

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
« ____ » _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
**“Програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального
сервісу побудови та керування мережами на основі
використання SD-WAN”**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КН-22
ОПП «Комп’ютерні науки»
спеціальності 122 «Комп’ютерні науки»
_____ Бабіюк А.С.
« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук
_____ Лисенко І.А.
« ____ » _____ 2026 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет *Механіко-технологічний*
Кафедра *Кібербезпеки та програмного забезпечення*
Освітній ступінь *бакалавр*
Галузь знань . 12 *“Інформаційні технології”*
Спеціальність 122 *“Комп’ютерні науки”*
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма *“Комп’ютерні науки”*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
Олексій СМІРНОВ
« 06 » лютого 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бабіюку Артему Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи *Програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN*
- Керівник роботи *Лисенко Ірина Анатоліївна, канд. техн. наук*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу № 116-02 від 06.02.2026 року
- Строк подання студентом роботи до захисту *23.05.2026 р.*
- Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN*
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 - Призначення та область використання.*
 - Перегляд аналогічних існуючих систем.*
 - Опис і обґрунтування проектних рішень.*
 - Етапи програмування системи.*
 - Впровадження системи в промислову експлуатацію.*
 - Висновки*
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

<i>Структурна схема системи</i>	<i>1 аркуш</i>
<i>Функціональна схема системи</i>	<i>1 аркуш</i>
<i>Діаграма процесів</i>	<i>1 аркуш</i>
<i>Блок-схема алгоритму роботи додатку</i>	<i>2 аркуша</i>

7. Дата видачі завдання « 06 » лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026 р.	
7.	Оформлення ПЗ	17.04.2026 р.	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 06 » лютого 2026 р.

Підпис керівника

Лисенко І.А.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 06 » лютого 2026 р.

Підпис здобувача

Бабіюк А.С.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бабіюк А.С. Програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN. 122 Комп'ютерні науки. Центральнoукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

Метою розробки є програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

Результат роботи – програмна реалізація системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

Ключові слова: комп'ютерні науки, хмарний інтелектуальний сервіс, SD-WAN

ABSTRACT

Babiiuk A.S. Software for the cloud intelligent service system for building and managing networks based on the use of SD-WAN. 122 Computer Science. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software has been developed, which is intended for the cloud intelligent service system for building and managing networks based on the use of SD-WAN.

The purpose of the development is the software for the cloud intelligent service system for building and managing networks based on the use of SD-WAN.

The result of the work is the software implementation of the cloud intelligent service system for building and managing networks based on the use of SD-WAN.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with software are provided.

The program can be used on PCs with Windows 10/11.

The program is developed in the Python environment.

Keywords: computer science, cloud intelligent service, SD-WAN

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	5
1.1 Призначення системи.....	5
1.2 Область застосування.....	6
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	8
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.....	8
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	14
2.3 Розгорнута постановка завдання	17
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	19
3.1 Опис функціонування системи	19
3.2 Розробка структурної схеми.....	25
3.3 Розробка функціональної схеми	29
3.4 Розробка діаграми процесів.....	45
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	47
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	47
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	60
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	63
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71

						ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ		
Вим	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Бабіюк А.С.				Програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Лисенко І.А.					Б	1	77
Н.контр.	Коваленко А.С.				ЦНТУ КН-22			
Затв.	Смірнов О.А.							

ВСТУП

Актуальність теми. У 2026 році мережева стратегія більше не є предметом обговорення в ІТ-відділах. Це обговорення на рівні ради директорів щодо ризиків, стійкості, взаємодії з користувачами та безперервності бізнесу.

Спосіб функціонування організацій докорінно змінився. Робоча сила розподілена. Додатки базуються на хмарних технологіях. Клієнти очікують постійного цифрового доступу. А кіберзагрози стали складнішими, ніж будь-коли. Однак багато середніх та великих підприємств досі працюють на застарілих мережевих архітектурах, створених для іншої епохи. Епохи, коли трафік передбачувано передавався з філії до центру обробки даних, а безпека знаходилася на периметрі. Цієї моделі вже давно немає.

Сучасні мережі, що працюють на базі SD-WAN та SASE, тепер є основою для безпечних та високопродуктивних бізнес-операцій. Мережа перестала бути основою і тепер стала платформою. П'ять років тому мережа була про безвідмовну роботу. Сьогодні мова йде про досвід. Коли співробітники працюють з кількох місць, клієнти взаємодіють цифровим способом, а додатки працюють на платформах AWS, Azure, Google Cloud та SaaS, мережа стає платформою, яка об'єднує все. Якщо продуктивність знижується, страждає продуктивність. Якщо існують прогалини в безпеці, ризик множитья. Якщо архітектура фрагментована, витрати зростають.

Ось чому перспективні ІТ-лідери переосмислюють свою мережу як стратегічний інструмент, а не лише як інфраструктуру.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

- Огляд існуючих систем хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN..
- Дослідження системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN..
- Програмна реалізація системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN..

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

КБПЗ-2020

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Рідко коли у великих організаціях – банках, ритейлі й т.п. – є присутнім тільки один канал зв'язку. Звичайно їх два або більше. Це служить якоюсь гарантією відказостійкості філії.

Думаю будь-якого співробітника ритейла можна підняти вночі й запитати: скільки коштує година простою магазину. І він чітко відповість – це обов'язкові цифри, які легко вважаються. Або відділення банку. Що буде, якщо воно залишиться без зв'язку? Напевно, багато хто пам'ятають недавній збій на мережі одного з найбільших українських операторів. Отож, однієї з головних проблем для людей стала неможливість підтвердити платежі й перекази. Зв'язку не було всього полудня, а потерпілі скаржаться дотепер.

Це потрібно будь-якої організації з великою кількістю філій. Коли інфраструктура філій ускладнюється і є проблеми зі стабільністю роботи каналів зв'язку – рішенням може стати SD-WAN

Основна перевага технології, на мій погляд – можливість об'єднання декількох каналів зв'язку в один логічний. І, відповідно, інтелектуальній перерозподіл трафіку залежно від типу застосунку між цими каналами.

Для компанії, що збирається обновляти парк свого філіального мережного встаткування, я мінусів не бачу. SD-WAN – найсучасніше рішення по керуванню роботою філій, по розподілі трафіку. Протипоказань, як таких, немає. Але якщо ви вже встигли закупити класичне встаткування – те на жаль. Різкі зміни спричинять певні складності. Що, втім, залежить тільки від бюджету організації.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1.2 Область застосування

Глобальна мережа (Wide-Area Network – WAN) – мережа передачі даних, розгорнута на великому географічному просторі. У розділі приводяться характеристики мереж WAN.

Мережі WAN використовують устаткування, що надається операторами послуг зв'язку, такими як телефонні або кабельні компанії, призначене для зв'язку один з одним рознесених офісів однієї організації, для зв'язку з географічно віддаленими організаціями, для підключення до зовнішніх ресурсів і сервісів, а також для створення з'єднання з віддаленими користувачами. Мережі WAN часто використовуються для передачі трафіку різного типу: голосу, даних і відео.

Приведемо три головні характеристики WAN:

- мережа WAN з'єднує пристрої, що перебувають на дуже великій відстані друг від друга (у різних географічних областях);
- мережі WAN використовують сервіси, надавані операторами послуг зв'язку, такими як телефонні компанії, мережі кабельного й супутникового віщання й компанії-оператори мереж передачі даних;
- у мережах WAN для забезпечення доступу з певною пропускною здатністю на більші відстані використовуються послідовні з'єднання різних типів.

Існують безліч причин необхідності використання WAN у сьогоdnішнім інформаційному середовищі. У розділі пояснюються причини реалізації мереж WAN.

Технології мереж LAN забезпечують високу швидкість і низьку вартість передачі даних в організаціях, розташованих у межах щодо невеликої території. У той же час, існують організації, яким потрібна зв'язок між віддаленими користувачами, що має на увазі наступне:

Люди в регіональному офісі або в офісі-філії мають потребу у зв'язку із центром і спільним використанням даних.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Часто одні організації хочуть використовувати інформацію разом з іншими організаціями, які перебувають на великій відстані. Наприклад, виробники програмного забезпечення пересилають продукт інформаційних технологій і супровідну інформацію дистриб'юторам, які продають цей продукт кінцевим користувачам. Співробітники компанії, які часто відправляються в ділові поїздки й мають потребу в доступі до інформації, що розміщена в мережах їхньої корпорації.

Крім того, користувачі домашніх комп'ютерів відчують потребу у відправленні й прийомі даних на дуже більші відстані. Приведемо кілька прикладів.

Зараз все більше поширення одержує дистанційний зв'язок з будинку з банками, великими магазинами й операторами по поширенню товарів і послуг за допомогою комп'ютерів.

Студенти ведуть наукову діяльність, користуючись при цьому доступом до інтернет-бібліотек і можливістю розміщення своїх публікацій в інших частинах країни або світу.

Оскільки не представляється можливим безпосереднє з'єднання комп'ютерів по всій країні або земній кулі за допомогою технологій локальних мереж, те були розроблені різні технології для підтримки таких віддалених з'єднань. Мережі WAN дозволяють організаціям і окремим людям вирішити проблему зі створенням глобальних комунікацій.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

У цьому розділі пояснимо основи найпоширенішого зараз терміна, про якій ви чули від різних постачальників на платформі Network Virtualization. За останні кілька років були досягнуті значні успіхи й поліпшення в підвищенні рівня гнучкості в обробці даних за допомогою програмно обумовлених мереж (SDN).

Підприємства вкладають багато грошей у рішення SDN у центрі обробки даних, але усе ще залишається багато роботи з боку WAN мережі. Одна сфера IT, що ще не розвилася й не має гнучкість – це глобальна мережа підприємства (WAN).

Удосконалення в глобальній мережі повинні бути на одній з перших позицій списку пріоритетів IT підприємств, тому що організації зможуть приймати своєчасні рішення, тільки коли є якась маневреність у частині WAN. Якщо компанії хоче коли-або досягти рівня «гнучкості», необхідного для високої конкурентоспроможності в сучасному цифровому світі, необхідно розвивати SD-WAN.

SD-WAN є рішенням і може бути розгорнута з MPLS. Архітектура SD-WAN змінила це рівняння за допомогою безлічі технологій, які забезпечують обслуговування трафіку бізнес-класу незалежно від основного методу доставки трафіку.

Якщо говорити про хмарне рішення SD-WAN, Cloud-Delivered SD-WAN додатково оптимізує доставку трафіку прямо й в інші хмарні пункти призначення, створюючи програмно-визначені зашифровані тунелі, коли й де це необхідно, динамічно управляючи трафіком і використовуючи хмарні CPE і

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

шлюзи. Цей трафік ніколи не може потрапити в центр обробки даних або сайт агрегації у ваш традиційній MPLS VPN.

На сьогоднішній день є багато постачальників, які надають рішення SD-WAN на ринок, а одними з головних постачальників є Viptela, VeloCloud, Cloud Genix, Pertino, Silver-Peak і Glue Networks, які надають нам рішення Hybrid WAN. Viptela тепер входить до складу Cisco Systems, тому в Cisco є два різних рішення SD-WAN (VMware NSX і SD-WAN) які успішно конкурують із іншими великими постачальниками.

Переваги SD-WAN:

– Висока продуктивність, низька вартість і більше висока надійність, ніж у традиційного рішення WAN.

– Технологія SD-WAN, сумісна з існуючими технологіями підключення (Ethernet, Wi-Fi, 3G, 4G, LTE, MPLS і т.д.).

– SD-WAN замінить дорогі приватні технології WAN з одним джерелом безпеки

– У вас є важіль централізованого керування трафіком, що ви можете пристосувати до ваших потреб

– Завдяки рішенню SD-WAN ви можете автоматизувати керування пристроями й доступ до хмарних додатків

Zyxel Nebula

Zyxel Nebula можна віднести до рішень SD-WAN, впровадження яких – перший крок у реалізації концепції SDN стосовно до територіально розподілених мереж

Виділивши марку інтернет-центрів Keenetic в окремій бізнес, компанія Zyxel вирішила сфокусуватися на мережних рішеннях для корпоративного сектора й для операторів зв'язку. В умовах чехарди злиттів і покупок, що охопили західних виробників мережного встаткування, а також через охолодження багатьох українських замовників до американської продукції тайваньська компанія має гарні шанси для успіху в перерахованих сегментах. До її безумовних плюсів можна віднести устояну репутацію, що компанія заслужила

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

високою якістю продукції для домашніх мереж, а також пропозиція інноваційних рішень, у тому числі з керуванням із хмари.

