

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Центр післядипломної освіти  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ Програмної інженерії  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський)

### Дослідження ефективності використання хмарних сервісів у менеджменті проектів

(тема)

Виконав:

Студент 2 курсу, групи ІПЗзДМ-19-2  
Марченко К. Ю.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 121, «Інженерія програмного  
забезпечення»

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо – наукова  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Керівник професор Смеляков С. В.  
(посада, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ З.В. Дудар  
(підпис) (прізвище, ініціали)

2021 р.



6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Спецчастина	професор Смеляков С. В.		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі	25.02.2021	виконано
2	Постановка задачі	10.03.2021	виконано
3	Проведення дослідження	01.04.2021	виконано
4	Підготовка пояснювальної записки	01.05.2021	виконано
5	Підготовка презентації та доповіді	08.05.2021	виконано
6	Попередній захист	11.05.2021	виконано
7	Перевірка на академічний плагіат	11.05.2021	виконано
8	Нормоконтроль	13.05.2021	виконано
9	Рецензування	16.05.2021	виконано
10	Знесення диплома в електронний архів	16.05.2021	виконано
11	Допуск до захисту у зав. кафедри	19.05.2021	виконано

Дата видачі завдання 25 січня 2021р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ професор Смеляков С. В.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

**РЕФЕРАТ / ABSTRACT**

Кваліфікаційна робота магістра містить: 59 с., 19 рис., 7 табл., 19 джер.

ТЕХНОЛОГІЇ, ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ, ХМАРНІ ПРОВАЙДЕРИ,  
ХМАРНІ СЕРВІСИ, AWS, AZURE

Об'єкт дослідження – хмарні сервіси.

Мета дослідження – дослідження ефективності використання хмарних сервісів.

Метод рішення – порівняльний аналіз хмарних сервісів AWS та Azure.

В ході роботи було досліджено хмарні сервіси AWS та Azure, отримано результати порівняльного аналізу та ефективності використання даних технологій, сформовані рекомендації.

AWS, AZURE, CLOUD COMPUTING, CLOUD PROVIDERS, CLOUD SERVICES, TECHNOLOGIES

Object of the research – cloud services.

The purpose of the research is to study of the effectiveness of cloud services.

During the research cloud services AWS and Azure were studied, the results of comparative analysis and efficiency of the usage of these technologies were obtained, recommendations were given.

Я, Марченко Катерина Юріївна, студент групи ПЗЗдм-19-2, здобувач вищої освіти на другому (магістерському) рівні кафедри «Програмна інженерія», заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему «Дослідження ефективності використання хмарних сервісів у менеджменті проектів», що буде представлена в екзаменаційну комісію для публічного захисту, виконана самостійно, в ній не

містяться елементи плагіату і вона може бути опублікована в електронному архіві відкритого доступу E1Ar KhNURE. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Я ознайомена з діючим положенням «Про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ.....	9
1.1 Визначення хмарних обчислень.....	9
1.2 Переваги хмарних обчислень .....	10
1.3 Моделі розгортання .....	11
1.4 Моделі надання хмарних послуг .....	12
1.5 Постановка задачі .....	13
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ...	14
2.1 Позиції хмарних провайдерів на ринку .....	14
2.2 Хмарні сервіси AWS та Azure .....	15
2.2.1 Обчислювальні сервіси .....	15
2.2.2 Зберігання інформації .....	16
2.2.3 Ключові інструменти.....	18
2.2.4 Цінова політика.....	19
3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ .....	20
3.1 Опис проекту .....	20
3.2 Розгортання проекту за допомогою AWS .....	21
3.3 Розгортання проекту за допомогою Azure .....	23
3.4 Оцінка і порівняння продуктивності систем.....	25
3.5 Оцінка і порівняння продуктивності веб-серверів .....	30
3.6 Додаткові можливості, які пропонують хмарні провайдери та які відповідають специфіці проекту.....	33

3.7 Оцінка економічної ефективності.....	35
3.8 Рекомендації.....	38
ВИСНОВКИ.....	39
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	40
ДОДАТОК А.....	42
ДОДАТОК Б.....	43
ДОДАТОК В.....	44
ДОДАТОК Г.....	46
ДОДАТОК Д.....	51
ДОДАТОК Е.....	58

## ВСТУП

Сучасний розвиток світової економіки супроводжується широким використанням інформаційних систем, особливе місце серед яких займають хмарні технології. Вони поступово стають одним з найважливіших факторів, що впливають на підвищення конкурентоспроможності компаній різних галузей і сфер діяльності [1]. Новизна дослідження напрямків використання хмарних технологій полягає в розширенні моделі інтернет-хостингу за кордони оренди інтернет-сайтів і можливості охопити широке коло задач.

Зростаючий попит на хмарні сервіси пояснюється наданими ними перевагами, найважливішим серед яких є доступність даних сервісів в будь-якій точці, де є підключення до мережі Інтернет. Це дозволяє компаніям досягати істотної економії на високопродуктивних комп'ютерах і дорогому програмному забезпеченні. Внаслідок цього значно скорочуються витрати на обслуговування корпоративної інформаційної інфраструктури, оскільки компанії-користувачі хмарних сервісів оплачують тільки фактичне використання орендованих обчислювальних можливостей хмари і його можливостей по зберіганню інформації. Одним з найбільш важливих переваг хмарних технологій є необмеженість ресурсів, що забезпечується застосуванням так званих систем віртуалізації.

Незважаючи на переваги, велика кількість компаній не використовує хмарні сервіси, надаючи перевагу іншим способам розгортання ІТ-інфраструктури. Вони починають поступатися своїм конкурентам, тому що ефективність багато в чому залежить від використання нових інформаційних технологій [2]. Таким чином, на сьогоднішній день питання застосування хмарних технологій є актуальним.

# 1 ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ

## 1.1 Визначення хмарних обчислень

Модель, за допомогою якої можна здійснювати доступ до загального пулу обчислювальних ресурсів на вимогу, наприклад, мереж, серверів, сховищ даних, додатків і послуг, що оперативно надається провайдером, називають хмарними обчисленнями [3].

У моделі хмарних обчислень виділяють 5 ключових характеристик:

- самообслуговування на вимогу. Споживач може в односторонньому порядку забезпечувати зміну обсягу хмарних ресурсів, виділення нових хмарних ресурсів, звільнення зайнятих хмарних ресурсів без взаємодії з представником постачальника послуг;

- забезпечення доступу до мережі. До хмарних ресурсів можливо отримати доступ по мережі з використанням стандартних механізмів з довільних пристроїв (мобільні телефони, планшети, ноутбуки або робочі станції);

- об'єднання ресурсів в колекції. Обчислювальні ресурси постачальника об'єднуються для обслуговування великого числа споживачів, динамічно розподіляючи і перерозподіляючи фізичні і віртуальні ресурси відповідно до потреб споживачів. При цьому споживач не має контролю над фактичним розподілом ресурсів, маючи можливість задавати тільки більш високий рівень абстракції, наприклад географічне розташування віртуальної машини (країна, місто, дата-центр). Як приклад ресурсів можна привести розмір сховища даних, обчислювальні потужності, пам'ять і канал мережевого доступу;

- еластичність. Надані ресурси можуть бути отримані або звільнені відповідно до рівня споживання, як правило, в автоматичному режимі;

- облік споживання. Хмарні системи автоматично контролюють і оптимізують використані ресурси в різних рівнях абстракції (наприклад, сховища даних, обчислювальні потужності, мережевий канал). Використання ресурсів може бути відстежено, забезпечуючи прозорість як для постачальника послуг, так і для

споживача, який використовує хмарні ресурси. Ця характеристика отримала назву «Оплата по мірі використання» (Pay-As-You-Go).

## 1.2 Переваги хмарних обчислень

Технології хмарних обчислень мають ряд переваг перед традиційним хостингом:

– хмарні обчислення дозволяють більш ефективно використовувати ресурси як провайдеру, так і споживачам хмарних інфраструктур. Споживач, використавши кілька годин реального обчислювального часу, платить тільки за використаний ресурс і не оплачує простої інфраструктури. Провайдер може виділяти хмарні ресурси споживачам на вимогу, дозволяючи більш ефективно використовувати наявне обладнання – в разі простою зарезервованих одним із споживачів хмарних ресурсів провайдер може перерозподілити ресурси, позбавляючи себе від проблеми простою та зайвих витрат;

– розташування віртуальних машин в хмарі дозволяє максимально швидко розширювати обсяг наданих ресурсів при пікових навантаженнях, дозволяючи зберегти працездатність і доступність споживчих віртуальних машин. Крім того, цей процес може відбуватися в автоматичному режимі, тобто, без участі провайдера. У разі надання фізичного хостингу, розширення ресурсів займає значно більше часу і потребує участі співробітників на стороні провайдера в процесі.

### 1.3 Моделі розгортання

Існує три моделі розгортання хмарної інфраструктури: приватна, публічна та гібридна хмари.

У випадку з приватною хмарою інфраструктура та послуги призначені для єдиної організації. Ресурси не використовуються спільно, а отже, інші компанії не можуть отримати доступ в тому самому центрі обробки даних до сховища даних, апаратного забезпечення та пулів мереж [4].

