

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(навчально-науковий інститут)
Факультет інформаційних технологій
(факультет)
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеня магістра

Здобувача вищої освіти Матюшина Павла Павловича
(ПІБ)
академічної групи 123М-23-1
(шифр)
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування параметрів та структури комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Сергєєва К.Л.			
розділів:				
синтез системи	доц. Бешта Д.О.			
розроблення програмного забезпечення	ас. Панферова Я.В.			
Рецензент	доц. Логвін В.М.			
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

Дніпро
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

_____ В.В. Гнатушенко
(підпис) (ініціали, прізвище)
« _____ » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, магістра)

здобувача вищої освіти Матюшина П.П. академічної групи 123М-23-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

за освітньою-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування параметрів та структури комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь»,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 17 жовтня 2024 р. №1388-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	11.10.2024
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу структури та параметрів комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь	25.10.2024
Синтез системи	Розробка комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь	15.11.2024
Розроблення програмного забезпечення	Розробка програмного забезпечення моделі комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь	29.11.2024
Експериментальний розділ	Проведення і обробка результатів експериментів з моделювання комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь	06.12.2024

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Дата видачі 06 вересня 2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання _____
(підпис здобувача вищої освіти)

доц. Сергєєва К.Л.
(ініціали, прізвище)

20.12.2024 р.

Матюшин П.П.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 99 с., 48 рис., 2 табл., 1 дод., 15 джерел.

КОМПЛЕКС, ІОТ СЕНСОРИ, МОНІТОРИНГ СТАНУ,
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ УГІДДЯ, МЕРЕЖА, ТЕОРІЯ МАСОВОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ, МЕРЕЖЕВИЙ ПРИСТРІЙ, ВУЗОЛ,
ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

Об'єкт дослідження: параметри та структура корпоративної комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу ІоТ мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Мета: Синтез корпоративної комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу ІоТ мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Визначення найбільш інформаційно перевантажених з них, спираючись за фактичні умовами реальної експлуатації, реальні параметри і властивості використаних мережевих пристроїв. Визначення умов, при яких може виникнути не припустиме зниження працездатності корпоративної комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу ІоТ мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Спираючись на проведений аналіз з можливих режимів роботи корпоративної комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу ІоТ мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь розробити дієві рекомендації щодо модернізації комп'ютерної з метою підвищення надійності і стійкості її роботи в умовах можливого значного інформаційного перевантаження, пов'язаного з дією шкідливого вірусного програмного забезпечення.

Новизна роботи: з метою виявлення «слабких місць» в комп'ютерній системі при значному інформаційному перевантаженні, яке виникло під дією шкідливого програмного забезпечення, та пошуку шляхів для вдосконалення корпоративної комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу ІоТ мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських

угідь була розроблена на основі математичного апарату систем масового обслуговування.

Практичний результат: Розроблена корпоративна комп'ютерна системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь є відкритою і дозволяє оперативно проводити її технічну та програмну модернізацію. Процес виявлення недоліків і шляхів вдосконалення комп'ютерної системи поперши за все досягається завдяки використанню наукового підходу з застосуванням математичного апарату теорії масового обслуговування.

Прикладні наукові результати з розробки комп'ютерної системи та моделювання її роботи, продемонстрували її працездатність в її в усіх можливих режимах роботи, що в подальшому гарантує надійне застосування розробленої системи для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Результати перевірки роботи моделі комп'ютерної системи представлені у вигляді таблиць, наглядних графіків та описані у пояснювальній записці до кваліфікаційної роботи, тексти програмного забезпечення для розробленої моделі корпоративної комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь наведені і додатках.

ABSTRACT

Explanatory note: 99 p., 48 fig., 2 table, 1 addition, 15 sources.

COMPLEX, IOT SENSORS, CONDITION MONITORING, FARMLAND, NETWORK, MASS SERVICE THEORY, NETWORK DEVICE, NODE, OVERLOAD

Object of research: parameters and structure of the corporate computer system "AMG Agrohholding" of AM Group LLC for a complex of IoT network of sensors for monitoring the condition of agricultural land.

Purpose: Synthesis of the corporate computer system "AMG Agrohholding" of AM Group LLC for a complex of IoT network of sensors for monitoring the condition of agricultural land. Determination of the most information-overloaded of them, based on the actual conditions of real operation, real parameters and properties of the network devices used. Determination of conditions under which an unacceptable decrease in performance may occur of the corporate computer system "AMG Agro Holding" of AM Group LLC for the complex of IoT network of sensors for monitoring the state of agricultural land. Based on the analysis of possible operating modes of the corporate computer system "AMG Agro Holding" of AM Group LLC for the complex of IoT network of sensors for monitoring the state of agricultural land to develop effective recommendations for the modernization of the computer system in order to increase the reliability and stability of its operation in the conditions of possible significant information overload associated with the action of malicious virus software.

Novelty of the work: in order to identify "weak points" in the computer system in case of significant information overload that arose under the influence of malware, and to find ways to improve the corporate computer system "AMG Agrohholding" of AM Group LLC for the complex of IoT sensors for monitoring the condition of agricultural land, it was developed on the basis of the mathematical apparatus of mass service systems.

Practical result: The developed corporate computer system "AMG Agroholding" of AM Group LLC for the complex of IoT network of sensors for monitoring the state of agricultural land is open and allows for its prompt technical and software modernization. The process of identifying shortcomings and ways to improve the computer system is primarily achieved through the use of a scientific approach using the mathematical apparatus of the theory of mass Service.

Applied scientific results on the development of a computer system and modeling of its operation demonstrated its operability in all possible modes of operation, which further guarantees the reliable use of the developed system for monitoring the state of agricultural land.

