробки великих масивів даних не завжди відповідають висунутим до них вимогам, особливо до специфіки побудови центрів паралельної обробки даних; ці технічні рішення часто не враховують сучасну динаміку розвитку мережевих технологій та можливість виникнення певних колізій під час обробки. Тому актуальною є науково-практична задача розробки методів та інформаційної технології передачі і паралельної обробки великих масивів даних, що є характерними для досліджень швидкоплинних процесів, за прийнятний час та при прийнятних обчислювальних затратах.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі електронних обчислювальних машин Харківського національного університету радіоелектроніки в рамках держбюджетної фундаментальної НДР «Фізичні моделі та інструментарій для 3-D візуалізації взаємодії низькоінтенсивного електромагнітного поля з мікрота нанооб'єктами різної фізичної природи та біосередовищами (кров)» (№ ДР 0112U000208) та в рамках таких НДР, виконаних в Радіоастрономічному інституті НАН України: «Адаптація ПЗ для радіоастрономічних досліджень для роботи в грид-середовищі та модернізація грид-інфраструктури РІ НАНУ» (№ ДР 0111U004497), «Адаптація грид інфраструктури РІНАНУ до передачі та обробки великих масивів радіоастрономічних даних» (№ ДР 0112U004104), «Проведення наземно-космічних радіоастрономічних досліджень (Науково-технічне та методичне забезпечення наземно-космічних експериментів)» (№ ДР 0108U008335), «Створення кластеру обробки транзйентних сигналів на радіотелескопі УТР-2» (№ ДР 0113U002652), «Проведення наукових космічних досліджень у рамках виконання міжнародних програм. Проведення наземно-космічних інтерферометричних досліджень» (№ ДР 0113U005036), «Розвиток

кластеру УТР-2 для обробки даних радіотелескопа УТР і ГУРТ» (№ ДР 0114U002816), «Створення та використання елементів сучасних радіоастрономічних засобів України УТР-2, УРАН, ГУРТ у вітчизняних і міжнародних астрофізичних дослідженнях» (№ ДР 0114U002823).

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень полягає у розробці методів та інформаційної технології передачі і паралельної обробки великих масивів даних швидкоплинних процесів, що дозволить підвищити оперативність передачі інформації в гетерогенних інфокомунікаційних мережах та забезпечить запобігання колізій у процесі їх обробки. Досягнення цієї мети забезпечується вирішенням таких задач:

- аналіз існуючих методів передачі і паралельної обробки великих масивів даних швидкоплинних процесів в інфокомунікаційних мережах;
- розробка моделі функціонування інфокомунікаційної мережі з використанням темпорального критерію диспетчеризації запитів на обслуговування;
- розробка методу віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням в гетерогенних інфокомунікаційних мережах;
- розробка методу запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інфокомунікаційних мережах;
- розробка інформаційної технології передачі і обробки даних швидкоплинних процесів;
- апробація моделі та методів при вирішенні практичних задач.

*Об'єкт дослідження* – процес передачі і паралельної обробки даних спостережень швидкоплинних процесів.

*Предмет досліджень* – методи та інформаційна технологія передачі великих масивів даних спостережень швидкоплинних процесів з проміжним зберіганням і паралельною обробкою з запобіганням колізій.

**Методи досліджень.** Основні результати роботи отримані на основі використання теорії побудови інфокомунікаційних мереж та систем (для розробки методу передачі даних з проміжним зберіганням та підтвердження достовірності отриманих теоретичних результатів); теорії мультипроцесного програмування (для розробки методу запобігання колізій при паралельній обробці великих масивів даних в децентралізованих інформаційних системах); теорії інформації та оптимізації (для удосконалення темпорального критерію функціонування розподіленої інфокомунікаційної мережі).

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Вперше запропоновано метод віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням в інфокомунікаційних мережах з низькошвидкісними ділянками, що дозволяє значно скоротити час передачі даних (в середньому на 50%) за умов забезпечення прийнятних рівнів джитеру та втрат пакетів потокового трафіку.

2. Удосконалено метод запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інфокомунікаційних мережах, в якому, на відміну від існуючих, використовуються механізми блокування зі спеціалізованими повідомленнями, що дозволяють уникати помилок в разі звернення кількох екземплярів програми до однієї порції даних та підвищити оперативність обробки да-

них. Це забезпечує можливість поточного планування додаткових експериментальних спостережень щойно виявлених швидкоплинних процесів.

3. Удосконалено модель функціонування інфокомунікаційної мережі з використанням темпорального критерію диспетчеризації запитів на обслуговування, яка відрізняється від відомих використанням зваженої суми часткових середніх взаємних інформацій між конкретним запитом і простором можливих відкликів, що дозволяє здійснювати оперативну обробку найбільш актуальних запитів користувачів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що розроблені методи та інформаційна технологія реалізовані у вигляді програмних засобів та були використані для організації передачі та паралельної обробки великих масивів даних при проведенні наукових досліджень швидкоплинних процесів (зокрема, даних спостережень в астрономії радіо- та оптичного хвильових діапазонів). Отримані результати було використано: при розробці OLDAS-версії програмного комплексу автоматизованого виявлення астероїдів CoLiTec; для побудови системи передачі великих масивів радіоастрономічних даних в Радіоастрономічному інституті НАН України; при проведенні спостережень в дистанційно керованій обсерваторії ISON-NM, а також в обсерваторіях ISON-Усурійськ та ISON-Кисловодськ, що підтверджується відповідними актами впровадження (акти від 25.12.2013 та 10.03.2014). Протягом 2013 року обсерваторіями, що використовують OLDAS-версію програми CoLiTec та метод запобігання колізій, було здійснено відкриття комети C/2013 V1 (Nevsky), астероїду класу Кентавр (2013 UL10), троянського астероїду (Юпітер 2013 VD) та астероїду, що зближується з Землею (2013 T86). В листопаді та грудні 2013 року було здійснено передачу великих масивів даних спостережень, отриманих за допомогою радіотелескопу RT-70, в центр обробки даних АКЦ ФІ РАН. При цьому досягнуто скорочення часу передачі за один сеанс роботи радіотелескопу з 720 до 25 годин, що дозволило проводити повний цикл обробки радіоастрономічної інформації в рамках проекту «Радіоастрон».

Матеріали дисертаційної роботи використовуються також у навчальному процесі на кафедрі електронних обчислювальних машин Харківського національного університету радіоелектроніки в курсах «Системи цифрової обробки інформації», «Телекомунікаційні технології» та «Адміністрування комп'ютерних мереж», що підтверджується актом впровадження (акт від 26.12.2014).