Компанію Zyxel в Україні знають як виробника надійного і якісного встаткування для будинку, однак за межами України вона відома в першу чергу як постачальник IT-рішень для готелів, шкіл, невеликих і середніх організацій. Володіючи майже 30-літнім досвідом на даному ринку, Zyxel вирішила зосередитися на виробництві й просуванні встаткування для комерційних замовників, промислових об'єктів, міських громадських місць і спортивних споруджень. Проте й сегмент домашнього встаткування Zyxel продовжує розвивати, пропонуючи високопродуктивні пристрої для домашніх споживачів. Одна з новинок компанії – система Multy. Це рішення для організації мережі з ніздрюватою топологією у великій квартирі або будинку.

Основні продуктові лінійки – міжмережеві екрани USG/ZyWALL, точки доступу Wi-Fi і комутатори. Продуктова стратегія в різних країнах, по великому рахунку, не відрізняється. Різниця, скоріше, у методах просування продукції. В Україні більше уваги приділяється проектному бізнесу.

В 2026 році Zyxel додатково фокусується на хмарному рішенні Zyxel Nebula і різних пристроях LTE. Саме в програмно-апаратного рішення Zyxel Nebula ми бачимо найбільший потенціал росту. Воно дозволяє реалізувати популярну нині концепцію SD-WAN і пропонує по-новому глянути на розгортання й керування більшими розподіленими мережами.

В 2026 році компанія серйозно переглянула підхід до роботи з партнерами, запропонувавши максимально комфортні умови для проектного бізнесу. На ринку налічується кілька десятків виробників мережного встаткування, але далеко не кожній може запропонувати якісне встаткування, гідній рівень підтримки й сервісу. У нас дуже широка лінійка класичного мережного встаткування (міжмережеві екрани, комутатори й Wi-Fi). Одних тільки варіантів точок доступу – більше 15. А вже згадане хмарне мережне рішення Nebula у цей момент просто не має серйозних конкурентів.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Тут мова насамперед йде про лінійки встаткування Zyxel USG і ZyWALL. Ми пропонуємо дуже гнучке ліцензування, коли замовник може самостійно вибирати, які додаткові функції безпеки йому необхідні: контентна фільтрація, антивірус, виявлення й запобігання вторгнень, патруль додатків, антиспам.

Основною перевагою встаткування USG і ZyWALL є безкоштовне відновлення прошивання пристрою, що вдосконалюється з кожним роком. Для приклада, будь-яка модель міжмережевого екрана USG40 і старші моделі можуть виступати як контролер точок доступу. А в листопаді функціонал створення відказостійкового кластера HA Pro став доступний як базовий для старших моделей USG і ZyWALL.

Дослідження наших європейських колег, проведене на початку 2026 року серед більш ніж 400 власників і IT-менеджерів готелів, показало, що другою по значимості для гостей готелів причиною наступного звертання в той же готель є саме якісна робота мережі Wi-Fi. Ми готові запропонувати великий вибір різних рішень для готелів будь-якого рівня – від хостелів до готелів преміум-класа.

При використанні хмарного рішення Nebula керування Wi-Fi-мережами готелів стає більше ефективним і менш дорогим. А саме головне – саме рішення легко масштабуються. Це допоможе не тільки готелям, але й іншим замовникам (мережним кафе, ресторанам, клубам та ін.) максимально швидко й ефективно розгорнути мережі у всіх локаціях, не залучаючи для цього фахівців.

У сфері освіти Zyxel має багаторічний досвід поставок класичного мережного встаткування в різні регіони України. В 2026 році ми активно пропонуємо нашим замовникам рішення Nebula. Велика кількість географічно розподілених об'єктів створює певні складності в керуванні мережею, і Nebula ідеально з ними справляється. Для мереж Wi-Fi високої щільності компанія випускає точки доступу з smart-антенами, які були розроблені спеціально для рішення таких завдань. SD-WAN дозволяє відмовитися від складного керування кожним мережним пристроєм за допомогою командного рядка на користь зручного централізованого керування.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Наприкінці 2025 року Salesforce провела дослідження серед власників малого й середнього бізнесу в США. З'ясувалося, що 83% не мають ІТ-фахівця в штаті, але всі рішення з планування ІТ-інфраструктури, покупці, налаштуванню й обслуговуванню встаткування приймають самостійно. У цьому зв'язку Nebula є просто порятунком для підприємців, дозволяючи їм витратити мінімум часу на технічну частину й максимально зосередитися на питаннях бізнесу.

Завдяки централізованому керуванню із хмари, стало можливо підключення пристроїв до мережі без залучення висококваліфікованого персоналу. За допомогою мобільного застосунку Nebula монтажникові досить відсканувати QR-код на кришці приєднаного до мережі пристрою, після чого воно автоматично реєструється в мережі, завантажує нові прошивання й починає працювати в штатному режимі. Nebula – це насамперед легке розгортання мереж у розподіленій філіальній мережі, клонування мережних налаштувань від локації до локації простим кличем мишки. Завдяки цим можливостям власники бізнесу можуть помітно заощадити на найманні кваліфікованого персоналу.

З появою рішень SD-WAN стали можливі відмова від оренди дорогих каналів L3-VPN і використання каналів Інтернету від різних провайдерів зі збереженням необхідної якості обслуговування. Всі необхідні налаштування мережне встаткування одержує із хмари.

У лінійці встаткування Zyxel Nebula є міжмережеві екрани, комутатори, у тому числі з підтримкою технології PoE, точки доступу Wi-Fi. Хмара Nebula дозволяє замовникам управляти своїм прикінцевим устаткуванням, починаючи від процесу його ініціалізації й закінчуючи застосуванням специфічних політик і правил. Причому у випадку неприступності хмари самі прикінцеві пристрої продовжують працювати в штатному режимі, забезпечуючи зв'язок всіх мережних пристроїв розподіленої корпоративної мережі.

На відміну від пропозицій конкурентів на ринку хмарних рішень, Nebula має дуже гнучку політику ліцензування й не відключає мережу у випадку несвоєчасної оплати ліцензії на керування із хмари. Zyxel робить все, щоб мережа замовника працювала, незалежно від обставин.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Огляд рішення FortiGate SD-WAN

Філії розподіленої компанії, що переходять на модель цифрового бізнесу, значно впливають на мережу WAN. Використання хмарних служб і ріст кількості мобільних співробітників прискорюють розвиток технологій WAN. Оскільки підприємства мають прямий доступ до Інтернету, стає усе більш важливо розгортати стратегії безпеки наступного покоління, а також використовувати багатопляхові мережі WAN для підвищення продуктивності додатків.

Компанія Fortinet – єдиний постачальник міжмережевих екранів наступного покоління (NGFW), що надала власну програмно-конфігуруєму глобальну мережу (SD-WAN) разом з убудованим розширеним захистом від погроз. Fortinet одержала оцінку «Рекомендовано» за результатами першого в історії тесту програмно-конфігуруємих глобальних мереж, проведеного компанією NSS Labs. Програмні продукти Fortinet продемонстрували відмінна якість передачі голосу й відео, високу пропускну здатність VPN і краще співвідношення ціни й продуктивності.

SD-WAN від FortiGate дозволяє замінити окремі маршрутизатори WAN, технології оптимізації WAN і пристрою захисту одним рішенням, що враховує особливості додатків, забезпечує автоматичну багатоканальну маршрутизацію й підтримку декількох широкополосних підключень. Такий підхід підвищує продуктивність додатків, знижує експлуатаційні витрати мережі WAN і мінімізує складність керування.

Versa Networks

Versa Networks надає безпечний спосіб побудови й розвитку мереж з використанням технологій SD-WAN і vCPE. Рішення працює на серверній платформі Intel і дає волю вибору будь-яких постачальників, замість дорогих, пропріетарних традиційних програмно-апаратних платформ.

Versa Cloud IP – це повністю програмний продукт, що володіє не тільки широким набором можливостей для побудови гнучких і захищених мереж, але й ефективними засобами керування цією інфраструктурою.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Своєю місією Versa вважає боротьбу із двома викликами, що коштують перед операторами зв'язку й підприємствами: застарілі глобальні мережі й традиційне мережне апаратне забезпечення.

Рішення Versa дозволяє зберігати інвестиції за рахунок роботи з існуючою мережною і ІТ інфраструктурою, з ефективними засобами керування й моніторингу, а також за рахунок використання стандартних протоколів і форматів балок, що, крім збереження інвестицій, істотно скорочує час інтеграції рішення в діючу інфраструктуру.

Флагманська технологія Versa FlexVNF підтримує широкий набір опцій впровадження й може бути розгорнута як в існуючій традиційній мережі, так і в новій SDN-середовищі. Підтримуються віртуальні гіпервізори (VMware ESXi & KVM) і Linux-контейнери.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Python – високорівнева мова програмування, яку називають другою за популярністю в світі. Її використовують для розробки вебзастосунків, програмного забезпечення, машинного навчання. Python застосовують для вирішення робочих завдань у компаніях Google, Instagram, Facebook, IBM, NASA, Dropbox, Netflix та інших. Розробники цінують цю мову програмування за простоту у вивченні, ефективність та мультиплатформність.

Python – скриптова мова програмування з досить простим синтаксисом. Для розуміння достатньо порівняти принципи написання найпростішої програми, яка виводить на екран текстове повідомлення. Саме тому мова програмування Python більш доступна для новачків, а професіонали встигли адаптувати її для вирішення великої кількості завдань. Це мультиплатформне рішення, тому знання Python дає можливість працювати у різних сферах: від розробки мобільних застосунків до ігрової індустрії та штучного інтелекту.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

У мови програмування динамічна типізація: є можливість передавати до функцій будь-який тип даних без попереднього вказання. Інтерпретованість дозволяє знаходити помилки у коді ще до повної збірки у робочий застосунок. При цьому Python дуже чітко дає зрозуміти, де та через що виникла помилка.

Це мова об'єктноорієнтованого програмування (ООП). Програмне забезпечення на Python оформлене у вигляді моделей, які можуть бути зібраними у пакети. Тип та структуру кожного об'єкта можна запитати під час виконання програми. Для кожного з об'єктів можна отримати всю інформацію щодо його внутрішньої структури. Окрім того:

- у мови логічний синтаксис, завдяки чому вихідний код легко читати та розуміти;
- гнучкість та масштабованість Python дозволяє адаптувати високорівневу логіку та розширяти складні застосунки, як тільки виникне така необхідність;
- розробка на Python у більшості випадків проходить швидше, ніж на інших мовах програмування;
- Python – інтерпретована мова програмування. Це значить, що код можна написати у будь-якому текстовому файлі на будь-якій платформі, і потім успішно запустити;
- у Python – колосальна спільнота однодумців. Тож будь-які складнощі конкретних розробників вирішуються колективно.

Проте є декілька особливостей, які можна віднести до недоліків. Це повільність (ця мова програмування хоч і універсальна, проте повільніша за інші), велика кількість ресурсів, необхідних для роботи та «прив'язаність» до системних бібліотек.

Мова програмування Python використовується у наступних сферах:

1. Розробка програмних застосунків будь-якого напрямку.
2. Розробка серверної частини мобільних застосунків (найпопулярніший напрямок).

3. Ігри. Багато сучасних ігор для комп'ютерів (наприклад, World of Tanks) частково чи повністю написані на Python.

4. Вбудовані системи для різних пристроїв. Дуже часто Python використовують для написання внутрішніх платформ управління банкоматами.

5. Скрипти та плагіни до уже реалізованих програм для автоматизації процесів чи створення інших рішень.

6. Тестування (автоматизація цього процесу).

7. Машинне навчання. – основна мова для написання алгоритмів і аналітичних застосунків у сфері Machine Learning.

Бібліотеки Python

Різні бібліотеки Python використовують для виконання конкретних завдань. Наприклад, Matplotlib підходить для відображення даних у двовимірній та тривимірній графіці. Pandas підходить для зручної роботи з даними. NumPy дозволяє створювати масиви та керувати ними. Requests використовується для веброзробки. OpenCV-Python відкриває можливості для обробки зображень з метою оптимізації систем «машинного зору».

Найвідоміші фреймворки для мови програмування Python

Фреймворки Python допомагають створити зручне та функціональне середовище для розробки. У них міститься набір інструментів, модулів та бібліотек, корисних для виконання конкретних завдань. Це значно полегшує роботу: наприклад, дає змогу не витратити час на розписування дій, які повторюються, а використати релевантний інструмент. Тож є можливість позбутися рутинних процесів та сконцентруватися на логіці проєкту.

Серед найпопулярніших фреймворків для Python:

– Django – найстаріший та найвідоміший. Створений для реалізації великих інтерактивних проєктів;

– Pyramid – зручний у налаштуваннях, і дає можливість реалізувати складні нестандартні ідеї;

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

– Web2py – підходить в першу чергу для вебзастосунків і може використовуватись на будь-яких архітектурах.