The results of checking the operation of the computer system model are presented in the form of tables, visual graphs and are described in the explanatory note to the qualification work, the software texts for the developed model of the corporate computer system "AMG Agro Holding" of AM Group LLC for the complex of IoT networks of sensors for monitoring the condition of agricultural land are given in the annexes.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень та термінів	9
Вступ.....	10
1 Стан питання і постановка завдання	16
1.1 Стисла характеристика галузі	16
1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження	18
1.2.1 Агрохолдинги	18
1.2.2 Агрохолдинг АМГ	20
1.2.3 Організаційна структура «АМ Груп».....	22
1.3 Аналіз наявних проблеми агрохолдингу АМГ	25
1.4 Напрямки вирішення виявлених проблем агрохолдингу АМГ	26
1.4.1 Моніторингу стану сільськогосподарських угідь	26
1.4.2 Системи моніторинг стану сільськогосподарських угідь	33
1.5 Завдання та мета роботи	37
2 Теоретичний розділ	38
2.1 Загальні відомості	38
2.2 Системи масового обслуговування	39
2.1.1 Комп'ютерні моделі.....	39
2.1.2 Моделювання комп'ютерних мереж.....	42
2.1.3 Моделювання продуктивності	43
2.3 Висновок	52
3 Синтез комп'ютерної системи	53
3.1 Розробка цілей КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»	53
3.2 Розробка вимог до КС	53
3.3 Топологічна схема КС	55
3.4 Функціональна схема КС	57
3.5 Вибір елементної бази комп'ютерної системи	59
3.6 Параметри моніторингу стану сільськогосподарських угідь	61
3.7 Датчики для моніторингу стану сільськогосподарських угідь	62
3.7.1 Датчик температури.....	62

	8
3.7.2 Датчик вологості, температури та провідності ґрунту.....	63
3.7.3 Метеостанція.....	65
3.7.4 Розумні теплиці	67
3.8 Шлюз LoRaWAN	69
3.6 Висновок	72
4 Розробка програмного забезпечення.....	73
4.1 Призначення й сфера застосування програми	73
4.2 Параметри програми	76
4.2.1 Завдання на розробку.....	76
4.2.2 Операційне програмне забезпечення для робочого місця	76
4.2.3 Вхідні і вихідні дані	77
4.2.4 Склад програмних засобів.....	77
4.3 Опис програми	78
4.3.1 Послідовність розрахунку	78
4.3.2 Функціональне призначення	79
4.3.3 Опис логічної структури.....	79
4.3.4 Використовувані технічні засоби	79
4.3.5 Цикл роботи програми.....	79
4.3.6 Вхідні та вихідні дані.....	80
4.4 Висновок	80
5 Експериментальний розділ.....	81
5.1 Розробка математичної моделі мережі для комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»	81
5.2 Розрахунок параметрів моделі мережі	86
5.2.1 Параметри роботи мережі без впливу шкідливого ПЗ.....	88
5.2.2 Параметри роботи мережі під впливом вірусних програм.....	91
5.3 Висновки по розділу	95
Висновки	96
Перелік посилань.....	98
Додаток А	100

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА
ТЕРМІНІВ**

АТ	- акціонерне товариствами;
БПЛА	- безпілотний літальний апарат;
ГІС	- гео-інформаційні рішеннями
ГЛОНАСС	- система позиціонування на поверхні Землі;
СМО	- система масового обслуговування;
ТОВ	- товариство з обмеженою відповідальністю ()
ЦЦІ	- центр цифрових інновацій:
ШІ	- штучний інтелект;
АІ	- штучний інтелекту;
ІТ	- інформаційні технології;
ІоТ	- інтернет речі:
ML	- машинне навчання;
ADMA	- agricultural digital maturity assessment;
CTMC	- continuous time markov chains;
CTF	- керований проїзд по полю;
GPS	- система позиціонування на поверхні Землі;
M&S	- моделювання та симуляція;
QN	- queuing networks;
TPN	- timed Petri nets;
PN	- Petri nets;
RTSP	- real time streaming protocol.

ВСТУП

Приблизно 45 % населення світу безпосередньо зайняті в сільському господарстві. Крім того, дуже велика частка населення задіяна в сільському господарстві опосередковано.

Останні розробки і тенденції в сільському господарстві нового покоління не тільки підвищують врожайність, а й сприяють досягненню Цілей сталого розвитку (ЦСР). Ці тенденції «розумного» сільського господарства включають поліпшення ґрунту, «розумні» системи зрошення, інноваційні підходи до тестування сільськогосподарських культур, «розумні» системи удобрення та багатокультурне вирощування сільськогосподарських культур. Все це може здатися надскладним, але їх можна досягти за допомогою простих і доступних засобів автоматизації з використанням комп'ютерних мереж.

Розумне сільське господарство і розумне фермерство - це терміни, які описують використання сучасних інструментів і технологій поряд з традиційними процедурами. Метою є підвищення якості продукції та загального врожаю з полів. Можуть використовуватися різні датчики, пристрої, підключені до Інтернету, системи на основі визначення місцезнаходження, розумні сільськогосподарські роботи, інструменти машинного навчання (ML) і штучного інтелекту (AI). Ці інструменти також можуть допомогти оптимізувати використання людської праці [1].

На теперішній час є гостра потреба створення аграрного так званого центру цифрових інновацій (ЦЦІ) для України. Це підвищать цифрові можливості аграрних підприємств та їхню довіру до цифрових технологій завдяки послугам цифровізації.

Центр цифрових інновацій має супроводжувати сільськогосподарські підприємства на різних етапах життєвого циклу клієнта, надаючи їм взаємодоповнюючі послуги, які будуються один на одному в модульній системі.

Цей шлях починається з цифрового масштабування, коли рівень цифрової зрілості сільськогосподарських підприємств оцінюється відповідно до адаптованої методології ADMA (Agricultural Digital Maturity Assessment). Після

цього відбувається підготовка індивідуальних дорожніх карт цифрового розвитку, адаптованих до конкретної організації.

Дорожня карта розроблена в тісній співпраці з відповідним підприємством і включає рекомендації щодо цифрової модернізації, включаючи конкретні сервісні пропозиції ЦЦІ. Наступний крок спрямований на підвищення цифрової готовності сільськогосподарських підприємств та підтримку впровадження цифрових оновлень шляхом надання навчання, демонстраційних можливостей, випробувальних стендів та тестів перед інвестуванням, а також конкретного інвестиційного планування.

Сприяння цифровому масштабуванню є третім рівнем впровадження, саме тут відбувається власне розвиток цифровізації, агропідприємство інтегроване в агроцифрову екосистему, а ЦЦІ також має підтримувати їх у визначенні джерел фінансування для їхнього цифрового прогресу.

Центр цифрових інновацій має розглядати сільськогосподарські підприємства як свою основну, але не виключну цільову групу і має намір залучати сільськогосподарських консультантів та бізнеси, що надають інноваційні та цифрові продукти та послуги, які не обов'язково є аграрно-специфічними, але агро-зацікавленими.

Передбачений підхід чітко відображає низьку цифрову зрілість основної цільової групи та гарантуватиме покращення рівня володіння цифровою грамотністю угорських малих та середніх сільськогосподарських підприємств [7].

Інформаційна комп'ютерна система, створена на підтримку агробізнесу, пропонує забезпечити можливість скоротити витрати на сировину, оптимізувати свій виробничий потік, що можливо завдяки застосуванню більш досконалих технологій, заснованих на інформації, взятій безпосередньо з поля, або виробничої зони.

