

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

БУЛЬБА СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ



УДК 004.415:004.075:004.031.43(043.3)

**МОДЕЛІ І МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ТРАНЗАКЦІЙ КОМПОЗИТНИХ
ЗАСТОСУНКІВ У РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

Спеціальність 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків–2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі обчислювальної техніки та програмування Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Кучук Георгій Анатолійович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”,
професор кафедри обчислювальної техніки та
програмування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Можасв Олександр Олександрович,
Харківський національний університет внутрішніх справ,
професор кафедри інформаційних технологій;

доктор технічних наук, доцент
Коваленко Андрій Анатолійович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри електронних обчислювальних машин.

Захист відбудеться 30 травня 2019 р. о 16³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.14 в Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розісланий 27 квітня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



І.Г. Ліберг

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Безперервно зростаючі вимоги в області складних обчислювальних систем призводять до необхідності розвитку нових методів реалізації обчислювальних ресурсів і сервісів, функціонування яких може задовольнити дані вимоги. Один з напрямків вирішення даної проблеми заснований на подальшому розвитку технологій розробки платформ розподілених обчислень для виконання композитних застосунків (КЗ). Під композитними застосунками в розподілених середовищах маються на увазі програми, які дозволяють користувачеві мати доступ до сервісів, розташованих на різних пристроях, не пов'язаних між собою.

У процесі роботи в даному обчислювальному середовищі користувач надсилає запит на виконання необхідних обчислень, після чого система розподіляє отримане навантаження між наявними сервісами. Далі сервіси повертають оброблену інформацію назад, компонується відповідь і надається користувачеві. При цьому, при паралельному виконанні декількох КЗ виникає задача розподілу ресурсів системи між КЗ.

При надходженні композитних застосунків до виконання на існуючому пулі обчислювальних ресурсів виникає необхідність в різних варіантах розподілу ресурсів між ними, а отже виникає необхідність в розробці методів раціонального розподілу ресурсів розподіленого середовища між пакетом композитних застосунків.

Так, на сьогодні, багато компаній впроваджують в свою інформаційну структуру розподілені композитні застосунки для своєчасної обробки швидко зростаючої кількості інформації, котрі сприяють динамічному об'єднанню розрахункових та інших сервісів в розподіленому середовищі для вирішення загальної існуючої задачі. Даний підхід має декілька переваг: він дозволяє об'єднати функціональні можливості різних сервісів та обчислювальних ресурсів, спростити введення нового функціоналу, надає можливість в деякій мірі убезпечити процес обробки інформації завдяки тому, що вихід з робочого стану одного з сервісів не призводить до зриву обчислювального процесу. За принципом розгортання розподілені композитні застосунки класифікуються таким чином: композитні додатки, що базуються на основі сервісів і ресурсів корпоративної мережі; композитні застосунки, що базуються на розподілених хмарних сервісах.

Питаннями розподілу ресурсів мережі в різних середовищах, зокрема, і в розподілених, останні десятиліття активно займалися багато як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Важливі результати в цьому напрямі отримали Athuraliya S., Nonnappa H., Konishi Y., Liu K., Pepelnjak I., Rams M., Аветисян А. И., Барабаш О. В., Грідель Р. М., Замятин А. А., Коваленко А. А., Можаяев О. О., Цвіркун А. Д., але в більшості робіт не враховуються особливості функціонування композитних застосунків, такі, як складання доступного пулу з набору різноманітних ресурсів (кластери, Грід-мережі, хмарні середовища тощо). Представлені ресурси у багатьох випадках не мають спільних рис побудови та не узгоджують роботу між собою, тобто вони мають вигляд різних

факторів впливу при функціонуванні композитних застосунків. Крім того, для більшості компаній є суттєвим питання повноти використання композитними застосунками заздалегідь замовлених ресурсів.

Таким чином, актуальність теми полягає у необхідності вирішення наукового завдання розробки методів і засобів розподілу ресурсів між композитними застосунками в розподіленому середовищі з метою підвищення якості виконання композитних застосунків.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри «Обчислювальна техніка та програмування» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» в рамках двох госпдоговірних тем: «Технології статистичної обробки даних в комп'ютеризованих системах загального та спеціального призначення» (ДР № 0116U005269); «Дослідження методів і засобів балансування навантаження та захисту даних в комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних та розподілених системах» (ДР № 0118U002052), в яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. *Мета дослідження* – підвищення ефективності використання ресурсів розподілених комп'ютерних систем на основі розроблення нових та удосконалення існуючих моделей і методів оброблення транзакцій композитних застосунків.

Для досягнення мети були сформульовані такі завдання:

- аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку методів розподілу ресурсів між транзакціями, що паралельно використовуються у розподілених комп'ютерних системах;
- вибір і обґрунтування критерію оцінки якості розподілу ресурсів хмарного середовища між композитними застосунками;
- розроблення математичних моделей процесу розподілу ресурсів між транзакціями композитних застосунків, що виконуються паралельно у розподіленому хмарному середовищі;
- розроблення методів визначення послідовності виконання транзакцій композитних застосунків;
- проведення порівняльної оцінки розроблених та існуючих моделей і методів оброблення транзакцій композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах;
- впровадження розроблених моделей та методів оброблення транзакцій композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах.

Об'єктом дослідження є процес отримання інформації композитними застосунками у розподілених комп'ютерних системах.

Предметом дослідження є моделі та методи оброблення транзакцій композитних застосунків.

Методи дослідження. При розв'язанні наукового завдання було використано широкий спектр методів. Так, при розробці математичних моделей процесу розподілу ресурсів між композитними застосунками у розподіленому

хмарному середовищі використовувався теоретико-множинний підхід, методи теорії масового обслуговування, дискретної оптимізації та дослідження операцій. При розробці методів планування та розподілу ресурсів використовувалися методи теорії складних систем, методи функціонального аналізу, еволюційні методи оптимізації. Оцінка експериментальних даних, отриманих у ході роботи, проводилася на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів:

– *вперше запропонована* математична модель процесу розподілу ресурсів між композитними застосунками у розподіленому хмарному середовищі, яка враховує часові вікна за допомогою введення віртуального часу на протязі розглядаємого часового інтервалу обробки інформації, що дозволяє враховувати періодично виникаючі обмеження щодо доступності певних ресурсів;

– *вдосконалено* критерій оцінки якості розподілу ресурсів розподіленого хмарного середовища, який на відміну від існуючих використовує показник утилізації ресурсів, що дозволило підвищити збалансованість навантаження при виконанні транзакцій композитних застосунків;

– *набув подальшого розвитку* метод планування виконання транзакцій композитних застосунків за рахунок сумісного використання жадібного, кластеризаційного та мурашиного алгоритмів оптимізації, що дозволило зменшити час виконання оптимального плану транзакцій у порівнянні з існуючими методами у середньому до 8%.

Достовірність нових наукових положень і висновків дисертаційної роботи підтверджується:

– збіжністю результатів експериментальних досліджень, отриманих при програмній реалізації розроблених моделей та методів з теоретичними і практичними результатами, відображеними в публікаціях;

– зведенням розроблених моделей до відомих та апробованих моделей при граничних значеннях параметрів, які було враховано при їх розробленні;

– обґрунтованістю припущень, зроблених при розробленні моделей і методів, виходячи з досвіду експлуатації композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах;

– результатами практичного впровадження моделей та методів оброблення транзакцій пакету композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах.