Популярні Python IDE

IDE або інтегровані середовища розробки – це програмне забезпечення, яке надає розробникам необхідні інструменти для написання, редагування, тестування та налаштування коду. Для розробки на Python найчастіше використовують IDE PyCharm, IDLE, Spyder та Atom.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

КБПЗ - 2026

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Традиційні архітектури WAN на основі MPLS були розроблені навколо централізованих центрів обробки даних. Трафік з філій передавався назад до головного офісу, перш ніж потрапити в Інтернет. Безпека була встановлена на рівні периметрального брандмауера.

У світі, де перш за все хмарні технології, цей підхід створює:

- Збільшена затримка.
- Вищі витрати.
- Обмежена видимість.
- Нестабільний користувацький досвід.
- Сліпі зони безпеки для віддалених користувачів.

Коли додатки є хмарними, а користувачі розподілені, маршрутизація трафіку через єдину вузьку точку більше не має сенсу.

Сучасні мережі вимагають інтелекту на периферії та безпеки, вбудованої в архітектуру, а не доданої пізніше.

Ось тут і з'являються SD-WAN та SASE.

Що таке SD-WAN і чому вона є фундаментальною

Програмно-визначені глобальні мережі (SD-WAN) трансформують те, як організації керують підключенням у кількох місцях.

Замість того, щоб покладатися на одного оператора зв'язку або дорогі MPLS-канали, SD-WAN дозволяє компаніям:

- Використовуйте різні типи з'єднань (оптико-оптичне, широкопasmове, фіксоване бездротове, LTE/5G).
- Динамічно маршрутизувати трафік на основі пріоритету програми.
- Покращення продуктивності SaaS та хмарних застосунків.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Зменшити залежність від дорогих приватних ліній зв'язку.
- Отримайте централізовану видимість на всіх сайтах.

На практиці SD-WAN означає, що ваша мережа стає інтелектуальною. Він розуміє різницю між голосовим дзвінком, зустріччю в Zoom, сеансом CRM та передачею великих файлів і відповідно пріоритезує трафік. Для розподілених команд це означає більш плавну співпрацю, кращу продуктивність програм та меншу кількість запитів на підтримку. Але однієї лише SD-WAN недостатньо у 2026 році.

Чому безпека має бути вбудована в мережу

Периметр зник. Працівники підключаються до мережі з дому, кав'ярень, допоміжних офісів та клієнтів. Програми знаходяться в кількох хмарах. Пристрої постійно переміщуються в мережу та з неї. Стратегії безпеки, що залежать від центральних брандмауерів та VPN-концентраторів, просто не можуть встигати за цим. Саме тут SASE стає критично важливим.

Що таке SASE та чому він стає стандартом

Безпечний доступ до сервісу на межі (SASE) поєднує мережу та безпеку в єдину хмарну архітектуру. Замість того, щоб керувати окремими рішеннями для брандмауера, безпечного веб-шлюзу, CASB, доступу з нульовою довірою та SD-WAN, SASE інтегрує їх в єдину платформу.

Архітектура SASE зазвичай включає:

- SD-WAN для інтелектуальної маршрутизації трафіку.
- Безпечний веб-шлюз (SWG).
- Брокер безпеки доступу до хмари (CASB).
- Брандмауер як послуга (FWaaS).
- Доступ до мережі з нульовою довірою (ZTNA).

Ключова зміна полягає в наступному: безпека орієнтована на користувача та програму, а не на місцезнаходження.

У 2026 році ця модель більше не буде необов'язковою для організацій з розподіленими командами.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Чому SD-WAN та SASE важливіші у 2026 році, ніж будь-коли раніше

1. Гібридна робота є постійною

Навіть організації, які скоротили повністю віддалені ролі, все ще працюють за гібридними моделями. Працівники очікують безпечного та високопродуктивного доступу з будь-якого місця. SD-WAN забезпечує оптимізоване з'єднання між локаціями. SASE гарантує узгоджені політики безпеки незалежно від місцезнаходження користувача. Разом вони усувають тертя між продуктивністю та захистом.

2. Впровадження хмарних технологій прискорюється

Розповсюдження SaaS продовжується. Підприємства використовують десятки, а іноді й сотні, хмарних додатків. Застарілі архітектури перенаправляють трафік без потреби, збільшуючи затримку та дратуючи користувачів. SD-WAN забезпечує прямий доступ до Інтернету та інтелектуальну маршрутизацію. SASE захищає доступ до хмарних додатків без використання вузьких місць VPN. Результатом є швидший доступ і сильніший контроль.

3. Кіберзагрози спрямовані на сам зв'язок

Зловмисники все частіше використовують слабкі ланки у з'єднанні, незахищений віддалений доступ, неправильно налаштовані VPN, відкриті мережі філій. Фрагментований стек безпеки залишає сліпі зони. SASE консолідує прозорість та забезпечує дотримання принципів нульової довіри по всій мережі. Ця прозорість є критично важливою для дотримання вимог, звітності та реагування на інциденти. У регуляторному середовищі, яке продовжує посилювати очікування щодо управління кібербезпекою, архітектура має значення.

4. Складність стає найбільшим ризиком

Протягом останнього десятиліття багато організацій впроваджували один за одним багаторівневі інструменти безпеки.

Результат:

– Перекриття функціональності.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Непослідовне застосування політики.
- Зростання витрат.
- Операційне навантаження на ІТ-команди.

Сучасні мережі – це не про додавання додаткових інструментів. Йдеться про розумнішу інтеграцію. SD-WAN та SASE зменшують розростання постачальників та спрощують архітектуру, що, у свою чергу, знижує операційний ризик.

5. Оптимізація витрат тепер є стратегічною

Бюджети мереж перебувають під пильною увагою. Архітектури, що базуються на MPLS, часто несуть високі поточні витрати та обмежену гнучкість. SD-WAN дозволяє організаціям диверсифікувати підключення, використовувати дешевші канали, де це доречно, та ефективніше вести переговори з операторами. SASE зменшує потребу в окремих апаратних пристроях на кожному об'єкті. За умови правильного планування, модернізація часто призводить як до покращення продуктивності, так і до економічної ефективності, що є рідкісним поєднанням.

Що означають штучний інтелект та автоматизація для мереж у 2026 році

Штучний інтелект все частіше вбудовується в сучасні мережеві платформи.

Передові рішення SD-WAN тепер використовують штучний інтелект для:

- Прогнозуйте затори.
- Автоматичне перенаправлення трафіку.
- Виявлення аномалій.
- Оптимізуйте продуктивність у режимі реального часу.

Платформи SASE використовують машинне навчання для виявлення аномальної поведінки користувачів та забезпечення дотримання адаптивних політик. Мережа більше не статична. Вона динамічна та самооптимізується. Але мережі на основі штучного інтелекту працюють лише тоді, коли архітектура чиста та уніфікована. Модернізація закладає основу.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

порівнювати постачальників, укладати розумніші контракти та уникати надмірних зобов'язань щодо негнучких довгострокових угод. У середовищі, де складність дорівнює ризику, ясність стає конкурентною перевагою.

Модернізація – це не розірвання та заміна

Важливо розуміти, що модернізація мережі не вимагає негайного демонтажу всього. Багато організацій починають з:

- Заміна застарілих MPLS на вибраних об'єктах.
- Розгортання оверлеїв SD-WAN.
- Впровадження віддаленого доступу з нульовою довірою.
- Поетапне впровадження можливостей SASE з часом.

Поетапна стратегія, узгоджена з бізнес-пріоритетами, часто дає найкращі результати. Мета не руйнування. Це еволюція. У 2026 році SD-WAN та SASE не є новими технологіями. Вони є фундаментальними компонентами сучасної корпоративної архітектури.

Організації, які затримують модернізацію, стикаються з:

- Зростання ризиків безпеки.
- Розчаровані користувачі.
- Зростання витрат.
- Знижена спритність.

Організації, які інвестують стратегічно, отримують:

- Оптимізація продуктивності.
- Спрощена безпека.
- Краща видимість.
- Контроль витрат.
- Інфраструктура, готова до майбутнього.

Сучасні мережі більше не є обов'язковими. Вони є необхідною умовою для цифрової стійкості. Для розподілених команд, хмарних середовищ та підприємств, що дбають про безпеку, SD-WAN та SASE важливіші, ніж будь-коли, оскільки мережа більше не просто об'єднує бізнес.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

3.2 Розробка структурної схеми

Підприємства змінюють свої платформи, оскільки MPLS є дорогим, повільним у масштабуванні та змушує трафік передавати через фіксовані місця розташування, що шкодить продуктивності SaaS.

В Україні великі робочі сили, які використовують хмарні додатки, стикаються із затримкою від 120 до 300 мс, коли трафік маршрутизується через застарілі WAN-хаби.

У понад 50 філіях розгортання MPLS-каналів займає 8-16 тижнів. SD-WAN може бути реалізована за 1-3 тижні, використовуючи інтернет, LTE/5G або гібридні канали.

Керівники сфери безпеки також хочуть єдиного моніторингу та узгоджених політик, чого MPLS та традиційні маршрутизатори не можуть забезпечити централізовано.

SD-WAN (Програмно-визначена глобальна мережа) – це сучасний мережевий підхід, який відокремлює керування від апаратного забезпечення, використовуючи програмні тунелі та центральний оркестратор для керування маршрутизацією та політиками.

Він постійно контролює всі доступні мережеві шляхи (широкосмугове оптоволоконне з'єднання, LTE/5G або існуюче MPLS) та надсилає трафік через найшвидше та найстабільніше з'єднання за сеанс.

Він сам по собі не замінює інструменти безпеки, але спрощує послідовне розгортання засобів безпеки в різних місцях.

Основні компоненти в реальних розгортаннях

– SD-WAN Edge: апаратне забезпечення або віртуальний маршрутизатор у кожній гілці.

– Оркестратор: Центральна площа керування, що забезпечує політики маршрутизації та безпеки.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- Базова мережа: MPLS, широкосмуговий доступ, LTE/5G або 5G FWA-з'єднання.
- Тунелі накладання: зашифровані IPsec або GRE з'єднання між філіями або хмарними шлюзами.
- Хмарний шлюз/РоР: Найближчий мережевий вихід для швидшого доступу до хмарних та SaaS-додатків.
- Механізм політик: Визначає сегментацію, пріоритет маршрутизації, відповідність та правила безпеки.
- Механізм моніторингу: забезпечує стан з'єднання в режимі реального часу, дані про збої, джиттер, затримку та втрату пакетів.

Як рухається трафік:

- Користувач або пристрій підключається з філії або віддаленого розташування.
- Трафік досягає краю SD-WAN.
- Механізм політик визначає тип програми.
- SD-WAN вибирає найкращий шлях передачі даних (на основі затримки, джиттера або перебоїв).
- За потреби, тунелі з накладанням шифрують конфіденційний трафік.
- Трафік виходить через найближчий хмарний РоР/шлюз, щоб досягти AWS, Azure, GCP або SaaS.
- Моніторинг реєструє продуктивність сеансу та стан відповідності.

Цей цикл виконується безперервно для кожного сеансу, що робить маршрутизацію адаптивною та інтелектуальною у великих масштабах.

Чи SD-WAN швидший за VPN для віддаленої роботи у 2026 році?

Так, у продуктивності та надійності. VPN здійснює зворотний зв'язок між усіма користувачами через один регіон або центр обробки даних, створюючи вузькі місця, нестабільність, високий рівень джиттера та збільшуючи ризик горизонтального переміщення у разі компрометації. SD-WAN розподіляє

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

вихідний трафік між кількома інтернет- та 5G-з'єднаннями, зменшуючи затримку на 40-70% порівняно з централізованим VPN.

Але для забезпечення безпеки підприємства все ще поєднують його з ZTNA та MDR/SOC для забезпечення ідентифікації, довіри до пристроїв та стримування загроз у режимі реального часу.

MPLS та VPN мають труднощі в масштабуванні. SD-WAN перемагає завдяки багатосайтовій маршрутизації, швидкості розгортання, затримці та перемиканню на резервний рахунок. SASE додає засоби контролю власності безпеки та ідентифікації, коли підприємствам потрібна Zero Trust + хмарна перевірка.

Керівники відділів безпеки та IT-інфраструктури шукають реальних цифр:

- Економія коштів на WAN на 30-60% завдяки широкопуговому доступу + агрегації 5G.
- Зменшення затримки на 40-70% для додатків Teams, Zoom, Salesforce, Slack або ERP.
- на 50-80% швидше розгортання відділень.
- На 70-90% менше збоїв завдяки переключенню між активними резервними пристроями.
- На 60-75% менше зусиль на ручне налаштування філій.
- 90-95% часу безвідмовної роботи критично важливих бізнес-додатків за умови правильного налаштування.

Ці показники є реалістичними, коли SD-WAN поєднується з централізованою оркестрацією, керуванням програмами та відпрацюванням резервних копій.