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи здобувач отримав самостійно. У спільно опублікованих роботах вклад здобувача такий: в [1] розроблено модель функціонування інфокомунікаційної мережі з використанням темпорального критерію з використанням ймовірнісних оцінок залежності між конкретними запитами користувачів і простором можливих відкликів з метою підвищення оперативності обробки найбільш актуальних запитів; в [2] розроблено метод запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інформаційних системах; в [3] запропоновано використання моделі функціонування інфокомунікаційної мережі з використанням темпорального критерію в грид-середовищі; в [4] розроблено метод віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним збері-

ганням в інфокомунікаційних мережах з низькошвидкісними ділянками ; в [5] проведено експериментальне дослідження використання методу віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням; в [6] проаналізовано особливості функціонування розподілених інформаційних систем; в [7] запропоновані переваги використання програмного продукту, створеного на основі розробленого методу запобігання колізій у порівнянні з іншими; в [8] виділено особливості використання методу запобігання колізій у функціонуванні децентралізованих обчислювальних систем; в [9] виділено особливості обробки та передачі великих масивів даних; в [10] запропоновані переваги використання методу запобігання колізій в програмному продукті при роботі в міжнародних спостережних станціях; в [11] запропоновано шляхи адаптації методу запобігання колізій при використанні в програмному засобі по виявленню астероїдів та комет; в [12] виділені особливості застосування моделі функціонування інфокомунікаційної мережі з використанням темпорального критерію в веб-системах візуалізації результатів спостережень оптичної астрономії; в [13] здобувачем виділені особливості застосування моделі функціонування інфокомунікаційної мережі з використанням темпорального критерію в веб-системах візуалізації результатів спостережень радіоастрономії; в [14] розроблена концептуальна схема застосування розроблених методів при використанні в грід-середовищі; в [15] запропоновані способи вибору критеріїв у моделі функціонування автоматизованих диспетчерів інформаційної системи; в [16] запропоновано алгоритм методу передачі даних з проміжним зберіганням; в [17] здобувачем виділені особливості синтезу методів обробки даних і розробленого методу обробки даних з запобіганням колізій; в [18] виділені особливості розробки та застосування методу передачі даних з запобіганням колізій в гетерогенних інфокомунікаційних мережах; в [19] здобувачем запропонована схема інформаційної технології передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням; в [20] задекларовано розроблений спосіб паралельної обробки цифрових даних із запобіганням виникненню колізій.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні результати дисертації обговорені на: 4-му Міжнародному радіоелектронному форумі «Прикладна радіоелектроніка. Стан та перспективи розвитку» МРФ-2011 (Харків, 2011 р.); II-й Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених (РФ, Санкт-Петербург, 2012 р.); 16-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (Харків, 2012 р.); Practical internal conference «Asteroids, Comets, Meteors 2012 (ACM-2012)» (Японія, Ніігата, 2012 р.); 17-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (Харків, 2013 р.); I The Strategies of Modern Science Development: International scientific-practical conference (США, Йєлм, 2013 р.); II The Strategies of Modern Science Development: International scientific-practical conference (США, Йєлм, 2013 р.); I-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми інфокомунікацій. Наука і технології (PICS&T-2013)» (Харків, 2013 р.); XI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2013)» (Дніпропетровськ, 2013 р.); 18-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI

столітті» (Харків, 2014 р.); 14-й Українській конференції з космічних досліджень (Україна, Ужгород, 2014 р.); 5-му Міжнародному радіоелектронному форумі «Прикладна радіоелектроніка. Стан та перспективи розвитку» МРФ-2014 (Харків, 2011 р.); IEEE First International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PICS&T-2014) (Харків, 2011 р.)

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 20 наукових праць: 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук; 1 стаття в закордонному науковому виданні, яке внесено до міжнародних наукометричних баз; 13 публікацій в працях міжнародних наукових конференцій, з яких одну внесено до міжнародних наукометричних баз (IEEE Xplore та Scopus); 1 деклараційний патент на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Повний обсяг дисертації становить 184 стор., із них: список використаних джерел, що включає 178 найменувань (20 стор.), 15 рисунків на окремих сторінках, 1 таблиця на окремій сторінці, 2 додатки (7 стор.).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, наведено положення, що виносяться на захист, відзначено їх новизну та практичне значення, надано відомості щодо публікацій та апробації результатів роботи.

**Перший розділ** присвячений аналізу умов передачі та паралельної обробки великих масивів швидкоплинних даних; аналізу існуючих методів, які застосовуються при паралельній обробці та передачі даних; постановці завдання на дослідження. Розглянуто клас швидкоплинних короткоіснуючих процесів, що виникають спонтанно, а спостереження за якими здійснюється за допомогою спеціальної наукової апаратури. Надалі дані таких спостережень (від різних джерел) докладно досліджуються в спеціалізованих наукових центрах за наявності відповідних завдань. Реалізація таких досліджень є можливою лише з використанням розподіленої мережі засобів спостереження та передачі великих масивів даних. При цьому необхідно, щоб дані від різних джерел спостережень оброблювались в єдиному центрі, а час їх передачі та обробки повинен бути прийнятним. До класу даних, що передаються та обробляються за зазначеною схемою, слід, насамперед, віднести дані спостережень та досліджень в астрономії радіо- та оптичного діапазону хвиль. Оперативна обробка таких даних дає можливість отримання важливих наукових результатів (зокрема, відкриття нових комет та астероїдів). Умови передачі та паралельної обробки великих масивів даних зазначеного типу даних є надзвичайно складними. Вони характеризуються наявністю «останньої милі»; труднощами адміністрування інфокомунікаційних мереж; необхідністю призначення пріоритетів при передачі даних різного типу в інфокомунікаційних мережах; відсутністю рекомендацій щодо вибору порцій даних при паралельній обробці великих масивів даних; жорсткою

організаційною структурою сучасних центрів обробки даних.

В розділі показано, що використання відомих методів та інформаційних технологій організації паралельної обробки та передачі великих масивів даних не завжди дозволяє досягти ефективних результатів за прийнятний час. Відзначено, що скорочення сумарного часу передачі та обробки великих масивів даних швидкоплинних процесів досягається паралельним скороченням часу передачі та обробки інформації. Обробку поточних порцій даних слід здійснювати одночасно з надходженням наступних, при цьому:

а) зменшення часу передачі даних за рахунок скорочення кількості повторних передач досягається введенням додаткових серверів проміжного зберігання даних (ПЗД) в низькошвидкісних ділянках інфокомунікаційної мережі, що вимагає вирішення багатоваріантної задачі розміщення серверів ПЗД;

б) обробка даних здійснюється на кластерах з використанням заздалегідь розроблених програм. Для цього порції даних надходять до вхідного віртуального буферу центру обробки, а екземпляри програми «конкурують» за обробку порцій даних. При зверненні кількох екземплярів програми до однієї і тієї ж порції даних виникає колізія. При паралельній обробці даних найбільш перспективним напрямком скорочення часу їх обробки є максимально можливе зменшення кількості таких колізій.

На основі проведеного аналізу методів, моделей та інформаційних технологій передачі та паралельної обробки великих масивів даних сформульовано мету та задачі дослідження.

У **другому розділі** розроблено модель функціонування інфокомунікаційної мережі (ІКМ), що містить крім вузлів обробки та передачі даних механізм диспетчеризації задач мережі. Ця модель передбачає можливість отримання субоптимальних рішень задач обслуговування запитів у вузлах мережі згідно з запропонованим критерієм диспетчеризації.