Практичне значення отриманих результатів для розподілу ресурсів у розподілених комп'ютерних системах полягає в тому, що розроблені у роботі моделі та методи є науково-практичною основою для подальшого удосконалення програмного забезпечення процесів паралельного оброблення транзакцій композитних застосунків. Представлені на їх основі інженерні методи та алгоритми дають змогу:

– враховувати періодично виникаючі обмеження щодо доступності певних ресурсів, що дозволяє підвищити адекватність моделі процесу розподілу ресурсів між композитними застосунками у розподіленому хмарному середовищі;

– проводити оцінку якості розподілу ресурсів розподіленого хмарного середовища між композитними застосунками з використанням показника утилізації ресурсів, що дозволяє підвищити збалансованість завантаження мережевих засобів до 10%;

– сумісно використовувати декілька алгоритмів оптимізації під час планування виконання транзакцій, що дозволило зменшити час виконання композитних застосунків до 15%.

Результати дисертації впроваджено:

– в Харківському територіальному управлінні філії “Центр будівельно-монтажних робіт та експлуатації будівель і споруд” ПАТ “Укрзалізниця” при вдосконаленні комп’ютеризованої системи управління;

– в Державному підприємстві «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості» (м. Харків) при виконанні науково-дослідної роботи за темою «Розробка проектної документації на створення авіаційного комплексу з розробки, виробництва і ремонту авіаційних двигунів»;

– в Державному підприємстві «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» при виконанні науково-дослідної роботи.

Особистий внесок здобувача. Усі основні результати, які виносяться на захист, одержані здобувачем особисто, серед них: аналіз переваг і недоліків різних технологій створення композитних застосунків на основі розподілених сервісів, розробка формального опису окремого композитного застосунку [1]; аналіз методів оцінки ризиків при розробці композитних застосунків в розподіленому середовищі [2]; метод розподілу ресурсів між композитними застосунками з урахуванням часових вікон, критерій оцінки якості розподілу ресурсів між композитними застосунками [5]; спосіб розподілу наборів композитних застосунків як з використанням мурашиного алгоритму, так і на базі кластеризаційного підходу з використанням мурашиного алгоритму [6]; обґрунтування переходу до сучасної технології функціонування корпоративних сервісів у вигляді композитних застосунків, що функціонують на базі розподіленого хмарного середовища [6].

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення й результати, отримані автором при виконанні дисертаційної роботи, доповідалися на таких Міжнародних науково-технічних конференціях і симпозіумах: «Проблеми інформатики та моделювання» (м. Харків, 2015 р.); «Проблеми науково-технічного та правового забезпечення кібербезпеки у сучасному світі» (м. Харків, 2016 р.); «Інформатика, управління та штучний інтелект» (м. Харків, 2016 р., м. Харків, 2018 р.); «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (м. Полтава, 2018 р.), «Проблеми інформатизації» (м. Черкаси, 2016 р., м. Черкаси, 2016 р.); «Міжнародна наукова конференція MicroCAD» (м. Харків, 2017 р.).

Публікації. Результати наукових досліджень відображено в 16 наукових працях, зокрема в 7 статтях у наукових виданнях України та інших держав (з них 5 – у наукових фахових виданнях України, які внесено до міжнародних наукометричних баз, одна – в закордонному журналі, 1 – у науковому виданні України), 8 публікацій в матеріалах міжнародних наукових конференцій. За тематикою роботи отримано 1 патент України на корисну модель.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотацій двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 143 сторінок, з них 6 рисунків на 6 окремих сторінках, 23 рисунків за текстом; 6 таблиць за текстом; список використаних джерел з 101 найменувань на 12 сторінках, 4 додатків на 11 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ дисертаційної роботи містить: обґрунтування актуальності теми дослідження, інформацію про зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, мету роботи та задачі досліджень, формулювання об'єкта, предмета та методів дослідження. Подано перелік результатів дисертаційного дослідження, які становлять наукову новизну, зазначено практичне значення отриманих результатів, а також особистий внесок здобувача. Наведено дані щодо реалізації, апробації та публікації наукових і практичних результатів дисертації та їх впровадження.

У першому розділі розв'язано першу задачу досліджень. Проведено аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку методів визначення послідовності виконання транзакцій композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах. Аналіз показав, що створення великої кількості незалежних компонент системи на базі власного обчислювального комплексу призвело до певного ускладнення під час налагодження взаємодії між системами та своєчасним обміном інформації.

Проведені дослідження показали, що, на сьогоднішній день, у зв'язку з стрімким збільшенням потреб у обчислювальних потужностях в організації роботи автоматизованих систем керування (АСК) та програмно-апаратних комплексів, виникають задачі розподілу ресурсів між різноманітними застосунками.

Останнім часом необхідність інтеграції та взаємодії різних застосунків в рамках сукупності великої кількості інформаційних систем підприємства або декількох підприємств, об'єднаних в цілий партнерський ланцюг, справляють істотний вплив на програмні архітектури, що використовуються. Дані архітектури в реальних умовах реалізації базуються на гетерогенних інформаційно-обчислювальних мережах, що стимулювало інтерес до розробки композитних застосунків (КЗ). Композитний застосунок – програмне рішення для конкретної прикладної проблеми, яке пов'язує прикладну логіку процесу з джерелами даних і інформаційних послуг, що зберігаються на неоднорідній множині базових інформаційних систем. До композитних застосунків можуть

входити обчислювальні сервіси, джерела даних, сервіси візуалізації та ін.

Зазвичай композитні застосунки асоційовані з процесами діяльності і можуть об'єднувати різні етапи процесів, представляючи їх користувачеві через єдиний інтерфейс. Використання такого підходу при побудові архітектури складних інтегрованих інформаційних систем дозволяє:

- створити систему корпоративних композитних застосунків, заснованих на системі корпоративних Web-сервісів;
- організувати інтеграцію застосунків, бізнес-процесів з автоматизацією бізнес-процесів, включаючи Human Workflow;
- використовувати різні транспортні протоколи і стандарти форматування повідомлень, засоби забезпечення безпеки, надійної і своєчасної доставки повідомлень;
- істотно підвищити швидкість розробки прикладних програм і знизити витрати на поставлені цілі.

Технологія створення композитних застосунків є основопологаючою для корпоративних застосунків, оскільки забезпечує спадкоємність з попередніми предметними розробками внаслідок того, що ці програми зазвичай будуються із вже апробованих прикладних пакетів. Основна перевага композитних застосунків перед інтегрованими програмами полягає у відкритості та гнучкості їх структури. Це дозволяє ефективно управляти процесом виконання компонентів програми на різних ресурсах гетерогенного середовища.

Обґрунтовано вибір середовища виконання композитних застосунків. Доведено, що використання тимчасових децентралізованих середовищ для виконання КЗ може бути пов'язаним з рядом труднощів, а базовою тенденцією у розвитку обчислювальних середовищ виконання КЗ в даний час є створення методів і моделей побудови гібридних інфраструктур, які об'єднують виділені кластери, Грід-мережі і хмарні ресурси в єдиний логічний пул на базі приватних хмарних моделей з поступовим переходом до гібридної хмари.