Практичний 90-денний план розгортання SD-WAN

День 1-30 – Аудит WAN:

- Відкрийте для себе всі філії та посилення.
- Визначення критично важливих бізнес-додатків.
- Затримка, джиттер, збої в бенчмарках.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- Визначення базової лінії сегментації.
- Створення шаблону політики маршрутизації.

День 31-60 – Розгортання на периферії:

- Розгортання периферійних пристроїв SD-WAN у філіях.
- Налаштування динамічного вибору шляху.
- Застосування маршрутизації з урахуванням додатків.
- Налаштуйте хмарні скорочення для AWS, Azure, GCP, SaaS.
- Перевірте шифрування тунелю накладання, якщо потрібно.

День 61-90 – Безпека + оптимізація:

- Застосувати тегування стану пристрою Zero Trust.
- Вбудовані сповіщення для MDR/SOC, якщо команда Lean.
- Проведення тренувань з відновлення після відмови.
- Виконайте тестування хаосу (відключення каналу, втрата пакетів, піки джиттера).
- Увімкнути щомісячне позначення доказів для дотримання вимог.

Очікуваний результат: Маршрутизація швидша, перебої рідші, аналітики виконують менше ручної роботи, аудитори отримують кращі докази, а загрози локалізовані у неробочий час.

Найбільші помилки SD-WAN, які роблять українські команди у 2026 році:

- Довірити інтернет-провайдеру управління безпекою оверлею.
- Немає зіставлення програм перед розгортанням.
- QoS налаштовано занадто пізно.
- Без позначення стану пристрою Zero Trust.
- Запуск SD-WAN без володіння MDR.
- Без тренувань з відновлення після відмови.
- Різна політика для різних регіонів.
- Без оптимізації хмарного PoP.
- Без бенчмаркінгу затримки.

Точковий прогноз

Якість побудови прогнозу з найкращим збігом значення на m -му такті будемо оцінювати критерієм:

$$V_0 = y(m), 1 < m < N. \quad (3.1)$$

Траєкторний прогноз

Для оцінки якості побудови прогнозу на τ тактів ($1 \leq \tau < N$) з найкращим збігом прогнозних значень на всіх тактах, використовуємо один з наступних критеріїв:

$$V_1 = \sum_{j=1}^k \alpha_{t_j} \cdot y(t_j), \quad (3.2)$$

$$V_2 = \frac{1}{k-1} \sqrt{\sum_{j=1}^k \alpha_{t_j} \cdot y(t_j)^2}, \quad (3.3)$$

$$V_3 = \max_{t \in \{t_1, \dots, t_k\}} \alpha_t \cdot y(t) \quad (3.4)$$

$$V_4 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \alpha_{t_j} \cdot \frac{y(t_j)}{x(t_j)}, \quad (3.5)$$

де α_{t_j} – вагові коефіцієнти, що відбивають ступінь важливості збігу прогнозного й реального значення на такті t_j , що задаються експертним шляхом.

Прогноз максимуму

Потрібно побудувати траєкторний прогноз на τ тактів з найкращим збігом величини максимуму прогнозу:

$$V_5 = |\max\{x(t_1), \dots, x(t_k)\} - \max\{x'(t_1), \dots, x'(t_k)\}|, \quad (3.6)$$

і величини прогнозу значення такту m^* з максимальним прогнозним значенням:

$$V_6 = |\arg \max\{x(t_1), \dots, x(t_k)\} - \arg \max\{x'(t_1), \dots, x'(t_k)\}|. \quad (3.7)$$

Найпоширеніший критерій оцінки якості прогнозу (3.3), що складається із суми квадратів відхилень реальних даних від результатів розрахунку по прогнозній моделі, не завжди точно описує подання прогнозиста про гарний прогноз. Наприклад, даний критерій може допускати помітні відхилення прогнозу від реальних значень на окремих тактах. Ясно, що така оцінка якості

прогнозу не досить точно описує подання про гарний прогноз. На наш погляд, надійний критерій якості прогнозу повинен описувати подання прогнозіста про «гарний» і «поганий» прогноз, «велике» і «мале» відхилення реального процесу від прогнозу. Із цієї причини пропонується множина критеріїв оцінки якості прогнозу й постановок задач оптимізації для опису й вибору кращого прогнозу. В основі конструкцій критеріїв і постановок задач оптимізації лежить використання багатокритеріального опису й принципи оптимальності [37].

Сформулюємо задачу оцінки якості прогнозу як задачу оптимізації [8, 12, 30, 34, 38]. При постановці оптимізаційних задач можливе використання оцінок як по одному з допоміжних критеріїв (3.1) – (3.7), так і по декількох критеріях одночасно [32]. Другий підхід дозволяє більш гнучко підбудуватися під вимоги експерта до якості прогнозу за рахунок вибору відповідної постановки задачі.

Нехай було побудовано L різних прогнозів $X'_1, X'_2, \dots, X'_i, \dots, X'_L, i = 1, \dots, L$, яким відповідають L наборів оцінок $X'_{екзi} = \{x'_i(t_1), x'_i(t_2), \dots, x'_i(t_j), \dots, x'_i(t_k)\}$ значень часового ряду на тактах екзаменаційної вибірки $X_{екз} = \{x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_j), \dots, x(t_k)\}$, де $1 \leq t_j \leq N$ з використанням різних (або по-різному налаштованих) прогнозних моделей M_p . Тоді абсолютна величина відхилення значення i -го прогнозу на часовому такті $1 \leq t \leq N$ від спостереженого значення складе $y_i(t_j) = |\hat{x}'_i(t_j) - x(t_j)|$.

Опишемо однокритеріальні постановки задач оптимізації (оцінки якості прогнозу).

1. Кращим вважається прогноз с мінімальним відхиленням прогнозних значень від реальних на m -ому такті:

$$X^* = \arg \min_{i \in \{1, L\}} V_0(X_{екз}, X'_i) = \arg \min_{i \in \{1, L\}} (|x'_i(m) - x(m)|). \quad (3.8)$$

2. Кращим вважається прогноз із найменшим сумарним відхиленням прогнозних значень від реальних:

$$X^* = \arg \min_{i \in \{1, L\}} V_1(X_{екз}, X'_i) = \arg \min_{i \in \{1, L\}} \sum_{j=1}^k \alpha_{t_j} \cdot y_i(t_j). \quad (3.9)$$

3. Кращим вважається прогноз із найменшим середньоквадратичним відхиленням прогнозних значень від реальних:

$$X^{i*} = \arg \min_{i \in \{1, L\}} V_2(X_{екз}, X'_i) = \arg \min_{i \in \{1, L\}} \frac{1}{k-1} \sqrt{\sum_{j=1}^k \alpha_{t_j} \cdot y(t_j)^2}. \quad (3.10)$$

4. Кращим вважається прогноз із найменшим максимальним відхиленням прогнозних значень від реальних, тобто гарантується, що відхилення прогнозу будуть не більше знайденого мінімального значення на всіх τ тактах:

$$X^{i*} = \arg \min_{i \in \{1, L\}} V_3(X_{екз}, X'_i) = \arg \min_{i \in \{1, L\}} \max_{t \in \{t_1, \dots, t_k\}} \alpha_t \cdot y(t). \quad (3.11)$$

5. Кращим вважається прогноз із мінімальною величиною середньої помилки відхилення прогнозних значень від реальних:

$$X^{i*} = \arg \min_{i \in \{1, L\}} V_4(X_{екз}, X'_i) = \arg \min_{i \in \{1, L\}} \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \alpha_{t_j} \cdot \frac{y(t_j)}{x(t_j)}. \quad (3.12)$$

6. Кращим вважається прогноз із найменшим відхиленням максимального значення ряду:

$$\begin{aligned} X^{i*} &= \arg \min_{i \in \{1, L\}} V_5(X_{екз}, X'_i) = \\ &= \arg \min_{i \in \{1, L\}} (|\max\{x(t_1), \dots, x(t_k)\} - \max\{x'(t_1), \dots, x'(t_k)\}|). \end{aligned} \quad (3.13)$$

7. Кращим вважається прогноз, у якому найбільше точно обчислюється такт із максимальним значенням ряду:

$$\begin{aligned} X^{i*} &= \arg \min_{i \in \{1, L\}} V_5(X_{екз}, X'_i) = \\ &= \arg \min_{i \in \{1, L\}} (|\arg \max\{x(t_1), \dots, x(t_k)\} - \arg \max\{x'(t_1), \dots, x'(t_k)\}|). \end{aligned} \quad (3.14)$$

Багатокритеріальні постановки задач

8. Кращим вважається прогноз із мінімальними зваженими середньоквадратичним відхиленням, відхиленням прогнозного максимального значення від реального й найбільш точним проорокуванням такту з максимальним значенням ряду:

Такий спосіб завдання значень параметрів актуальний у силу того, що експерт, апріорі не знаючи, при яких значеннях параметрів прогновної моделі буде побудований кращий прогноз, позбувається від необхідності вручну перебирати його варіанти, що цікавлять, значень параметрів прогнозних моделей.

Нехай дано k різних прогнозних моделей $X = M_p(\Theta_p, X, \tau)$, де $p = 1, 2, \dots, k$, X – вихідний часовий ряд, τ – обрій прогнозування, $\Theta = (\theta_\rho, \theta^2_\rho, \dots, \theta^j_\rho, \dots, \theta^{C_p}_\rho)^T$ – вектор-стовпець, що визначає параметри ρ -ої прогновної моделі (C_p – кількість параметрів прогновної моделі M_p). І нехай експертом для побудови прогнозів обрано n різних прогнозних моделей $m_i = M_i(\Theta_i, X, \tau)$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Для кожної прогновної моделі m_i задамо матрицю діапазонів значень її параметрів:

$$R_p^i = \begin{pmatrix} \theta \min_i^1 & \theta \max_i^1 & \theta st_i^1 \\ \dots & \dots & \dots \\ \theta \min_i^j & \theta \max_i^j & \theta st_i^j \\ \dots & \dots & \dots \\ \theta \min_i^{C_p} & \theta \max_i^{C_p} & \theta st_i^{C_p} \end{pmatrix} \quad (3.17)$$

у якій укажемо мінімальні $\theta \min_i^j$ й максимальні $\theta \max_i^j$ значення параметрів моделі, а також і крок їхньої зміни $\theta st_i^j > 0$ ($\theta \min_i^j < \theta \max_i^j$).

Таким чином, j -а змінна в i -ій прогновної моделі може приймати $v_i^j = \frac{\theta \max_i^j - \theta \min_i^j}{\theta st_i^j} + 1$ різних значень.

Побудуємо морфологічний ящик [37], що дозволить сформувати всі можливі комбінації значень параметрів прогновної моделі. Для цього виявимо повний перелік можливих значень, які можуть приймати параметри прогновної моделі m :

Провівши вищеописану процедуру для кожної із прогнозних моделей m_1, m_2, \dots, m_n , одержимо множину з $L = \sum_{i=1}^n L_i$ конкуруючих прогнозів. Структура алгоритму побудови набору конкуруючих прогнозів наведена на рисунку 3.1.

Аддитивні моделі прогнозування

Нами розглянутий опис якості прогнозів, постановки задач прогнозування як задач оптимізації й запропоновані алгоритми пошуку параметрів моделей, що приводять до кращих прогнозів. Для рішення всіх цих задач необхідне використання інструментарію у вигляді спеціальних прогнозних моделей [13, 14, 17, 18, 28, 32, 33, 35] на основі часових рядів.

На додаток до прогнозних моделей, описаних у літературі, у даній бакалаврській роботі пропонуються прогнозні моделі, що мають аддитивну структуру. Особливістю даних моделей є можливість проведення покомпонентного аналізу часового ряду з виділенням його складових у вигляді тренда, сезонного й випадкового компонента.

При побудові моделі часового ряду будемо відштовхуватися від його аддитивного розкладання (1.1).

Сформулюємо задачі аналізу часового ряду (1.1) для побудови моделі:

1. Визначити, які з не випадкових функцій $f_{mp}(t)$, $\varphi(t)$ і $\psi(t)$ (тренд, сезонні й циклічні фактори відповідно) присутні в розкладанні (1.1), тобто визначити значення індикаторів α, β, γ .
2. Побудувати «гарні» оцінки для тих не випадкових функцій, які присутні в розкладанні (1.1).
3. Підібрати модель, що адекватно описує поведінку «випадкових залишків» $s(t)$, і статистично оцінити параметри цієї моделі.

