

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

Петровська Інна Юріївна

УДК 004.75:004.451.22 (043.3)

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**МЕТОДИ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**  
**ПРИ НАДАННІ ХМАРНИХ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПОСЛУГ**

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія  
Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Подается на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



І.Ю.Петровська

Науковий керівник:  
Кучук Георгій Анатолійович,  
доктор технічних наук, професор

Харків – 2023

## АНОТАЦІЯ

*Петровська І.Ю.* Методи розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового доктора філософії (PhD) за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія. – Національний технічний інститут «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків, 2023.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі щодо підвищення ефективності використання хмарних обчислювальних ресурсів при застосуванні технології, що базується на моделі «Інфраструктура у якості сервісу», шляхом розробки методів розподілу ресурсів у хмарному середовищі..

*Об'єкт дослідження* – процес розподілу ресурсів у хмарному середовищі при використанні технології, що базується на моделі «Інфраструктура у якості сервісу».

*Предмет дослідження* – методи розподілу ресурсів у комп'ютерних системах, інфраструктура яких міститься у хмарному середовищі.

*Метою дисертаційної роботи* є підвищення ефективності використання хмарних обчислювальних ресурсів при використанні технології, що базується на моделі «Інфраструктура у якості сервісу» шляхом розробки методів розподілу ресурсів між користувачами хмари.

У *вступі* обґрунтовано актуальність розподілу ресурсів у хмарному середовищі, представлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, наведено наукову новизну, представлено практичне значення отриманих результатів, надано інформацію щодо особистого внеску здобувача, представлено перелік публікацій за темою дисертації.

У *першому розділі* проведений аналіз методів розподілу ресурсів у хмарних середовищах. Зокрема, розглянуті Особливості хмарних обчислювальних систем та розподілу ресурсів в них. Проаналізовані існуючі статичні і динамічні методи розподілу ресурсів у віртуальних середовищах.

Проведений порівняльний аналіз підходів до розподілу ресурсів у хмарному середовищі з різними моделями обслуговування. На основі проведеного аналізу сформульовані задачі дослідження.

*У другому розділі* основна увага приділена завданню базового виділення ресурсів хмарного середовища з моделлю обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу». Для його вирішення проведена декомпозиція хмарного середовища, обґрунтований вибір методу для базового виділення хмарних ресурсів та запропонований метод базового виділення ресурсів хмарного середовища користувачу, орієнтованому на модель IaaS. Також наведений приклад базового завантаження віртуального хоста за допомогою запропонованого методу.

*У третьому розділі* запропонований розгляд етапів методу адаптивного розподілу хмарних ресурсів при використанні моделі обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу». Зокрема, проведене узагальнення вимог до методу розподілу хмарних ресурсів при використанні моделі обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу» та запропонована структура методу адаптивного розподілу хмарних ресурсів. В межах даної структури розроблені метод адаптивного прогнозування на основі тесту на послідовність серій, метод превентивного формування черг запитів на віртуальні машини хмарного середовища та модель багатоцільового розподілу ресурсів, які дали можливість реалізувати адаптивний розподіл хмарних ресурсів у випадку використання моделі обслуговування «Інфраструктура у якості сервісу».

*У четвертому розділі* проведені дослідження запропонованих методів розподілу ресурсів в комп'ютерних системах при наданні хмарних інфраструктурних послуг. Зокрема, досліджені на імітаційній моделі методи прогнозування запитів на ресурси на основі тесту на послідовність серій та адаптивного розподілу хмарних ресурсів. Також наведені практичні рекомендації по використанню адаптивного методу розподілу хмарних ресурсів.

У висновках наведено основні результати наукової роботи щодо вирішення поставлених наукових задач дослідження.

