

**Scientific journal**

**IT SYNERGY**

---

**2021**

**Issue 1**

---

**Науковий журнал**

**IT SYNERGY**

---

**2021**

**№ 1**

---

**Kyiv 2021**

SCIENTIFIC JOURNAL  
**IT SYNERGY**

*Published since 2021 year*

*Two time a year*

---

ISSN

Kyiv, 2021, № 1 (1)

---

**Establishers:**

Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University

**The journal is included in scientometric databases:**

**Google Scholar**

**CrossRef** <http://doi.org/10.53920/ES>

**Editors**

**Moskalenko Artem,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

**Editor board:**

**Hrybiuk Olena**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

**Ivko Serhii**, Candidate of Technical Sciences (Poltava, Ukraine)

**Makoveichuk Oleksandr**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

**Odarushchenko Oleg**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

**Sokol Galina**, Candidate of Technical Sciences (Kharkiv, Ukraine)

**Technical editor** Kravchik Yurii, PhD.

Recommended for publication by the decision of the Academician Yuriy Bugay  
International Scientific and Technical University (Ukraine),  
protocol № 03/2021 from 30.11.2021

**Editorial board**

**address:**

Scientific journal "IT Synergy",  
Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical  
University, provulok Magnitogorsky, 3, Kyiv 02094, Ukraine.



(095) 945-77-80

**e-mail:**

[journal@istu.edu.ua](mailto:journal@istu.edu.ua)

**web:**

<http://its.istu.edu.ua/>

Registered by the Ministry of Justice of Ukraine  
Certificate of state registration of the print media Series KB № 24967-14907P dated  
20.09.2021

- © Academician Yuriy Bugay International  
Scientific and Technical University
- © Editorial board "IT Synergy", 2021

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ  
**IT SYNERGY**

Засновано у червні 2021 року

Виходить 2 рази на рік

---

ISSN

Київ, 2021, № 1 (1)

---

**Засновник:**

ЗВО "Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая"

**Журнал включено до наукометричних баз:**

Google Scholar

CrossRef <http://doi.org/10.53920/ITS>

**Головний редактор**

**Москаленко Артем Олексійович,**

кандидат технічних наук, доцент,

ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ, Україна)

**Редакційна колегія:**

**Гриб'юк Олена Олександрівна**, кандидат педагогічних наук, доцент (Київ, Україна)

**Івко Сергій Олександрович**, кандидат технічних наук (Полтава, Україна)

**Маковейчук Олександр Миколайович**, доктор технічних наук, доцент (Київ, Україна)

**Одарущенко Олег Миколайович**, доктор технічних наук, доцент (Київ, Україна)

**Сокол Галина Вікторівна**, кандидат технічних наук (Харків, Україна)

**Технічний редактор**

**Кравчик Юрій**, канд. екон. наук, доцент

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЗВО "Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая", протокол № 03/2021 від 30.11.2021

**Editorial board address:**

Науковий журнал "IT Synergy",

ЗВО "Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая", провулок Магнітогорський, 3, м. Київ, 02094, Україна



(095) 945-77-80

**e-mail:**

[journal@istu.edu.ua](mailto:journal@istu.edu.ua)

**web:**

<http://its.istu.edu.ua/>

Зареєстровано Міністерством юстиції України

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

Серія КВ № 24967-14907Р від 20 вересня 2021 року

© Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая  
© Редакція журналу "IT Synergy", 2021