Основною перевагою приватного хмарного середовища є те, що в деяких випадках воно може запропонувати підвищений рівень безпеки, і, на відміну від публічної хмари, обчислювальні ресурси, компоненти зберігання та мережі можна налаштувати. Приватна хмара має високий рівень контролю.

Постачальники медичних послуг, фінансові та торгові організації, банки та юридичні фірми можуть використовувати приватну хмару, оскільки вони повинні відповідати суворим нормам, включаючи стандарти безпеки та конфіденційності даних.

Публічна хмара надає інфраструктуру та послуги через відкриту для громадськості мережу [4]. Це відмінне рішення для організацій, які прагнуть зменшити витрати, зберігаючи при цьому такі переваги, як надійність, масштабованість, безпека та гнучкість.

Гібридна хмара – це хмарна інфраструктура, яка використовує комбінацію різних розгортань [4]. Наприклад, можна використовувати публічну хмару для її гнучкості та масштабованості та приватну хмару для даних, пов'язаних із критично важливими для бізнесу функціями.

## 1.4 Моделі надання хмарних послуг

Виділяють 3 основні моделі надання хмарних послуг – IaaS (інфраструктура як сервіс), PaaS (платформа як сервіс) і SaaS (програмне забезпечення як сервіс) (рис. 1.1). Кожна модель пропонує певний рівень контролю, гнучкості та можливості управління. Вибір залежить від завдань та бюджету.

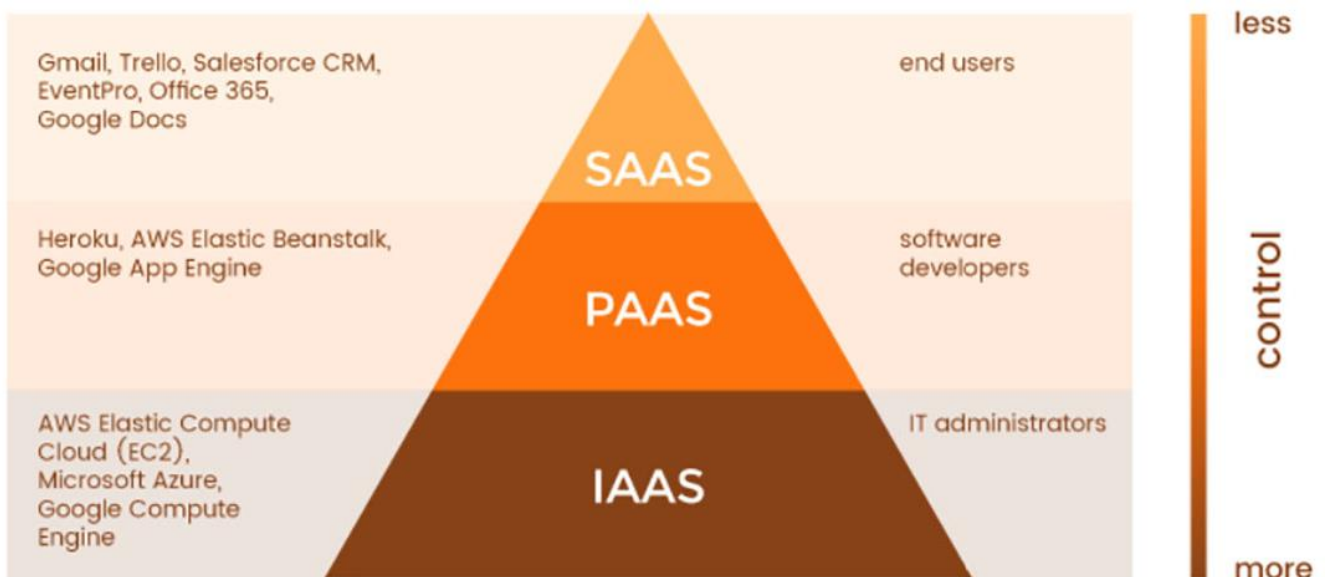


Рисунок 1.1 – Моделі надання хмарних послуг

Модель IaaS (інфраструктура як сервіс) – це рішення, в рамках якого постачальник пропонує користувачам доступ до обчислювальних ресурсів, таких як сервери, сховище та мережі [5]. Організації використовують свої власні платформи та додатки в інфраструктурі постачальника послуг.

Модель PaaS (платформа як сервіс) не вимагає управління базовою інфраструктурою і дозволяє зосередитися на розгортанні додатків і управлінні ними [5]. Це підвищує продуктивність роботи, адже не доводиться турбуватися про придбання матеріально-технічних ресурсів, займатися плануванням потужності, обслуговуванням ПЗ, установкою оновлень безпеки і виконувати інші трудомісткі завдання, які необхідні для роботи додатків.

Модель SaaS (програмне забезпечення як сервіс) надає собою готовий продукт, який запускається і управляється постачальником сервісу [5]. Найчастіше під SaaS-рішеннями розуміють додатки для кінцевих користувачів (такі як веб-сайти електронної пошти). При виборі цієї моделі не потрібно турбуватися про те, як відбувається обслуговування сервісу і управління базовою інфраструктурою. Вирішити потрібно лише питання, як саме буде використовуватися те чи інше ПЗ.

### 1.5 Постановка задачі

Мета даної роботи полягає в тому, щоб виявити, наскільки використання хмарних сервісів є ефективним.

Оскільки сьогодні для багатьох компаній електронна комерція є однією з основних бізнес-одиниць [6], то на прикладі інтернет-магазину будуть розглянуті перспективи та можливість впровадження послуг хмарних провайдерів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- оцінка зручності та швидкості розгортання проекту;
- оцінка продуктивності системи та веб-серверів;
- додаткові можливості, які пропонують хмарні провайдери та які відповідають специфіці проекту;
- оцінка економічної ефективності.

## 2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

### 2.1 Позиції хмарних провайдерів на ринку

Дані дослідницької групи Synergy показують, що витрати підприємств на хмарні обчислення склали майже 33 млрд. дол. США у третьому кварталі 2020 року, що на 33% більше порівняно з третім кварталом 2019 року. Amazon і Microsoft продовжують становити понад половину світового ринку, причому частка ринку Amazon залишається на позначці приблизно 33%, тоді як частка Microsoft – понад 18%. Google, Alibaba та Tencent зростають швидше, ніж загальний ринок, і завойовують частку ринку. Разом вони становлять приблизно 17% ринку. Іншими хмарними провайдерами у першій десятці рейтингів є IBM, Salesforce, Oracle, NTT та SAP [7]. Позиції хмарних провайдерів на ринку представлені на рисунку 2.1.

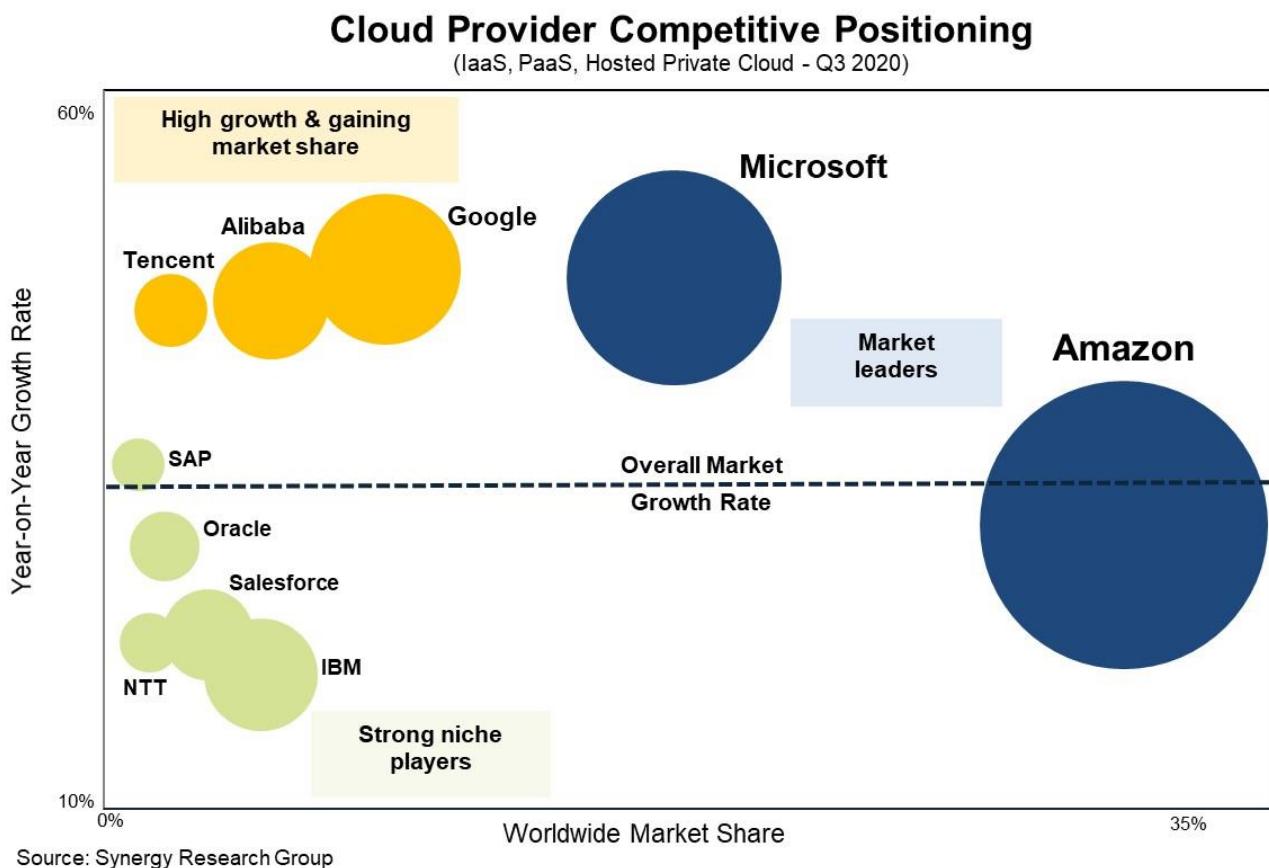


Рисунок 2.1 – Позиції хмарних провайдерів на ринку

## 2.2 Хмарні сервіси AWS та Azure

Проведемо порівняння лідерів на ринку хмарних провайдерів.