Кожне ІТ-рішення базується на мікросервісах, на розбивці аграрних процесів на види діяльності та підвиди діяльності. Таким чином, мова йде про загальну ефективність виробництва. Хороше ІТ-рішення для агробізнесу має

ефект ефективного управління сільськогосподарськими фермами, незалежно від їх розміру, маючи можливість здійснювати такі види дій:

- управління сільськогосподарськими роботами - планування, виконання та моніторинг сільськогосподарських робіт та необхідних ресурсів (праця, використання, матеріали);

- mapping - картографування ділянок та геолокації шляхом взаємозв'язку з ГІС (гео інформаційними рішеннями) -рішеннями;

- treated forecasts - прогнози на основі інформації та оповіщень від метеостанцій і польових датчиків;

- alerts - оповіщення, що генеруються на основі перевірок і спостережень і зовнішніх даних (дрони, інші пристрої);

- планування сільськогосподарських робіт - формування нарядів-замовлень на основі перевірок та оповіщення з розподілом ресурсів;

- обробки - правильні обробки сільськогосподарських культур в залежності від негараздів (хвороби, шкідники), прогнозів погоди, попередніх обробок і польових спостережень;

- управління персоналом - розподіл персоналу на кожну задачу з конкретним розподілом годин і кількості, що проводиться індивідуально і в командах;

- управління обладнанням - інтеграція з GPS системами для відстеження механізованих робіт;

- звіти та аналізи - відстеження витрат і рентабельності на фермах, ділянках, роботах і діяльності [8].

Об'єкт дослідження: програмно-технічна реалізація комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Предмет і методи дослідження. Предметом дослідження є структура корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь, інформаційні властивості мережі, оцінка реальної продуктивності існуючого мережевого апаратного забезпечення.

Для виконання завдань дослідження корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь використовуються методи систем масового обслуговування за допомогою математичної моделі комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Досліджені властивостей комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь з різними початковими параметрами інформаційного середовища, а також за умови застосування різних інформаційних мережевих апаратних засобів.

Мета роботи і завдання дослідження. Удосконалення корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь на основі моделі мережі для системи масового обслуговування.

Удосконалення корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь спирається на закономірності та технічні показники мережевого обладнання, які мають найбільший вплив на інформаційне перевантаження комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Позитивний результат може бути отриманий при використанні виявлених закономірностей, врахуванні недоліків для існуючого мережевого обладнання, обрання шляхів досягнення ефективної роботи мережі в умовах інформаційного перевантаження комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Слід визначити практичний результат застосування моделі мережі системи масового обслуговування для зниження інформаційного перевантаження комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Завдання дослідження: Виявити мережеві інформаційні вузли корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь, які можуть не подолати інформаційного перевантаження. Визначити

необхідні параметри для технічних пристроїв для реалізації поліпшеної корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Розробити рекомендації по модернізації спроектованої корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь з метою підвищення її стійкості з інформаційного перевантаження.

Ідея роботи. Полягає у виявленні найбільш завантажених інформаційних вузлів корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь, які в разі інформаційного перевантаження мережі призводять до різкого зниження продуктивності роботи всієї корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Розробка практичних рекомендацій щодо вирішення проблеми з вибуховим перевантаженням.

Вирішення наукового завдання - виявлення недоліків і пошук шляхів вдосконалення корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь, які ґрунтуються на науковому підході використанням моделей мережі, побудованих на принципах системи масового обслуговування.

Новизна роботи: з метою виявлення «слабких місць» в комп'ютерній системі при значному інформаційному перевантаженні, яке виникло під дією шкідливого програмного забезпечення, та пошуку шляхів для вдосконалення корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь була розроблена на основі математичного апарату систем масового обслуговування.

Практичні результати - прикладні наукові розробки з моделювання корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для

комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь показали їх ефективність на різних режимах їх застосування. Результати модулювання і перевірки працездатності корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь представлені у вигляді графіків, таблиць, описуються і наводяться в пояснювальній записці і у відповідному додатку.

1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Стисла характеристика галузі

Розумне сільське господарство (Smart agriculture) – це концепція сільськогосподарської діяльності, яка базується на впровадженні сучасних технологій, таких як: IoT-датчиків, безпілотних літальних апаратів (БПЛА), систем позиціонування на поверхні Землі - GPS та ГЛОНАСС, різноманітних систем автоматизації тощо, у процесі отримання сільськогосподарської продукції, з метою підвищення врожайності, зниження витрат та отримання якісної та безпечної продукції.



Рисунок 1.1 – Розумна сільськогосподарська діяльність

У сучасному світі сільське господарство стає галуззю з дуже інтенсивним потоком даних. Саме поняття «розумне сільське господарство» має на увазі цілий комплекс обладнання, техніки, технологій, інформаційних та інтелектуальних рішень. Інформація надходить з різних пристроїв, розташованих в полі, на фермі, від датчиків, сільськогосподарської техніки, метеостанцій, дронів, супутників, зовнішніх систем, партнерських платформ, постачальників.

Загальні дані від різних учасників виробничого ланцюжка, зібрані в одному місці, дозволяють отримувати інформацію нової якості, знаходити закономірності, створювати додану вартість для всіх задіяних учасників, застосовувати сучасні наукові методи обробки (data science) і приймати на їх основі правильні рішення, мінімізуючи ризики, покращуючи бізнес виробників і клієнтський досвід.

Розглядаючи технології, що впроваджуються в розумній сільськогосподарській діяльності, варто виділити кілька ключових напрямків:

1. Супутникова навігація - орієнтування обладнання на місцевості, стеження за тваринами;
2. Безпілотні транспортні засоби та літальні апарати – обробка, моніторинг стану та збирання врожаю;
3. Датчики та сенсори – моніторинг стану врожаю, погоди, ґрунту тощо;
4. IoT-платформи – контроль даних, що надходять від датчиків, обладнання та інших пристроїв;
5. Big Data – аналіз даних, отриманих за певний проміжок часу з датчиків, для виявлення корисних для сільського господарства знань.

В останні роки в сільському господарстві почалося впровадження інтернет-технологій, супутникового зв'язку і геолокації, робототехніки, датчиків і систем автоматизації. На сьогоднішній день вже впроваджені і активно використовуються в сільському господарстві наступні системи: системи GPS і ГЛОНАСС, які дозволили підвищити точність переміщення техніки в полі і дали розвиток керованого проїзду по полю (CTF), а в перспективі - забезпечать перехід на роботизований транспорт і автономізацію в агропромисловому комплексі.

Використання чутливих датчиків дозволяє стежити за станом ґрунту, точно враховувати його склад на конкретних ділянках і вносити добрива там, де це необхідно. БПЛА активно використовуються для моніторингу посівів, розпилення добрив та засобів від комах. Передбачається, що використання Big Data у сільському господарстві забезпечить значне покращення якості знань про процеси, що відбуваються під час зростання виробництва.