---

**CONTENTS**

|  |    |
|--|----|
| <b>Oleh MATIUSHCHENKO, Ganna ZAVOLODKO</b><br><i>EXPERIENCE USING VOICE ASSISTANTS .....</i>   | 5  |
| <b>Halyna SOKOL, Artem KULHAVIJ, Serhii TUR, Dmytro TELESHUN</b><br><i>MULTIDIMENSIONAL SIGNALS COMPRESSION ALGORITHM DEVELOPMENT<br/>USING WAVELET TRANSFORMS .....</i>                 | 10 |
| <b>Volodymyr VORONYANSKY, Galina MIKITENKO,<br/>Olga SIDORINA, Natalia SAMSONENKO</b><br><i>COMPARATIVE ANALYSIS OF SPELLING CHECK SERVICES .....</i>                                    | 18 |
| <b>Yuriy PONOCHOVNIY, Oleg PRYADA, Yuriy SOROKA, Yuriy DIKUN</b><br><i>MODEL OF SERVER POOL FOR ESTIMATION OF ENERGY CONSUMPTION IN<br/>BIG DATA PROCESSING .....</i>                    | 26 |
| <b>Serhiy DAVIDENKO, Bogdan BOYCHUK</b><br><i>BASIC PRINCIPLES OF CONVERGENCE OF TELECOMMUNICATION<br/>NETWORKS AND METHODS FOR THEIR MATHEMATICAL DESCRIPTION .....</i>                 | 32 |
| <b>Halyna SOKOL, Yuliya TOKAR, Vitaly VORONETS,<br/>Mahmoud Tarwat Ibrahim MOHAMMED</b><br><i>"INTERNET OF THINGS" - AS A PROSPECT FOR THE DEVELOPMENT OF<br/>MOBILE SYSTEMS .....</i>   | 49 |
| <b>Ganna ZAVOLODKO, Daria PAVLOVA,<br/>Yana KOLESNIKOVA, Maksym SUKMANSKYI</b><br><i>INTERSTAGE OPTIMIZATION OF DATA PROCESSING OF DISTRIBUTED<br/>AIRSPACE MONITORING SYSTEMS .....</i> | 58 |

---

**ЗМІСТ**

|  |    |
|--|----|
| <b>Олег МАТЮЩЕНКО, Ганна ЗАВОЛОДЬКО</b><br><i>ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ГОЛОСОВИХ ПОМІЧНИКІВ .....</i>   | 5  |
| <b>Галина СОКОЛ, Артем КУЛЬГАВИЙ, Сергій ТУР, Дмитро ТЕЛЕШУН</b><br><i>РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ БАГАТОВИМІРНИХ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ .....</i>              | 10 |
| <b>Володимир ВОРОНЯНСЬКИЙ, Галина МИКИТЕНКО, Ольга СИДОРІНА, Наталія САМСОНЕНКО</b><br><i>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СЕРВІСІВ ПЕРЕВІРКИ ПРАВОПИСУ .....</i>                                   | 18 |
| <b>Юрій ПОНОЧОВНИЙ, Олег ПРЯДА, Юрій СОРОКА, Юрій ДИКУН</b><br><i>МОДЕЛЬ ПУЛУ СЕРВЕРІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ ВЕЛИКИХ ДАНИХ .....</i>                             | 26 |
| <b>Сергій ДАВІДЕНКО, Богдан БОЙЧУК</b><br><i>ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ КОНВЕРГЕНЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ТА МЕТОДИ ЇХ МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ .....</i>   | 32 |
| <b>Галина СОКОЛ, Юлія ТОКАР, Віталій ВОРОНЕЦЬ, Махмуд Тарват Ібрахім МОХАМЕД</b><br><i>«ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ» – ЯК ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ .....</i>                           | 49 |
| <b>Ганна ЗАВОЛОДЬКО, Дар`я ПАВЛОВА, Яна КОЛЕСНІКОВА, Максим СУКМАНСЬКИЙ</b><br><i>МІЖЕТАПНА ОПТИМІЗАЦІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ .....</i> | 58 |

УДК 004.052  
DOI : 10.53920/ITS-2021-1-4

**Юрій ПОНОЧОВНИЙ**

Полтавський державний аграрний університет  
ORCID ID: 0000-0002-6856-2013  
e-mail: yuriy.ponch@gmail.com

**Олег ПРЯДА**

ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»  
e-mail: oleg\_pryada@ukr.net

**Юрій СОРОКА**

ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»  
e-mail: yuriy\_soroka@ukr.net

**Юрій ДИКУН**

ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»  
e-mail: yuriy\_dikun@ukr.net

## МОДЕЛЬ ПУЛУ СЕРВЕРІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

*Розглянуто платформи для організації систем обробки великих даних. Деталізовано питання розгортання, використання, складу архітектури та можливостей Apache Spark в хмарі Azure. Розглянуто компоненти кластера Apache Spark в Azure HDInsight. Виділено види диспетчерів кластерів Apache Mesos, Apache Hadoop YARN і Spark. Наведено загальну модель обслуговування завдання у Spark кластері, що дозволяє оцінити ймовірність відмови завдання, серверну складову часу затримки до відгуку SparkContext, показники енергоспоживання компонент архітектури. В цій моделі розглядається три типи груп ресурсів: гарячого (hot), теплого (warm) і холодного (cold) пулів фізичних серверів. Побудована стохастична модель фізичного сервера гарячого пулу у вигляді марковського графа. Наведені формули для розрахунку загального середнього енергоспоживання фізичного сервера.*