За результатами дослідження отримано такі наукові результати:

1) отримав подальший розвиток метод базового виділення ресурсів хмарного середовища користувачу, орієнтованому на модель «Інфраструктура у якості сервісу», шляхом попередньої декомпозиції множини доступних ресурсів на зони за допомогою введення нерівномірних шкал та використання методу аналізу ієрархій, що дозволяє підвищити рівень балансування завантаження хмарних ресурсів;

2) вперше розроблено метод превентивного формування черг запитів на віртуальні машини хмарного середовища при використанні технології, орієнтованої на модель «Інфраструктура у якості сервісу», який враховує результати аналізу попередніх даних та базується на моделі багатоцільового розподілу хмарних ресурсів, що дозволяє завчасно провести прогнозування завантаженості фізичних пристроїв хмарного середовища та запобігти втратам обчислювального ресурсу;

3) удосконалено метод адаптивного розподілу ресурсів хмарного середовища, який відрізняється від відомих використанням тестування на послідовність серій, математичного апарату удосконаленого генетичного алгоритму NSGA-II та результатами прогнозу запитів на віртуальні машини, що дозволяє підвищити ефективність використання хмарних обчислювальних ресурсів за рахунок реалізації балансу між ресурсами центрального процесора та оперативної пам'яті та зменшення затримки в обслуговуванні хмарних ресурсів.

*Практичне значення отриманих результатів* полягає в тому, що розроблені у роботі методи є науково-практичною основою для подальшого удосконалення хмарного середовища, при використанні технології, орієнтованої на модель «Інфраструктура у якості сервісу». Представлені на їх основі інженерні методи та алгоритми дають змогу:

– провести короткочасне прогнозування можливих запитів на обчислювальні ресурси хмарного середовища при використанні технології, орієнтованої на модель «Інфраструктура у якості сервісу»;

– сформувані можливі черги запитів на найбільш витратний за часом формування хмарний ресурс – віртуальні машини, з відхиленням від реальних запитів не більше 15%;

– підвищити рівень балансування завантаження обчислювальних ресурсів хмарного середовища при використанні технології, орієнтованої на модель «Інфраструктура у якості сервісу», за показником середнього квадратичного відхилення до 8%;

– зменшити затримку в обслуговуванні обчислювальних ресурсів до 5%.

За результатами дослідження підтверджено практичну та теоретичну цінність розроблених методів, надано практичні рекомендації, щодо застосування розроблених методів та розглянуто перспективи їх подальшого розвитку.

*Ключові слова:* комп'ютерна система, хмарні обчислення, розподіл ресурсів, багатопроцесорна система, система підтримки прийняття рішень, інфокомунікаційна мережа, нейронна мережа, метод аналізу ієрархій, балансування, буферна пам'ять, тестування, сумісність, транзакція, обчислювальний вузол.

#### *Список публікацій здобувача*

*Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати:*

1. Петровська І. Ю., Кучук Н. Г., Панченко В. І., Філоненко А. М. Рівномірний розподіл ресурсів комп'ютерних систем, що мають гіперконвергентну інфраструктуру. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2019, Вип. 2 (54). С. 119–122. DOI: 10.26906/SUNZ.2019.2.119.

2. Петровська І. Ю., Коломійцев О. В., Алнаері Фрхат Алі. Метод розрахунку розміру буферної пам'яті самовідновлювального сегмента

телекомунікаційної мережі. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021, вип. 2 (64). С. 144–147. DOI: 10.26906/SUNZ.2021.2.144.

3. Petrovska Inna, Kuchuk Heorhii. Static allocation method in a clod environment with a service model IAAS. *Сучасні інформаційні системи*. Харків: НТУ «ХП», 2022, Т. 6, № 3. С. 99–105. DOI: 10.20998/2522-9052.2022.3.13.

4. Петровська І. Ю., Кучук Г. А. Розподіл обчислювальних ресурсів у хмарних системах. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022, вип. 2 (68). С. 75–78.

DOI: 10.26906/SUNZ.2022.2.75.

5. Petrovska Inna, Kuchuk Heorhii. Adaptive resource allocation method for data processing and security in cloud environment. *Сучасні інформаційні системи*. Харків: НТУ «ХП», 2023, Т. 7, № 3. С. 67–73.

DOI: 10.20998/2522-9052.2023.3.10.

*Опубліковані праці апробаційного характеру:*

6. Петровська І. Ю. Методи розподілу ресурсів в хмарних обчислювальних середовищах. *Проблеми інформатизації*: Тези доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції. Черкаси – Баку – Бельсько-Бяла – Харків, 2019. С. 75.