Рисунок 1.2 – Ключові напрямки в розумній сільськогосподарській діяльності

У період з 2015 по 2024 рік експерти в області сучасних інформаційних і нанотехнологій називають «експериментальним» і прогнозують стрімкий розвиток розумного сільського господарства у наступних 10...15 роках.

Одним з ключових елементів «розумного рослинництва» є використання сучасних датчиків, що дозволяють отримувати об'єктивну інформацію з полів (стан посівів, боротьба з комахами, температура ґрунту і т.д.) і метеорологічні дані [1].

1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження

1.2.1 Агрохолдинги

Агрохолдинги – це комерційно орієнтовані групи з низки юридично незалежних фермерських господарств та фірм, які координуються центральною материнською компанією, яка приймає стратегічні рішення щодо розвитку групи та її учасників. Такі групи можуть належати інституційним або приватним інвесторам і можуть бути вертикально або горизонтально інтегровані. Вони можуть відрізнятися типом і кількістю інтегрованих етапів харчового ланцюга, ступенем юридичної та економічної самостійності дочірніх компаній, походженням капіталу і, нарешті, біржовою діяльністю.

Крім холдингів в сенсі корпоративного і податкового права, це визначення включає також групи підприємств, які утримуються разом окремими власниками і спільним управлінням без фіксованої організаційної структури. В Україні після отримання незалежності у 1992 р. була поступово реструктуровано колишні сільськогосподарських виробничих кооперативів, в багатьох місцях були сформовані холдинги з компаній сільськогосподарського, а також з вирощування та збутового виробництва.



Рисунок 1.3 - Сільськогосподарська земля агрохолдингу

З'являються абсолютно нові — переважно ще більші — компанії. «Сільськогосподарська земля є затребуваною інвестицією в часи низьких процентних ставок і невизначених фінансових ринків. Однак ґрунт є основою існування сільського господарства. Фермерам стає дедалі важче забезпечити собі ці засоби до існування».

Історія великих українських компаній насправді є історією успіху. Після розпаду СРСР за дуже короткий час виникли сучасні та конкурентоспроможні сільськогосподарські компанії. Особливістю було те, що українським бізнесом переважно керували європейські інвестори. Вони забезпечили роботу в структурно слабких регіонах України, де майже не було іншої роботи. Вони платять податки і, як у східні часи, також беруть участь у громадах.

Побічний ефект: гігантські органічні ферми на кілька тисяч гектарів провели декілька поганих економічних, що привела до економічних труднощів

цілої країни. Вибухові ціни на ринку оренди та землі спричинили зростання витрат, це потребує залучення низки несільськогосподарських інвесторів [3].

Агрохолдинги України - це потужна організація, створена шляхом злиття сільськогосподарських підприємств. Згідно із законодавством, такі компанії можуть бути лише акціонерними товариствами (АТ).

Метою агрохолдингів України є розширення своєї діяльності та збільшення впливу. В умовах сучасних економічних викликів агрохолдинги відіграють важливу роль у розвитку аграрної економіки країни, забезпечуючи не лише стабілізацію виробництва, а й інвестиції в новітні технології, інфраструктуру та інновації. Злиття допомагають відновити розірвані зв'язки між сільськогосподарськими підприємствами та переробними підприємствами, а також вирівняти ціни на реалізовану сільськогосподарську продукцію та матеріально-технічні ресурси промислового походження. Це не тільки дає можливість агробізнесу завоювати нові ринки, але й зменшує витрати і, в кінцевому підсумку, збільшує вартість, капітал і прибутки підприємства.

Агропромислові конгломерати можуть створюватися шляхом горизонтальної інтеграції або через поступове злиття і контроль компаній, що працюють у спільному секторі. Агрохолдинги створюються не тільки для того, щоб відкрити нові сектори ринку, але й для того, щоб зменшити ризик банкрутства будь-якої з компаній-учасниць та уникнути значних втрат шляхом створення нових компаній та їх інтеграції в існуючі групи.

Український ринок сільськогосподарських земель продовжує зростати. Ця ситуація впливає на всіх власників великих підприємств, що займаються велико-товарним виробництвом. Сільськогосподарські підприємства часто контролюються великими корпоративними групами з широким спектром активів у різних секторах, включаючи промисловість, фінанси та торгівлю [5].

1.2.2 Агрохолдинг АМГ

Одним з найбільших представників групи компаній агрохолдингу є Дніпровське підприємство «АМГ Агрохолдинг» працює на аграрному ринку України з 2005 року і є частиною аграрного бізнесу в рамках Товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «АМ Груп», холдингової структури з

головним офісом в м. Дніпро, розташованим за адресою проспект Дмитра Яворницького, 1А.



Рисунок 1.4 – Логотип агрохолдингу АМГ

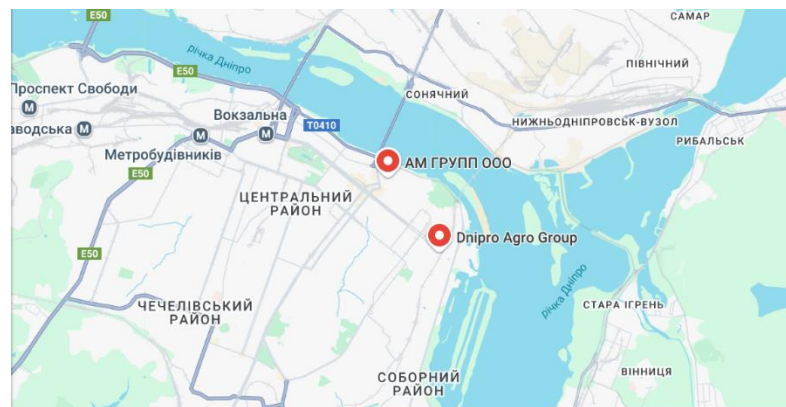


Рисунок 1.5 – Геолокація офісу агрохолдингу АМГ ТОВ «АМ Груп»

Напрямок діяльності Дніпровського підприємства «АМГ Агрохолдинг» складається наступних напрямків діяльності:

- рослинництво;
- тваринництво: молодняк великої рогатої худоби: 4 400 голів, свинарство – 7 000 осіб;

- елітне насінництво;
- складські послуги;
- земельний банк 200 тис. га.
- регіональне розташування: Дніпропетровська, Чернівецька та Вінницька області;
- сільськогосподарські культури: озимий ячмінь, озимий ріпак, кукурудза, соя, соняшник, картопля.
- кількість працівників близько 3 000 осіб;
- виробничі потужності елеваторів 87 000 тон [4].