Для випадку (3.25) використовуємо заміну $t^i = x_i$, $i = 1, 2, \dots, n$. Тоді функція прийме вид:

$$f_1(t; \Theta) = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \dots + \theta_n x_n. \quad (3.27)$$

Для знаходження нових значень $f_1(X; \Theta)$ будемо підставляти в неї $x_i = t^i$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Для випадку (3.26) після логарифмування обох частин рівняння замінимо $\theta_0' = \ln \theta_0$, і замість вихідних даних при знаходженні Θ будемо використовувати їхні натуральні логарифми:

$$\ln(f_2(t; \Theta)) = \theta_0' + \theta_1 \cdot t. \quad (3.28)$$

Для знаходження нових значень $f_2(t; \Theta)$ використовуємо зворотну заміну $\theta_0 = \beta^{\theta_0'}$ і одержимо:

$$f_2(t; \Theta) = e^{\theta_1' + \theta_1 t}. \quad (3.29)$$

При роботі з даними часових рядів у більшості випадків неможливо прийняти гіпотезу про взаємну некоррельованість регресійних залишків $\varepsilon(t)$, справедливості якої можна перевірити, використовуючи, наприклад, критерій Дербина-Уотсона [39]. Тому у випадках, коли гіпотеза відкидається, замість класичної лінійної моделі множинної регресії використовуємо узагальнену лінійну модель множинної регресії з автокоррельованими залишками.

Однак, при роботі з моделлю нам апріорі залишається невідомим значення коефіцієнта кореляції ρ між сусідніми за часом регресійними залишками. У цьому випадку скористаємося ітераційною процедурою Кохрейна-оркатта знаходження значення параметра ρ [38]:

1. Обчислюються звичайні МНК-оцінки $\Theta'_{МНК}$.
2. Підраховуються нев'язання 1-й ітерації $\varepsilon^{(1)} = Y - X \cdot \Theta'_{МНК}$.
3. Перше наближення $\rho^{(1)}$ оцінки ρ' невідомого параметра ρ визначається в якості МНК-оцінки коефіцієнта регресії ρ у моделі $\varepsilon_i^{(1)} = \rho \varepsilon_{i-1}^{(1)} + \delta_i^{(1)}$.
4. Обчислюються УМНК-оцінки $\Theta'_{УМНК}(\rho^{(1)})$ з матрицею $\Sigma_0(\rho^{(1)})$.

Оцінки значень сезонного компонента $x'_\varphi(t)$ одержимо за формулою:

$$\varphi'(t) = x'_\varphi(t) = b_0 + \sum_{n=1}^M a_n \cdot \sin(n \cdot \omega_0 \cdot k) + \sum_{n=1}^M b_n \cdot \cos(n \cdot \omega_0 \cdot k) \quad (3.34)$$

Аналіз випадкового компонента

Для аналізу випадкового компонента виділимо сезонний компонент $\varphi'(t)$ з часового ряду:

$$x_\varepsilon(t) = x_\varphi(t) - \varphi'(t). \quad (3.35)$$

Допущення: після звільнення від тренда й сезонного компонента вважаємо ряд стаціонарним, як це прийнято в [29, 36].

Оцінку випадкового компонента $x'_\varepsilon(t)$ одержимо, використовуючи модель авторегресії порядку p ($AR(p)$ модель). Оцінка випадкового компонента розраховується за формулою:

$$\varepsilon'(t) = x'_\varepsilon(t) = \sum_{j=1}^p \alpha_j x_\varepsilon(t-j). \quad (3.36)$$

Оцінки майбутніх значень часового ряду будемо обчислювати за формулою:

$$\varepsilon'(t) = J'_{mp}(t) + \varphi'(t) + \varepsilon'(t), \quad (3.37)$$

де $t = N + 1, N + 2, \dots, N + \tau$;

N – число елементів вихідного часового ряду;

$1 < \tau < N$ – обрій прогнозування.

Підведемо короткі підсумки розглянутих вище моделей прогнозування на основі аналізу числових рядів.

1. Розроблено багатокритеріальний опис якості прогнозів на підставі сформованої множини критеріїв оцінки їхньої якості, що враховують переваги експерта.

2. Для різних ситуацій змістовно описані вимоги до якості прогнозів як формальні постановки задачі прогнозування.

3. Задача прогнозування трансформована в задачу оптимізації й вирішена на множині конкуруючих прогнозів, де як цільова функція використовується

функція якості прогнозу, сконструйована на основі критеріїв оцінки якості прогнозування.

4. Розроблено алгоритм побудови множини конкуруючих прогнозів з використанням різних і/або по-різному налаштованих прогнозних моделей.

5. Розроблено діалоговий алгоритм рішення задачі прогнозування як багатокритеріальної задачі оптимізації на основі сформульованих критеріїв оцінки якості прогнозу.

6. Описано прогнозні моделі аддитивної структури, що дозволяють проводити покомпонентний аналіз складових часового ряду: тренда, сезонного й випадкового компонента.

У протоколі TCP існує механізм керування передачею великих обсягів даних, відомий як «метод ковзного вікна», що дозволяє відправникові посилати черговий сегмент, не чекаючи підтвердження про одержання в пункті призначення попереднього сегмента. Залежно від завантаження розміри вікна змінюються. Однак ці розміри змінюють уже після виявлення факту перевантаження мережі SD-WAN, що спричиняє втрату часу й затримки при передачі даних. Для більш успішного регулювання розмірами вікна необхідний механізм прогнозування, заснований на ретроспективному аналізі вже зібраної статистичної інформації. Це дозволить змінювати розмір вікна заздалегідь, не чекаючи виявлення перевантаження.

Час між відправленням запиту й одержанням відповіді (RTT, від англ. Round Trip Time) дозволяє визначати двосторонні затримки (RTT) по маршруту й частоту втрати пакетів, тобто побічно визначати завантаженість на каналах передачі даних і проміжних пристроях.

Була розроблена система прогнозування розмірів TCP-вікон, що здійснює:

- нагромадження ретроспективних даних RTT-затримки;
- нагромадження статистичних даних по завантаженості мережі SD-WAN;
- короткостроковий прогноз RTT-затримки;

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

– визначення закону зміни TCP вікна перевантаження, на основі прогнозованої RTT-затримки.

Розглянемо структуру мережі SD-WAN та обладнання, на базі яких проектувалася дана система.

Інформація про стан трафіку у мережі SD-WAN в розробленій системі збирається за допомогою протоколу SNMP.

SNMP – протокол керування мережею SD-WAN, що дозволяє мережним адміністраторам збирати інформацію про мережу SD-WAN й мережні пристрої. Системна частина ПЗ для керування по SNMP доступна в таких інструментальних засобах, як CiscoWorks. В Інтернеті доступні для завантаження безкоштовні версії CiscoWorks. Агентське ПЗ для керування SNMP часто вбудовується в операційні системи серверів, маршрутизаторів і комутаторів.

SNMP складається із чотирьох основних компонентів:

- станція керування – комп'ютер із програмою для керування по SNMP, використовуваний адміністратором для контролю за мережею SD-WAN й керування нею;
- агент керування – ПЗ, установлене на пристрої, керування яким здійснюється по протоколу SNMP;
- інформаційна база даних керування (MIB) – база даних мережного пристрою, що містить відомості про його робочі параметри;
- протокол керування мережею SD-WAN – протокол обміну даними між станцією керування й агентом керування.

Для розміщення програми, що здійснює прогнозування завантаженості трафіку, було виділено окремий сервер – центр прогнозування завантаженості трафіку.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

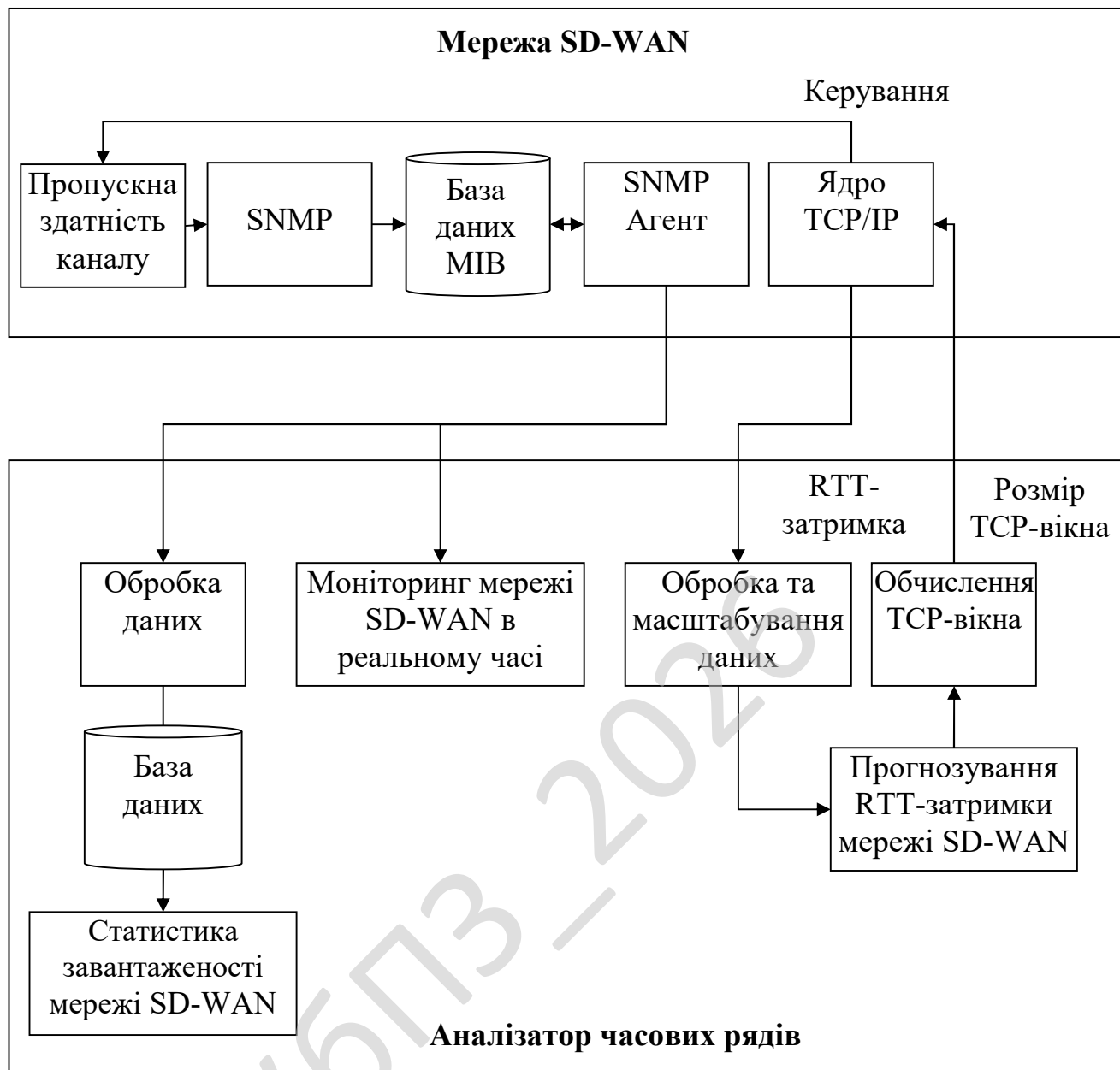


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

На рисунку 3.2 зображена функціональна схема розробленої системи. Принцип дії системи наступний. З ядра TCP/IP одержуємо дані про RTT-затримки для всіх поточних з'єднань (сокетів), ці дані зберігаються в буфері, з буфера послідовність даних (вектор) надходить на вхід аналізатора часового ряду, на виході ми одержуємо прогноз наступного значення RTT-затримки. На підставі прогнозу розраховується розмір наступного TCP-вікна (розмір буфера вікна перевантаження). За допомогою ядра TCP/IP відбувається керуючий вплив на

пропускну здатність каналу.

За допомогою протоколу SNMP в MIB формуються якісні й кількісні дані про потік даних (трафік), через даний мережний адаптер. Аналізатор часових рядів у взаємодії зі стандартним SNMP агентом, витягає необхідні дані з бази MIB, обробляє й зберігає в БД для подальшого аналізу.

Результати тестування розробленої системи на реальних даних показали високу точність прогнозу змін параметрів. По отриманих параметрах RTT робиться прогноз наступного значення RTT. На підставі отриманого прогнозу виробляється розрахунок наступного TCP – вікна.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

3.4 Розробка діаграми процесів

Розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3. Основна будова діаграми процесів полягає у графічному представленні складу сукупностей даних, що характеризуються як співвідношення різних частин кожної з сукупностей. Склад статистичної сукупності графічно може бути представлений як за допомогою абсолютних, так і відносних показників. Графічне зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи. Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування). Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи. Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється. При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

- Зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Потоки даних між елементами трьох попередніх типів.
- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Сховища даних (репозиторії).