Amazon Web Services (AWS) був заснований в 2006 році і в даний час надає такі послуги, як IaaS, PaaS, SaaS і ін. Він також пропонує більше 70 ресурсів з розширеною зоною покриття в чотирнадцяти регіонах світу.

Microsoft Azure – це продукт Microsoft, випущений в 2010 році. Сьогодні платформа пропонує широкий вибір різних допоміжних інструментів, мов програмування і фреймворків. Він працює в Microsoft Windows і Linux. В даний час на платформі є близько 60 сервісів і центрів обробки даних в більш ніж 38 точках світу. Серед клієнтів Azure такі відомі імена, як Johnson Controls, Fujifilm, HP, Apple і деякі інші великі компанії.

### 2.2.1 Обчислювальні сервіси

Elastic Compute Cloud (EC2) – веб-сервіс, що надає безпечні масштабовані обчислювальні ресурси в хмарі та є центральною обчислювальною службою в AWS. EC2 пропонує обчислювальну платформу з найбільш широкими і зробленими функціональними можливостями, яка дозволяє вибрати процесор, сховище, мережу, операційну систему і модель покупки [8].

В Azure основою обчислювальних систем є віртуальні машини, які дозволяють за лічені хвилини створювати обчислювальні ресурси і можуть використовуватися так само, як фізичний настільний ПК або сервер.

Повний перелік обчислювальних сервісів представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння обчислювальних сервісів

	AWS	Azure
Compute Services	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon E2C)</li> <li>– AWS auto scaling monitor</li> <li>– Amazon Elastic Container Service (Amazon ECS)</li> <li>– AWS Beanstalk</li> <li>– Amazon Lightsail</li> <li>– AWS Serverless Application Repository</li> <li>– VMware Cloud for AWS</li> <li>– AWS Batch</li> <li>– AWS Fargate</li> <li>– AWS Lambda</li> <li>– AWS Outposts</li> <li>– Elastic Load Balancing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Virtual machines</li> <li>– Azure Kubernetes Service (AKS)</li> <li>– Platform-as-a-service (PaaS)</li> <li>– Function-as-a-service (FaaS)</li> <li>– Service Fabric</li> <li>– Azure Batch</li> </ul>

### 2.2.2 Зберігання інформації

Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) – це послуга для зберігання та захисту будь-яких об'єктів даних, наприклад, для забезпечення роботи озер даних, сайтів, мобільних додатків, резервного копіювання та відновлення, архівації, корпоративних додатків, пристроїв IoT та аналізу великих даних [9].

Для зберігання величезних об'єктів неструктурованих даних у хмарній інфраструктурі Azure використовує сховище BLOB-об'єктів [10].

Повний перелік засобів зберігання представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняння можливостей зберігання інформації

	AWS	Azure
Storage Services	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Simple Storage Service (S3)</li> <li>– Elastic Block Storage (EBS)</li> <li>– Elastic File System (EFS)</li> <li>– Storage Gateway</li> <li>– Snowball</li> <li>– Snowball Edge</li> <li>– Snowmobile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Blob Storage</li> <li>– Queue Storage</li> <li>– File Storage</li> <li>– Disk Storage</li> <li>– Data Lake Store</li> </ul>
Database Services	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aurora</li> <li>– RDS</li> <li>– DynamoDB</li> <li>– ElastiCache</li> <li>– Redshift</li> <li>– Neptune</li> <li>– Database Migration Service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– SQL Database</li> <li>– Database for MySQL</li> <li>– Database for PostgreSQL</li> <li>– Data Warehouse</li> <li>– Server Stretch Database</li> <li>– Cosmos DB</li> <li>– Table Storage</li> <li>– Redis Cache</li> <li>– Data Factory</li> </ul>
Backup Services	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Glacier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Archive Storage</li> <li>– Backup</li> <li>– Site Recovery</li> </ul>

### 2.2.3 Ключові інструменти

Штучний інтелект та машинне навчання – це взаємопов'язані частини комп'ютерних наук [11]. Хмарні провайдери розвиваються в цих напрямках.

Amazon SageMaker – швидке створення, навчання і розгортання моделей машинного навчання. Це повністю керований сервіс, який спрощує кожен етап робочого процесу машинного навчання і дозволяє з легкістю розгорнути будь-які сценарії від прогнозного обслуговування до комп'ютерного зору і прогнозування поведінки клієнтів [12].

Azure Machine Learning – це хмарне рішення, що дозволяє будувати та використовувати складні моделі машинного навчання в простій і наочній формі, екосистема, призначена для розповсюдження та монетизації готових алгоритмів [13].

У таблиці 2.3 представлено повний перелік інструментів штучного інтелекту (AI/ML), інтернету речей (IoT), безсерверних платформ (Serverless), які пропонують AWS та Azure.

Таблиця 2.3 – Порівняння ключових інструментів

	AWS	Azure
AI/ML	<ul style="list-style-type: none"> <li>– SageMaker</li> <li>– Comprehend – Lex</li> <li>– Polly – Rekognition</li> <li>– Machine Learning</li> <li>– Translate – Transcribe</li> <li>– DeepLens</li> <li>– Deep Learning AMIs</li> <li>– Apache MXNet on AWS</li> <li>– TensorFlow on AWS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Machine Learning</li> <li>– Azure Bot Service</li> <li>– Cognitive Services</li> </ul>

Кінець таблиці 2.3

	AWS	Azure
IoT	<ul style="list-style-type: none"> <li>– IoT Core</li> <li>– FreeRTOS</li> <li>– Greengrass</li> <li>– IoT 1-Click</li> <li>– IoT Analytics</li> <li>– IoT Button</li> <li>– IoT Device Defender</li> <li>– IoT Device Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– IoT Hub</li> <li>– IoT Edge</li> <li>– Stream Analytics</li> <li>– Time Series Insights</li> </ul>
Serverless	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lambda</li> <li>– Serverless Application Repository</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Functions</li> </ul>

#### 2.2.4 Цінова політика

Кожен провайдер пропонує ряд налаштувань, які впливають на загальну вартість, наприклад:

- налаштування віртуальної машини;
- диски зберігання;
- модель передплати;
- підтримка;
- модель оплати;
- місцезнаходження.

Для визначення плати за ресурси Amazon та Microsoft створили комплексні калькулятори ціноутворення.

## 3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

### 3.1 Опис проекту

За даними фахівців W3Techs (World Wide Web Technology Surveys), система управління контентом (CMS) WordPress забезпечує приблизно 41% всіх веб-сайтів в Інтернеті [14]. Якщо обмежити набір даних лише веб-сайтами, які використовують CMS, частка ринку WordPress стане ще більш домінуючою – приблизно 64% (рис.3.1).

## Content Management Systems

### Most popular content management systems

© W3Techs.com	usage	change since 1 April 2021	market share	change since 1 April 2021
1. <a href="#">WordPress</a>	41.2%	+0.4%	64.8%	+0.2%
2. <a href="#">Shopify</a>	3.5%	+0.1%	5.5%	+0.1%
3. <a href="#">Joomla</a>	2.1%		3.3%	
4. <a href="#">Squarespace</a>	1.6%		2.5%	
5. <a href="#">Wix</a>	1.6%	+0.1%	2.5%	+0.1%

percentages of sites

Рисунок 3.1 – Статистика W3Techs

WordPress – система управління контентом, яка спочатку була створена для ведення блогів. Згодом функціонал розширився та перетворив її в універсальний конструктор для сайтів будь-якого типу, наприклад, невеликі блоги і портали, особисті сайти, портфоліо. Модуль Woocommerce дає можливість адмініструвати сайти електронної комерції.

На базі WordPress та Woocommerce було створено інтернет-магазин (рис.3.2).