В розділі удосконалено атемпоральний скалярний критерій доцільної поведінки ІКМ та проаналізовано його властивості. Даний критерій належить до класу адитивних функціонально-вартісних критеріїв:

$$K_{AT} = \sum_{j=1}^J \beta_j I_{x_j U} - \sum_{v=1}^V \gamma_v z_v. \quad (1)$$

де  $B = \{\beta_1, \dots, \beta_J\}$  – сукупність вагових множників цілей ІКМ;  $\Gamma = \{\gamma_1, \dots, \gamma_V\}$  – сукупність вагових множників уявлення ІКМ про дефіцит своїх ресурсів;  $V$  – кількість вузлів;  $v$  – номер вузла;  $J$  – кількість запитів;  $j$  – тип запиту;  $I_{x_j U}$  – середня часткова взаємна інформація між запитом і можливими відповідями на нього;  $z_v$  – витрати на обслуговування запиту  $v$ -м вузлом.

Відомо, що безпосереднє використання атемпоральних критеріїв класу (1) для реалізації задач складних ІКМ у реальному часі викликає суттєві труднощі. У відповідності до використаного в роботі принципу оптимізації, відомого як принцип близькодії, окремі взаємні інформації  $I_{x_j U}$  та витрати  $z_v$  замінені на прирости на кроці  $\Delta I_{x_j U}$  і  $\Delta z_v$  відповідно. Вагові множники  $\beta_j, \gamma_v$  є



функціями часу. Модифікований критерій доцільної поведінки ІКМ полягає у мінімізації наступного темпорального (залежного від часу) функціоналу:

$$K_{TB} = \sum_{j=1}^J \beta_j(t) \Delta I_{x_j U} - \sum_{v=1}^V \gamma_v(t) \Delta z_v. \quad (2)$$

Аргументом для використання темпорального критерію поведінки ІКМ (2) є його подібність загальному вигляду рішення задач оптимальних дій з обслуговування запитів користувачів в інформаційній системі. В роботі вважається, що інформаційна система є сукупністю серверів для зберігання даних, які підключені до ІКМ з обмеженою пропускну здатністю. Вважається, що витрати – це витрати на передачу великих масивів даних з серверу ІКМ до одержувача або між серверами ІКМ, тобто частина пропускну здатності його каналу зв'язку, яка використовується при обробці запиту.

Визначимо формальний зв'язок критерію (2) з загальною задачею дій диспетчера ІКМ, що обслуговують у реальному часі запити користувачів.

Сервер ІКМ може на  $h$ -му інтервалі часу передавати дані сумарної ємності  $V_h$  лише зі швидкістю, що не перевищує загальну пропускну здатність  $C_h$ :

$$V_h = \sum_{j=1}^Q V_{hj} \leq C_h, \quad (3)$$

де  $V_{hj}$  – частина пропускну здатності каналу зв'язку, яка пов'язана з обслуговуванням  $j$ -го користувача ІКМ на  $h$ -му інтервалі часу;  $Q$  – кількість користувачів.

Розглянемо таку сукупність можливих відповідей сервера ІКМ: прийняти дані від користувача для подальшої передачі, обробки або передачі іншому серверу; прийняти дані від сервера для передачі іншому серверу; відкласти прийом даних з повідомленням користувачу (поставити в чергу); відмовити користувачеві в обслуговуванні. Витрати  $z_v$ , що відповідають кожному з варіантів таких відповідей, будемо вважати визначеними.

У загальному випадку ІКМ у моменти часу  $t_i$  має вирішити задачі  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_h, \dots\}$ , що відповідають різним вимогам  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_t, \dots\}$ .

Таким чином, загальна задача мінімізації витрат ІКМ має наступний вигляд:

$$Z = \sum_{h=1}^H z_h \rightarrow \min \text{ при } V_j = W_j, \quad V_h \leq C_h \text{ для } j = \overline{1, Q}, \quad h = \overline{1, H}, \quad (4)$$

Припустимо, що середня кількість взаємної інформації між запитом користувача та відповіддю сервера ІКМ характеризується обсягом переданих даних ( $I_j = V_j$ ). Тоді задача (2) може бути вирішена шляхом максимізації наступної багатопараметричної функції:

$$\sum_{j=1}^J \beta_j I_j - \sum_{h=1}^H \gamma_h \sum_{j=1}^J z_{hj} \rightarrow \max, \quad (5)$$

де  $\gamma_h, \beta_j$  – множники Лагранжа, що визначаються з урахуванням обмежень і відповідних інформаційних вимог.

Складність цієї задачі приводить до необхідності заміни задачі мінімізації витрат на задачу отримання субоптимального рішення. Під субоптимальним рішенням задачі мінімізації середніх витрат ІКМ будемо розуміти їх обмеження прийнятним рівнем під час обробки запитів користувачів. Використаємо наступні припущення: запити розглядаються як порції даних; запити є незалежними; для кожного типу запиту створюється свій вузол обробки; сервер ІКМ складається з вузлів обробки окремих типів запитів і диспетчера запитів; диспетчер запитів розподіляє запити по вузлах обробки.

Невизначені множники Лагранжа  $\gamma_h, \beta_j$  залежать від задачі, покладеної на інформаційну систему, стану інформаційної системи, характеристик поточного потоку запитів і зовнішніх умов. У зв'язку з цим запропоновано реальні значення множників Лагранжа (обчислені на основі обмежень відповідних оптимізаційних задач) замінити значеннями емпіричних функцій від зазначених вище параметрів. З огляду на те, що останні є функціями від часу, невизначені множники також є такими. При відомих множниках процес отримання правила роботи диспетчера системи представляється тривіальним. Параметри  $\gamma_h, \beta_j$  критерію (2) визначаються методом невизначених множників Лагранжа:

$$\beta_j = \beta_j(t, W(G), S, C); \gamma_v = \gamma_v(t, W(G), S, C) \text{ для } j = \overline{1, J}, v = \overline{1, V}, \quad (6)$$

де  $S, C$  – стан системи і навколишні умови відповідно.

Завдання раціоналізації витрат інформаційної системи ставиться наступним чином. З використанням методів предметної області розробити агрегати системи для всіх типів обслуговування одного запиту. Знайти параметри моделі цілеспрямованого функціонування диспетчера запитів, визначивши функції, які забезпечують найменші витрати системи з усіх можливих функцій заданого класу:

$$Z_{\Omega\beta, \Omega\gamma} \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$I_{tj} \geq W_{tj}, \quad z_h \leq z_{h \max},$$

$$\text{при } \beta_j(t, W(G), S, C) \in \Omega_\beta, \quad \gamma_v(t, W(G), S, C) \in \Omega_\gamma,$$

де  $\Omega_\beta, \Omega_\gamma$  – задані класи функцій.