**Ключові слова:** великі дані, кластер, пул серверів, марковська модель, енергоспоживання.

**Yuriy PONOCHOVNIY**

Poltava State Agriculture University

**Oleg PRYADA,**

**Yuriy SOROKA,**

**Yuriy DIKUN**

Higher Educational Institution "Academician Yuriy Bugay  
International Scientific and technical university"

## MODEL OF SERVER POOL FOR ESTIMATION OF ENERGY CONSUMPTION IN BIG DATA PROCESSING

*Platforms for the organization of big data processing systems are considered. Details of the deployment, use, architecture, and capabilities of Apache Spark in the Azure cloud are detailed. The components of the Apache Spark cluster in Azure HDInsight are considered. The types of cluster managers Apache Mesos, Apache Hadoop YARN and Spark are distinguished. The general model of task maintenance in the Spark cluster is given, which allows to estimate the probability of task failure, the server component of the delay time to the response of*

*SparkContext, the energy consumption of the architecture components. This model considers three types of resource groups: hot, warm, and cold pools of physical servers. A stochastic model of a physical hot pool server in the form of a Markov graph is constructed. The formulas for calculating the total average power consumption of a physical server are given.*

**Key words:** *big data, cluster, server pool, Markov model, power consumption.*

### **Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

На ринку сьогодні існує багато платформ для організації систем обробки великих даних. Існують як пропріетарні (комерційні), так і відкриті (вільні). На основі відкритих платформ, таких як Apache Hadoop, Apache Spark та ін. багато компаній створюють свої інфраструктури та пропонують засоби для їх управління, зокрема, надають комплекси для перетворення наявних ресурсів в хмарні OpenStack, CloudFoundry, Azure.

Для того, щоб вибрати найбільш підходящу платформу і хмарного провайдера необхідно чітко сформулювати вимоги, що пред'являються до хмари, а також провести пробне тестування всіх можливих платформ. Найчастіше це найкращий спосіб зрозуміти, чи підходить рішення або необхідно пробувати створювати своє на основі відкритих платформ.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Питання моделювання кластерних ресурсів були розглянуті в [1,2], аналітичне моделювання ресурсів обробки великих даних надано в [3]. В дослідженнях [4,5] розглянуті імітаційні моделі кластерних обчислень.

### **Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми**

Метою даної статті є розробка марковської моделі компоненти Spark кластера – гарячого пулу фізичних серверів для оцінки їх енергоспоживання.

### **Виклад основного матеріалу**

Apache Spark – це платформа паралельної обробки, яка підтримує роботу в пам'яті, щоб підвищити продуктивність додатків для аналізу великих даних. Однією із кількох пропозицій Spark в Azure (це хмарна реалізація Apache Spark від Майкрософт) є Apache Spark в Azure HDInsight [6].

Кластери Spark в HDInsight сумісні з BLOB-об'єктами Azure, Azure Data Lake Storage першого покоління або Azure Data Lake Storage 2-го покоління, що дозволяє застосовувати роботу Spark до існуючих сховищ даних.

Spark пропонує примітиви для кластерних обчислень у пам'яті. Завдання Spark може завантажувати дані, розміщувати їх у кеш у пам'яті та багаторазово їх запитувати [7]. Обчислення в пам'яті виконується на багато швидше, ніж у додатках, що користуються дисками (наприклад, додаток Hadoop, який керується доступом через розподілену файлову систему Hadoop (HDFS)). Spark також інтегрується в мову програмування Scala, що дає можливість керувати розподіленими наборами даних, такими як локальні колекції. Немає необхідності структурувати обмін даними через операції порівняння та редукації.

Кластери Apache Spark в HDInsight включають наступні компоненти:

- Ядро Spark. Включає ядро Spark, Spark SQL, потокові API-інтерфейси Spark, GraphX і MLlib.
- Anaconda
- Apache Livy

- Записна книжка Jupyter
  - Записна книжка Apache Zeppelin
- Кластери Spark в HDInsight включають драйвер ODBC для підключень засобів бізнес-аналітики, таких як Microsoft Power BI [6].