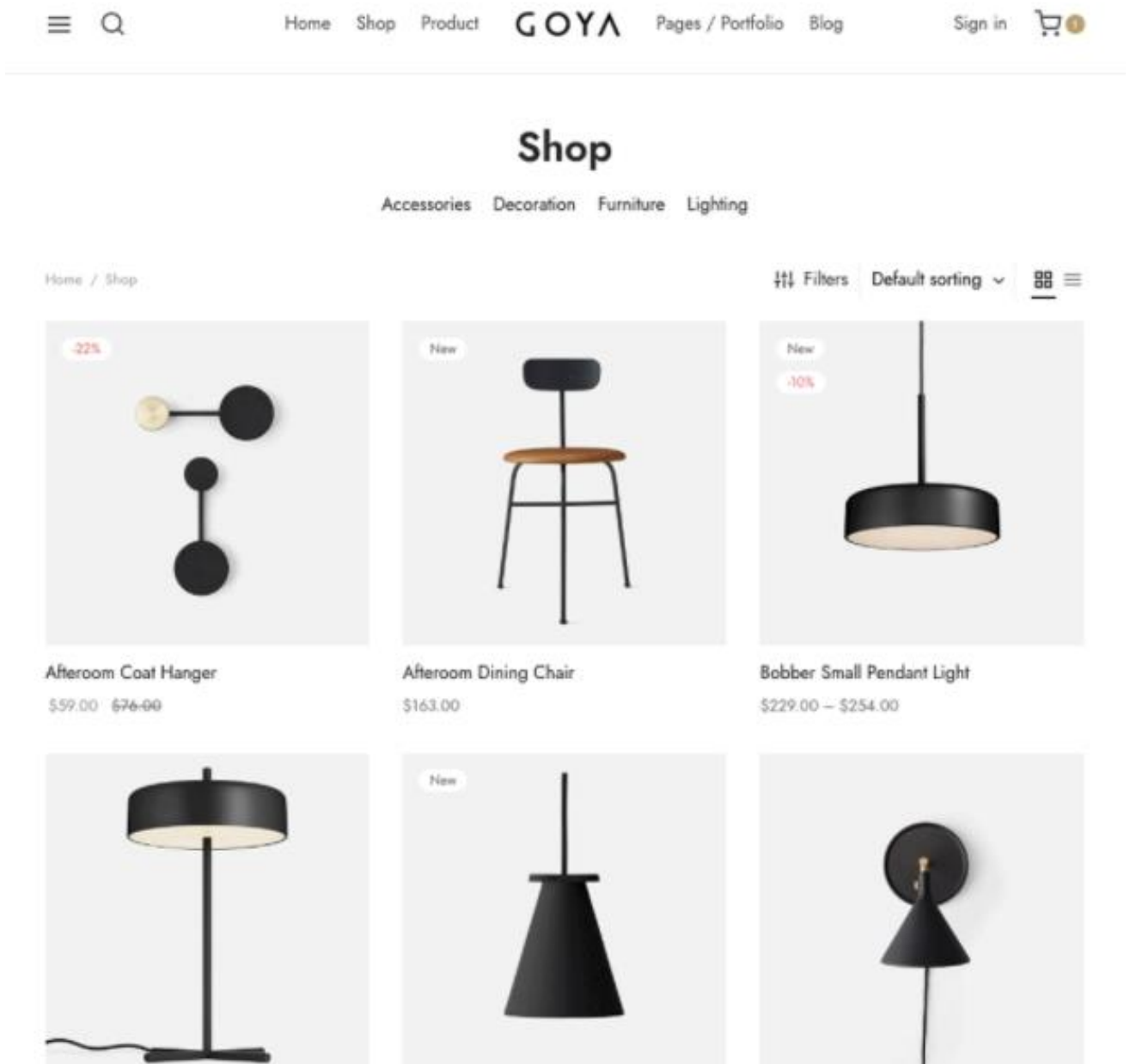


Рисунок 3.2 – Веб-сторінка інтернет-магазину

### 3.2 Розгортання проекту за допомогою AWS

Для дослідження виберемо Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) – це веб-сервіс, що надає безпечні масштабовані обчислювальні ресурси в хмарі. Простий веб-інтерфейс сервісу AWS дозволяє отримати доступ до обчислювальних

та інших ресурсів, налаштувати їх з мінімальними зусиллями і надає користувачам повний контроль.

Щоб створити інстанс EC2, необхідно вибрати вкладку Amazon EC2 в консолі AWS, запустити інстанс та в першу чергу вибрати образ Amazon Machine Image (AMI). AMI визначає базовий набір програмного забезпечення, встановленого на новому інстансі EC2. В AWS Marketplace знаходимо та встановлюємо WordPress Certified by Bitnami and Automattic – це найшвидший і найпростіший спосіб розпочати роботу з WordPress. Він постачається із заздалегідь налаштованою, безпечною та останньою версією WordPress.

У наступній вкладці необхідно вибрати тип інстанса EC2 – це конкретна конфігурація ЦП (cpu), пам'яті (RAM), сховища і мережевих ресурсів. Сервіс AWS надає величезний вибір типів інстансів для різних робочих навантажень. Одні призначені для навантажень з інтенсивним використанням пам'яті, таких як обслуговування бази даних або кешування, інші – для робочих навантажень, що вимагають великої обчислювальної потужності, наприклад, для обробки зображень або кодування відео. В рамках рівня безкоштовного користування AWS сервіс дозволяє використовувати інстанси t2.micro до 750 годин на місяць. Цей тип інстансу й будемо використовувати для проведення дослідження (рис. 3.3).

Step 2: Choose an Instance Type

Amazon EC2 provides a wide selection of instance types optimized to fit different use cases. Instances are virtual servers that can run applications. They have varying combinations of CPU, memory, storage, and networking capacity, and give you the flexibility to choose the appropriate mix of resources for your applications. [Learn more about instance types and how they can meet your computing needs.](#)

Filter by: All instance families | Current generation | Show/Hide Columns

Currently selected: t2.micro (- ECU, 1 vCPUs, 2.5 GHz, -, 1 GiB memory, EBS only)

Note: The vendor recommends using a t3a.small instance (or larger) for the best experience with this product.

	Family	Type	vCPUs	Memory (GiB)	Instance Storage (GB)	EBS-Optimized Available	Network Performance	IPv6 Support
<input type="checkbox"/>	t2	t2.nano	1	0.5	EBS only	-	Low to Moderate	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	t2	t2.micro Free tier eligible	1	1	EBS only	-	Low to Moderate	Yes
<input type="checkbox"/>	t2	t2.small	1	2	EBS only	-	Low to Moderate	Yes
<input type="checkbox"/>	t2	t2.medium	2	4	EBS only	-	Low to Moderate	Yes
<input type="checkbox"/>	t2	t2.large	2	8	EBS only	-	Low to Moderate	Yes
<input type="checkbox"/>	t2	t2.xlarge	4	16	EBS only	-	Moderate	Yes
<input type="checkbox"/>	t2	t2.2xlarge	8	32	EBS only	-	Moderate	Yes

Cancel Previous **Review and Launch** Next: Configure Instance Details

Рисунок 3.3 – Конфігурація системи AWS ресурсу

Також в одній із вкладок налаштуємо обсяг сховища. Споживачі, які мають право на безкоштовний рівень, можуть отримати SSD до 30 Gb.

Після запуску інстансу відобразиться інструкція по налаштуванню ключів, за допомогою яких можна підключитися до серверу по протоколу SSH та виконувати команди.

Внутрішня панель AWS представлена на рисунку 3.4.

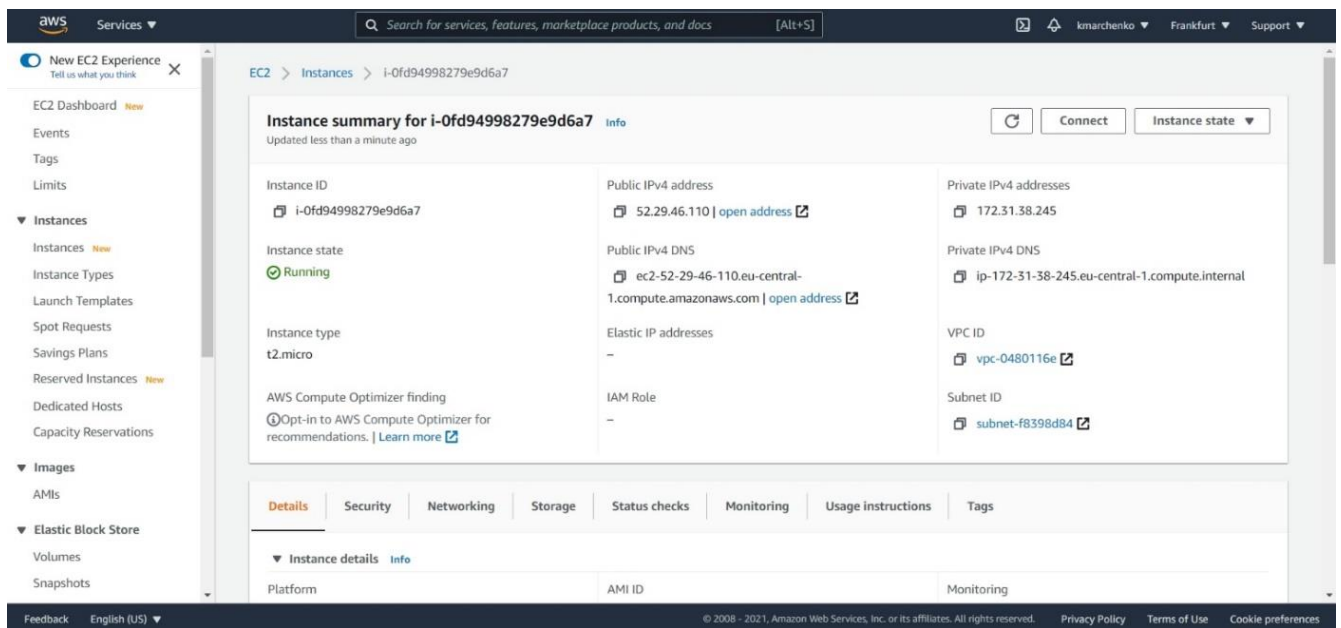


Рисунок 3.4 – Внутрішня панель AWS

### 3.3 Розгортання проекту за допомогою Azure

При створенні нового ресурсу Azure в якості базового набору програмного забезпечення обираємо WordPress Certified by Bitnami.