У другому розділі розв'язано другу та третю задачі досліджень.

Для представлення математичної моделі припустимо, що всі доступні обчислювальні ресурси (ОР) для функціонуючого композитного застосунку представляють собою деяку множину доступних для КЗ ресурсів P , яка складається з S підмножин різних типів ресурсів, що дозволяє провести потипову декомпозицію множини ресурсів таким чином:

$$P = \bigcup_{s=1}^S P_s; \forall s_i \neq s_j, s_i, s_j \in \overline{1, S} \Rightarrow P_{s_i} \cap P_{s_j} = \emptyset, \quad (1)$$

де s – умовний номер певного типу ОР, $s \in \overline{1, S}$; P_s – множина обчислювальних блоків (ОБ) типу s .

В свою чергу кожний ОР типу s має певну кількість ОБ N_s . Якщо окремий блок з умовним номером i позначимо як p_{si} , то можемо зазначити

$$P_s = \bigcup_{i=1}^{N_s} p_{si}, \quad s \in \overline{1, S}, \quad (2)$$

де i – номер окремого блоку у відповідній множині P_s (нумерацію ресурсів одного типу можна побудувати за якоюсь суттєвою ознакою, наприклад, зробити впорядковану шкалу за цінністю ресурсу).

У свою чергу обрана ознака може оцінюватись як зі сторони провайдера (що продає ресурс), так і користувача, який цим ресурсом користується.

Виходячи із виразів (1) та (2) проведемо декомпозицію множини P за елементарними обчислювальними ресурсами:

$$P = \bigcup_{s=1}^S \bigcup_{i=1}^{N_s} p_{si}, \quad \text{card } P = \sum_{s=1}^S \text{card}(p_s). \quad (3)$$

Будемо розглядати розподіл ресурсів на протязі одного циклу обробки інформації у комп'ютерній системі загальною тривалістю $\tau_{заг}$, при чому $\tau_{заг} = [0, T_{заг}]$.

Під час планування виконання композитних застосунків необхідно враховувати проміжки часу, на протязі котрих необхідний блок обчислення p_{si} не має можливості виконувати обчислення пакету КЗ. Тоді множину доступних для КЗ інтервалів часу на ОБ з номером i типу s визначимо як об'єднання часових інтервалів, доступних для пакетів КЗ на протязі розглядаємого часового проміжку $T_{заг}$. Необхідна умова – всі без винятку завдання КЗ повинні початися не пізніше $T_{заг}$, тобто $t_{mn}^{(0)} \in \tau_{заг}, \forall n \in \overline{1, n_m}; \forall m \in \overline{1, N_{DS}}$, де $t_{mn}^{(0)}$ – відносний час початку n -го завдання m -го КЗ, N_{DS} – загальна кількість КЗ, що потребують розподілу ресурсів у часовому інтервалі розглядається, n_m – кількість незалежних завдань m -го КЗ.

Структура m -го КЗ задається орієнтованим ациклічним графом $AG_m = \langle DS_m, E_m \rangle$, де DS_m – множина завдань m -го КЗ, $DS_m = \bigcup_{n=1}^{n_m} DS_{mn}$; $\text{card } DS_m = n_m$, E_m – множина направлених ребер графа, $E_m = \{e_{ij}^{(m)} \mid i, j \in DS_m\}$.

Нехай множина R задає варіант розподілу ресурсів \mathfrak{R} між композитними застосунками, тоді

$$R = \{\mathfrak{R}\} = \left\{ \bigcup_{m=1}^{N_{DS}} \bigcup_{n=1}^{n_m} R_{mn} \right\},$$

де R_{mn} – кортеж, що конкретизує розподіл \mathfrak{R} для n -го завдання m -го КЗ таким чином: $R_{mn} = \eta(DS_{mn}, CP_{mn}) = \langle P_{si}(DS_{mn}), t_{mn}^{(0)} \rangle$, де CP_{mn} – множина обчислювальних блоків, здатних виконати завдання DS_{mn} , η – відображення на

множинах кортежем, таке, що $\eta: (DS, P) \rightarrow (P, T)$; $DS = \bigcup_{m=1}^{N_{DS}} DS_m$, P –

множина ресурсів, доступних пакету КЗ, $P_{si}(DS_{mn})$ – i -й обчислювальний блок (ОБ) типу s , що буде виконувати n -те завдання m -го КЗ з часу $t_{mn}^{(0)} \in \tau_{заг}$.

Введемо додаткові умови для виконання процесу розподілу ресурсів.

Жоден елементарний ресурс (обчислювальний блок) не може одночасно використовуватися для обчислювання декількох завдань. Виконання даної умови можливо за рахунок подальшої декомпозиції множин DS та P . Формально ця вимога виглядає таким чином:

$$P_{si}(DS_{m_1n_1}) = P_{si}(DS_{m_2n_2}) \Rightarrow \left[t_{mn}^{(0)}, t_{mn}^{(1)} \right] \cap \left[t_{mn}^{(0)}, t_{mn}^{(1)} \right] = \emptyset;$$

$$\forall m_1 m_2 \in \overline{1, N_{PS}}; \forall n_1 \in \overline{1, n_{m_1}}; \forall n_2 \in \overline{1, n_{m_2}}$$

Послідовність виконання завдань для кожного m -го КЗ відповідає графу AG_m , тобто кожне завдання може виконуватися тільки після завершення завдань попередників

$$\left(\forall i | e_{mn_i, mn_f} = 1 \right) \Rightarrow t_{mn_f}^{(0)} \geq \max_i \left(t_{mn_i}^{(1)} \right), \quad \forall n_f \in DS_m, \quad \forall m \in \overline{1, N_{DS}}. \quad (4)$$

Врахуємо витрати на комунікацію між завданнями одного КЗ. Для цього введемо матрицю об'єктів даних, що передаються, в межах одного КЗ

$$D_m = \left\{ d_{nn_f}^{(m)} \mid n, n_f \in \overline{1, n_m} \right\},$$

де d_{nn_f} – об'єм даних, що передається із завдання n до завдання n_f .

Відповідно задамо матриці, що сформуують час, необхідний для передачі даних при розподілі \mathfrak{R} : $\Theta_m(\mathfrak{R}) = \left\{ \theta_{nn_f}^{(m)} \mid n, n_f \in \overline{1, n_m} \right\}$, де $\theta_{nn_f}^{(m)} = \Theta_{nn_f}^{(mn)}(\mathfrak{R}, d_{nn_f}^{(m)})$ – час передачі сформованих даних від n до n_f .

Тоді умову (4) можна модернізувати таким чином:

$$\left(\forall i | e_{mn_i, mn_f} = 1 \right) \Rightarrow t_{mn_f}^{(0)} \geq \max_i \left(t_{mn_i}^{(1)} + \theta_{n_i n_f}^{(m)} \right), \quad \forall n_f \in DS_m, \quad \forall m \in \overline{1, N_{DS}}.$$

Час повного виконання пакету композитних застосунків визначається як

$$T_n = \max_{m \in \overline{1, N_{DS}}} \left(\max_{n \in \overline{1, n_m}} t_{mn}^{(1)} \right). \quad \text{Тоді, якщо виконується умова } T_n \leq T_{заг}, \text{ то пакет КЗ}$$

повністю реалізовано при обраному розподілі \mathfrak{R} на протязі одного циклу обробки інформації, в іншому випадку обраного інтервалу часу не вистачає.