Для вирішення задачі вибору параметрів моделі функціонування можуть бути використані реальні вибірки або досвід експертів у частині результатів роботи диспетчера в різних умовах. Запропонована імітаційна модель інформаційної системи з використанням введеного критерію.

Таким чином, вхідними даними запропонованої моделі є запланований час передачі даних, а вихідними є мінімальний час за рахунок використання темпорального критерію (2).

**У третьому розділі** на основі запропонованої моделі ІКМ з темпоральним критерієм диспетчеризації розроблено методи та інформаційну технологію, що об'єднують процес передачі даних спостережень швидкоплинних процесів

та процес їх обробки. В першому підрозділі запропоновано новий метод віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням в ІКМ з низькошвидкісними ділянками. Особливістю мережевих елементів (маршрутизаторів, комутаторів) є наявність буферної пам'яті, що використовується для тимчасового зберігання пакетів даних і подальшої їх відправки за потрібною адресою в разі неможливості їх негайної передачі на вихідний порт. Метод реалізовано за допомогою введення і використання регіональних і магістральних проміжних серверів зберігання даних (ПСЗД). ПСЗД розміщуються в безпосередній близькості від елементів ІКМ, за рахунок чого між елементами ІКМ використовуються канали зв'язку з високою пропускнуою здатністю (рис. 1).

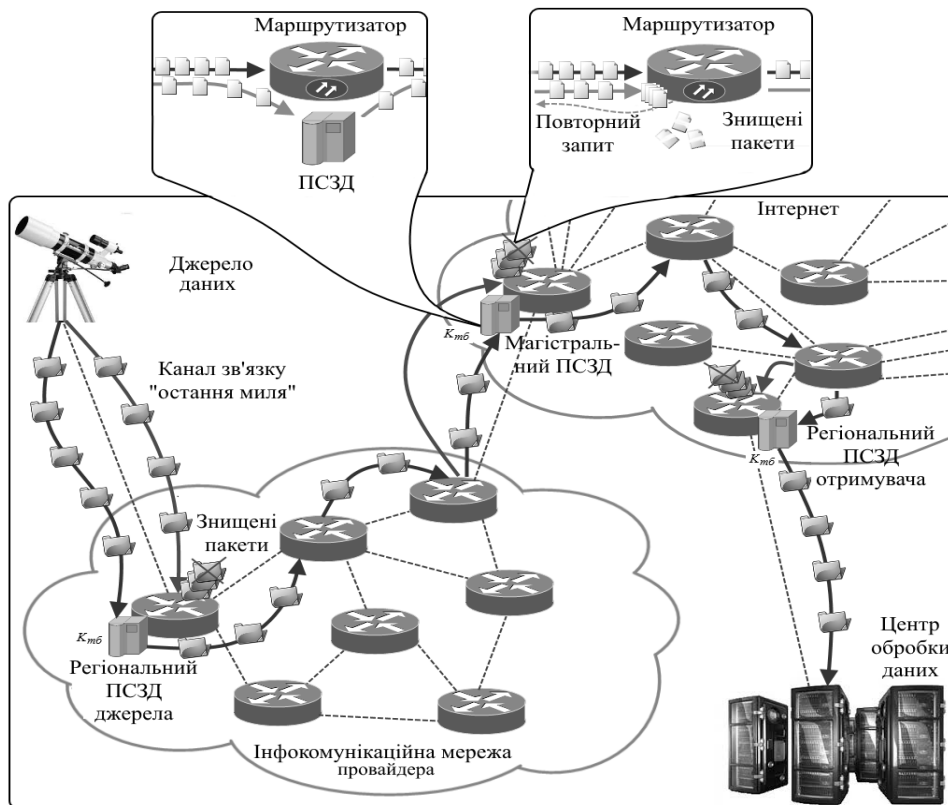


Рисунок 1 – Схема реалізації методу передачі даних з проміжним зберіганням

Повторні передачі пакетів даних джерелом даних виникають у тому випадку, коли буфер мережевого елемента заповнений, а пакети даних, які щойно надійшли, знищуються (зокрема, на стиках мереж або каналі «останньої милі»). Запропоновано послідовність операцій, згідно з якою нееластичний тип трафіку передаватиметься, як і раніше, а еластичний (при необхідності) через ПСЗД. Таким чином, запропонований метод забезпечує ефективну передачу потокового типу даних. В роботі введено матрицю часових затримок між елементами мережі, на підставі якої здійснюється пошук найкращого маршруту передачі. Розроблено схеми функціонування кожного з елементів ІКМ: джерела даних, регіональних серверів проміжного зберігання джерела та отримувача даних, магістральних серверів проміжного зберігання та центра обробки даних (отриму-

вача). Запропоновано структуру службових пакетів для обміну даними між проміжними серверами з розпаралелюванням обчислень. У децентралізованій інформаційній системі рішення щодо обробки даних приймається для кожного екземпляру програми згідно з темпоральним критерієм (2). Це дозволяє враховувати поточний стан порції даних або серії порцій даних. Однак, через можливість звернення кількох екземплярів програми до однієї і тієї ж порції даних з метою подальшої її обробки (виникнення колізії) стандартні методи паралельної обробки даних як в локально-розподілених, так і в глобальних середовищах є малоєфективними. Для підвищення оперативності багатоетапного процесу обробки даних запропоновано метод віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням в ІКМ з низькошвидкісними ділянками. Цей метод передбачає реалізацію наступної послідовності операцій:

- здійснюється моніторинг ІКМ, за результатами якого визначаються ділянки мережі зі значною кількістю повторних передач («проблемні» ділянки);
- у «проблемних» ділянках мережі розміщуються/активуються проміжні сервери зберігання даних;
- дані від джерела даних надходять в ІКМ і розподіляються на пакети даних для передачі;
- між джерелом і одержувачем пакети даних передаються за статичним або динамічним маршрутами через послідовність мережевих елементів ІКМ;
- в разі наявності вільного проміжного мережевого елемента пакети даних негайно передаються до нього, де повторюється та ж операція;
- для мережевого елемента, зайнятого на деякому проміжку часу, джерелом даних вибирається та за допомогою службових пакетів активується проміжний сервер зберігання даних (згідно з критерієм (2));
- пакети даних надсилаються до переадресованого адресанта (конкретного проміжного сервера зберігання даних);
- з проміжного сервера зберігання даних пакети даних передаються одержувачу даних через мережеві елементи (згідно з раніше визначеним маршрутом) або через проміжні сервери зберігання даних (залежно від наявності або відсутності чергової «проблемної» ділянки мережі).