7. Петровська І. Ю., Заполовський М. Й., Шемякін Є. Ю. Система автоматизованного тестування серверної частини мобільного додатку. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції. Баку – Харків – Жиліна, 2020, Т. 2. С.15.

8. Петровська І. Ю., Заполовський М. Й., Мітяєв А. С. Розроблення та дослідження мобільного додатку на основі фреймворку REACT NATIVE. *Проблеми інформатизації*: Тези доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції. Черкаси – Баку – Бельсько-Бяла – Харків, 2020, Т. 2. С. 23.

9. Петровська І. Ю., Кучук Г. А., Кучук Н.Г. Підходи до розподілу ресурсів у хмарних обчислювальних середовищах. *Проблеми інформатизації* : Тези доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції. Черкаси – Баку – Бельсько-Бяла – Харків, 2021, Т. 2. С. 48.

10. Петровська І. Ю., Кучук Г. А. Особливості розподілу ресурсів в хмарних обчислювальних середовищах. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління* : Матеріали ХІІ Міжнародної науково-технічної конференції. Баку – Харків – Жиліна, 2022. Т. 1. С. 26.

11. Petrovska Inna, Yefymenko Serhii, Hryhorenko Ihor, Khoroshilo Iurii, Hryhorenko Svitlana. Evaluation of informativeness of indicators in colorimetric control using discriminative analysis. *32 International Scientific Symposium on MMA*. Созопіль, Болгарія, 2022. DOI: 10.1109/MMA55579.2022.9992712.

12. Petrovska Inna, Kuchuk Heorhii, Mozhaiev Mykhailo. Features of the distribution of computing resources in cloud systems. *2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology Conference*. Харків, 2022.

DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916459.

13. Kuchuk H., Petrovska I. Modeling data processing programs in the self-healing network. *15th International symposium of Croatian metallurgical society SHMD*. Загреб, Хорватія, 2022. С. 575.

14. Петровська І. Ю., Кучук Г. А. Порівняння хмарних та туманних обчислень для Інтернету Речей. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління* : Матеріали ХІІІ Міжнародної науково-технічної конференції. Баку – Харків – Жиліна, 2023, Т. 2. С.53.

15. Rezanov B., Semenova A., Petrovska I., Fesenko T. Model for Providing the Second Factor of Authentication Into Authentication Services with Centralized Account Databases. *Proceedings of the 5th International Scientific and Technical Conference "Computer and Information Systems and Technologies"*. Харків, ХНУРЕ, 2021. С. 46-47.

URL: <http://csitic.nure.ua/article/view/232201>.

## ABSTRACT

*Inna Petrovska.* Methods of resource allocation in computer systems when providing cloud infrastructure services. Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining a scientific doctor of philosophy (PhD) in specialty 123 - Computer engineering. - National Technical Institute "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine, Kharkiv, 2023.

The dissertation is devoted to solving the current scientific problem of developing methods of resource allocation in a cloud computing environment to increase the efficiency of their use and minimize costs when using technology based on the "Infrastructure as a service" model.

The object of research is the process of resource allocation in a cloud computing environment using technology based on the "Infrastructure as a service" model.

The subject of research is methods of resource allocation in computer systems, the infrastructure of which is contained in a cloud computing environment.

The aim of the dissertation work is to increase the efficiency of cloud computing resources when using technology based on the "Infrastructure as a service" model by developing methods of resource distribution among cloud users.

The introduction substantiates the relevance of the distribution of resources in the cloud computing environment, presents the connection of the work with scientific programs, plans and topics, provides scientific novelty, presents the practical significance of the obtained results, provides information on the personal contribution of the recipient, presents a list of publications on the topic of the dissertation.

In the first chapter, an analysis of resource allocation methods in cloud computing environments is carried out. In particular, the Peculiarities of cloud computing systems and the distribution of resources in them are considered. Existing static and dynamic methods of resource allocation in virtual environments are analyzed. A comparative analysis of approaches to resource allocation in a cloud



computing environment with different service models was carried out. Based on the analysis, the research objectives were formulated.