Також можна виділити підмножини КЗ, котрі при обраному розподілі ресурсів \mathfrak{R} не встигнуть виконати усі завдання на протязі одного циклу

$$\text{обробки інформації, за допомогою умови } N_-(\mathfrak{R}) = \left\{ m \mid \max_{n \in \overline{1, n_m}} t_{mn}^{(1)} > T_{заг} \right\}.$$

Тоді необхідно враховувати часові вікна, на яких необхідний для обчислення блок P_{si} є доступним для обчислень обраного КЗ. Для цього, для кожного обчислювального блока та всіх запитів, котрі повинні використовувати

ці ОБ згідно розподілу \mathfrak{R} , введемо $\gamma_{si}(\mathfrak{R})$ – відображення інтервалу часу, що розглядається $\tau_{заг}$, у об’єднання множин інтервалів $\tau_{si}(\mathfrak{R})$:

$$\gamma_{si}(\mathfrak{R}) : \tau_{заг} \rightarrow \tau_{si}(\mathfrak{R}), \quad s = \overline{1, S}, \quad i = \overline{1, N_S}. \quad (5)$$

Множина $\tau_{si}(\mathfrak{R})$ формується таким чином: кожен її елемент є віртуальним неперервним часовим інтервалом, с об’єднанні множин інтервалів, доступних для конкретного запиту, тобто $\tau_{si}(\mathfrak{R}) = \bigcup_{P_{si}(DS_{mn}) \neq \emptyset} \tau_{si}(DS_{mn})$,

$\sum_{m=1}^{N_{DS}} \sum_{n=1}^{n_m} |\tau_{si}(DS_{mn})| \leq T_{заг}$, де $s = \overline{1, S}$, $i = \overline{1, N_S}$, $\forall n \in \overline{1, n_m}$; $\forall m \in \overline{1, N_{DS}}$, причому загальний час, що виділений для виконання n -го завдання m -го КЗ

розраховується як $\tau_{mn} = \sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^{N_S} |\tau_{si}(DS_{mn})|$, а неперервний відлік часу на об’єднанні інтервалів $\tau_{si}(DS_{mn})$ будемо проводити за допомогою додаткових змінних $t_{si,mn}$.

Загальний вигляд процесу виділення часових вікон завданню композитного застосунку схематично представлено на рис. 1.

Отже, введення віртуального часу за допомогою виразу (5) дозволяє враховувати часові вікна та суттєво скоротити ресурсні витрати при виконанні композитних застосунків.

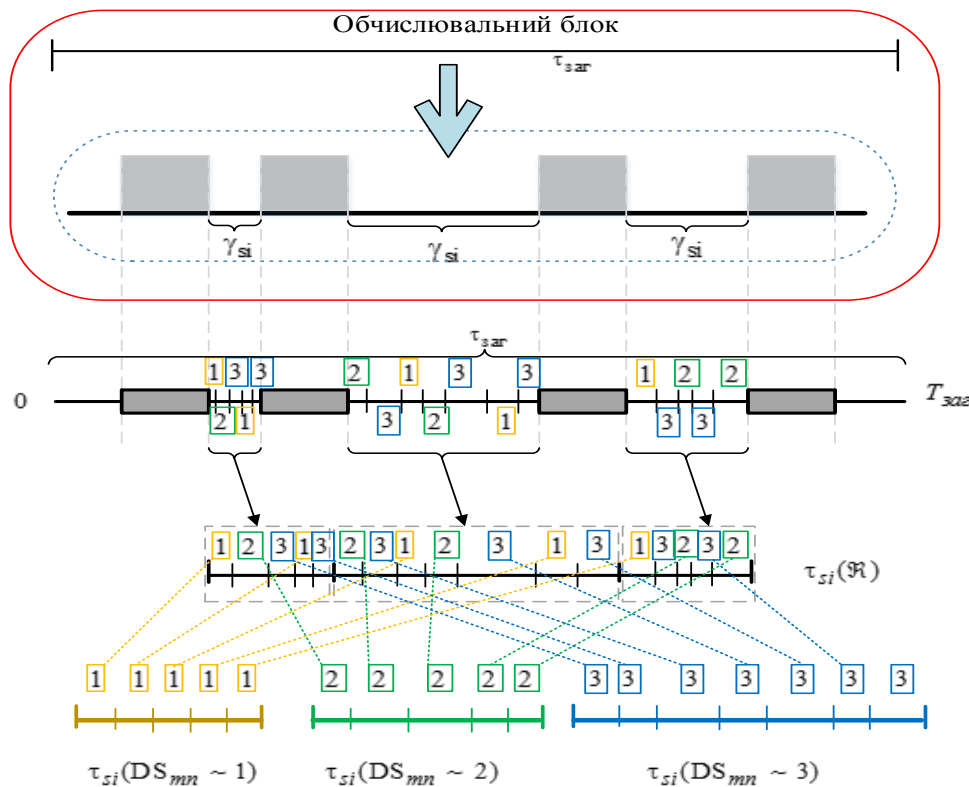


Рисунок 1 – Представлення часових вікон

Таким чином, отримано перший науковий результат.

Для розробленої математичної моделі, що враховує часові вікна при розподілі ресурсів великих комп’ютерних систем найбільш прийнятним

вважається показник утилізації, котрий, крім усього іншого, враховує збалансованість розподілу, що є суттєвим у даному випадку.

Функція утилізації ресурсів $q(t, \gamma_{si}(\mathfrak{R}))$ показує відсоток навантаження обчислювального блоку P_{si} під час обчислення певного завдання композитного застосунку DS_{mn} . Під ресурсами обчислювального блоку для функції утилізації ресурсів (ФУ) розуміємо сумарний показник таких характеристик як CPU/GPU, RAM, HDD. При цьому, треба враховувати, що для різних типів завдань потрібні різні типи ресурсів.

За допомогою рівня утилізації ресурсів на блоках P_{si} ми маємо змогу оцінити ступінь збалансованості розподілення завдань КЗ DS_m при фіксованому розподілі \mathfrak{R} . Це дає змогу більш збалансовано побудувати матрицю суміжності орієнтованого ациклічного графа AG_m . За рахунок цього зменшується час очікування обчислювальним блоком завдання попередника. Для досягнення такого результату нам необхідно враховувати ступінь утилізації ресурсів на блоках попередників, якщо утилізація наближається до відмітки 100% то можна вважати такий блок перевантаженим, тобто чим більша утилізація обчислювального блоку, тим критичніше обчислювальна здатність цього блоку, тоді необхідно замінити його на інший з множини обчислювальних блоків CP_{mn} . Функція утилізації дає змогу оцінити ефективність використання ресурсу. Якщо рівень насичення утилізації ресурсу близький до рівня 100%, то обчислювальна задача використовує обчислювальний блок ефективно.