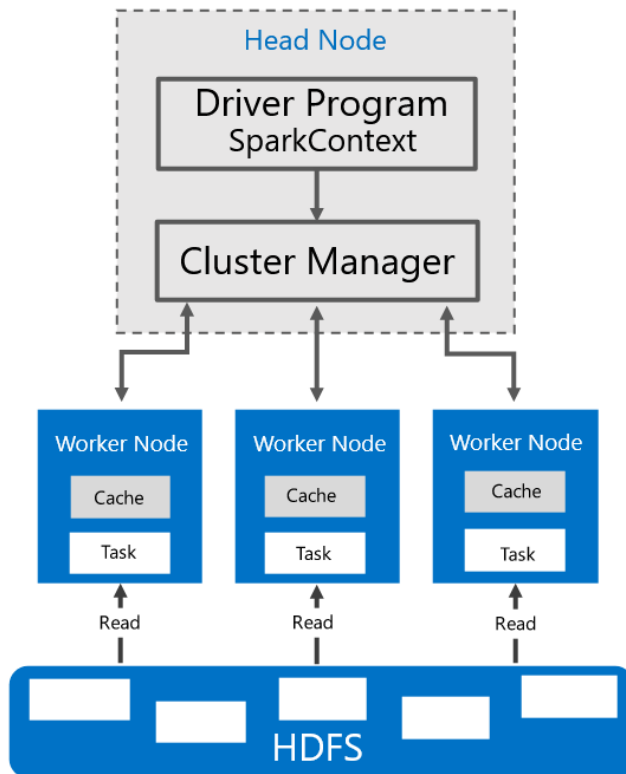


Рис. 1. Архітектура кластера Spark [6]

Завдання Spark виконуються як незалежні набори процесів у кластері. Вони координуються об'єктом SparkContext в основній програмі, що називається програмою драйвера).

SparkContext може підключатися до різних типів диспетчерів кластерів, які розділяють ресурси між додатками. До цих диспетчерів кластерів відносяться Apache Mesos, Apache Hadoop YARN і Spark. У HDInsight Spark виконується з використанням диспетчера кластерів YARN. Після підключення Spark знаходить виконавців на робочих вузлах кластера. Виконавці – це процеси, які вибирають і зберігають дані для додатків. Потім Spark відправляє виконавцям код додатків (визначений у JAR- або Python-файлах, переданих у SparkContext). В кінці SparkContext відправляє виконавцям підзадачі для виконання.

SparkContext виконує основну функцію користувача та здійснює різні паралельні операції на робочих вузлах. Потім SparkContext збирає результати операцій. Робочі засоби обчислюють дані з розподіленої файлової системи Hadoop і записують їх назад. Крім того, робочі вузли розміщують перетворені дані в кеш-пам'яті як стійкі розподілені набори даних (RDD).

SparkContext підключається до головного вузла Spark і відповідає за перетворення додатків в орієнтований граф (направлений ациклічний граф, DAG) для окремих задач. Такі завдання виконуються в рамках процесу виконання на робочих вузлах. Кожен додаток отримує окремі процеси виконавця, які залишаються активними під час виконання додатків і обробляють завдання в кількох потоках.

У роботі розглянута загальна модель обслуговування завдання у Spark кластері, що дозволяє оцінити ймовірність відмови завдання, серверну складову часу затримки до відгуку SparkContext, показники енергоспоживання компонент архітектури. Модель, згідно [2], представлена на рис.2.

Після надходження заявки на SparkContext, вона потрапляє у буфер (чергу) спеціальної системи-вирішувача (RPDE - Resource provisioning decision engine), здійснюючої пошук вільного ресурсу, здатного обслужити цю заявку. Як проілюстровано на рис.2, в системі можливі два види відмов в обслуговуванні заявки - при переповненні черги вхідних заявок системи-вирішувача і при недостатності фізичних, віртуальних і буферних ресурсів безпосередньої ланки обслуговування заявки. Також в цій моделі розглядається три типи груп ресурсів: гарячого (hot), теплого (warm) і холодного (cold) пулів фізичних серверів.