In the second chapter, the main attention is paid to the task of basic resource allocation of the cloud environment with the service model "Infrastructure as a service". To solve it, the decomposition of the cloud computing environment, the justified choice of the method for the basic allocation of cloud resources, and the proposed method of the basic allocation of resources of the cloud environment to the user, oriented on the IaaS model, were made. An example of a basic virtual host load using the proposed method is also provided.

In the third section, consideration of the stages of the method of adaptive distribution of cloud resources when using the service model "Infrastructure as a service" is proposed. In particular, a generalization of the requirements for the method of cloud resource distribution when using the service model "Infrastructure as a service" was carried out and the structure of the method of adaptive distribution of cloud resources was proposed. Within the framework of this structure, the method of adaptive forecasting based on the series sequence test, the method of preventive formation of queues of requests for virtual machines of the cloud computing environment and the model of multi-purpose distribution of resources were developed, which made it possible to implement the adaptive distribution of cloud resources in the case of using the service model "Infrastructure as a service" .

In the fourth chapter, studies of the proposed methods of resource allocation in computer systems for the provision of cloud infrastructure services are carried out. In particular, the methods of forecasting requests for resources based on the series sequence test and adaptive distribution of cloud resources were studied on a simulation model. Practical recommendations for using the adaptive method of cloud resource allocation are also given.

In the conclusions, the main results of the scientific work regarding the solution of the set scientific problems of the research are presented.

According to the results of the research, the following scientific results were obtained:

1) the method of basic resource allocation of the cloud computing environment to the user oriented to the "Infrastructure as a service" model was further developed by preliminary decomposition of the set of available resources into zones using the introduction of uneven scales and the use of the method of analysis of hierarchies, which allows to increase the level of load balancing of cloud resources ;

2) for the first time, a method of preventive formation of queues of requests for virtual machines of the cloud computing environment was developed using technology oriented to the "Infrastructure as a service" model, which takes into account the results of the analysis of previous data and is based on a model of multi-purpose distribution of cloud resources, which allows for early forecasting of the load of physical cloud environment devices and prevent loss of computing resources;

3) the method of adaptive distribution of resources of the cloud computing environment has been improved, which differs from the known ones by the use of series sequence testing, the mathematical apparatus of the improved genetic algorithm NSGA-II and the results of the forecast of requests for virtual machines, which allows to increase the efficiency of the use of cloud computing resources due to the implementation of a balance between resources of the central processor and RAM and reducing the delay in servicing cloud resources.

The practical significance of the obtained results is that the methods developed in the work are a scientific and practical basis for the further improvement of the cloud computing environment, when using technology focused on the "Infrastructure as a service" model. The engineering methods and algorithms presented on their basis enable:

- carry out short-term forecasting of possible requests for computing resources of the cloud environment when using technology focused on the "Infrastructure as a service" model;

- form possible queues of requests for the most time-consuming cloud resource - virtual machines, with a deviation from real requests of no more than 15%;

- increase the level of load balancing of computing resources of the cloud environment when using technology focused on the "Infrastructure as a service" model, based on the average squared deviation of up to 8%;

- reduce the delay in servicing computing resources to 5%.

*Based on the results* of the study, the practical and theoretical value of the developed methods was confirmed, practical recommendations were given regarding the application of the developed methods, and the prospects for their further development were considered.

*Keywords:* computer system, cloud computing, resource allocation, multiprocessor system, decision support system, information communication network, neural network, hierarchical analysis method, balancing, buffer memory, testing, interoperability, transaction, computing node.

#### *List of publications of the acquirer*

##### *Scientific works in which the main scientific results were published:*

1. Petrovska I. Yu., Kuchuk N. H., Panchenko V. I., Filonenko A. M. Rivnomirnyi rozpodil resursiv kompiuternykh system, shcho maiut hiperkonverhentnu infrastrukturu. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*. Poltava: Natsionalnyi universytet «Poltavska politekhnika imeni Yurii Kondratiuka», 2019, Vyp. 2 (54). C. 119–122.

DOI: 10.26906/SUNZ.2019.2.119.