Якість розподілу будемо визначати за допомогою функції утилізації ресурсів $q(t, \gamma_{si}(\mathfrak{R}))$, наприклад, при однаковій функції для всіх ресурсів, ступінь максимальної утилізації дорівнює 100%. Для функції утилізації

$$\int_0^{T_{\max}} q(t, \gamma_{si}(\mathfrak{R})) dt = \frac{1}{\sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^{N_S} |\tau_{si}(DS_{mn})|}.$$

Тоді можна визначити для кожного ресурсу вклад в сумарний показник утилізації як

$$W_{si} = \sum_{\tau_{si}(DS_{mn}) \in \tau_{si}(\mathfrak{R})} \frac{|\tau_{si}(DS_{mn})|}{\sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^{N_S} |\tau_{si}(DS_{mn})|} \int_0^{|\tau_{si}(DS_{mn})|} q(t_{si,mn}, \gamma_{si}(\mathfrak{R})) dt, \quad s = \overline{1, S}, \quad i = \overline{1, N_S},$$

тобто сумарний показник якості утилізації є таким: $W = \sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^{N_S} W_{si}$.

Таким чином, отримано другий науковий результат.

У третьому розділі розв'язано четверту задачу досліджень.

Розглянуті алгоритми розподілу мають поліноміальну складність і забезпечують пошук наближених рішень для поставлених задач, розмірність

яких може становити десятки і сотні тисяч невідомих змінних. При виконанні розподілу виникає необхідність впевнитися в якості отримуваних планів, для чого бажано отримати оптимальні рішення хоча б для подібних завдань низької розмірності. В цьому випадку можна застосувати точні комбінаторні алгоритми з відомими оптимізаційними прийомами типу «альфа-бета-відсікання» або «методу гілок і меж». За результатами порівняння наближених і точних рішень можна скорегувати параметри застосовуваних алгоритмів і налаштувати їх евристики з тим, щоб забезпечити належну якість результатів і при рішенні задач високої розмірності. На жаль, теоретичні дослідження дають занадто грубі оцінки, які не дозволяють судити про якість наближених рішень, отриманих відомими алгоритмами.

При формуванні плану виконання транзакцій композитних застосунків без урахування крайніх термінів завершення завдань, найбільш доцільними є жадібні алгоритми.

Основний недолік жадібних алгоритмів – велика ймовірність того, що знайдені рішення не будуть оптимальними. Основна перевага – швидкість знаходження рішення. Якщо постановка задачі потребує знаходження оптимального, а не раціонального рішення, то необхідне проведення аналізу можливостей його застосування. До оптимізаційної задачі можна застосувати принцип жадібного вибору, якщо послідовність локально оптимальних виборів дає глобальний оптимальний розв'язок.

Ідею, що лежить у використанні жадібних алгоритмів до розподілу ресурсів КЗ, можна описати таким чином:

- на кожному етапі розподілу ресурсів для КЗ розглядається деякий набір обчислювальних задач, які можуть належати різним КЗ;
- у існуючому наборі можуть міститися тільки задачі, виконання яких можливо на даний момент виходячи з відносин черговості графів КЗ;
- відповідно до значення деякого критерію вибору задач (КВЗ), вибирається одна ОЗ з набору КЗ, після чого вибрана ОЗ отримує ОБ відповідно до другого критерію призначення ресурсу (КПР);
- поповнення множини КЗ новими ОЗ здійснюється за існуючими моделями.

Для коректного розподілу ресурсів між ОЗ в представленому методі виникає необхідність в розподілі на базі критеріїв вибору завдання *MinEnd* або *MaxEnd*. Критерій вибору ресурсу дозволяє визначити ОБ з множини CP_{mn} для ОЗ, що буде на нього назначена. Час завершення завдання на ресурсах обраного типу розраховується з урахуванням поточного завантаження ресурсів їх утилізації та часу комунікації.

Задамо множину ОЗ *StPar* призначених для розподілу. Множина *StPar* формується з ОЗ, які не мають батьківських обчислювальних задач або вони вже виконані. Для поповнення множини *StPar* існують наступні методи:

- *PlanT*. Нова ОЗ додається до множини *StPar* лише у тому випадку коли виконуються умови: а) ОЗ не розподілена та не міститься в наборі; б) для неї розподілені всі батьківські ОЗ, які завершаються перед її виконанням .

– *ExecutT*. Проводиться розподіл ОЗ з множини *StPar*, далі множина *StPar* формується шляхом додавання ОЗ, у яких всі батьківські ОЗ були виконані.

Представлені критерії визначають групу методів розподілу *GreedPlan*, яка складеться з *KB3*, *KPP*, *PlanT|ExecutT*, отже розроблені методи розподілу мають наступний вигляд *GreedPlan(KB3, KPP, PlanT|ExecutT)*. Представлений план може мати додаткові критерії при розподілі обчислювальних задач КЗ.

Виконання розподілу пакету композитних застосунків можливо за допомогою таких методів:

– розподіл по обчислювальним задачам, тобто КЗ представлені до розподілу об'єднуються, потім за допомогою обраного алгоритму розподілу формується метод розподілу для одного КЗ;

– розподіл на основі пріоритезації КЗ - композитні застосунки з пакету *DS* розподіляються відповідно до деякого порядку в залежності від їх пріоритету за обраним параметром;

– розподіл на основі кластеризації ОЗ - множина обчислювальних задач NDS_{mn} розбивається на підмножини, які потім розподіляються на ОР в залежності від вимог розподілу.

Існують такі типи кластеризації: вертикальна та горизонтальна.

Етап розподілу на основі кластеризації полягає в розміщенні підмножини задач одного або декількох КЗ, відповідно число етапів залежить від способу групування завдань.

Так як вертикальна кластеризація може вважатися окремим випадком горизонтальної, формально спільне завдання кластеризації може бути описана

розбиттям множини завдань
$$NDS_{mn} = \bigcup_{m=1}^{N_{DS}} \bigcup_{n=1}^{n_m} DS_{mn}$$
 що належать пакету КЗ *DS*

на підмножину $CL = \bigcup_{k=1}^{N_{cl}} cl_k$, де N_{cl} - кількість кластерів отриманих при розбитті

множини NDS_{mn} , cl_k - кластер з номером k . З дотриманням умов що кожна задача DS_{mn} належить певному кластеру cl_k , тобто $\forall DS_{mn} \in NDS_{mn} \exists cl_k \in CL$, та кожна задача входить лише до одного кластеру cl_k .

Для використання мурашиного алгоритму проведемо його модифікацію. У нашому випадку мурахами ми будемо вважати існуючі ОЗ DS_{mn} композитного застосунку DS_m , що прийшов на обчислення, тоді шляхом вважатимемо ОБ певного типу, на якому може обчислюватися представлена ОЗ. Феромоном виступає блок статистики (БС) який тримає у собі значення критеріїв виконання ОЗ на обчислювальному блоці p_{si} , що обчислює задачу яка надійшла. До критеріїв виконання відносяться: мінімальний або максимальний час виконання ОЗ, та навантаження ОБ, значення утилізації ресурсів, час комунікації між обчислювальними блоками.

Щоб описати роботу методів представленого алгоритму необхідно обрати обчислювальні задачі DS_{mn} для розподілу їх на множину ресурсів P , так щоб

задача яка підтягаються розподілу не мала попередника. Для цього використаємо метод *ExecuT*, додавання нових задач також будемо проводити за допомогою даного методу. Для початку виконання алгоритму необхідно задати початкові значення феромонів, які будуть визначати привабливість *attrac* ОБ для виконання певної типової ОЗ.