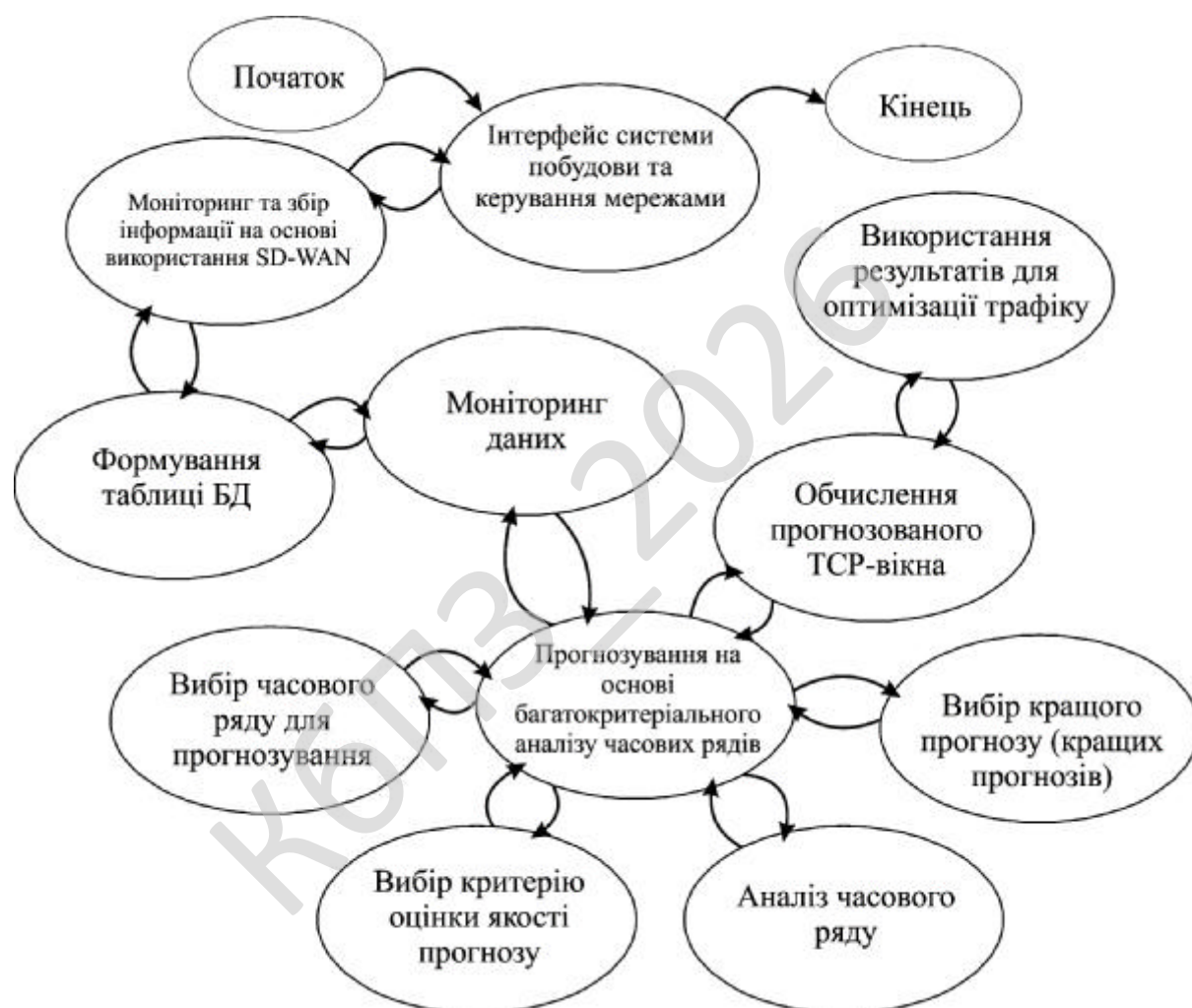


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Розглянемо реалізацію бакалаврської дипломної роботи. Були проведені розрахунки і підібрані набори тестових даних для перевірки правильності реалізації проектних рішень.

Було створено блок-схеми роботи системи. Перед їх розглядом необхідно провести роз'яснення який саме тип блок-схем використовується. Блок-схема це представлення задачі для її аналізу або розв'язування за допомогою спеціальних символів (геометричних образів), які позначають такі елементи, як операції, потік, дані тощо.

Блок вхідних та вихідних даних прийнято позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних - прямокутником, блок прийняття рішень - ромбом, еліпсом - початок та кінець алгоритму.

У інформаційних технологіях функціональна схема складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

У другому варіанті схема відображається більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

Основні елементи схем алгоритму це термінатор, процес, рішення, зумовлений процес (підпрограма), дані та з'єднувач. Термінатор це елемент відображає вхід із зовнішнього середовища або вихід з неї (найчастіше застосування - початок і кінець програми). Всередині фігури записується відповідна дія.

Процес це виконання однієї або кількох операцій, обробка даних будь-якого виду (зміна значення даних, форми подання, розташування). Всередині фігури записують безпосередньо самі операції. Рішення це показує рішення або функцію перемикального типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елемента.

Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елемента. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижній). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижній) елемента, яка потім розгалужується.

Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи.

Зумовлений процес (підпрограма) це символ відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі). Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані.

Дані це перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення). Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи). З'єднувач це символ відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми.

Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Блок-схеми показують весь процес роботи системи з підсистемами та частково доказують правильність вибраних проектних рішень. Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми.

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-орієнтована що вимагає високого рівня декомпозиції задач на класи.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми.

З яких видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підсистеми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ. При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

Розглянемо протокол SNMP (Simple Network Management Protocol, простий протокол керування мережею) – це протокол керування мережами зв'язку на основі архітектури TCP/IP.

На основі концепції TMN в 1980–1990 р. різними органами стандартизації був вироблений ряд протоколів керування мережами передачі даних з різним спектром реалізації функцій TMN. До одного з типів таких протоколів керування належить Simple Network Management Protocol (SNMP).

SNMP – це технологія, покликана забезпечити керування й контроль за пристроями й програмами в мережі зв'язку шляхом обміну керуючою інформацією між агентами, що розташовуються на мережних пристроях, і

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

менеджерами, розташованими на станціях керування. SNMP визначає мережу як сукупність мережних керуючих станцій й елементів мережі (головні машини, шлюзи й маршрутизатори, термінальні сервери), які спільно забезпечують адміністративні зв'язки між мережними керуючими станціями й мережними агентами. SNMP різних версій присвячений цілий ряд рекомендацій IETF (RFC).

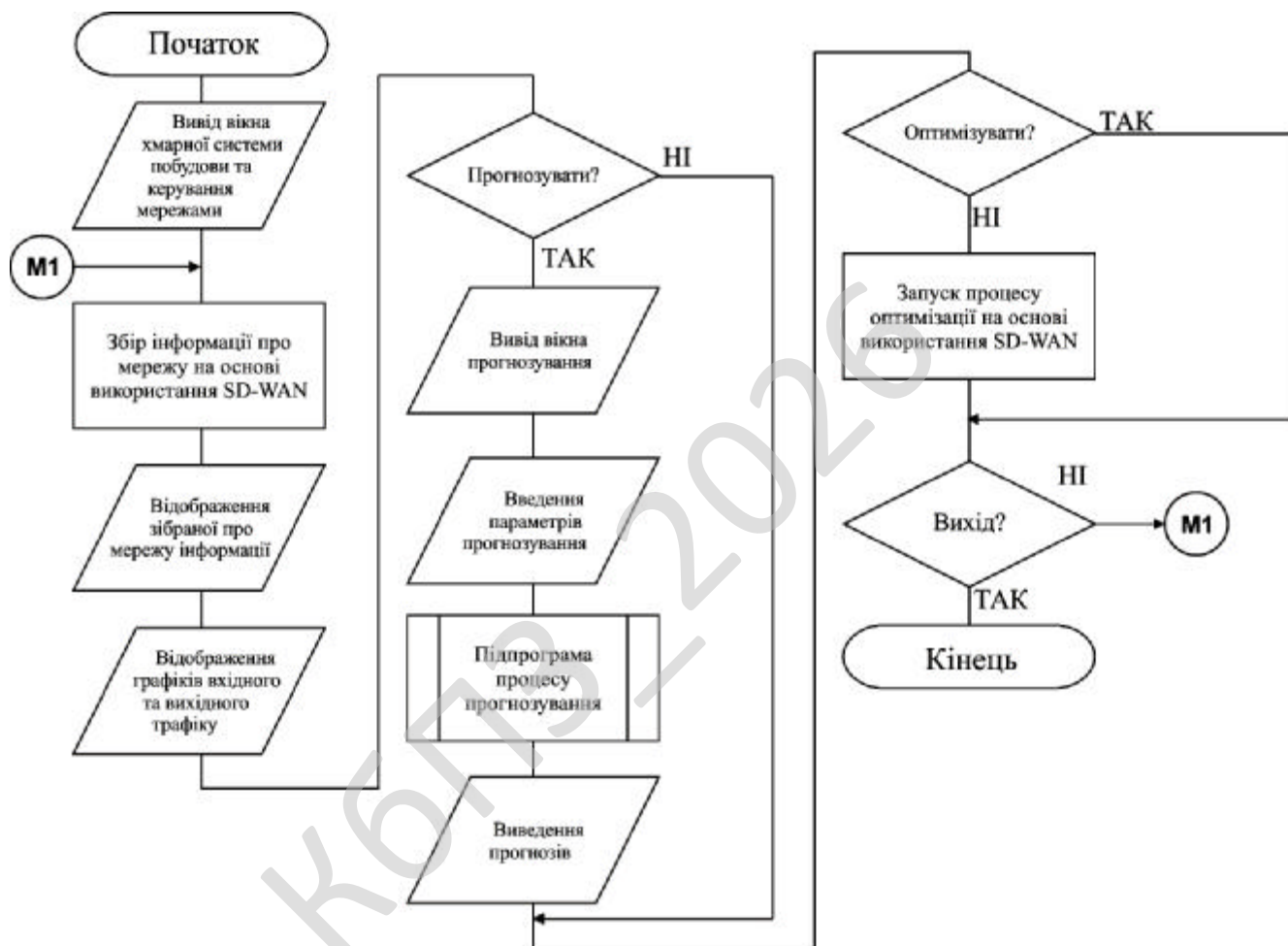


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

Зазвичай при використанні SNMP присутні керовані та керуючі системи. До складу керованої системи входить компонент, який називається агентом, який відправляє звіти керуючій системі. По суті SNMP агенти передають управлінську інформацію на керуючі системи як змінні (такі як «вільна пам'ять», «ім'я системи», «кількість працюючих процесів» тощо).

Керуюча система може отримати достовірну інформацію через операції протоколу GET, GETNEXT і GETBULK. Агент може самостійно без запиту надсилати дані, використовуючи операцію протоколу TRAP або INFORM. Управляючі системи можуть також відправляти конфігураційні оновлення або контролюючі запити, використовуючи операцію SET для безпосереднього управління системою. Операції конфігурування та управління використовуються тільки тоді, коли потрібні зміни у мережній інфраструктурі. Операції моніторингу зазвичай виконуються на регулярній основі.

Змінні, доступні через SNMP, організовані в ієрархії. Ці ієрархії та інші метадані (такі як тип і опис змінної) описуються Базами Керуючої Інформації (Management Information Bases (MIBs)).

SNMP не визначає, яку інформацію (які змінні) керувана система повинна надавати. Навпаки, SNMP використовує розширювану модель, в якій доступна інформація визначається Базами Керуючої Інформації (MIB – Management Information Base).

Бази Керуючої Інформації описують структуру керуючої інформації пристроїв. Вони використовують ієрархічний адресний простір імен, що містить унікальний ідентифікатор об'єкта (object identifier (OID)).

Грубо кажучи, кожен унікальний ідентифікатор об'єкта ідентифікує змінну, яка може бути прочитана чи встановлена через SNMP. MIB'и використовують нотацію, визначену в ASN.1.

Ієрархія MIB може бути зображена як дерево з безіменним коренем, рівні якого приписані різними організаціями. На найвищому рівні MIB OID'и належать різним організаціям, що займаються стандартизацією, в той час як на нижчих рівнях OID'и виділяються асоційованими організаціями.

Ця модель забезпечує управління на всіх шарах мережної моделі OSI, адже MIB'и можуть бути визначені для будь-яких типів даних і операцій.

Керований об'єкт – це одна з будь-якого числа характеристик, специфічних для керованого пристрою. Керований об'єкт включає в себе один або більше екземплярів об'єкта (що ідентифікуються за OID), які насправді є змінними.

Існує два типи керованих об'єктів: Скалярні об'єкти визначають єдиний екземпляр об'єкта; Табличні об'єкти визначають множинні, пов'язані екземпляри об'єктів які групуються в таблицях MIB.

Прикладом керованого об'єкта може бути atInput, який є скалярним об'єктом що містить єдиний екземпляр об'єкта, ціле число, яке показує загальну кількість вхідних пакетів AppleTalk на мережний інтерфейс маршрутизатора.

Ідентифікатор об'єкта (OID) унікально ідентифікує керований об'єкт в ієрархії MIB.