2. Petrovska I. Yu., Kolomiitsev O. V., Alnaeri Frkhat Ali. Metod rozrakhunku rozmiru bufernoi pamiaty samovidnovliuvalnoho sehmenta telekomunikatsiinoi merezhi. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*. Poltava: Natsionalnyi universytet «Poltavska politekhnika imeni Yurii Kondratiuka», 2021, Vyp.2 (64). C. 144–147.

DOI: 10.26906/SUNZ.2021.2.144.

3. Petrovska Inna, Kuchuk Heorhii. Static allocation method in a clod environment with a service model IAAS. *Modern information systems. Kharkiv: NTU "KhPI", 2022, T. 6, № 3. C. 99–105. DOI: 10.20998/2522-9052.2022.3.13.*

4. Petrovska I. Yu., Kuchuk H. A. Rozpodil obchysliuvalnykh resursiv u khmarnykh systemakh. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*. Poltava: Natsionalnyi universytet «Poltavska politehnika imeni Yurii Kondratiuka», 2022, Vyp.2 (68). C. 75–78.

DOI: 10.26906/SUNZ.2022.2.75.

5. Petrovska Inna, Kuchuk Heorhii. Adaptive resource allocation method for data processing and security in cloud environment. *Modern information systems*. Kharkiv: NTU "KhPI", 2023, T. 7, № 3. C. 67–73.

DOI: 10.20998/2522-9052.2023.3.10.

*Опубліковані праці апробаційного характеру:*

6. Petrovska I. Yu. Metody rozpodilu resursiv v khmarnykh obchysliuvalnykh seredovyschakh. *Problemy informatyzatsii* : Tezy dopovidei VII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Cherkasy – Baku – Belsko-Biala – Kharkiv, 2019. C. 75.

7. Petrovska I. Yu., Zapolovskyi M. Y., Shemiakin Ye. Yu. Systema avtomatyzovannoho testuvannia servernoi chastyny mobilnoho dodatku. *Suchasni napriamy rozvytku informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii ta zasobiv upravlinnia*: Materialy X Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii . Baku – Kharkiv – Zhylyna, 2020, T. 2. C.15.

8. Petrovska I. Yu., Zapolovskyi M. Y., Mitiaiev A. S. Rozroblennia ta doslidzhennia mobilnoho dodatku na osnovi freimvorku REACT NATIVE. *Problemy informatyzatsii*: Tezy dopovidei IIX Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Cherkasy – Baku – Belsko-Biala – Kharkiv, 2020, T. 2. C. 23.

9. Petrovska I. Yu., Kuchuk H. A., Kuchuk N.H. Pidkhody do rozpodilu resursiv u khmarnykh obchysliuvalnykh seredovyschakh. *Problemy informatyzatsii*: Tezy dopovidei IX Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Cherkasy – Baku – Belsko-Biala – Kharkiv, 2021, T. 2. C. 48.

10. Petrovska I. Yu., Kuchuk H. A. Osoblyvosti rozpodilu resursiv v khmarnykh obchysliuvalnykh seredovyschakh. *Suchasni napriamy rozvytku informatsiino-*

*komunikatsiinykh tekhnolohii ta zasobiv upravlinnia: Materialy XII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Baku – Kharkiv – Zhylina, 2022, T. 1. C.26.*

11. Petrovska Inna, Yefymenko Serhii, Hryhorenko Ihor, Khoroshilo Iurii, Hryhorenko Svitlana. Evaluation of informativeness of indicators in colorimetric control using discriminative analysis. *32 International Scientific Symposium on MMA. Sozopil, Bolhariia, 2022.*

DOI: 10.1109/MMA55579.2022.9992712.

12. Petrovska Inna, Kuchuk Heorhii, Mozhaiev Mykhailo. Features of the distribution of computing resources in cloud systems. *2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology Conference. Kharkiv, 2022.*

DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916459.

13. Kuchuk H., Petrovska I. Modeling data processing programs in the self-healing network. *15th International symposium of Croatian metallurgical society SHMD. Zahreb, Khorvatiia, 2022. C. 575.*

14. Petrovska I. Yu., Kuchuk H. A. Porivniannia khmarnykh ta tumannykh obchyslen dlia Internetu Rechei. Suchasni napriamy rozvytku informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii ta zasobiv upravlinnia : Materialy XIII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Baku – Kharkiv – Zhylina, 2023. T. 2. C.53.