Якщо розподіл задачі виконуються в перше, тоді необхідно враховувати лише значення початкової привабливості *attrac* обчислювального блоку. Для цього необхідно привабливість певного параметру усіх ОБ з множини обчислювальних блоків CP_{mn} , за 100%. Тоді ймовірність розподілу ОЗ на певний ресурс буде проводитись випадково, але з урахуванням відсоткового значення привабливості кожного ресурсу: $random(CP_{mn}(attrac))$.

При подальшому розподілі необхідно враховувати як початкові значення привабливості параметрів так і значення статистичної привабливості *attracSt* кожного ОБ що знаходяться в блоці статистики тобто $random(CP_{mn}(attrac, attracSt))$. В залежності від того, яке значення ваги у представленому виразі мають параметри *attrac* та *attracSt*, буде залежати значення зміни відсоткової частки привабливості. Представлений підхід дає змогу реалізувати пошук ОБ що буде мати найкращу привабливість для розподілу ОЗ в залежності від вибраного критерію, з урахування можливості зміни множини ресурсів доступних для виконання.

При виконанні розподілу ресурсів композитного застосунку за допомогою кластеризації виникає можливість внести додаткові параметри розподілу або модернізувати метод побудови плану розподілу за допомогою додаткових умов. До таких умов можна віднести метод розподілу ресурсів на основі мурашиного алгоритму що дасть змогу для більш гнучкого розширення можливостей кластеризаційного підходу. Під час модернізації виникає ускладнення алгоритму кластеризації, що приведе до збільшення кількості ітерацій при знаходженні оптимального плану, а отже збільшиться час його побудови. Але даний підхід може полегшити роботу мурашиного алгоритму з складними обчислювальними задачами, а отже привести до покращення показника якості розподілу

У четвертому розділ розв'язано п'яту задачу досліджень.

На базі розроблених методів і блоків побудована система розподілу та виконання транзакцій пакетів композитних застосунків.

Проведемо оцінку якості розподілу ресурсів гетерогенного хмарного середовища між композитними застосунками. Для цього за допомогою методів та прийомів математичного та імітаційного моделювання порівняємо результати розподілу ресурсів між КЗ.

Під час проведення експерименту необхідно враховувати такі параметри як: об'єм КЗ що передається, обчислювальна складність, побудова графу КЗ (час очікування задач попередників та їх кількість). Представлені параметри дають змогу чітко представити можливості розроблених методів розподілу ресурсів розподіленого хмарного середовища між транзакціями пакету композитних застосунків.

До порівняння представлено методи розподілу ресурсів за допомогою наступних алгоритмів: жадібного, мурашиного, кластерного, мурашино-кластерного, рис. 2.

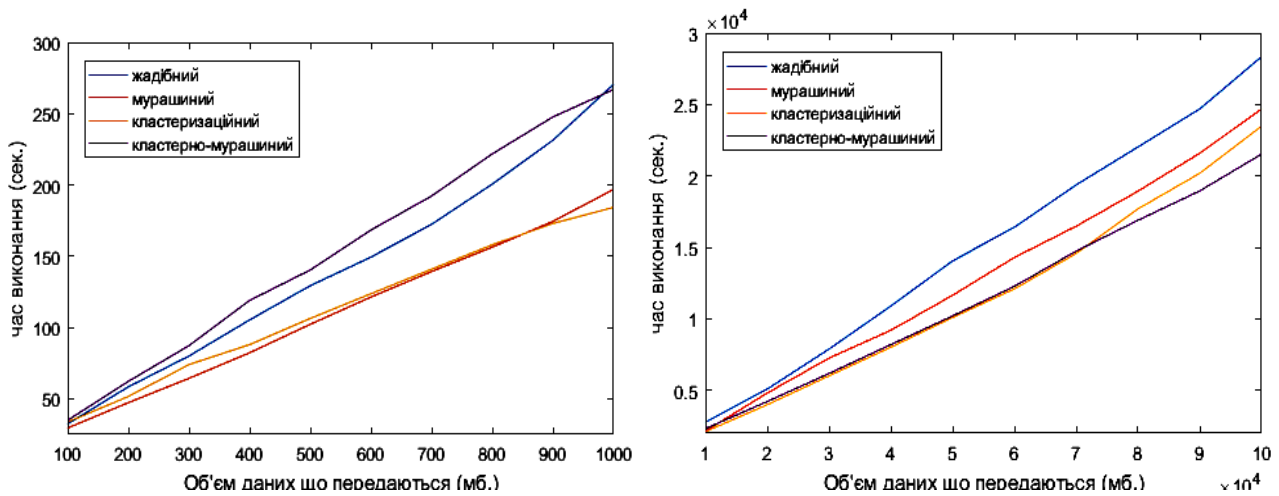


Рисунок 2 – Залежність часу виконання КЗ від алгоритму розподілу

Для оцінки якості розподілу ресурсів використаємо функцію утилізації ресурсів, що дає змогу зрозуміти навантаженість обчислювального блоку під час виконання створеного плану, а отже и враховувати такі параметри як доцільність використання ресурсу та ефективну передачу даних. Динаміка якості розподілу ресурсів представлена на рис. 3.

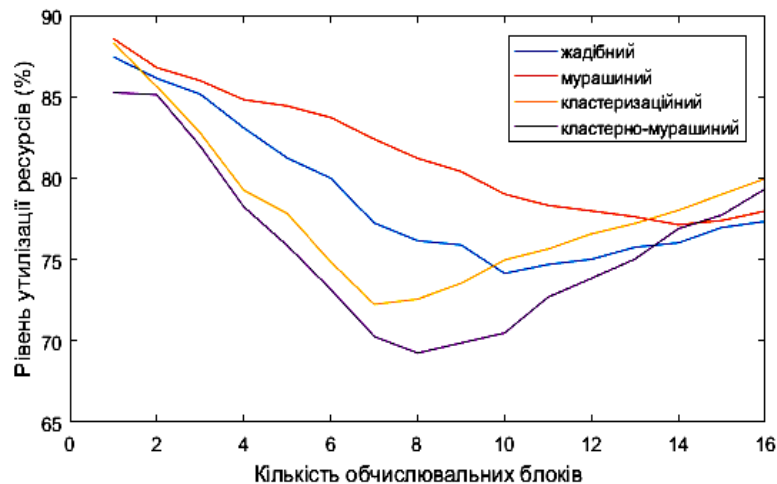


Рисунок 3 – Значення утилізації ресурсів в залежності від складності графу КЗ

За допомогою даних, що представлені на рис. 3, можливо зробити висновок що результативність розподілу змінюється в залежності від складності графу.

Для повного розуміння впливу складності формування плану розподілу транзакцій пакету композитних застосунків на час їх виконання, необхідно визначити залежність складності обчислювального графу КЗ і часу розрахунку його плану розподілу (рис. 4). На рис. 4 показано, як змінюється час створення плану ефективного розподілу транзакцій пакету композитних застосунків в гетерогеному розподіленому середовищі в залежності від складності побудови

графу композитного застосунку. Підтверджено, що мурашиний та кластерний алгоритми мають більший час побудови плану розподілу, це зумовлене кількістю необхідних транзакцій для знаходження оптимального розподілу обчислювальних задач. Але, незважаючи на необхідний час побудови плану, ці алгоритми стають більш ефективними при обчисленні задач які включають в себе більший об'єм даних, бо основну частку часу обробки транзакцій займає їх обчислення.