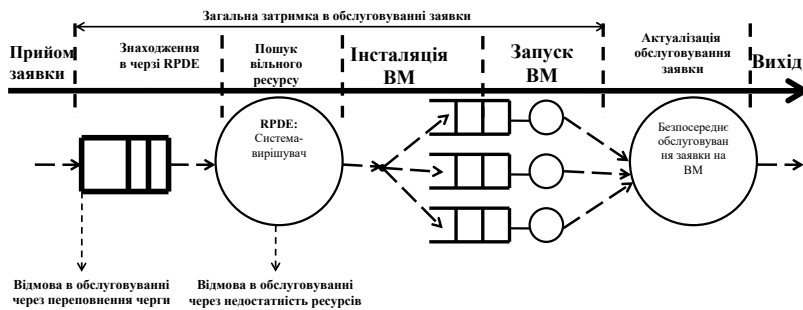


Рис.2. Загальна модель функціонування Spark кластера

У гарячому пулі фізичні сервера постійно включені і готові до розгортання на них необхідної кількості віртуальних машин (VM). На фізичних серверах теплого пулу живлення включене, але вони знаходяться в режимі очікування, і не готові до розгортання VM. Фізичні сервера холодного пулу знаходяться у вимкненому стані.

Таким чином, загальна модель функціонування Spark кластера повинна включати наступні елементи:

- модель системи-вирішувача;
- модель фізичних серверів гарячого пулу;

- модель фізичних серверів теплового пулу;
- модель фізичних серверів холодного пулу;
- модель безпосереднього обслуговування завдання.

Перелічені моделі в [2,5] побудовані з використанням математичного апарату неперервних та дискретних ланцюгів Маркова.

Стохастична модель фізичного сервера гарячого пулу у вигляді марковського графа представлена на рис.3. Граф складається з набору станів  $S_{i,j,k}$ : де  $i$  - кількість заявок в черзі,  $j$  - кількість розгорнутих ВМ (0 або 1),  $k$  - кількість ВМ, обслуговуючих заявки. Якщо ВМ не розгорнуті, то система простає; у такому режимі вона споживає  $h_l$  Ватт електроенергії (табл.1).

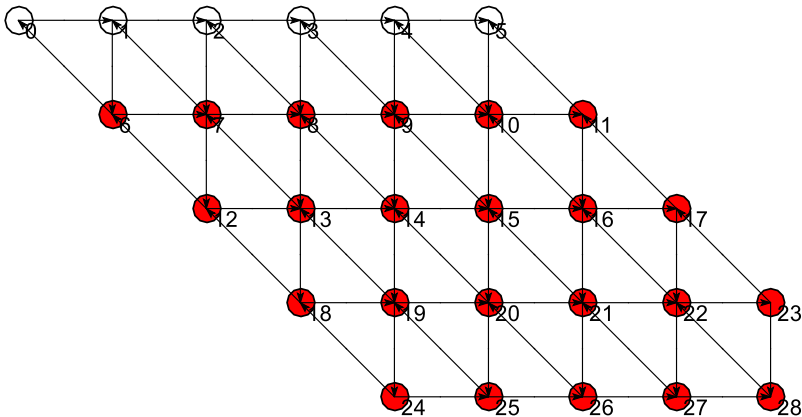


Рис.3. Модель споживання електроенергії при функціонуванні одного фізичного сервера в гарячому пулі, білим позначено стани зі споживанням  $h_l$  Ватт, червоним – зі споживанням  $h_l+k \cdot v_a$  Ватт

Передбачається, що при запусненій ВМ в середньому споживається  $v_a$  Ватт електроенергії. Виходячи з цього, кожен стан  $S_{i,j,k}$  характеризується споживанням  $r(i,j,k)=h_l+k \cdot v_a$  Ватт електроенергії. Загальне середнє енергоспоживання фізичного сервера  $W_h$  визначається як сума сталих значень енергоспоживання усіх його станів:

$$W_h = \sum_{\forall(i,j,k)} P_{i,j,k} \cdot (h_l + k \cdot v_a)$$

Сумарне енергоспоживання гарячого пулу, що містить  $n_h$  серверів складе  $T_h=n_h \cdot W_h$  Ватт електроенергії.