В телекомунікаціях і комп'ютерних мережах, ASN.1 є стандартною гнучкою нотацією для опису структур даних, що служать для кодування, передачі і декодування даних. ASN.1 являє собою набір правил для опису структури об'єктів, незалежних від специфічних для обладнання методик кодування, і формальну нотацію, яка дозволяє уникнути неоднозначностей.

ASN.1 це єдиний ISO та ITU-T стандарт, спочатку визначений у 1984 році як частина стандарту CCITT X.409: 1984. Пізніше, в 1988 році, завдяки його широкому застосуванню, він був виділений в окремий стандарт X.208. Значно переглянута версія 1995року описана в X.680.

Адаптована підмножина ASN.1 Структура Керуючої Інформації (SMI) описана в протоколі SNMP для визначення наборів пов'язаних MIB об'єктів, також званих MIB модулями.

SNMP працює на прикладному рівні TCP/IP (сьомий рівень моделі OSI). Агент SNMP отримує запити по UDP-порту 161. Менеджер може посилати запити з будь-якого доступного порту джерела на порт агента.

Відповідь агента буде відправлений назад на порт джерела на менеджері. Менеджер отримує повідомлення (Traps і InformRequests) по порту 162. Агент може генерувати повідомлення з будь-якого доступного порту. При використанні

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

TLS або DTLS запити виходять по порту 10161, а пакети відправляються на порт 10162.

У SNMPv1 зазначено п'ять основних протокольних одиниць обміну (protocol data units - PDU). Ще дві PDU, GetBulkRequest і InformRequest, були введені в SNMPv2 і перенесені в SNMPv3.

Нижче перераховані сім протокольних одиниць обміну SNMP:

1. GetRequest. Запит від менеджера до об'єкту для отримання значення змінної або списку змінних. Необхідні змінні вказуються в полі variable bindings (розділ поля values при цьому не використовується). Отримання значень зазначеної змінної повинно бути виконано агентом як Атомарна операція. Менеджеру буде повернений Response (відповідь) з поточними значеннями.

2. SetRequest. Запит від менеджера до об'єкту для зміни змінної або списку змінних. Зв'язані змінні вказуються в тілі запиту. Зміни всіх зазначених змінних повинні бути виконані агентом як атомарна операція. Менеджеру буде повернений Response з (поточними) новими значеннями змінних.

3. GetNextRequest. Запит від менеджера до об'єкту для виявлення доступних змінних і їх значень. Менеджеру буде повернений Response зі зв'язаними змінними для змінної, яка є наступною в базі МІВ в лексикографічному порядку. Обхід всієї бази МІВ агента може бути проведений ітераційним використанням GetNextRequest, починаючи з OID 0. Рядки таблиці можуть бути прочитані, якщо вказати в запиті OID-и колонок в пов'язаних змінних.

4. GetBulkRequest. Покращена версія GetNextRequest. Запит від менеджера до об'єкту для численних ітерацій GetNextRequest. Менеджеру буде повернений Response з декількома пов'язаними змінними, обійденими починаючи зі пов'язаної змінної (змінних) в запиті. Специфічні для PDU поля non-repeaters і max-repetitions використовуються для контролю за поведінкою відповіді. GetBulkRequest був введений в SNMPv2.

5. Response. Повертає зв'язані змінні і значення від агента менеджеру для GetRequest, SetRequest, GetNextRequest, GetBulkRequest і InformRequest.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Повідомлення про помилки забезпечуються полями статусу помилки і індексу помилки.

Ця одиниця використовується як відповідь і на Get-, і на Set-запити, в SNMPv1 називається GetResponse.

6. Trap. Асинхронне повідомлення від агента - менеджера. Включає в себе поточне значення sysUpTime, OID, що визначає тип trap (пастки), і необов'язкові зв'язані змінні. Адресація одержувача для пасток визначається за допомогою змінних trap-конфігурації в базі MIB. Формат trap-повідомлення був змінений в SNMPv2 і PDU перейменували в SNMPv2-Trap.

7. InformRequest. Асинхронне повідомлення від менеджера менеджера або від агента менеджера. Повідомлення від менеджера менеджера були можливі вже в SNMPv1 (за допомогою Trap), але SNMP зазвичай працює на протоколі UDP, в якому доставка повідомлень не гарантована, і не повідомляється про втрачені пакети. InformRequest виправляє це зворотним відправленням підтвердження про отримання. Одержувач відповідає Response-му, що повторює всю інформацію з InformRequest. Цей PDU був введений в SNMPv2.

Система керування базами даних (СКБД, Database Management System, DBMS) – набір взаємопов'язаних даних (база даних) і програм для доступу до цих даних. Надає можливості створення, збереження, оновлення та пошуку інформації в базах даних з контролем доступу до даних.

Першим поколінням СКБД прийнято вважати ієрархічні й мережеві системи. Ці системи отримали широке поширення в 1970-х роках, а першою комерційною системою цього типу була система IMS компанії IBM.

У 1980-х роках ці системи були витіснені системами другого покоління – повсюдно використовуваними і донині реляційними СКБД. У цих системах використовувалися непроцедурні мови управління даними (SQL) і передбачався значний ступінь незалежності даних. Реляційні системи внесли значні удосконалення в управління даними: графічний користувацький інтерфейс (GUI),

клієнт-серверні застосунки, розподілені бази даних, паралельний пошук даних та інтелектуальний аналіз даних.

Але вже до кінця 1980-х років існуюча тоді реляційна модель перестала задовольняти розробників в силу низки обмежень. Відповіддю на зростаючу складність програм баз даних стали два нових напрямки розвитку СКБД: об'єктно-орієнтовані СКБД і об'єктно-реляційні СКБД.

У 1991 був утворений консорціум ODMG, основною метою якого стало вироблення промислового стандарту об'єктно-орієнтованих баз даних. Між 1993 та 2001 роками ODMG опублікувала п'ять ревізій своїх специфікацій. Остання версія стандарту має індекс 3.0, після чого група розпустилася. До кінця 1990-х існувало близько десяти компаній, що виробляли комерційні продукти, що позиціонуються на ринку як ООСКБД. Найбільш відомими системами даного класу стали Objectivity, Versant виробництва однойменних компаній, а також СКБД Jasmine, випущена компанією CA. Незважаючи на переваги, що дозволяють ефективніше вирішувати певний ряд завдань, об'єктно-орієнтовані системи так і не змогли завоювати значущу частку ринку СКБД, залишившись «нішевим» продуктом.

Постачальниками традиційних реляційних СКБД також була проведена значна робота з об'єднання об'єктно-орієнтованих і реляційних систем. Розробники постаралися розширити мову SQL, щоб включити в неї концепції об'єктно-орієнтованого підходу, зберігаючи переваги реляційної моделі (об'єктні розширення мови SQL були зафіксовані в стандарті SQL:1999).

Основний принцип – це еволюційний розвиток можливостей СКБД без поломки попередніх підходів та зі збереженням наступності з системами попереднього покоління.

Поняття СКБД третього покоління, якими, власне кажучи, і є об'єктно-реляційні СКБД, з'явилося після опублікування групою відомих фахівців в області баз даних «Маніфесту систем баз даних третього покоління». Основні принципи СКБД третього покоління, позначені в маніфесті:

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Крім традиційних послуг з управління даними, СКБД третього покоління повинні забезпечити підтримку розвиненіших структур об'єктів і правил. Розвинутіша структура об'єктів характеризує засоби, необхідні для зберігання і маніпулювання нетрадиційними елементами даних (тексти, просторові дані, мультимедіа).

СКБД третього покоління повинні включити в себе СКБД другого покоління. Системи другого покоління внесли вирішальний вклад у двох областях – непроцедурний доступ за допомогою мови запитів SQL і незалежність даних. Ці досягнення обов'язково повинні враховуватися в системах третього покоління.

СКБД третього покоління повинні бути відкриті для інших підсистем. Це включає оснащення різноманітними інструментами підтримки прийняття рішень, доступом з багатьох мов програмування, інтерфейсами до існуючих популярних систем і бізнес-застосунків, можливістю запуску програм з бази даних на іншій машині і розподілені СКБД. Весь набір інструментів і СКБД має ефективно функціонувати на різноманітних апаратних платформах з різними операційними системами.

Крім того, СКБД, що розраховує на широку сферу застосування, повинна бути оснащена мовою четвертого покоління (4GL).

У середині 1990 років було лише кілька дослідних прототипів СКБД, які поєднали найкращі риси реляційних і об'єктно-орієнтованих СКБД. Першим комерційним продуктом, якому були властиві об'єктно-реляційні риси, став Universal Server компанії Informix (згодом була поглинена IBM). В даний час більшість цих ідей вже втілено в реальних комерційних рішеннях, в тому числі і в продуктах основних постачальників СКБД (Oracle Database і IBM DB2).

Розвиток індустрії систем керування базами даних базується на значних фундаментальних наукових дослідженнях. Найчастіше, між самими дослідженнями та їхньою конкретною реалізацією в прикладних рішеннях минають роки, а іноді й десятиліття. Роботу в області управління даними

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

проводять як університетські дослідницькі групи (MIT, Berkeley), так і центри розробок основних постачальників СКБД (Oracle, IBM, Microsoft). Інвестування в управління даними – це довгострокове, і разом з тим, вигідне вкладення коштів. В даний час дослідники мають у своєму розпорядженні засоби, що дозволяють ефективно реалізувати найскладніші запити, що маніпулюють терабайтами й петабайтами різних даних.

Основними тенденціями, які дали привід для проведення різних масштабних досліджень в області баз даних стали:

Експонентний ріст даних. Обсяг даних, у тому числі синтетичних, що генеруються автоматизованими системами, значно зріс. Збільшилося і число прикладних областей, в яких вимагається обробка великих обсягів даних. До таких областей тепер відносяться не тільки традиційні корпоративні програми, пошук у веб, але також і наукові дослідження, обробка природних мов, аналіз соціальних мереж тощо.

Значне ускладнення структур використовуваних даних. Прості види даних у вигляді чисел і символьних рядків стали доповнятися численною мультимедійною інформацією, просторовими, процедурними даними та великою кількістю інших складних форматів.

Широке поширення дешевих високопродуктивних апаратних засобів. Щорічно ми спостерігаємо зростання обчислювальних можливостей мікропроцесорів, збільшення ємності і зниження вартості доступних і зручних в експлуатації пристроїв дискової оперативної пам'яті.

Активний розвиток засобів комунікації та «всесвітньої павутини» World Wide Web. WWW стає єдиним інформаційним середовищем, що пронизує весь світ і об'єднує величезне число користувачів та електронних пристроїв.

Поява нових важливих областей застосування СКБД. У першу чергу, це пов'язано з інтелектуальним аналізом даних, сховищами даних, а останнім часом – з паралельними обчисленнями і хмарними технологіями.

відповідальність за безпеку та цілісність даних); розробники БД; прикладні програмісти; кінцеві користувачі.

Архітектура СКБД

Існує трирівнева система організації СКБД ANSI-SPARC, при якій існує незалежний рівень для ізоляції програми від особливостей представлення даних на нижчому рівні.

Рівні:

1. Зовнішній – представлення БД з точки зору користувача.
2. Концептуальний – узагальнене представлення БД, описує які дані зберігаються в БД і зв'язки між ними. Підтримує зовнішні представлення, підтримується внутрішнім рівнем.

3. Внутрішній – фізичне представлення БД в комп'ютері.

Логічна незалежність – повна захищеність зовнішніх моделей від змін, що вносяться в концептуальну модель.

Фізична незалежність – захищеність концептуальної моделі від змін, які вносяться у внутрішню модель.

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм Blowfish, який є симетричним алгоритмом шифрування, тобто таким, у якому ключ шифрування дорівнює ключу дешифрування. Він є мережею Фейштеля, у якій кількість ітерацій дорівнює 16. Довжина блоку дорівнює 64 бітам, ключ може мати будь-яку довжину в межах 448 біт. Хоча перед початком будь-якого шифрування виконується складна фаза ініціалізації, саме шифрування даних виконується досить швидко.

Алгоритм призначений в основному для додатків, у яких ключ міняється нечасто, до того ж існує фаза початкового рукошукання, під час якої відбувається автентифікація сторін і узгодження загальних параметрів і секретів.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

При реалізації на 32-бітних мікропроцесорах з більшим кешем даних Blowfish значно швидше DES.

Алгоритм складається із двох частин: розширення ключа й шифрування даних. Розширення ключа перетворює ключ довжиною, принаймні, 448 біт у кілька масивів підключів загальною довжиною 4168 байт.

В основі алгоритму лежить мережа Фейштеля з 16 ітераціями. Кожна ітерація складається з перестановки, що залежить від ключа, і підстановки, що залежить від ключа й даних. Операціями є XOR і додавання 32-бітних слів.