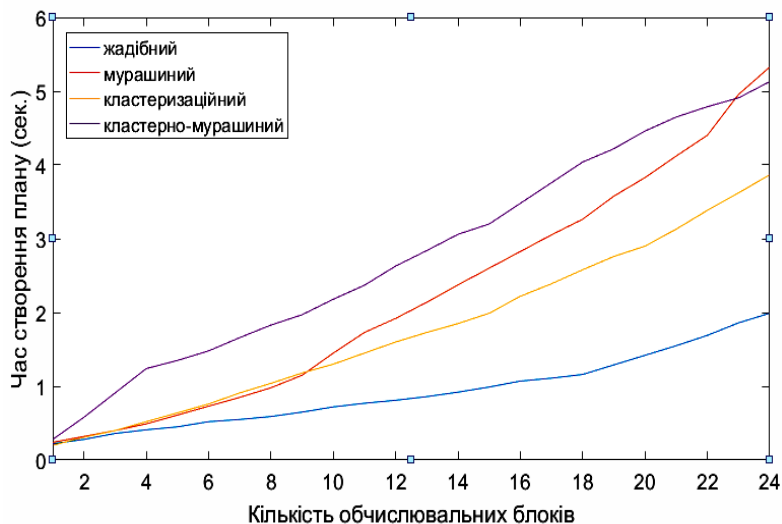


Рисунок 4 – Залежність часу побудови плану розподілу транзакцій пакету композитних застосунків від складності графу

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено основні результати розв'язання актуального наукового завдання розробки методів і засобів розподілу ресурсів між композитними застосунками в розподіленому середовищі з метою підвищення ефективності використання ресурсів розподілених комп'ютерних систем.

Це дало змогу отримати такі нові наукові і практичні результати:

1. Проведено аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку методів розподілу ресурсів між транзакціями, що паралельно виконуються у розподілених комп'ютерних системах. Проведено аналіз побудови систем виконання транзакцій композитних застосунків на базі хмарної та гібридно-хмарної архітектури, розглянуто загальні підходи до оптимізації їх архітектур. Обґрунтовано вибір середовища виконання композитних застосунків;

2. Обґрунтовано критерій оцінки якості розподілу ресурсів хмарного середовища між композитними застосунками, який на відміну від існуючих використовує показник утилізації ресурсів, що дозволило підвищити збалансованість навантаження при виконанні транзакцій композитних застосунків до 10%;

3. Розроблені математичні моделі процесу розподілу ресурсів між композитних застосунків, що виконуються паралельно у розподіленому хмарному середовищі, які, на відміну від існуючих, враховують часові вікна за допомогою введення віртуального часу на протязі розглядаємого часового інтервалу обробки інформації, що дозволяє враховувати періодично виникаючі обмеження щодо доступності певних ресурсів;

4. Розроблено методи визначення послідовності виконання транзакцій композитних застосунків, зокрема, це дозволило розвинути метод планування виконання транзакцій композитних застосунків за рахунок сумісного

використання жадібного, кластеризаційного та мурашиного алгоритмів оптимізації, що дозволило зменшити час виконання оптимального плану транзакцій у порівнянні з існуючими методами у середньому до 8%.

5. Проведено порівняльну оцінку розроблених та існуючих моделей і методів оброблення транзакцій композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах, що дозволило показати ефективність роботи розроблених моделей і методів.

6. Результати дисертаційної роботи впроваджено в Харківському територіальному управлінні філії “Центр будівельно-монтажних робіт та експлуатації будівель і споруд” ПАТ “Укрзалізниця”, в Державному підприємстві «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування», в Державному підприємстві «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

Запропоновані моделі та методи оброблення транзакцій композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах були застосовані при вдосконаленні існуючих комп'ютеризованих систем управління, та в ході виконання науково-дослідних робіт у проектно-конструкторських та проектно-дослідних установах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1 Бульба С. С., Кучук Г. А., Лисица Д. А. Создание композитных приложений на основе распределённых сервисов. *Системы обработки информации*. Харьков : ХУПС, 2016. Вип. 1(138). С. 144-147.

Здобувачем проаналізовано переваги і недоліки різних технологій створення композитного застосунків на основі розподілених сервісів, розроблений формальний опис окремого композитного застосунку.

2 Bulba S. S. Lysytsia D. O. Classification of methods assessment and management risk development software. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал*. 2016. Вип. 1(22). С. 135-138.

Здобувачем проаналізовано методи оцінки ризиків при розробці композитних застосунків в розподіленому середовищі.

3 Бульба С. С. Ресурсо-орієнтована математична модель базової мережі гетерогенної розподіленої системи. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава : ПНТУ, 2016. Вип. 2(38). С. 73-75.

4 Bulba S., Kuchuk N. Mathematical model of distribution of resources between composite applications. *New of Science and Education*. Sheffield : science and education ltd, 2017. 54(6). P. 72-80.

Здобувачем розроблено метод розподілу ресурсів між композитними застосунками з урахуванням часових вікон, критерій оцінки якості розподілу ресурсів між композитними застосунками.

5 Бульба С. С., Давидов В. В., Кучук Г. А. Метод розподілу ресурсів між композитними застосунками. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава : ПНТУ, 2018. Вип. 4(50). С. 99-104.

Здобувачем запропоновано спосіб розподілу наборів композитних за стосунків як з використанням мурашиного алгоритму, так і на базі кластеризаційного підходу з використанням мурашиного алгоритму.

6 Бульба С. С., Лукова-Чуйко Н. В., Лелет І. В. Система виконання сервісів Укрзалізниці як композитних додатків у розподіленій мережі. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті* : науково-технічний журнал. 2018. Вип. 2. С. 38-42.

Здобувачем обґрунтовано перехід до сучасної технології функціонування корпоративних сервісів у вигляді композитних додатків що функціонують на базі розподіленого хмарного середовища.

7 Vulba, S. Composite application distribution methods. *Сучасні інформаційні системи* : науково-технічний журнал. 2018. Вип. 2(3). С.128-131.

8 Семенов С. Г., Бульба С. С., Лисица Д. А. Правовые вопросы стандартизации процессов тестирования информационной и функциональной безопасности программных продуктов реального времени. *Проблеми науково – технічного та правового забезпечення кібербезпеки у сучасному світі*. Перша міжнародна науково-практична конференція. Харків : НТУ "ХПІ", 2016. С. 50.

Здобувачем проаналізовано методи оцінки ризиків при розробці композитних застосунків в розподіленому середовищі.

9 Бульба С. С., Кучук Г. А. Обзор вычислительных инфраструктур исполнения композитных приложений. *Проблеми інформатики та моделювання*. Тезиси п'ятнадцятої міжнародної науково-технічної конференції. Харків : НТУ "ХПІ", 2015. С. 24.

Здобувачем проаналізовано середовища виконання композитних за стосунків.

10 Бульба С. С. Математична модель гетерогенного розподіленого обчислювального середовища. *Проблеми інформатизації*. Тези доповідей четвертої міжнародної науково-технічної конференції. – Черкаси : ЧДТУ, 2016. С. 18.