Віртуальну машину налаштовуємо так само як і віртуальну машину створену на AWS – vCPUs 1, RAM 1 Gb (рис. 3.5). В цій же вкладці задаємо тип підключення через SSH ключ для подальшої роботи.

Microsoft Azure Upgrade Search resources, services, and docs (G+)

Home > Create a resource > WordPress Certified by Bitnami > Create a virtual machine >

### Select a VM size

Search by VM size... Display cost: Monthly vCPUs: All RAM (GiB): All Add filter

Showing 273 VM sizes. | Subscription: Azure subscription 1 | Region: France Central | Current size: Standard\_B1s | Image: WordPress Certified by Bitnami | Learn more about VM sizes

VM Size	Family	vCPUs	RAM (GiB)	Data disks	Max IOPS	Temp storage (GiB)	Premium disk	Cost/month
<b>Most used by Azure users</b>								
<b>The most used sizes by users in Azure</b>								
DS1_v2	General purpose	1	3.5	4	3200	7	Supported	64.02 \$
D2s_v3	General purpose	2	8	4	3200	16	Supported	81.76 \$
B2s	General purpose	2	4	4	1280	8	Supported	34.46 \$
B1s	General purpose	1	1	2	320	4	Supported	8.61 \$
B2ms	General purpose	2	8	4	1920	16	Supported	68.91 \$
B1ls	General purpose	1	0.5	2	160	4	Supported	4.31 \$
DS2_v2	General purpose	2	7	8	6400	14	Supported	127.75 \$
<b>D-Series v4</b> The latest generation D family sizes recommended for your general purpose needs								
<b>B-Series</b> Ideal for workloads that do not need continuous full CPU performance								
<b>A-Series v2</b> Best suited for entry level workloads (development or test)								

Select Prices presented are estimates in your local currency that include Azure infrastructure applicable software costs, as well as any discounts for the subscription and location. Final charges will appear in your local currency in cost analysis and billing views. View Azure pricing calculator.

## Рисунок 3.5 – Конфігурація системи Azure ресурсу

Пункт, який потребує додаткових налаштувань – створення нового диску для зберігання програм та даних на віртуальній машині. Ціни на диски варіюються залежно від факторів, включаючи розмір диска, тип сховища та кількість транзакцій. Обираємо максимально наближені налаштування до віртуальної машини на AWS – SSD 32 Gb.

Внутрішня панель Azure представлена на рисунку 3.6.

Microsoft Azure Upgrade Search resources, services, and docs (G+)

Home >

### WordPress-Azure

Virtual machine

Search (Ctrl+/) Connect Start Restart Stop Capture Delete Refresh Open in mobile

Overview Activity log Access control (IAM) Tags Diagnose and solve problems Settings Networking Connect Disks Size Security Advisor recommendations Extensions Continuous delivery Availability + scaling Configuration Identity

**Essentials**

Resource group (change): WordPress-Azure\_group  
 Status: Running  
 Location: France Central  
 Subscription (change): Azure subscription 1  
 Subscription ID: 2f81d027-f6e6-46dd-9ccf-dbb341257384  
 Tags (change): Click here to add tags

Operating system: Linux (debian 10.9)  
 Size: Standard B1s (1 vcpu, 1 GiB memory)  
 Public IP address: 52.143.157.19  
 Virtual network/subnet: WordPress-Azure\_group-vnet/default  
 DNS name: Not configured

**Properties** Monitoring Capabilities (7) Recommendations Tutorials

**Virtual machine**

Computer name: WordPress-Azure  
 Operating system: Linux (debian 10.9)  
 Publisher: bitnami  
 Offer: wordpress  
 Plan: 4-4  
 VM generation: V1  
 Agent status: Ready  
 Agent version: 2.2.54.2  
 Host group: None

**Networking**

Public IP address: 52.143.157.19  
 Public IP address (IPv6): --  
 Private IP address: 10.0.0.4  
 Private IP address (IPv6): --  
 Virtual network/subnet: WordPress-Azure\_group-vnet/default  
 DNS name: Configure

**Size**

Size: Standard B1s  
 vCPUs: 1

## Рисунок 3.6 – Внутрішня панель Azure

### 3.4 Оцінка і порівняння продуктивності систем

Налаштування, які були проведені та описані в попередніх підрозділах, представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Налаштування систем

	AWS	Azure
Система	Debian GNU/Linux 10 (buster)	Debian GNU/Linux 10 (buster)
Тип віртуальної машини	t2.micro	Standard B1s
ЦП	1	1
Обсяг пам'яті, Gb	1	1
Тип сховища	SSD	SSD
Обсяг сховища, Gb	30	32

Утиліта `sysbench` допомагає протестувати продуктивність системи [15] та має наступний синтаксис:

`sysbench [general-options] ім'я-тесту [опції] команда`

[general-options] – основні опції:

- `--num-threads = N` – число потоків;
- `--max-requests = N` – обмежує загальну кількість запитів.

`Sysbench` включає в себе декілька тестів:

- `cpu` – тест, який перевіряє продуктивність процесорів;
- `memory` – тест, який служить для вимірювання продуктивності послідовних операцій читання/запису в оперативну пам'ять;
- `fileio` – тест використовується для симуляції різноманітних навантажень на файлову підсистему. При підготовці тесту створюється певна кількість файлів (зазначеного розміру). Потім при виконанні тесту над цими файлами відбуваються операції читання/запису в кілька потоків.

Використовуючи створені ключі та протокол SSH, команди були виконані на серверах послідовно 5 разів, середні результати представлені на графіках.

Порівняльний аналіз ЦП (cpu) проводиться за допомогою наступної команди (рис. 3.7):

```
sysbench cpu run
```

```
Threads started!

CPU speed:
  events per second: 804.79

General statistics:
  total time: 10.0004s
  total number of events: 8050

Latency (ms):
  min: 1.10
  avg: 1.24
  max: 12.22
  95th percentile: 1.21
  sum: 9983.64

Threads fairness:
  events (avg/stddev): 8050.0000/0.00
  execution time (avg/stddev): 9.9836/0.00
```

Рисунок 3.7 – Приклад аналізу ЦП, який відображається в терміналі

Для порівняння була взята кількість операцій за секунду (рис. 3.8).

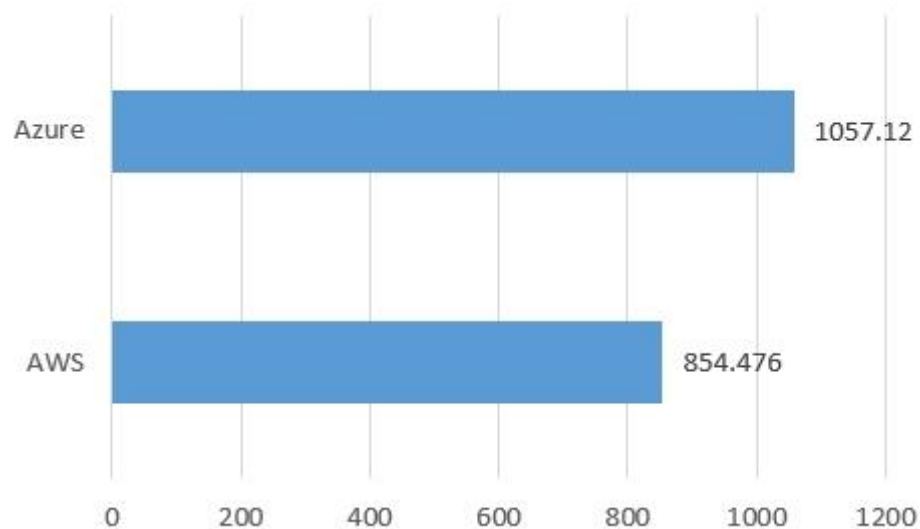


Рисунок 3.8 – Кількість операцій за секунду (більше – краще)

Порівняльний аналіз оперативної пам'яті (RAM) проводиться за допомогою наступної команди (рис. 3.9):

```
sysbench memory run
```

```
Running the test with following options:
Number of threads: 1
Initializing random number generator from current time

Running memory speed test with the following options:
  block size: 1KiB
  total size: 102400MiB
  operation: write
  scope: global

Initializing worker threads...

Threads started!

Total operations: 5157664 (515647.84 per second)

5036.78 MiB transferred (503.56 MiB/sec)

General statistics:
  total time:                10.0001s
  total number of events:    5157664

Latency (ms):
  min:                       0.00
  avg:                       0.00
  max:                       0.34
  95th percentile:         0.00
  sum:                       3475.17

Threads fairness:
  events (avg/stddev):       5157664.0000/0.00
  execution time (avg/stddev): 3.4752/0.00
```

Рисунок 3.9 – Приклад аналізу оперативної пам'яті, який відображається в терміналі

Продуктивність пам'яті можна перевірити по кількості операцій та обсягу переданих даних за секунду (рис. 3.10, 3.11).