15. Rezanov B., Semenova A., Petrovska I., Fesenko T. Model for Providing the Second Factor of Authentication Into Authentication Services with Centralized Account Databases. Proceedings of the 5th International Scientific and Technical Conference "Computer and Information Systems and Technologies". Kharkiv, XHYPE, 2021. C. 46-47. URL: <http://csitic.nure.ua/article/view/232201>.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....  | 4  |
| ВСТУП .....  | 6  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ У ХМАРНИХ<br>СЕРЕДОВИЩАХ .....   | 13 |
| 1.1. Особливості хмарних обчислювальних систем .....   | 13 |
| 1.2. Особливості розподілу ресурсів в хмарних обчислювальних<br>системах .....   | 16 |
| 1.3. Методи розподілу ресурсів у віртуальних середовищах.....  | 22 |
| 1.3.1 Динамічні методи розподілу базового навантаження .....   | 23 |
| 1.3.2 Статичні методи розподілу базового навантаження .....  | 28 |
| 1.4. Порівняльний аналіз підходів до розподілу ресурсів<br>у хмарному середовищі з різними моделями обслуговування .....                             | 31 |
| 1.5. Обґрунтування завдання підвищення ефективності<br>використання ресурсів хмарного середовища. ....   | 35 |
| 1.6. Висновки за розділом 1 .....  | 37 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДУ БАЗОВОГО ВИДІЛЕННЯ РЕСУРСІВ<br>ХМАРНОГО SEREDOVISHCHA Z MODELLIU OBLUGOVUVANNIA<br>«ІНФРАСТРУКТУРА У ЯКОСТІ СЕРВІСУ» ..... | 38 |
| 2.1. Декомпозиція хмарного середовища .....  | 39 |
| 2.2. Обґрунтування вибору методу для базового виділення<br>хмарних ресурсів .....  | 42 |
| 2.3. Метод базового виділення ресурсів хмарного середовища<br>користувачу, орієнтованому на модель IaaS.....   | 47 |
| 2.4. Приклад базового завантаження віртуального хоста .....  | 52 |
| 2.5. Висновки за розділом 2 .....  | 59 |

|   |     |
|---|-----|
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДУ АДАПТИВНОГО РОЗПОДІЛУ<br>ХМАРНИХ РЕСУРСІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОДЕЛІ<br>ОБСЛУГОВУВАННЯ «ІНФРАСТРУКТУРА У ЯКОСТІ СЕРВІСУ» ..... | 61  |
| 3.1. Узагальнення вимог до методу розподілу хмарних ресурсів<br>при використанні моделі обслуговування «Інфраструктура у<br>якості сервісу» .....     | 62  |
| 3.2. Структура методу адаптивного розподілу хмарних ресурсів .....  | 66  |
| 3.3. Метод адаптивного прогнозування на основі тесту на<br>послідовність серій .....  | 69  |
| 3.4. Метод превентивного формування черг запитів на віртуальні<br>машини хмарного середовища .....  | 77  |
| 3.5. Модель багатоцільового розподілу ресурсів .....  | 81  |
| 3.6. Висновки за розділом 3 .....   | 92  |
| РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТОДІВ<br>РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ<br>ПРИ НАДАННІ ХМАРНИХ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПОСЛУГ .....       | 95  |
| 4.1. Дослідження методу прогнозування запитів на ресурси на<br>основі тесту на послідовність серій .....  | 95  |
| 4.2. Дослідження методу адаптивного розподілу<br>хмарних ресурсів .....   | 105 |
| 4.3. Практичні рекомендації по використанню адаптивного методу<br>розподілу хмарних ресурсів .....  | 111 |
| 4.4. Висновки за розділом 4 .....   | 114 |
| ВИСНОВКИ .....  | 116 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....  | 120 |
| ДОДАТОК А СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ<br>ДИСЕРТАЦІЇ.....   | 135 |
| ДОДАТОК Б АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ<br>НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....   | 138 |