11 Бульба С. С. Классификация композитных приложений по принципу развертывания. *Інформатика, управління та штучний інтелект*. Матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів. Харків: НТУ "ХПІ", 2016. С. 9.

12 Бульба С. С. Математична модель процесу розподілу ресурсів між композитними додатками. *Міжнародна наукова конференція MicroCAD* : Секція №21 - Інформатика і моделювання. НТУ "ХПІ", 2017. С. 55.

13 Бульба С. С. Математичне та імітаційне моделювання методів розподілу композитного застосунку. *Проблеми інформатизації*. Тези доповідей шостої міжнародної науково-технічної конференції. Черкаси : ЧДТУ, 2018. С. 111.

14 Бульба С. С. Система виконання сервісів Укрзалізниці як композитних додатків. Тези доповідей восьмої міжнародної науково-технічної конференції. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Полтава: ПНТУ, 2018. С. 45.

15 Бульба С. С. Метод розподілу ресурсів між композитними застосунками. *Інформатика, управління та штучний інтелект*. Матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів. Харків: НТУ "ХПІ", 2018. С. 17.

16 Патент України на корисну модель UA 125847 U, G06F 9/00. Система інтелектуального управління процесом розподілу ресурсів в хмарних обчислювальних середовищах, / Г. А. Кучук, С. Г. Семенов, С. С. Бульба, Д. О. Лисиця, Ю. Д. Свістунів, В. В. Лимаренко, Б. М. Резанов, С. А. Єфименко. – № 201712846; заявл. 26.12.2017; опубл. 25.05.2018. – Бюл. № 10/2018.

Здобувачем запропоновано створення блоку розподілу ресурсів з використанням алгоритмів ефективного розподілу ресурсів.

АНОТАЦІЇ

Бульба С.С. Моделі і методи оброблення транзакцій композитних застосунків у розподілених комп'ютерних системах. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти (12 – Інформаційні технології). – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Міністерство освіти і науки України, Харків, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукового завдання розробки методів і засобів розподілу ресурсів між композитними застосунками в розподіленому середовищі з метою підвищення якості виконання композитних застосунків.

Метою роботи є підвищення ефективності використання ресурсів розподілених комп'ютерних систем на основі розроблення нових та удосконалення існуючих моделей і методів оброблення транзакцій композитних застосунків.

У дисертаційній роботі вперше запропонована математична модель процесу розподілу ресурсів між композитними застосунками у розподіленому хмарному середовищі, яка на відміну від існуючих, враховує часові вікна за допомогою введення віртуального часу на протязі розглядаємого часового інтервалу обробки інформації, що дозволяє враховувати періодично виникаючі обмеження щодо доступності певних ресурсів.

Вдосконалено критерій оцінки якості розподілу ресурсів розподіленого хмарного середовища, який на відміну від існуючих використовує показник утилізації ресурсів, що дозволило підвищити збалансованість навантаження при виконанні транзакцій композитних застосунків.

Набув подальшого розвитку метод планування виконання транзакцій композитних застосунків за рахунок сумісного використання жадібного, кластеризаційного та мурашиного алгоритмів оптимізації, що дозволило зменшити час виконання оптимального плану транзакцій у порівнянні з існуючими методами у середньому до 8%.

Ключові слова: композитний застосунок, транзакції, показник утилізації ресурсів, збалансованість навантаження, комп'ютерні системи, хмарне

середовище, віртуальний час, обчислювальні середовища, оптимальний план розподілу.

Бульба С.С. Модели и методы обработки транзакций композитных приложений в распределенных компьютерных системах. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.13.05 – компьютерные системы и компоненты (12 – Інформаційні технології). – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2019.

Диссертация посвящена решению научной задачи разработки методов и средств распределения ресурсов между композитными приложениями в распределенной среде с целью повышения качества выполнения композитных приложений

Целью работы является повышение эффективности использования ресурсов распределенных компьютерных систем на основе разработки новых и усовершенствования существующих моделей и методов обработки транзакций композитных приложений.

В диссертационной работе проведен анализ современного состояния и тенденций развития методов распределения ресурсов между транзакциями, что параллельно используются в распределенных компьютерных системах;

Впервые предложена математическая модель процесса распределения ресурсов между композитными приложениями в распределенной облачной среде, которая в отличие от существующих, учитывает временные окна посредством введения виртуального времени в течение рассматриваемого временного интервала обработки информации, позволяющей учитывать периодически возникающие ограничения по доступности определенных ресурсов.

Усовершенствован критерий оценки качества распределения ресурсов распределенного, облачного среды, в отличие от существующих использует показатель утилизации ресурсов что позволило повысить сбалансированность нагрузки при выполнении транзакций композитных приложений.

Получил дальнейшее развитие метод планирования выполнения транзакций композитных приложений за счет совместного использования жадного, кластеризационного и муравьиного методов оптимизации, что позволило уменьшить время выполнения оптимального плана транзакций по сравнению с существующими методами до 8%.

Проведена сравнительная оценка разработанных и существующих моделей и методов обработки транзакций композитных приложений в распределенных компьютерных системах.

Полученные результаты позволяют построить эффективный план выполнения транзакций пакета композитных приложений в зависимости от сложности графа композитных приложений, и с учетом времени коммуникаций между вычислительными блоками.

Ключевые слова: композитное приложение, транзакции, показатель утилизации ресурсов, сбалансированность нагрузки, компьютерные системы, облачная среда, виртуальное время, вычислительные среды, оптимальный план распределения.

Bulba S.S. Models and methods of processing transactions of composite applications in heterogeneous distributed computer systems. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.13.05 – computer systems and components (12 - Information Technology). – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2019.

The dissertation is devoted to solving the problem of resource allocation between composite applications in distributed cloud environments on the basis of mathematical model development (mathematical models and methods) of transaction processing of a composite application.

The aim of the work is to increase the efficiency of the use of distributed computer systems resources, based on the development of new and improved existing models and methods of handling the transactions of composite applications.

In the dissertation the mathematical model of the process of distribution of resources between composite applications in a distributed cloud environment was proposed for the first time, which, in contrast to the existing ones, takes into account time windows by introducing virtual time during the considered time interval of information processing, allowing to take into account periodically arising restrictions on availability of certain resources.

The criterion for assessing the quality of distribution of distributed, cloud-based resources is improved, which, unlike existing ones, uses the utilization rate of resources, and allowed to increase the balance of load when executing transactions of composite applications.

Has further developed the method of planning the implementation of transactions of composite applications due to the joint use of greedy, clustering and ant methods of optimization, which reduced the time to execute the optimal plan of transactions in comparison with existing methods up to 8%.

Keywords: composite application, transactions, resource utilization rate, load balancing, computer systems, cloud environment, virtual time, computing environments, optimal distribution plan.

Відповідальний за випуск
Вчений секретар НТУ «ХП»
д.т.н., проф. Заковоротний О.Ю.

Підписано до друку 08.04.2019 р. Формат 60x80 1/16.
Папір офсетний. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 0,9.
Наклад 100 прим. Замовлення № 427-19.

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні ФОП В. В. Петров
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис No 24800000000106167 від 08.01.2009 р.
61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к.137, тел. (057) 78-17-137.
e-mail:bookfabrik@mail.ua