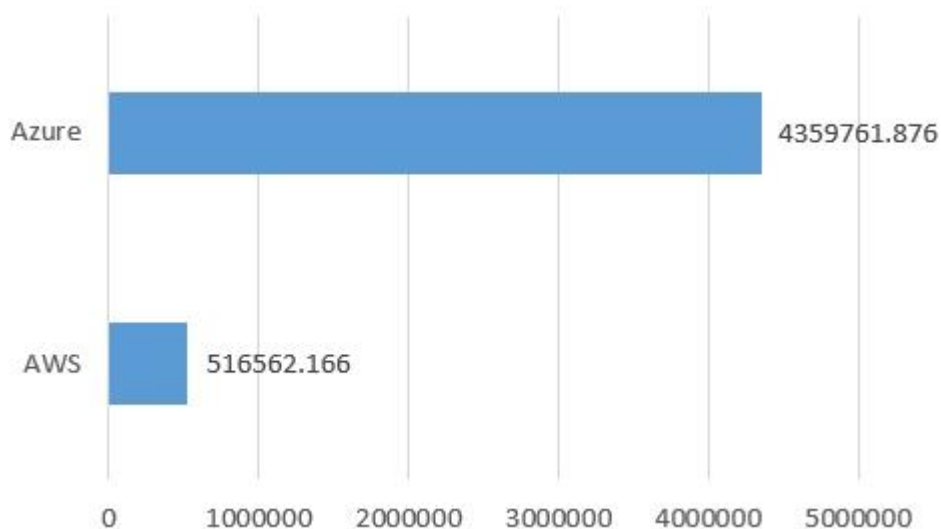


Рисунок 3.10 – Кількість операцій за секунду (більше – краще)

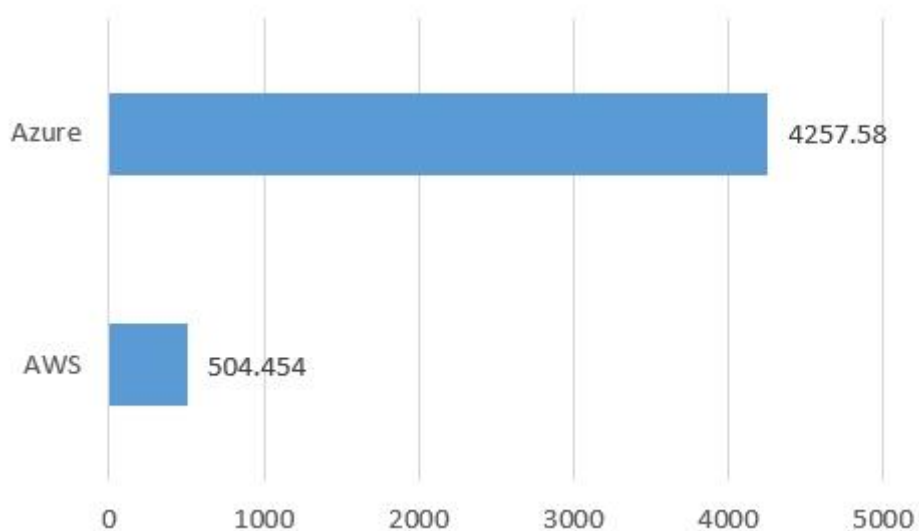


Рисунок 3.11 – Обсяг переданих даних за секунду, MiB/s (більше – краще)

Порівняльний аналіз роботи файлової системи проводиться в декілька кроків (рис. 3.12).

Розмір файлів для тесту повинен помітно перевершувати обсяг оперативної пам'яті, щоб кеш операційної системи не впливав на результати. Підготовка файлів для тесту виконується за допомогою команди:

```
sysbench fileio --file-total-size=3G prepare
```

Команда для запуску:

```
sysbench fileio --file-total-size=3G --file-test-mode=rndrw run
```

Видалення файлів для тесту виконується за допомогою команди:

```
sysbench fileio --file-total-size=3G cleanup
```

```
Running the test with following options:
Number of threads: 1
Initializing random number generator from current time

Extra file open flags: (none)
128 files, 24MiB each
3GiB total file size
Block size 16KiB
Number of IO requests: 0
Read/Write ratio for combined random IO test: 1.50
Periodic FSYNC enabled, calling fsync() each 100 requests.
Calling fsync() at the end of test, Enabled.
Using synchronous I/O mode
Doing random r/w test
Initializing worker threads...

Threads started!

File operations:
  reads/s:                762.71
  writes/s:               508.44
  fsyncs/s:               1636.28

Throughput:
  read, MiB/s:            11.92
  written, MiB/s:         7.94

General statistics:
  total time:              10.0108s
  total number of events:  28984

Latency (ms):
  min:                     0.00
  avg:                     0.34
  max:                     27.54
  95th percentile:        1.03
  sum:                     9941.21

Threads fairness:
  events (avg/stddev):     28984.0000/0.00
  execution time (avg/stddev): 9.9412/0.00
```

Рисунок 3.12 – Приклад аналізу роботи файлової системи

Продуктивність роботи файлової системи можна перевірити по пропускній здатності та кількості операцій за секунду (рис. 3.13, 3.14).



Рисунок 3.13 – Пропускна здатність, MiB/s (більше – краще)

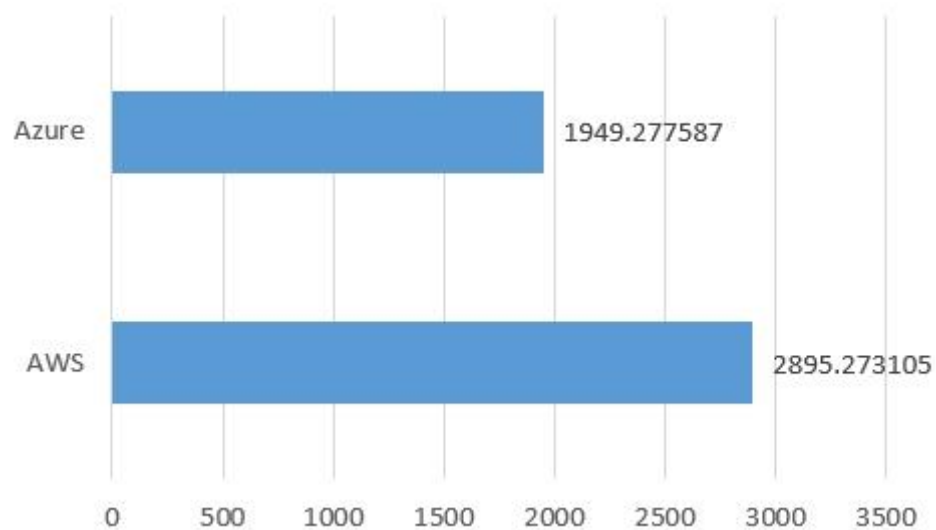


Рисунок 3.14 – Кількість операцій за секунду (більше – краще)

### 3.5 Оцінка і порівняння продуктивності веб-серверів

Знання того, скільки трафіку може витримати веб-сервер при критичних навантаженнях, важливо для планування майбутнього масштабування сайту або програми. Використовуючи утиліту Siege, можна запустити навантажувальний тест на сервері і подивитися, як система працює в різних умовах.

Базовий спосіб використання:

```
siege {{ url }}
```

Результат, що виводиться програмою після тестування, включає в себе час витрачений на перевірку, загальна кількість переданої інформації (включаючи заголовки), середній час відповіді сервера, його пропускну здатність і число запитів на які прийшла відповідь з кодом 200 [16]. Ці дані формуються і видаються при кожній перевірці. Детально вони описуються нижче.

Transactions – кількість звернень до сервера.

Elapsed time – загальна тривалість тестування. Вона вираховується починаючи з першого звернення до сервера і закінчуючи отриманням відповіді на останній запит.

Data transferred – сумарна кількість даних, передана всіма імітованими користувачами. Воно включає в себе як тіла запитів, так і їх заголовки.

Response time – середній час, за який сервер встиг відповісти клієнту.

Transaction rate – середнє число звернень, які сервер встиг обробити за секунду. Воно може бути отримане шляхом ділення загальної кількості запитів на витрачений час.