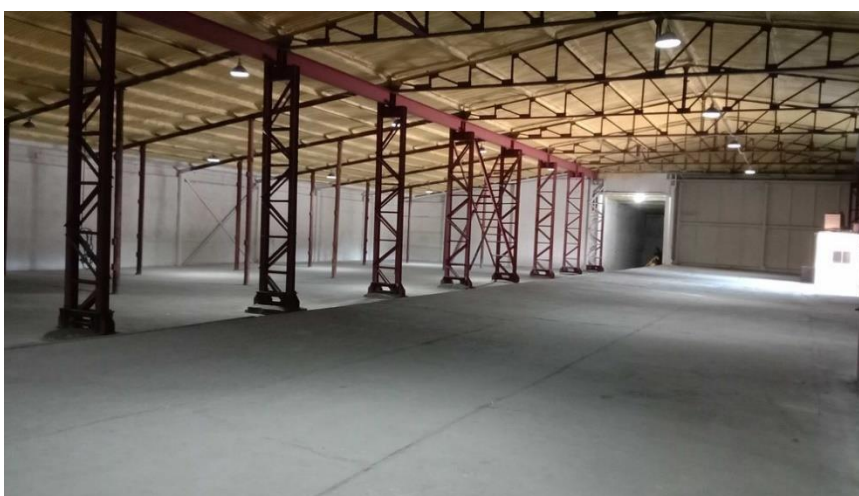


Рисунок 1.6 – Активи агрохолдингу АМГ

1.2.3 Організаційна структура «АМ Груп»

Агрохолдингу АМГ входить до складу материнської компанії ТОВ «АМ Груп», яка має статус юридичної особи, володіє контрольними пакетами акцій інших компаній (дочірніх підприємств) і може координувати їхню господарську діяльність. ТОВ «АМ Груп» має одну з найбільш гнучких

організаційних структур у країнах з розвинутою ринковою економікою. (рис. 1.7.).

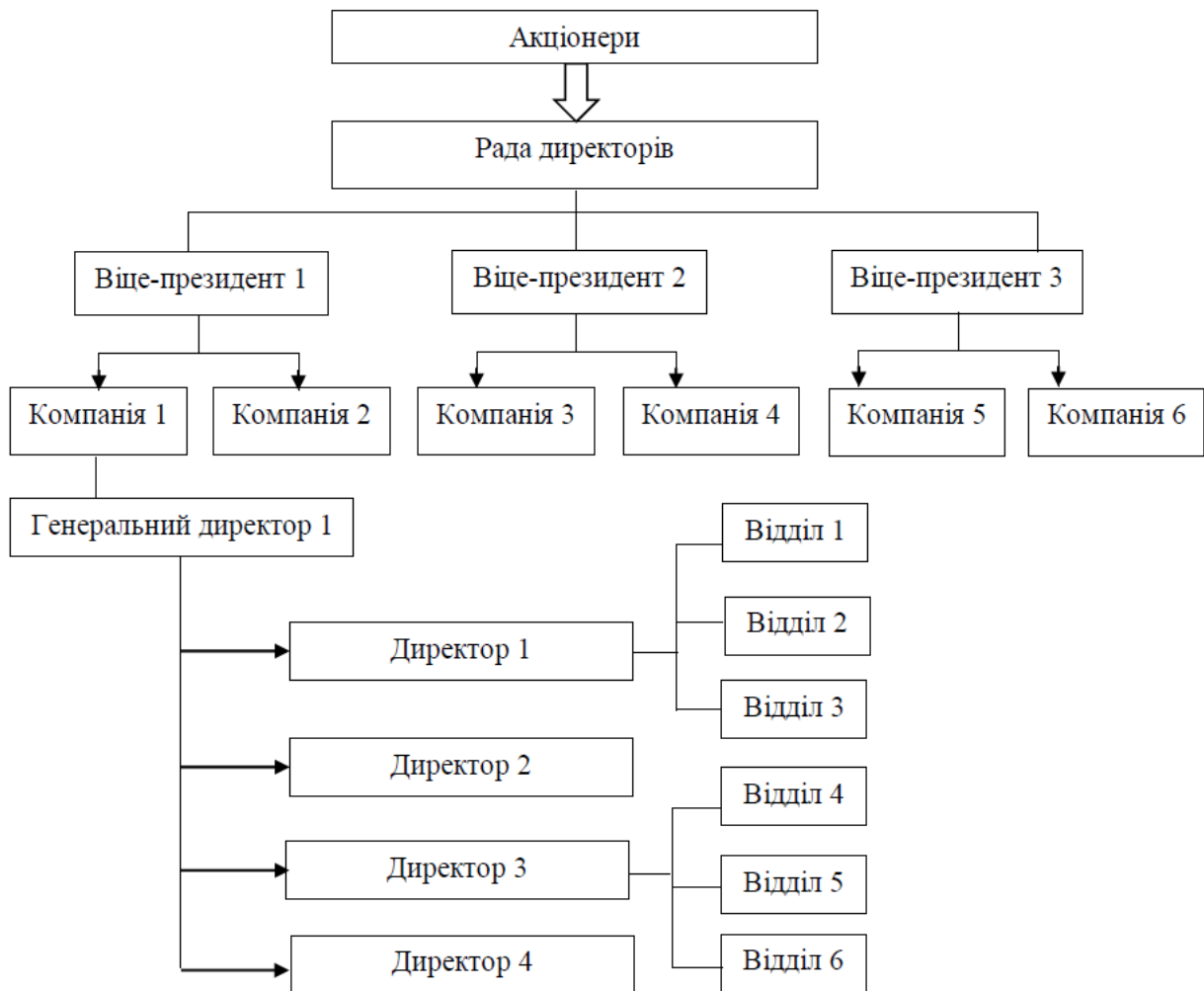


Рисунок 1.7 - Типова організаційна структура агрохолдингу

Як видно з рис. 1.7, типова структура ТОВ «АМ Груп» складається з акціонерних товариств, над якими здійснює детальний контроль корпоративний центр. Хоча кожне акціонерне товариство, таке як агрохолдинг АМГ, є частиною холдингу, воно діє незалежно і може зберігати власну назву.

Збори акціонерів ТОВ «АМ Груп», які є вищим органом управління холдингу, формують орган управління, що координує сфери діяльності холдингу та його дочірніх компаній. Саме орган управління холдингу приймає рішення щодо технічної та інвестиційної політики компанії, але безпосереднє керівництво не втручається в поточну діяльність дочірніх компаній.

Генеральний директор представляє інтереси основних акціонерів і забезпечує реалізацію єдиної стратегії. Якщо частка материнської компанії в

дочірньому підприємстві перевищує 50 відсотків, то вона координує діяльність суб'єкта господарювання відповідно до внутрішніх правил або статуту холдингової компанії.