Умови, за яких є доцільним використання методу: паралельна передача нееластичного трафіку в ІКМ; наявність каналів зв'язку з окремими ділянками, що характеризуються низькою пропускнуою здатністю в порівнянні з іншими ділянками мережі; наявність каналів зв'язку з окремими ділянками, що характеризуються нестабільною роботою; наявність великої кількості транзитивних ділянок ІКМ між джерелом і одержувачем даних. Запропоновано новий метод запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інформаційних системах (рис. 2). Роль блокуючих механізмів виконують спеціалізовані повідомлення двох типів: повідомлення-запит та повідомлення стану. При цьому застосовуються наступні повідомлення-запити:  $\beta_{jkn}$  – повідомлення-запит про  $n$ -у порцію даних на  $j$ -му етапі обробки  $k$ -м екземпляром програми, який функціонує на  $i$ -й обчислювальній станції;  $\beta_{jk\omega}$  – повідомлення-запит про  $\omega$ -у серію порцій даних на  $j$ -му етапі обробки  $k$ -м екземпляром програми,

який функціонує на  $i$ -й обчислювальній станції.

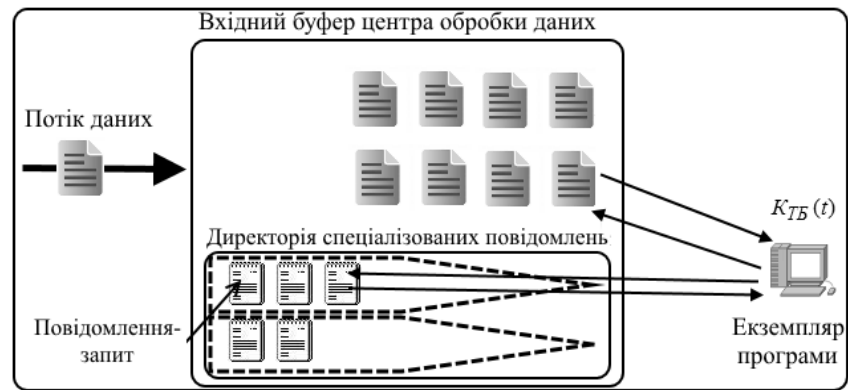


Рисунок 2 – Схема реалізації методу запобігання колізій

Повідомлення стану застосовуються лише для роботи з серіями порцій даних:  $\varepsilon_{j\ell\omega e}$  – повідомлення стану  $\omega$ -ої серії порцій даних в  $\ell$ -ому сховищі порції даних на  $j$ -му етапі обробки. В повідомленнях можуть застосовуватись наступні значення  $e$ : 1 – серія порцій даних формується; 2 – серію сформовано та підготовлено до обробки; 3 – серія обробляється; 4 – серію оброблено.

При технічній реалізації введені повідомлення є спеціальними файлами. Корисна інформація зберігається в назві даного файлу. Екземпляр програми, зчитуючи назву файлу, визначає свої подальші дії згідно методу запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інформаційних системах. Метод складається з такої послідовності операцій:

1. Чергова порція даних надходить у вхідний буфер центру обробки даних (отримувача).

2. Незадіяні екземпляри програми, згідно з темпоральним критерієм функціонування інформаційної системи (2), звертаються до чергової порції даних у вхідний буфер центру обробки даних.

3. Екземпляри програми роблять запис запиту на обробку порції даних через повідомлення:

3.1. При наявності одного запиту (від одного екземпляра програми), порція даних обробляється цим екземпляром програми.

3.2. При наявності двох і більше запитів колізія (одночасне звернення до порції даних) в обробці вирішується за пріоритетом ID-номера екземпляра програми, а при рівних номерах – за пріоритетом номера обчислювальної станції (IP-адреса), де знаходиться екземпляр програми.

4. Для запобігання колізій пункти 1-3 виконуються на всіх наступних етапах паралельної обробки даних.

Розроблена інформаційна технологія, що об'єднує метод віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням (процес передачі даних) та метод запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інфокомунікаційних мережах (процес обробки даних). модель функціонування ІКМ, що передбачає можливість отримання субоптимальних рішень задачі обслуговування запитів в вузлах мережі

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень розроблених методів та інформаційної технології. Зокрема, досліджувались процеси передачі та обробки великих масивів даних лабораторії Радіоастрономічного інституту з використанням OLDAS-версії програми автоматизованого виявлення астероїдів CoLiTec (CLT), де застосовано запропоновані в дисертації методи. На рис. 3 наведено технологію передачі даних, отриманих за допомогою радіотелескопа РТ-70, з лабораторії РІ НАНУ до центру обробки даних АКЦ ФІ РАН. Вагомим практичним результатом є скорочення часу передачі даних за 1 сеанс роботи радіотелескопа РТ-70 з 720 до 25 годин, що дозволило проводити повний цикл обробки радіоастрономічної інформації радіотелескопів в рамках міжнародного проекту «Радіоастрон». Згідно з аналізом отриманих результатів, метод віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням в ІКМ з низькошвидкісними ділянками дозволяє отримати вигоду в оперативності передачі великих масивів даних від джерела до центра обробки даних через проміжні сервери зберігання даних до 80% в порівнянні з передачею великих масивів даних між джерелом та центром обробки даних.

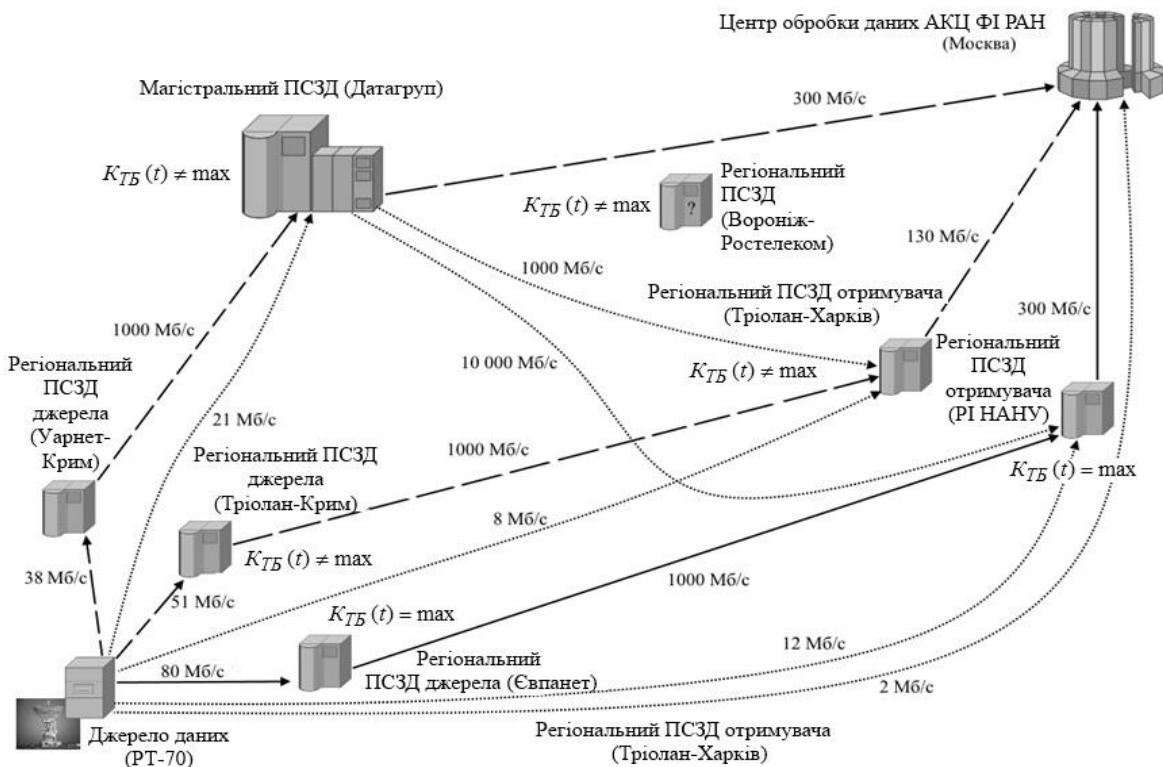


Рисунок 3 – Технологія передачі масивів даних, отриманих за допомогою радіотелескопа РТ-70, з лабораторії РІ НАНУ до центру обробки даних АКЦ ФІ РАН