Throughput – середнє число даних, переданих щомиті від сервера до користувачів.

Concurrency – кількість одночасних підключень, при яких сервер відповідає без затримок.

Successful transactions – кількість запитів, на які сервер відповів кодом менше 400.

Для проведення тесту були використані наступні ключі:

– -c, --concurrent = N – виконання в N потоків (кількість одночасних користувачів, за замовчуванням 10);

– -t, --time = MINSm – час проведення тестування (m – хвилини).

```
siege -c 250 -t 1m {{ url }}
```

За допомогою створених ключів та протоколу SSH на віртуальних машинах AWS та Azure тестування проводилося послідовно 5 разів, отримані середні значення представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Середні значення тестування веб-серверів

	AWS	Azure
Transactions, hits	4998.8	6639.6
Availability, %	100	100
Elapsed time, secs	59.684	59.214
Data transferred, MB	43.98	57.65
Response time, secs	1.014	0.706
Transaction rate, trans/sec	83.778	112.116
Throughput, MB/sec	0.738	0.976
Concurrency	84.602	76.056
Successful transactions	4998.8	6639.6
Failed transactions	0	0
Longest transaction	58.992	58.45
Shortest transaction	0	0

Продуктивність роботи веб-серверів можна перевірити по кількості операцій та обсягу переданих даних (рис. 3.15, 3.16).

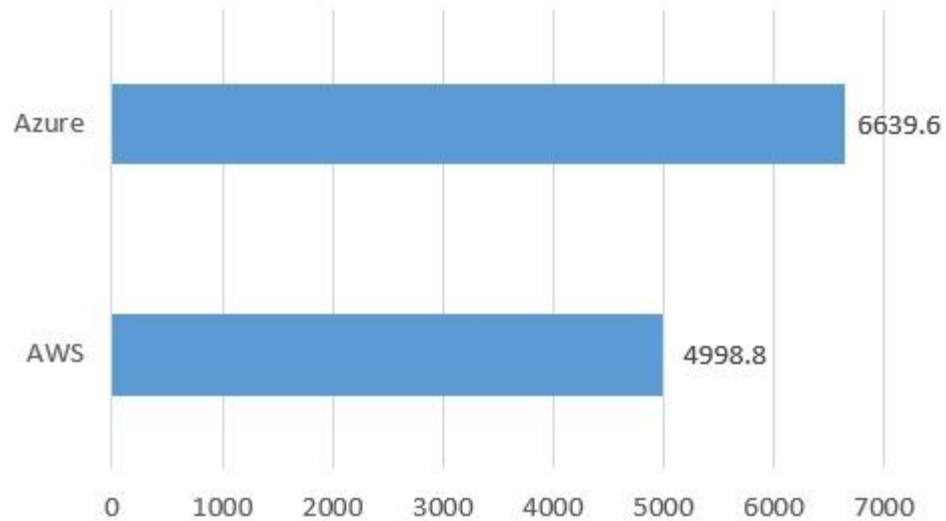


Рисунок 3.15 – Кількість операцій (більше – краще)

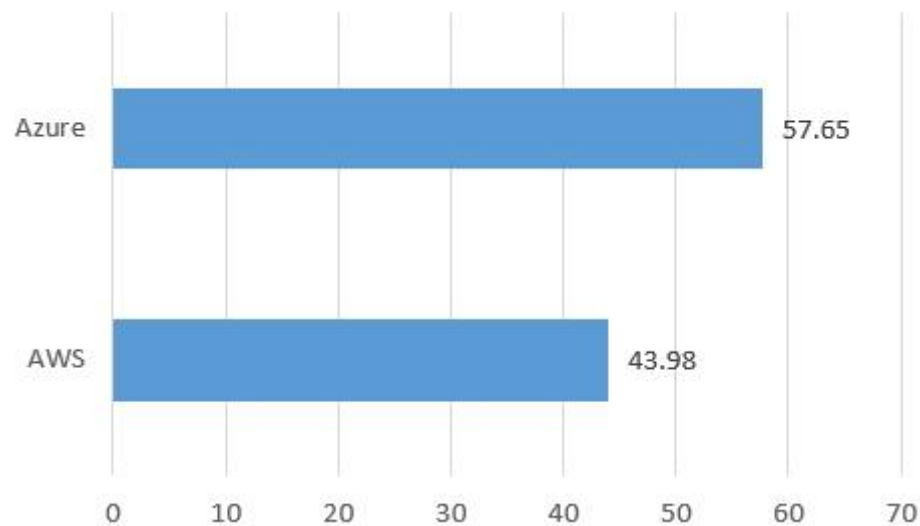


Рисунок 3.16 – Обсяг переданих даних, МВ (більше – краще)

3.6 Додаткові можливості, які пропонують хмарні провайдери та які відповідають специфіці проекту

Хмарна інфраструктура пропонує бізнесу можливість розвиватися. Є безліч переваг, які сьогодні електронна комерція отримує від хмарних обчислень.

Load balancer – це сервер, який розподіляє мережевий трафік між декількома серверами [17]. Розподіляючи мережевий трафік на пул серверів, можна істотно збільшити кількість користувачів, які одночасно користуються веб-ресурсом.

Балансування навантаження рівномірно розподіляє навантаження на екземпляри додатків у всіх зонах доступності в регіоні, тоді як автоматичне масштабування гарантує, що екземпляри масштабуються вгору або вниз залежно від навантаження (рис. 3.17) [18].

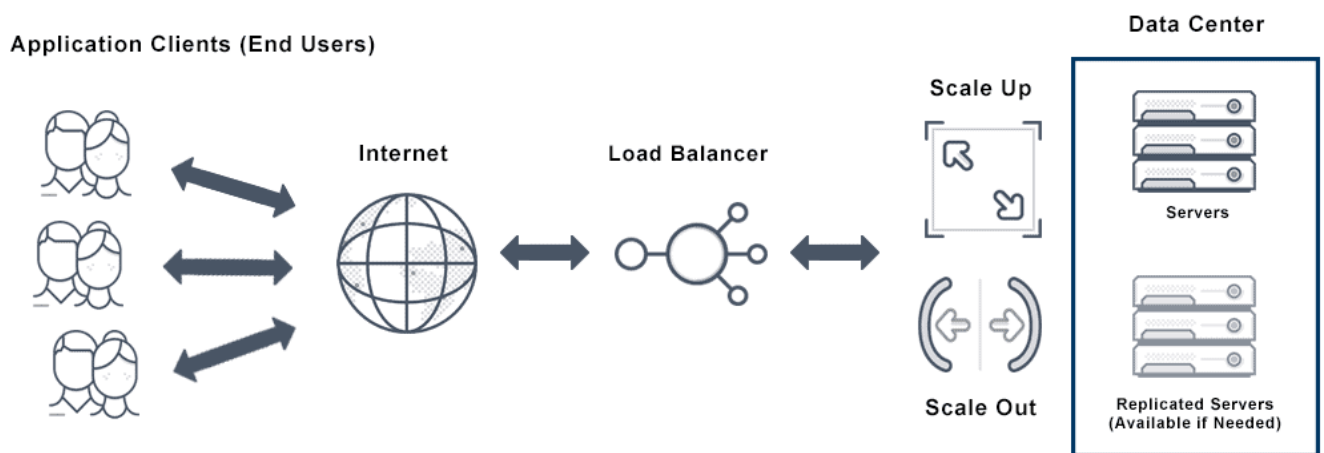


Рисунок 3.17 – Балансування навантаження та автоматичне масштабування

У випадку інтернет-магазину – автоматичне масштабування ресурсів в хмарі – надійний спосіб забезпечити його стабільну роботу в періоди пікових навантажень. Це можуть бути сезонні розпродажі, передсвяткові дні або ефект від успішної рекламної кампанії.

Необхідно вказати мінімальну та максимальну кількість екземплярів, які повинні працювати, і система на підставі набору правил автоматично додає або видаляє віртуальні машини. Якщо вказано мінімальну кількість, додаток працює завжди, навіть при відсутності навантаження. Максимальна кількість, в свою чергу, обмежує загальну можливу погодинну вартість. Використовуючи створені правила, система автоматично масштабує ресурси в діапазоні двох граничних значень.

Масштабування можна виконувати за розкладом або на основі граничних значень середовища виконання, таких як завантаження ЦП або використання пам'яті:

- розгортання до 10 екземплярів в робочі дні і згортання до 4 екземплярів в суботу та неділю;

- розгортання одного додаткового екземпляру, якщо середнє завантаження ЦП перевищує 70%, та згортання одного екземпляру, якщо завантаження ЦП опускається нижче 50%;

- розгортання одного екземпляру, якщо число повідомлень в черзі перевищує певний поріг.

AWS Auto Scaling доступний без будь-яких додаткових витрат. Користувачі оплачують тільки ресурси AWS і моніторинг з використанням Amazon CloudWatch – сервіс моніторингу і спостереження для інженерів DevOps, розробників та IT-менеджерів. CloudWatch надає дані і аналітичні відомості для моніторингу додатків, реагування на зміни продуктивності в масштабах системи, оптимізації використання ресурсів та отримання єдиного уявлення про працездатність системи [19].