Таблиця 1

**Енергоспоживання станів моделі гарячого пулу**

| № з/п | Індекси станів                            | Потужність, що споживається (Ватт) |
|-------|---|------------------------------------|
| 1     | $(0,0,0)$ $(i,1,0)$ , $0 \leq i \leq L_h$ | $h_l$                              |
| 2     | $(i,j,k)$ , $1 \leq k \leq m_h$           | $h_l+k \cdot v_a$                  |

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

У статті було розглянуто марковські модель енергоспоживання компоненти Spark інфраструктури: гарячого пулу фізичних серверів. Розроблені моделі подібні до класичних СМО-моделей з чергами, але на відміну від них мають декілька ярусів. Подальші дослідження слід спрямувати на

розробку інтегрованих стратегій обслуговування компонент Spark архітектури з урахуванням відмов апаратних, програмних засобів і політики інформаційної безпеки.

### Література

1. Вичужанін В.В. Розподілений програмний комплекс на базі фреймворка Apache Spark для обробки поточкових big data від складних технічних систем. *Informatics and Mathematical Methods in Simulation Vol. 8* (2018), No. 2, pp. 146-155.
2. Rahul Ghosh. Scalable Stochastic Models for Cloud Services. Dissertation of Doctor of Philosophy. Department of Electrical and Computer Engineering. Duke University 2012. 515 P.
3. Кластер Spark. URL: [https://docs.sbercloud.ru/aicloud/mlspace/concepts/environments\\_\\_environments\\_\\_spark-cluster.html](https://docs.sbercloud.ru/aicloud/mlspace/concepts/environments__environments__spark-cluster.html) (дата звернення 11.11.2021)
4. Мінухін С.В. Дослідження продуктивності кластера Apache Spark на платформі Azure для методів машинного навчання. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2020. № 1(63). С. 81-88. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.63.11>.
5. Гурін В.С. Метод зменшення енерговитрат при проектуванні хмарних ресурсів з послугою iaas з використанням імітаційних моделей / В.С. Гурін, А.С. Гурін, Ю.Л. Поночовний. Новітні інформаційні системи та технології. Полтава: ПНТУ, 2018. Т. (8). Режим доступу: <http://journals.nupp.edu.ua/mist/article/view/1472> (дата звернення: 11.11.2021)
6. Apache Spark в Azure HDInsight. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/hdinsight/spark/apache-spark-overview> (дата звернення 11.11.2021)
7. The official site of SPARK.APACHE. URL: [www.spark.apache.org/](http://www.spark.apache.org/) (дата звернення 11.11.2021)

### References

1. Vychuzhanin V.V. Distributed software package based on the Apache Spark framework for processing streaming big data from complex technical systems. *Informatics and Mathematical Methods in Simulation Vol. 8* (2018), no. 2, pp. 146-155.
2. Rahul Ghosh. Scalable Stochastic Models for Cloud Services. Dissertation of Doctor of Philosophy. Department of Electrical and Computer Engineering. Duke University 2012. 515 p.
3. Spark cluster. URL: [https://docs.sbercloud.ru/aicloud/mlspace/concepts/environments\\_\\_environments\\_\\_spark-cluster.html](https://docs.sbercloud.ru/aicloud/mlspace/concepts/environments__environments__spark-cluster.html) (accessed 11.11.2021)
4. Minukhin S.V. Apache Spark cluster performance study on the Azure platform for machine learning methods. Collection of scientific works of Kharkiv National University of the Air Force. 2020. № 1 (63). Pp. 81-88. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.63.11>.
5. Gurin V.S. Method of reducing energy consumption in the design of cloud resources with iaas service using simulation models. The modern information systems and technologies. Poltava: PNTU, 2018. T. (8). URL: <http://journals.nupp.edu.ua/mist/article/view/1472> (access date: 11.11.2021)
6. Apache Spark in Azure HDInsight. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/hdinsight/spark/apache-spark-overview> (accessed 11/11/2021)
7. The official site of SPARK.APACHE. URL: [www.spark.apache.org/](http://www.spark.apache.org/) (accessed 11/11/2021)

Підписано до друку 30.11.2021. Формат 30×42/8.  
Папір офсетний. Гарнітура SF Compact.  
Друк різнографією. Ум. друк. арк. – 7.82. Обл.-вид. арк. – 6,35.  
Тираж 100. Зам. № 1/192/2021

---

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі ХНУ.  
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1.  
Свідоцтво про внесення в Державний реєстр, серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р.