При збільшенні інтенсивності потоку даних ефективність методу передачі даних з проміжним зберіганням обмежується пропускну здатністю каналу

«останньої милі». Запропонований метод запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інформаційних системах дозволяє зменшити час обробки даних до 17 %. Цей вигреш забезпечується запобіганням виникнення колізії, при якій декілька екземплярів програми звертаються до однієї порції даних одночасно. Найкращі показники оперативності обробки даних в інформаційній системі забезпечувались відсутністю колізій завдяки використанню методу паралельної обробки даних з запобіганням колізій, що надавало пріоритет в оперативності обробки даних в порівнянні з аналогічними інформаційними системами. Обслуговування запитів мережевих елементів ІКМ під час проведення експериментів згідно з запропонованим темпоральним критерієм функціонування дозволило здійснювати оперативну обробку найбільш актуальних запитів користувачів. Дослідна експлуатація OLDAS-версії програми автоматизованого виявлення астероїдів CoLiTec (CLT) проводилася: з листопада 2013 року в дистанційно керованій обсерваторії ISON-NM (Нью-Мексико, США); з листопада 2013 року в обсерваторії ISON-Усурійськ (РФ); з листопада 2013 року в обсерваторії ISON-Кисловодськ (РФ). До найбільш вагомих результатів, отриманих під час дослідної експлуатації, слід віднести відкриття комети C/2013 V1 (Nevsky), астероїду класу Кентавр 2013 UL10, троянського астероїду Юпітера 2013 VD та астероїду 2013 T86, що зближується з Землею. Дослідна експлуатація інформаційної технології на основі методу передачі даних з проміжним зберіганням проводилася в вересні 2014 року на радіотелескопі УРАН-2, розташованому в Полтавській області (Україна). Під час досліджень відбувалася передача великих масивів даних з радіотелескопу УРАН-2 в центр обробки даних РІ НАНУ. Спектральні та поляризаційні дослідження пульсарів, виконані з використанням радіотелескопу УРАН-2 та запропонованих в дисертації методів, дозволили розробити методику сумісних спостережень на українських (УТР-2, УРАН-2) та індійському (GEETEE) радіотелескопах в декаметровому хвильовому діапазоні. Результати відповідних експериментів було використано при створенні системи LOFAR (Low Frequency Array).

У **додатках** до дисертації наведено: акти впровадження результатів дисертаційної роботи в Радіоастрономічному інституті НАН України, Інституті прикладної математики ім. М.В. Келдиша РАН та в навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки; загальну структуру ІКМ передачі та паралельної обробки великих масивів даних.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі відповідно до поставленої мети розв'язано актуальну науково-практичну задачу, а саме розробку методів та інформаційної технології передачі і паралельної обробки великих масивів даних, що є характерними для досліджень швидкоплинних процесів, за прийнятний час та при прийнятних обчислювальних затратах.

В результаті виконання роботи отримані такі нові наукові і практичні результати:

1. Проведено аналіз методів віддаленої передачі та обробки даних спосте-

режень швидкоплинних процесів в ІКМ, який підтвердив актуальність вирішення задач удосконалення існуючих методів та відповідної інформаційної технології шляхом застосування моделі мережі з темпоральним критерієм, проміжних серверів зберігання даних, механізмів запобігання колізій.

2. Запропоновано модель функціонування ІКМ, що передбачає можливість отримання субоптимальних рішень задачі обслуговування запитів в вузлах мережі, які задовольняють модифікованому темпоральному критерію з урахуванням обмежень на загальну пропускну здатність мережі та пропускну здатність серверів у кожному з її вузлів. Запропонована модель відрізняється від відомих використанням зваженої суми часткових середніх взаємних інформацій між конкретним запитом і простором можливих відкликів, що дозволяє здійснювати оперативну обробку найбільш актуальних запитів користувачів.

3. Вперше запропоновано метод віддаленої передачі великих масивів даних спостережень швидкоплинних процесів з проміжним зберіганням в ІКМ з низькошвидкісними ділянками, що дозволяє скоротити час передачі даних за умов забезпечення прийнятних рівнів джитеру та втрат пакетів потокового трафіку.

4. Удосконалено метод запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інформаційних системах, в якому, на відміну від існуючих, використовуються механізми блокування зі спеціалізованими повідомленнями, що дозволяють уникати помилок в разі звернення кількох екземплярів програми до однієї порції даних та підвищити оперативність обробки даних. Це дає можливість поточного планування додаткових експериментальних спостережень щойно виявлених швидкоплинних процесів.

5. Запропоновано інформаційну технологію, що об'єднує процес передачі даних спостережень швидкоплинних процесів та процес їх обробки з використанням запропонованих в дисертації методів. Розроблено структуру інформаційних пакетів, що забезпечують ефективний обмін службовими повідомленнями між мережевими елементами ІКМ під час передачі даних з проміжним зберіганням.

6. Проведена апробація моделі та методів при вирішенні практичних задач. Розроблений метод передачі даних з проміжним зберіганням дозволяє знизити час передачі даних від джерела до центру обробки даних в середньому на 50 %; розроблений метод організації паралельної обробки даних дозволяє знизити час обробки даних на 12-17%. Розроблений метод передачі даних з проміжним зберіганням успішно експлуатується на вітчизняних радіотелескопах РТ-70 та УРАН-2, та використовується для передачі даних з обсерваторії ISON-NM (США) в Центр обробки даних ІПМ ім. М.В. Келдиша РАН. Використання розробленого методу на радіотелескопі РТ-70 дозволило скоротити час передачі даних на за 1 сеанс роботи радіотелескопа РТ-70 з 720 до 25 годин, що дає можливість проведення повного циклу обробки радіоастрономічної інформації радіотелескопів, які беруть участь в проекті «Радіоастрон». Розроблений метод запобігання колізій використовується в організації паралельної обробки даних для автоматичного виявлення нових космічних об'єктів за допомогою версії OLDAS програми автоматизованого пошуку астероїдів CoLiTec. До найбільш



вагомих результатів, отриманих з використанням цієї програми, слід віднести відкриття комети C/2013 V1 (Nevsky), астероїду класу Кентавр 2013 UL10 та троянського астероїду Юпітера 2013 VD.