Юридичні особи можуть об'єднуватися за галузевою, регіональною або технологічною ознакою, а окремі галузі промисловості можуть управлятися однією юридичною особою або виробничою компанією з промисловим центром.

Усі корпоративні компанії в секторі можуть бути підпорядковані керівнику цього сектору.

Генеральний директор або голова ради директорів операційної компанії може бути подвійно підпорядкований керівнику промислового сектору та сектору функціональних послуг холдингової компанії.

Функціональні керівники операційних компаній можуть підпорядковуватися як галузевому, так і функціональному органу управління материнської компанії.

Особливістю організації виробничо-господарської діяльності у формі моделі агропромислового холдингу є прагнення служб і підрозділів мати більше коштів і ресурсів, що сприяє посиленню адміністративного впливу. Однак при цьому постає важливе питання збереження прагнення до досягнення єдиної мети. Тому загальним завданням управлінської команди холдингової компанії є організація системи управління, яка найкраще відповідає умовам конкретної компанії, де внутрішнє управлінське планування є найважливішим елементом.

Основним інструментом планування в децентралізованій структурі управління є планування прибутку. Воно тісно пов'язане з плануванням капітальних інвестицій, яке використовує консолідовані та централізовані управлінські ресурси холдингової компанії. Водночас функціонування холдингової компанії вимагає створення централізованої системи управління [6].

Організаційна структура ТОВ «АМ Груп» дає потенціал для досягнення наступної мети:

- збільшення обсягів продукції;
- покращення якості;
- зниження витрат;

- зменшення відходів;
- регламентований моніторинг та контроль;
- виявлення аномалій врожаю;
- захист здоров'я худоби;
- автоматизація рутинних сільськогосподарських робіт [1].

1.3 Аналіз наявних проблеми агрохолдингу АМГ

Концепція «розумного» сільського господарства зосереджена на забезпеченні сільськогосподарської галузі інфраструктурою для використання передових технологій. Сюди входять Інтернет речей (IoT), машинне навчання, штучний інтелект, великі дані та хмарна архітектура. Загальне застосування «розумного» сільського господарства можна розділити на три великі категорії.

Автоматизація відстеження та моніторингу У цьому ж контексті використовується як взаємозамінний термін з точним землеробством.

Комп'ютерне програмне забезпечення керує розумними фермами і полями на основі даних, зібраних датчиками.

Дискусії про розумне сільське господарство ведуться повсюдно. Це пов'язано з тим, що населення планети стрімко зростає, а отже, потрібні більш високі врожаї. Ефективне використання природних ресурсів, сучасні технології та розумні методології є ключовими для досягнення цих цілей [1].

Компанія агрохолдингу АМГ вже має значний рівень автоматизації, що дозволяє їй ефективно організовувати робочі процеси в сільському господарстві, зокрема завдяки використанню сучасного програмного забезпечення для управління організаційними справами та плануванню для взаємодії клієнтами та фінансами. Поточного стан справ з автоматизації потребує вирішення декількох важливих проблем, які стримують розвиток та ефективність роботи компанії агрохолдингу АМГ, зменшують показники її конкурентоспроможності на ринку в сільського господарство нового покоління.

1. Обмежене застосування IoT сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Основними засобами зв'язку є телефонні дзвінки та електронна пошта, які не забезпечують достатньої швидкості та оперативності у

взаємодії моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Відсутність сучасних платформ, як-от чати, месенджери чи відеоконференції, обмежує можливості оперативного вирішення запитів і знижує операційну інформативність, що негативно позначається на прийнятті правильних рішень.

2. Обмежена сфера застосування сучасних рішень для передачі інформації з моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Дані моніторингу стану сільськогосподарських угідь збираються та зберігаються локально, що створює незручності для оперативного отримання інформації та доступу до інформації з різних пристроїв та місцях її потреби. Це застаріле структурне рішення дуже сильно обмежує гнучкість роботи співробітників, знижує мобільність і сповільнює процеси, особливо під час роботи з агро-клієнтами у віддалених регіонах України.

1.4 Напрямки вирішення виявлених проблем агрохолдингу АМГ

1.4.1 Моніторингу стану сільськогосподарських угідь

1.4.1.1 IoT сенсори

Використання датчиків і сенсорів у сільському господарстві є важливим кроком на шляху до реалізації інтелектуального агровиробництва.

Датчики, розміщені на десятках квадратних кілометрів, можуть безперервно передавати по радіоканалах інформацію про стан об'єктів моніторингу, включаючи значення таких параметрів, як вологість, температура ґрунту і повітря, а також стан здоров'я рослин.

Системи визначення характеристик ґрунту базуються на датчиках, встановлених у контрольних точках. Ці датчики призначені для виявлення неоднорідності (топографія, тип ґрунту, освітлення тощо). Виміряні параметри надсилаються на сервер, а звідти - на пристрій користувача. Маючи необхідні дані, агрономи можуть визначити, які культури можна вирощувати ефективніше на кожній ділянці поля. Адже на одному полі може бути кілька ділянок, на яких вирощують різні культури. Після виявлення неоднорідності необхідно застосувати відповідні підходи до догляду за рослинами.

Найпоширенішими датчиками в сільському господарстві є датчики вологості ґрунту, які використовують фермери, що вирощують культури на зрошенні. Такі датчики зазвичай підключаються до хмарних сервісів для своєчасного зв'язку. Зазвичай при ручному поливі витрата води розраховується заздалегідь і багато параметрів не враховуються, що може призвести до ерозії ґрунту через надмірний кругообіг води. З іншого боку, за допомогою датчиків можна визначити, коли шар ґрунту достатньо вологий, щоб уникнути перезволоження, беручи до уваги тип культури та стадію росту. У цьому випадку споживання води значно зменшується.

Існують також датчики для моніторингу навколишнього середовища, які вимірюють вміст поживних речовин у ґрунті, причому кількість вимірювань зростає з кожним роком, а термін служби датчиків збільшується.

Датчики допомагають не лише вирощувати врожай, а й зберігати його. Вологість і температуру на складі вимірюють за розкладом або в режимі реального часу, а датчики можна підлаштовувати під характеристики окремих культур, щоб забезпечити якомога довше зберігання врожаю.

Сучасні системи можуть виявляти псування навіть при зберіганні великої кількості фруктів і овочів.

Датчики в рослинництві іноді прирівнюють до основних засобів. Зарубіжний досвід показує, що навіть невеликі сімейні фермерські господарства в кілька десятків гектарів досягли значної економічної вигоди від впровадження датчиків і програмного забезпечення для підтримки прийняття рішень.