Аналогічно працює Azure Autoscale – оплачуються тільки ресурси та моніторинг, який виконується за допомогою Azure Monitor.

### 3.7 Оцінка економічної ефективності

Показник економічної ефективності вибору хмарної платформи базується на витратах, які розраховуються за формулою 3.1:

$$B = B_{\text{експ}} + B_{\text{д}}, \quad (3.1)$$

де  $B_{\text{експ}}$  – експлуатаційні витрати;

$V_d$  – додаткові витрати.

До експлуатаційних витрат відносять вартість віртуальної машини та сховища, які були розраховані за допомогою калькуляторів цін хмарних провайдерів AWS та Azure (додаток В, рис. В.1, рис. В.2) та налаштувань системи, які представлені та описані в попередніх підрозділах. Ціни представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Ціни на ресурси хмарних провайдерів

	AWS	Azure
Віртуальна машина, USD за місяць	9.78	8.61
Сховище, USD за місяць	3.57	2.64

Експлуатаційні витрати AWS складають:

$$V_{\text{експ}} = 9.78 + 3.57 = 13.35 \text{ USD за місяць}$$

Експлуатаційні витрати Azure складають:

$$V_{\text{експ}} = 8.61 + 2.64 = 11.45 \text{ USD за місяць}$$

Далі слід розрахувати додаткові витрати. Згідно зі специфікою проекту, доцільно буде підключити балансування навантаження.

В таблиці 3.4 представлені актуальні ціни балансування навантаження AWS та Azure на травень 2021 для регіону центральної Європи.

Таблиця 3.4 – Ціни балансування навантаження хмарних провайдерів

	AWS	Azure
1 година роботи load balancer, USD	0.03	0.025
1 Gb оброблених даних, USD	0.008	0.005

Витрати на балансування навантаження розраховуються за формулою 3.2:

$$V_d = V_{lb} * t + V_{од} * q, \quad (3.2)$$

де  $V_{lb}$  – вартість 1 години роботи load balancer, USD;

$t$  – час роботи, години;

$V_{од}$  – вартість 1 Gb оброблених даних, USD;

$q$  – кількість оброблених даних, Gb.

Нехай проект, який розглянуто в дослідженні – це інтернет-магазин середніх розмірів, який працює на декількох серверах в регіоні центральної Європи. Для балансування вхідного трафіку інтернет-магазин використовує один load balancer. Припустимо, що передача даних через load balancer за підсумками місяця склала 100Gb. Розрахунки місячної вартості представлені нижче.

Додаткові витрати AWS на балансування навантаження складають:

$$V_d = (0.03 \text{ USD за годину} * 24 \text{ години в день} * 31 \text{ день} * 1 \text{ load balancer}) + (0.008 \text{ USD за 1Gb} * 100\text{Gb}) = 23.12 \text{ USD за місяць}$$

Додаткові витрати Azure на балансування навантаження складають:

$$V_d = (0.025 \text{ USD за годину} * 24 \text{ години в день} * 31 \text{ день} * 1 \text{ load balancer}) + (0.005 \text{ USD за 1Gb} * 100\text{Gb}) = 19.1 \text{ USD за місяць}$$

Сумарні місячні витрати AWS:

$$V = 13.35 + 23.12 = 36.47 \text{ USD за місяць}$$

Сумарні місячні витрати Azure:

$$V = 11.45 + 19.1 = 30.55 \text{ USD за місяць}$$

Таким чином, при однакових налаштуваннях системи, витрати на хмарну платформу Azure менші на 19% ніж на AWS. Враховуючи результати, отримані при проведенні досліджень у попередніх підрозділах, можна зробити висновок, що Azure надає більш потужну систему за меншу ціну порівнюючи з AWS.

### 3.8 Рекомендації

До хмарних технологій проявляють зацікавленість як великі компанії, які намагаються оптимізувати свої витрати на ІТ-інфраструктуру, так і малі компанії, які не мають можливості відразу розгорнути свою власну інфраструктуру.

При виборі хмарних сервісів необхідно в першу чергу звертати увагу на наступні критерії:

- критерій технічного пріоритету – технологічний стек (середовище роботи);
- ефективність для бізнесу – оптимізація використання ресурсів (використання тільки необхідних обчислювальних ресурсів), зростання швидкості (масштабування);
- фінансові переваги (витрати на впровадження сервісів).

Під час використання хмарних обчислень необхідно враховувати ряд питань: довіра до постачальника сервісу, забезпечення конфіденційності, цілісності, справжності та неспростовності інформації на усіх етапах її існування, безперебійність в роботі, захист від несанкціонованого доступу та збереження особистих даних користувачів, які передаються та обробляються в хмарі.

## ВИСНОВКИ

Мета даної роботи полягала в оцінці ефективності використання хмарних сервісів.

В першій частині роботи було дано визначення хмарним обчисленням, визначені їх основні переваги, описані моделі розгортання та моделі надання хмарних послуг.

Практична частина роботи полягала в проведенні порівняльного аналізу хмарних сервісів Azure та AWS. Використання хмарних сервісів має великі переваги. По-перше, це дозволяє зосередитись на розробці функцій, замість турботи про проблеми апаратної та мережевої інфраструктури. По-друге, масштабування технологічної платформи у хмарі є найпростішим. Підключення нових серверів або додавання більше процесора або оперативної пам'яті може відбутися за лічені хвилини. Нарешті, що стосується пакетної обробки величезних даних для аналітики та персоналізації, можливість обробки хмар за запитом є найбільш економічно ефективною.

В ході дослідження було виявлено, що Amazon – першовідкривач в області хмарних обчислень, завдяки чому завоював чималий ринок і лояльність клієнтів. Завдяки продуманості інфраструктури, хорошій документації, турботі про клієнтів, AWS тримається попереду. Azure має перевагу перед AWS в продуктивності системи та веб-серверів при однакових вихідних даних, а також при порівнянні цінової політики.

При виборі відповідного постачальника хмарних послуг варто враховувати особливі потреби і робоче навантаження компанії.

Таким чином, в ході дослідження було встановлено, що хмарні технології мають високу ефективність застосування, і компанії, що використовують дані технології, отримують ряд переваг, які покращують бізнес-показники.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. S. Bieliyevtsov, I. Ruban, K. Smelyakov, D. Sumtsov Network technology for transmission of visual information // Selected Papers of the XVIII International Scientific and Practical Conference on Information Technologies and Security (ITS 2018). – CEUR Workshop Processing. – Kyiv, Ukraine, November 27, 2018. – P. 160-175.

2. Smelyakov K., Pribylnov D., Martovytskyi V., Chupryna A. Investigation of network infrastructure control parameters for effective intellectual analysis // IEEE 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 20-24 Feb. – 2018. – P. 983-986.

3. Peter Mell, Timothy Grance. The NIST Definition of Cloud Computing / URL: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final> (дата звернення 01.03.2021)

4. Marc Israel. Private, Hybrid, and Public Clouds: New computing models and Best Practices – 2018 – 240 с.

5. Michael J. Kavis. Architecting the Cloud: Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS) – 2014 – 224 с.

6. Leshchynskyi Volodymyr. Principles of explanation in e-commerce system based on sales dynamics. COMPUTER AND INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES KHARKIV, APRIL 2020, P. 76-77.

7. Synergy Research Group / URL: <https://www.srgresearch.com/articles/cloud-market-growth-rate-nudges-amazon-and-microsoft-solidify-leadership> (дата звернення 15.03.2021)

8. What is Amazon EC2? / URL: <https://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/concepts.html> (дата звернення 18.03.2021)

9. Amazon S3 / URL: <https://aws.amazon.com/s3/> (дата звернення 21.03.2021)

10. Introduction to Azure Blob storage / URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/storage/blobs/storage-blobs-introduction> (дата звернення 21.03.2021)

11. Smelyakov K., Smelyakov S., Chupryna A. Advances in Spatio-Temporal Segmentation of Visual Data. Chapter 1. Adaptive Edge Detection Models and Algorithms. Series Studies in Computational Intelligence (SCI), Vol. 876. – Publisher Springer, Cham, 2020. – P. 1-51.

12. AWS Machine Learning / URL: <https://aws.amazon.com/machine-learning/> (дата звернення 24.03.2021)

13. Azure Machine Learning / URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/overview-what-is-azure-ml> (дата звернення 24.03.2021)

14. W3Techs – World Wide Web Technology Surveys / URL: <https://w3techs.com/> (дата звернення 07.04.2021)

15. Sysbench – a scriptable multi-threaded benchmark tool / URL: <https://github.com/akopytov/sysbench> (дата звернення 08.04.2021)

16. Siege – HTTP/HTTPS stress test / URL: <http://manpages.ubuntu.com/manpages/trusty/man1/siege.1.html> (дата звернення 12.04.2021)

17. Load balancing / URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Load\\_balancing\\_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Load_balancing_(computing)) (дата звернення 24.04.2021)

18. Autoscaling / URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Autoscaling> (дата звернення 25.04.2021)

19. Amazon CloudWatch / URL: <https://aws.amazon.com/cloudwatch> (дата звернення 25.04.2021)