7. Розроблені програмні засоби реалізації запропонованих методів можуть бути використані в наукових організаціях України та світу, де виникає необхідність оперативної передачі і паралельної обробки великих масивів даних.

8. Матеріали дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі електронних обчислювальних машин Харківського національного університету радіоелектроніки.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Саваневич В.Е. Критерий функционирования автоматизированных диспетчеров телекоммуникационных датацентров / В.Е. Саваневич, Д.В. Агеев, В.Н. Ткачев // Проблемы телекоммуникаций. – 2011. – № 2 (4). – С. 83-94. (Входить до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google scholar).

2. Ткачев В.Н. Метод предотвращения возникновения коллизий при параллельной обработке данных в децентрализованных вычислительных системах / В.Н. Ткачев, В.Е. Саваневич, А.Б. Анненков, А.Б. Брюховецкий // Научно-виробничий збірник «Наукові записки УНДІЗ». – Київ: 2012. – № 2 (22). – С. 110-116. (Входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar).

3. Ткачев В.Н. Использование грид-технологий в решении задач радиопизики и радиоастрономии / В.Н. Ткачев, В.В. Захаренко, Я.Ю. Васильева, Ю.А. Царин, Е.Ю. Банникова, В.В. Илюшин, В.Е. Саваневич, О.В. Герасименко, О.Б. Анненков, С.Ф. Кулишенко, Д.Ф. Кулишенко // Радиопизика и радиоастрономия. – Харьков: 2013. – Т. 18, № 2. – С. 176-178. (Входить до міжнародних наукометричних баз «Україніка наукова», Google Scholar).

4. Саваневич В.Е. Метод передачи данных с промежуточным хранением / В.Е. Саваневич, В.Н. Ткачев // Системы обработки информации: сборник научных трудов. – Х.: ХУВС, 2014. – Вып. 7 (123). – С. 99-105. (Входить до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar).

5. Ткачев В.Н. Использование метода передачи данных с промежуточным хранением при передаче результатов радиоастрономических наблюдений / В.Н. Ткачев, А.М. Резниченко // Научно-виробничий збірник «Наукові записки УНДІЗ». – Київ: 2014. – № 4 (32). – С. 49-53. (Входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar).

6. Tkachov V.M. Automated Controllers Functioning Criteria in Content Distribution Systems / V.M. Tkachov, V.E. Savanevych // Scholars Journal of Engineering and Technology. – India: 2014. – № 2(3A). – Pp. 348-351. (Входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Index Copernicus, ESRUR, OAIJ, Indian Citation Index, Research Bible, Advanced Science Index, Journal Seek (Genomics), Library Directory (USA), Science Central, Journal Index.Net, Cite Factor, Scientific Indexing Services (SIS), Academia Edu Getcited, World Cat).

7. Саваневич В.Е. Автоматизированное обнаружение малых тел Солнечной системы с использованием программы COLITEC (CLT) / В.Е. Саваневич,

В.Н. Ткачев, А.Б. Брюховецкий, А.М. Кожухов, В.П. Власенко, Е.Н. Диков // 4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2011, 18-21 октября 2011 г.: Сборник научных трудов. Международная конференция «Интегрированные информационные радиоэлектронные системы и технологии» (ИИРЭСТ-2011) – Харьков: ХНУРЭ, 2011. – С. 188-191.

8. Ткачев В.Н. Разработка метода предотвращения возникновения коллизий при параллельной обработке данных в децентрализованных вычислительных системах / В.Н. Ткачев, А.Б. Анненков, В.Е. Саваневич, А.Б. Брюховецкий // Наука XXI века: новый подход. – Материалы II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция «Информационные технологии». – Санкт-Петербург, 2012 г. – С. 3.

9. Ткачов В.М. Використання ГРІД-технологій при обробці радіоастрономічних даних / В.М. Ткачов, С.Ф. Кулішенко // 16-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», 17-19 апреля 2012 г.: Сб. материалов форума. Т.6. Международная конференция «Информационные интеллектуальные системы» – Харьков: ХНУРЭ, 2012. – С.122-123.

10. Savanevich V.E. Intraframe Images' Processing in Automatically Asteroids Search Program CoLiTec / V.E. Savanevich, A.M. Kozhukhov, A.B. Bryukhovetskiy, V.P. Vlasenko, E.N. Dikov, Yu.N. Ivashchenko, L.V. Elenin, V.M. Tkachov // Proc. Int. Conf. «Asteroids, Comets, Meteors 2012» (АСМ-2012), Niigata, Japan. – 2012. – P. 6003

11. Ткачев В.Н. Адаптация метода предотвращения возникновения коллизий при параллельной обработке данных к ПО «COLITEC» / В.Н. Ткачев, А.Б. Анненков, А.Б. Брюховецкий // 17 Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», 2013 г.: Сб. материалов форума. Т. 5. Международная конференция «Интернет-технологии и программирование компьютерных мобильных систем» – Харьков: ХНУРЭ, 2013. – С. 248-249.

12. Gerasimenko O. V. Web service the control of results of processing the data in specialized computing systems / O.V. Gerasimenko, L.V. Elenin, V.N. Tkachev, A.N. Buchanko, V.E. Savanevich, V.S. Jazliev // I The Strategies of Modern Science Development, 29-30 March 2013: International scientific-practical conference. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2013. – Pp. 10-13.

13. Tkachev V.N. The specialized web-catalog of observation of thunderstorm activity on planets of the solar system / V.N. Tkachev, V.V. Zakharenko, K.Y. Milostnaya // II The Strategies of Modern Science Development, 4-5 June 2013: Int. scientific conference. – Yelm, WA, USA: Science Book, 2013. – Pp. 3-7.

14. Саваневич В.Е. Перспективы использования системы обработки астрономических данных «OLDAS» в грид-среде / В.Е. Саваневич, В.В. Захаренко, В.Н. Ткачев, А.Б. Брюховецкий, А.Б. Анненков // I Международная научно-практическая конференция «Проблемы инфокоммуникаций. Наука и технологии» (PICS&T-2013). – Харьков, ХНУРЭ, 2013 г. – С. 44-47.

15. Ткачев В.Н. Критерий функционирования автоматизированных диспетчеров информационных систем / В.Н. Ткачев, В.Е. Саваневич // XI Міжнародна науково-практична конференція «Математичне та програмне забезпечен-

ня інтелектуальних систем». – Дніпропетровськ, ДНУ, 2013. – С. 244-245.

16. Ткачев В.Н. Метод передачи данных с промежуточным хранением / В.Н. Ткачев, М. Солтанмурадов // 18 Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», 14-16 апреля 2014 г.: Сб. материалов форума. Т. 5. Международная конференция «Компьютерные, программные и интернет-технологии, программирование компьютерных мобильных систем». – Харьков: ХНУРЭ, 2014. – С. 269-270.