Blowfish використовує велику кількість підключів. Ці ключі повинні бути обчислені заздалегідь, до початку будь-якого шифрування або дешифрування даних. Елементи алгоритму:

1. P – масив, що складається з вісімнадцяти 32-бітних підключів:

$$P_1, P_2, \dots, P_{18}.$$

2. Чотири 32-бітних S -boxes с 256 входами кожний. Перший індекс означає номер S -box, другий індекс – номер входу.

$$S_{1,0}, S_{1,1}, \dots, S_{1,255};$$

$$S_{2,0}, S_{2,1}, \dots, S_{2,255};$$

$$S_{3,0}, S_{3,1}, \dots, S_{3,255};$$

$$S_{4,0}, S_{4,1}, \dots, S_{4,255};$$

Шифрування

Входом є 64-бітний елемент даних X , що ділиться на дві 32-бітні половини, X_l і X_r .

$$X_l = X_l \text{ XOR } P_i$$

$$X_r = F(X_l) \text{ XOR } X_r$$

$$\text{Swap } X_l \text{ and } X_r$$

Функція F

Розділити X_l на чотири 8-бітних елементи A, B, C, D .

$$F(X_l) = ((S_{1,A} + S_{2,B} \bmod 2^{32}) \text{ XOR } S_{3,C}) + S_{4,D} \bmod 2^{32}$$

Дешифрування відрізняється від шифрування тим, що P_i використовуються у зворотному порядку.

Генерація підключів

Підключи обчислюються з використанням самого алгоритму Blowfish.

1. Ініціалізувати перший P -масив і чотири S -boxes фіксовані рядки.
2. Виконати операцію XOR P_1 з першими 32 бітами ключа, операцію XOR P_2 із другими 32 бітами ключа й т.д. Повторювати цикл доти, поки весь P -масив не буде побітово складний з усіма бітами ключа. Для коротких ключів виконується конкатенація ключа із самим собою.
3. Зашифрувати нульовий рядок алгоритмом Blowfish, використовуючи підключи, описані в пунктах (1) і (2).
4. Замінити P_1 і P_2 виходом, отриманим на кроці (3).
5. Зашифрувати вихід кроку (3), використовуючи алгоритм Blowfish з модифікованими підключами.
6. Замінити P_3 і P_4 виходом, отриманим на кроці (5).
7. Продовжити процес, замінюючи всі елементи P -масиву, а потім всі чотири S -boxes, виходами відповідним чином модифікованого алгоритму Blowfish.

Для створення всіх підключів потрібна 521 ітерація.

					VKPB-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено розроблене у бакалаврської дипломної роботі програмне забезпечення системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Функціональних кнопок ПЗ.
- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Розділу обрання мережної групи.
- Розділу виведення результату роботи системи.
- Функції представлені у графічному вигляді (іконки).

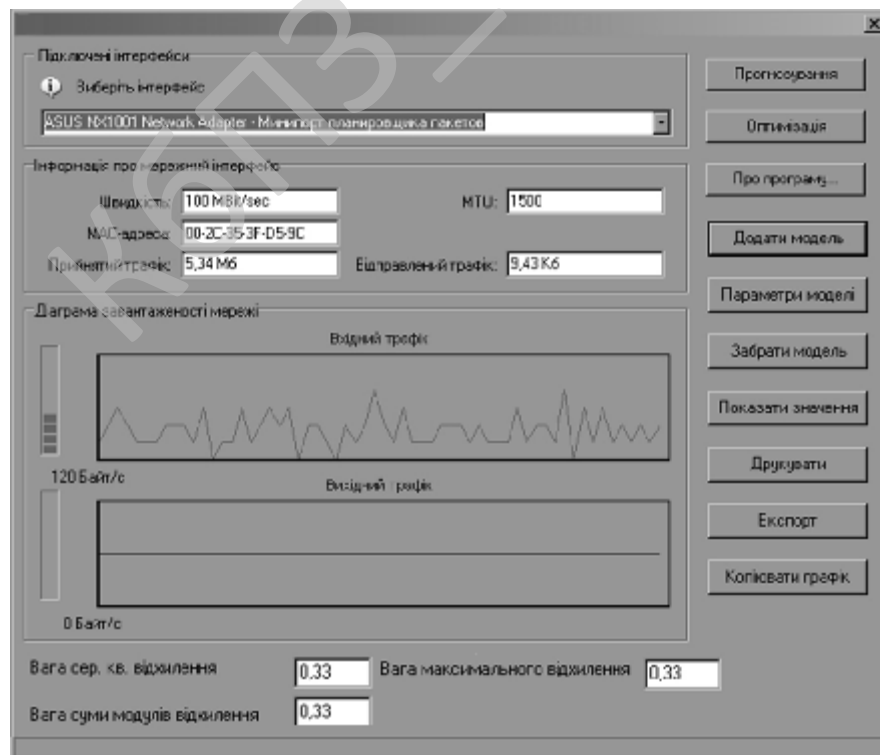


Рисунок – Головне вікно ПЗ

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Розроблена програма має дуже простий і зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий. Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма. Мережі WAN використовують устаткування, що надається операторами послуг зв'язку, такими як телефонні або кабельні компанії, призначене для зв'язку один з одним рознесених офісів однієї організації, для зв'язку з географічно віддаленими організаціями, для підключення до зовнішніх ресурсів і сервісів, а також для створення з'єднання з віддаленими користувачами. Мережі WAN часто використовуються для передачі трафіку різного типу: голосу, даних і відео.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

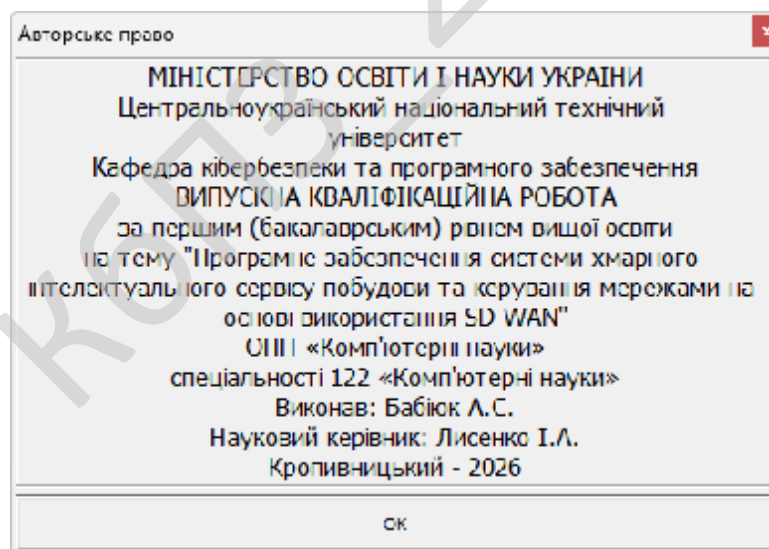


Рисунок 5.2 – Авторське право

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

– Кількість помилок мінімально в «центрі» і максимально на «периферії» програми.

– Попередні припущення про ймовірність потоку керування або даних у програмі часто бувають некоректними. У результаті типовим може стати маршрут, модель обчислень за яким опрацьована слабо.

– При записі алгоритму програмного забезпечення у вигляді тексту на мові програмування можливе внесення типових помилок трансляції (синтаксичних та семантичних).

– Деякі результати в програмі залежать не від вихідних даних, а від внутрішніх станів програми.

Проводилось тестування чорної скриньки.

Основне місце програми тестів «чорної скриньки» – інтерфейс ПЗ. Відомі: функції програми. Досліджується: робота кожної функції на всій області визначення.

Ці тести демонструють:

- Як виконуються функції програми.
- Як приймаються вихідні дані.
- Як виробляються результати.
- Як зберігається цілісність зовнішньої інформації.

При тестуванні «чорної скриньки» розглядаються системні характеристики програм, ігнорується їхня внутрішня логічна структура. Вичерпне тестування, як правило, неможливе.

Наприклад, якщо в програмі 10 вхідних величин і кожна приймає по 10 значень, то кількість тестових варіантів становитиме 10^{10} . Тестування «чорної скриньки» не реагує на багато особливостей програмних помилок.

Тестування «чорної скриньки» (функціональне тестування) дозволяє отримати комбінації вхідних даних, які забезпечують повну перевірку всіх функціональних вимог до програми.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Програмний виріб тут розглядається як «чорна скринька», чію поведінку можна визначити тільки дослідженням його входів та відповідних виходів. При такому підході бажано мати:

– Набір, утворений такими вхідними даними, які призводять до аномалій у поведінці програми (назвемо його ІТс).

– Набір, утворений такими вхідними даними, які демонструють дефекти програми (назвемо його ОТ).

Будь-який спосіб тестування «чорної скриньки» повинен:

– Виявити такі вхідні дані, які з високою ймовірністю належать набору ІТс;

– Сформулювати такі очікувані результати, які з високою імовірністю є елементами набору ОТ.

Принцип «чорної скриньки» не альтернативний принципу «білої скриньки». Скоріше це доповнює підхід, який виявляє інший клас помилок.

Тестування «чорної скриньки» забезпечує пошук наступних категорій помилок:

– Некоректних чи відсутніх функцій;

– Помилки інтерфейсу;

– Помилки у зовнішніх структурах даних або в доступі до зовнішньої бази даних;

– Помилки характеристик (необхідна ємність пам'яті і т.д.);

– Помилки ініціалізації та завершення.

Обрано умови розповсюдження – commercial software.

Програмне забезпечення, створене комерційною організацією з метою отримання прибутку від його використання іншими, наприклад, шляхом продажу копій.

Найважливішою особливістю комерційних програмних продуктів є підтримка великих компаній, прямо зацікавлених у поширенні програм. Багато організацій надають виключно платну підтримку своїх продуктів, такий підхід, як правило, використовують організації надають відкриті вихідні коди. Для

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

продуктів, що розповсюджуються на комерційній основі діють зазвичай безкоштовні служби підтримки, покликані збільшити рівень довіри у клієнтів і потенційних покупців.

Далеко не завжди, але як правило терміни критично важливих змін в комерційних продуктах значно менше, ніж у некомерційних проектів. Це пов'язано з тим, що над комерційним продуктом працюють цілі групи розробників і ця робота є їх основним заняттям. Розробникам-початківцям як правило доводиться шукати додаткові способи заробітку, і це збільшує час, що витрачається на доповнення і зміни програм. Так як основним рушійним фактором створення комерційного ПЗ є одержання прибутку, то комерційні програмні продукти першими заповнюють вільні ніші та пропонують варіанти вирішення завдань відразу по мірі виявлення вакууму в будь-якому секторі ринку.

Окремий вид комерційних програм, коли їх розробка оплачується безпосередньо замовником. Такі програми найчастіше позбавлені всіх переваг комерційних продуктів, оскільки мають обмежений бюджет, але більш адаптовані до вимог замовника, ніж аналоги.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

– Був проведений огляд існуючих систем хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

– Досліджена система хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

системи хмарного інтелектуального сервісу побудови та керування мережами на основі використання SD-WAN. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм Blowfish.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Scott Jernigan «CompTIA Network+ Certification All-in-One Exam Guide, Eighth Edition». 2022. – 976 p.
2. Doug Lowe «Networking For Dummies 12th Edition». 2020. – 480 p.
3. Ramon Nastase «Computer Networking: The Beginner’s guide for Mastering Computer Networking, the Internet and the OSI Model». 2018. – 186 p.
4. Russ White & Ethan Banks «Computer Networking Problems and Solutions: An Innovative Approach to Building Resilient, Modern Networks». 2017. – 832 p.
5. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп’ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.
6. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.
7. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.
8. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

9. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.

10. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

11. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

12. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

13. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

14. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings Volume 3156*, 2022, Pages 390-399.

15. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

16. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.

17. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

18. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

19. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

20. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

21. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

22. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

23. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

24. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

25. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

26. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

27. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

28. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

29. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

30. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

31. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

32. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019*, P. 395-399.

33. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

34. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

35. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019*, Pages 618-629.

36. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

37. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного

процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

38. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. №4. С. 103-110. 2020.

39. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

40. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

41. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G» у *Кібербезпека та інформаційні технології: монографія*. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

42. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. № 2(33). с. 161-172, 2019.

43. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.

44. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova., K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).

					ВКРБ-122.26.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

45. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

46. Дреєва Г.М., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.

47. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.

48. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К. Метод формування антивірусного захисту даних з використанням безпечної маршрутизації метаданих. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – Том 3 № 3. – Київ: КУ ім. Бориса Грінченка. – 2019. – С. 63-87.

49. Смірнов О.А., Гнатюк С.О., Кавун С.В., Терейковський І.А., Жмурко Т.О., Смірнов С.А., Коваленко А.С. Основи безпеки в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2018. – 177 с.

50. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018