Якщо власники компанії ставляться до неї як до бізнесу, що розвивається, довгострокового, прораховують дохідність і розглядають варіанти оптимізації витрат, вони неминуче прийдуть до автоматизації, незалежно від розміру господарства.

За оцінками експертів, до 2028 року близько 40 % українських фермерських господарств використовуватимуть різноманітні датчики та відповідне програмне забезпечення для моніторингу поточного стану своїх полів [2].

Будь-яка технологія, яка може допомогти покращити свій сільськогосподарський досвід, може підпадати під цю категорію, але суттєвий поштовх до розумного сільського господарства надають IoT сенсори.



Рисунок 1.8 - Сучасні технології розумного землеробства

Типи датчиків, що використовуються для технології розумного землеробства: електронні, оптичні, електрохімічні та механічні.

Критичними параметрами для моніторингу у стану сільськогосподарських угідь є наступні: температура, вологість, рівень рідини, сонячне світло, кількість опадів, гази в повітрі, вітер – швидкість і напрямок, ґрунту – рН, поживні речовини, ущільнення та вологість та розташування – поле, техніка, склад, охорона та худоба.

1.4.1.2 Приклади використання IoT у сільському господарстві

1. Моніторинг кліматичних умов. Найпопулярнішим інструментом для розумного сільського господарства є, мабуть, метеостанція в поєднанні з метеодатчиками. Вони збирають різні дані з навколишнього середовища, перебуваючи в полі, і передають їх у хмару (рис. 1.9);

2) Автоматизація теплиць, де використання датчиків Інтернету речей надає точну інформацію про мікроклімат, світло, температуру, стан ґрунту та вологість у теплиці в режимі реального часу. Окрім отримання даних про навколишнє

середовище, метеостанції здатні автоматично регулювати умови відповідно до заданих параметрів. Системи автоматизації теплиць, зокрема, використовують подібний принцип (рис. 1.10).

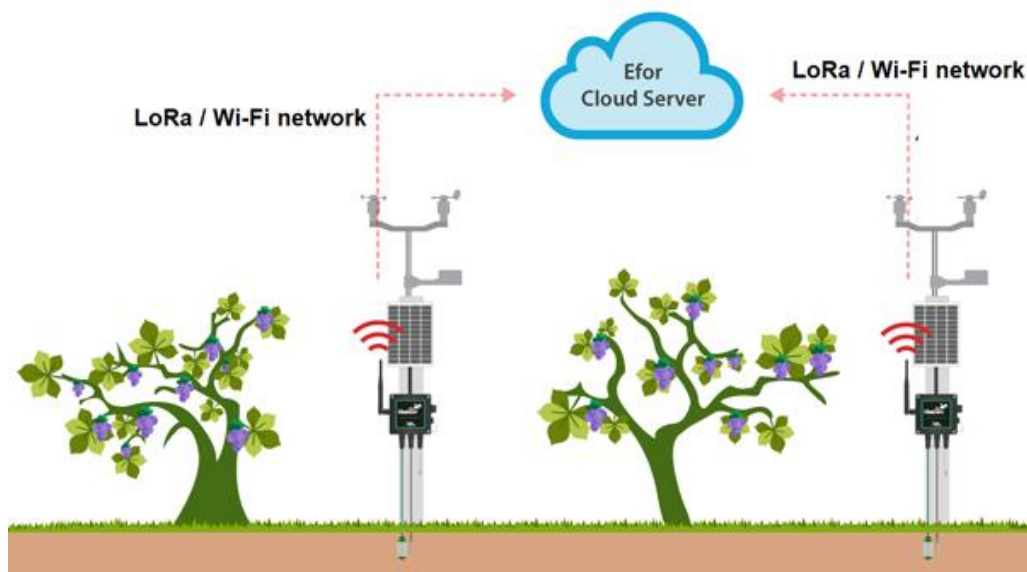


Рисунок 1.9 - Моніторинг кліматичних умов

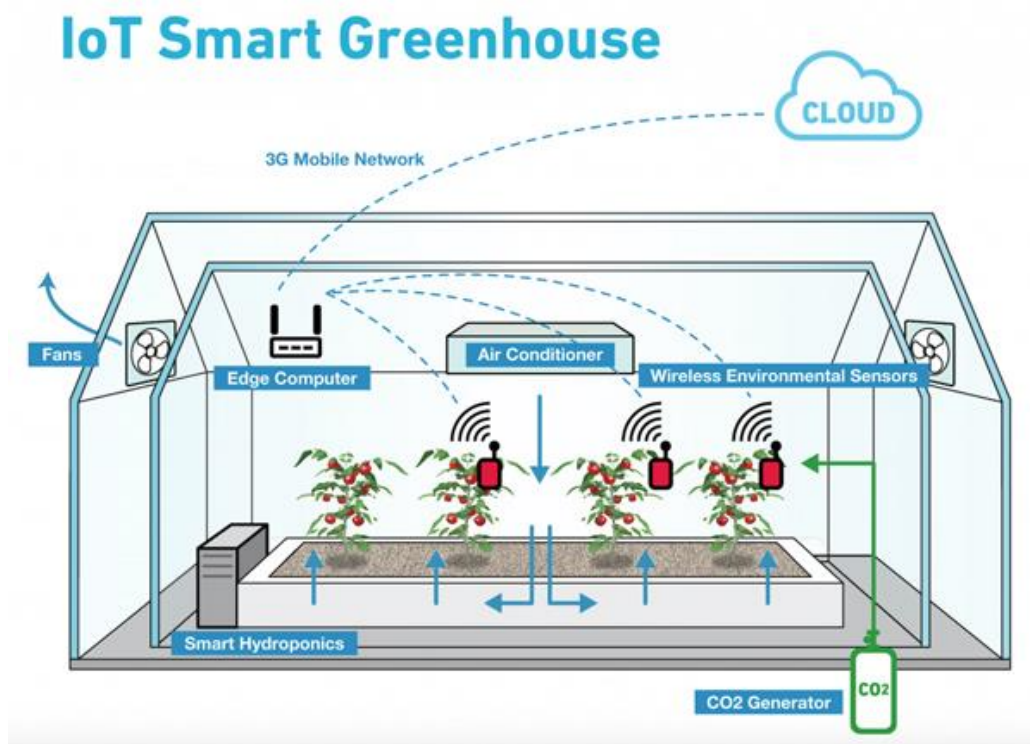


Рисунок 1.10 - Автоматизація теплиць

3. Управління посівами. Подібно до метеорологічних станцій, вони повинні бути встановлені в полі для збору даних про конкретні культури, від температури і кількості опадів до потенціалу води в листі і загального стану

культури. Зростання та відхилення від норми можна відстежувати для ефективного запобігання хворобам та інфекціям, які можуть зашкодити посівам (рис. 1.11).