17. Khlamov S. V. Software for asteroids survey processing. Current status and prospects / S.V. Khlamov, V.Ye. Savanevych, Ia.S. Movsesian, V.M. Tkachov, Ye.M. Dikov, O.B. Bryukhovetskiy, A.M. Dashkova // 14-та Українська конференція з космічних досліджень: зб. матер. конф. – Ужгород, 2014. – С. 119.

18. Ткачев В.Н. Разработка метода передачи данных с промежуточным хранением / В.Н. Ткачев, В.Е. Саваневич // 5-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2014, 14-17 октября 2014 г.: Сборник научных трудов. Международная конференция «Проблемы инфокоммуникаций. Наука и технологии» – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2014. – С. 157-159.

19. Tkachov V.M. Method for transfer of data with intermediate storage / V.M. Tkachov, V.Ye. Savanevych // IEEE First International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PIC S&T-2014), 2014. – Pp. 105-106. (Входить до міжнародної наукометричної бази Scopus).

20. Спосіб паралельної обробки цифрових даних із запобіганням виникненню колізій [Текст]: пат. 77050 Україна: МПК (2006), G06F 7/00, G06Q 99/00 / Ткачов В.М., Саваневич В.Є., Брюховецький О.Б., Анненков О.Б., заявник та патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки. – № u20128774; заяв. 16.07.2012; опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2.

## АНОТАЦІЯ

**Ткачов В.М. Методи та інформаційна технологія передачі та паралельної обробки даних швидкоплинних процесів з запобіганням колізій.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2015.

Дисертацію присвячено вирішенню задач підвищення оперативності передачі та паралельної обробки даних швидкоплинних процесів. На основі аналізу умов передачі даних в інфокомунікаційних мережах та паралельної обробки в центрах обробки даних було сформульовано науково-технічне завдання на розробку методів та інформаційних технологій організації паралельної обробки і передачі даних швидкоплинних процесів. В роботі запропоновано метод віддаленої передачі великих масивів даних з проміжним зберіганням в інфокомунікаційних мережах з низькошвидкісними ділянками, що дозволяє значно ско-

ротити час передачі даних (в середньому на 50%) за умов забезпечення прийнятних рівнів джитеру та втрат пакетів потокового трафіку. Удосконалено метод запобігання колізій при паралельній обробці даних в децентралізованих інфокомунікаційних мережах за рахунок використання механізмів блокування зі спеціалізованими повідомленнями, що дозволяють уникати помилок в разі звернення кількох екземплярів програми до однієї порції даних та підвищити оперативність обробки даних. Це дає можливість поточного планування додаткових експериментальних спостережень щойно виявлених швидкоплинних процесів. Удосконалено модель функціонування інфокомунікаційної мережі з темпоральним критерієм, яка відрізняється від відомих використанням зваженої суми часткових середніх взаємних інформацій між конкретним запитом і простором можливих відкликів.

**Ключові слова:** інфокомунікаційні мережі, інформаційні технології, передача даних з проміжним сервером, паралельна обробка даних з запобіганням колізій.

## АННОТАЦІЯ

**Ткачев В.Н. Методы и информационная технология передачи и параллельной обработки данных быстропротекающих процессов с предотвращением коллизий.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Информационные технологии. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2015.

Диссертация посвящена решению задач повышения оперативности передачи и обработки данных быстропротекающих процессов путем разработки эффективных методов и информационных технологий организации параллельной обработки и передачи данных при проведении научных исследований. В процессе проведения исследований были использованы следующие подходы: теория построения инфокоммуникационных сетей и систем (для разработки метода передачи данных с промежуточным хранением и подтверждения достоверности полученных теоретических результатов); теория мультипроцессного программирования (для разработки метода предотвращения коллизий при параллельной обработке больших массивов данных в децентрализованных информационных системах); теория информации и оптимизации (для усовершенствования темпорального критерия функционирования распределенной инфокоммуникационной сети). В диссертационной работе предложен метод удаленной передачи больших массивов данных с промежуточным хранением в инфокоммуникационных сетях с низкоскоростными участками, что позволяет значительно сократить время передачи данных (в среднем на 50%) при условии обеспечения приемлемых уровней джиттера и потерь пакетов потокового трафика. Усовершенствован метод предотвращения коллизий при параллельной обработке данных в децентрализованных инфокоммуникационных сетях за счет механизмов блокировки со специализированными сообщениями, позволяющие

избежать ошибок в случае обращения нескольких экземпляров программы в одной порции данных и повысить оперативность обработки данных. Это дает возможность текущего планирования дополнительных экспериментальных наблюдений вновь выявленных быстрых процессов. Усовершенствована модель функционирования инфокоммуникационной сети с темпоральным критерий за счет использования взвешенной суммы частных средних взаимных информации между конкретным запросом и пространством возможных отклика, что позволяет осуществлять оперативную обработку наиболее актуальных запросов пользователей. Полученные результаты были использованы: при разработке OLDAS-версии программного комплекса автоматизированного обнаружения астероидов CoLiTec; для построения системы передачи больших массивов данных в Радиоастрономическом институте НАН Украины; при проведении наблюдений в дистанционно управляемой обсерватории ISON-NM, а также в обсерваториях ISON-Уссурийск и ISON-Кисловодск, что подтверждается соответствующими актами внедрения. С применением OLDAS-версию программы CoLiTec и метода предотвращения коллизий осуществлено открытие кометы C / 2013 V1 (Nevsky), астероида класса Кентавр (2013 UL10), троянского астероида (Юпитер 2013 VD) и астероида, сближающегося с Землей (2013 T86). Использование разработанного метода на радиотелескопе РТ-70 позволило сократить время передачи данных за 1 сеанс работы с 720 до 25 часов. Результаты диссертационной работы были внедрены в ФИ РАН, РИ НАНУ и ХНУРЭ, что подтверждается соответствующими актами.

**Ключевые слова:** инфокоммуникационные сети, информационные технологии, передача данных с промежуточным сервером, параллельная обработка данных с предотвращением коллизий.

## ABSTRACT

**Tkachov V.M. Methods and information technology of transmission and parallel processing of fast processes with the prevention of collisions.** – As Manuscript.

Dissertation for the candidate's degree of technical science in a specialty 05.13.06 – Information technology. – Kharkiv National University of Radio Electronics, the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2015.

By analyzing the data in terms of information and communication networks and parallel processing in data centers was formulated science and technology for the development of methods and information technologies of parallel processing and data fleeting processes. Presents a method for remote transmission of large data sets with intermediate storage in information and communication networks with low-speed areas that can significantly reduce the time data (average 50%) in terms of ensuring acceptable levels of jitter and packet loss streaming traffic. The method of preventing conflicts in the parallel processing of data in decentralized information and communication networks. Improved temporal criterion functioning of information and communication network that differs from the known use of a weighted sum of the partial reciprocal medium of information between a particular request and response space

possible, allowing for the rapid processing of the most relevant user queries.

**Keywords:** information and communication networks, information technology, data transmission with an intermediate server, parallel processing to the prevention of collisions.