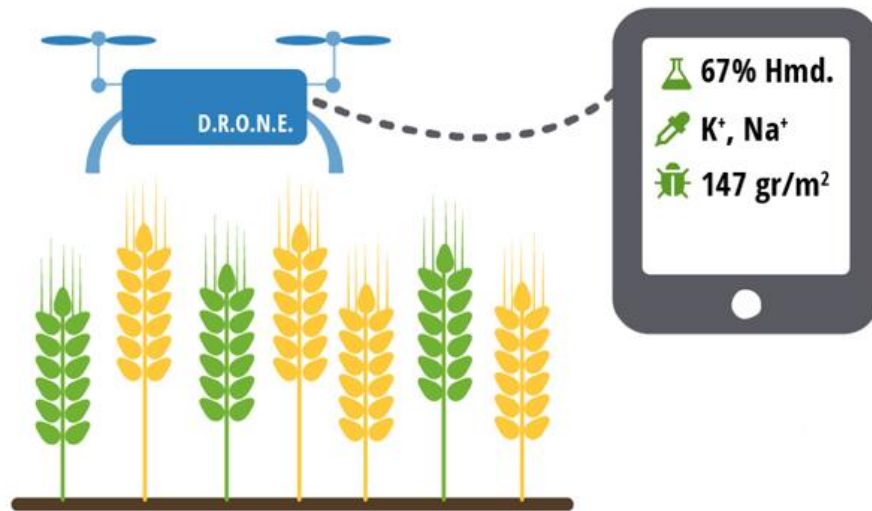


Рисунок 1.11 - Управління врожаєм

4. Моніторинг та управління тваринництвом. Як і у випадку з моніторингом посівів, сільськогосподарські датчики Інтернету речей можна підключати до худоби, щоб стежити за її здоров'ям і реєструвати її продуктивність. Відстежуючи і контролюючи худобу, можна збирати дані про її здоров'я, добробут і фізичне місцезнаходження. Наприклад, такі датчики можуть виявляти хворих тварин, щоб фермери могли вилучити їх зі стада для запобігання інфекції (рис. 1.12).

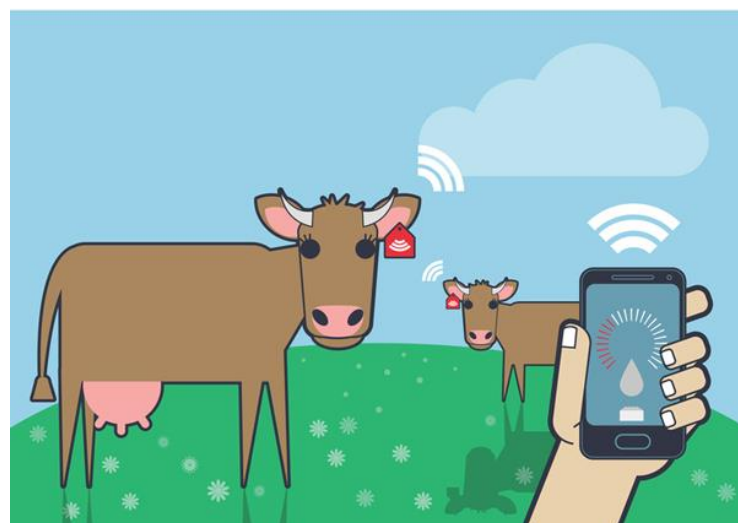


Рисунок 1.12 - Моніторинг та управління тваринництвом

5. Точне землеробство. Точне землеробство - це ефективність і точне прийняття рішень на основі даних. Це також одне з найпоширеніших і найефективніших застосувань Інтернету речей у сільському господарстві: Використовуючи датчики Інтернету речей, фермери можуть збирати широкий спектр показників про клімат поля та всі аспекти екосистеми (світло, температуру, стан ґрунту, вологість, рівень CO₂, зараженість шкідниками тощо). Ці дані дозволяють фермерам прогнозувати оптимальну кількість води, добрив і пестицидів, необхідних їхнім культурам, зменшуючи витрати і вирощуючи кращі, здоровіші культури (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 - Точне землеробство

6. сільськогосподарські дрони. Одним з найбільш перспективних напрямків розвитку сільськогосподарських технологій є, ймовірно, використання сільськогосподарських дронів у «розумному» сільському господарстві: Дрони, також відомі як БПЛА (безпілотні літальні апарати), краще підходять для збору сільськогосподарських даних, ніж літаки або супутники (рис. 1.14).

7. Статистичний аналіз для розумного сільського господарства. Точне землеробство і прогностична аналітика даних йдуть пліч-о-пліч - технології Інтернету речей і розумні датчики надають скарбницю актуальних даних в режимі реального часу, які фермери за допомогою аналізу даних можуть осмислити і зробити важливі прогнози щодо термінів збору врожаю, ризиків хвороб та інфекцій, врожайності тощо. Інструменти аналізу даних можуть

допомогти зробити сільське господарство, яке за своєю природою є дуже залежним від погодних умов, більш керованим і передбачуваним (рис. 1.15).



Рисунок 1.14 - Точне землеробство



Рисунок 1.15 - Сільськогосподарські дрони

8. Інтегровані системи управління фермою. Більш складний підхід до продуктів IoT в сільському господарстві представлений так званими системами управління продуктивністю ферми. Ці системи, як правило, включають в себе кілька сільськогосподарських IoT-пристроїв і датчиків, встановлених в полі, а також потужну інформаційну панель з аналітикою і вбудованими можливостями обліку/звітності. Це дозволяє здійснювати віддалений моніторинг ферм та оптимізувати більшість бізнес-операцій (рис. 1.16).

На додаток до цих прикладів використання Інтернету речей у сільському господарстві, деякі важливі можливості включають відстеження транспортних засобів (або автоматизацію), управління зберіганням і логістику [2].

LoRaWAN for Agriculture



Рисунок 1.16 - Інтегровані системи управління фермерським господарством

1.4.2 Системи моніторинг стану сільськогосподарських угідь

1.4.2.1 Сільське господарство 4.0

Технології, які необхідні для розгортання датчиків і систем розумного землеробства є наступними: інтернет речі (IoT), штучний інтелект (ШІ), протоколи зв'язку, програмні платформи, актуатори для автономної роботи дронів і роботів.

Концепція розумного сільського господарства, її поширення та постійне використання пов'язані з певними труднощами. Люди завжди були схильні чинити опір змінам. Раннє впровадження сучасних пристроїв Інтернету речей з сільськогосподарськими датчиками завжди викликало занепокоєння. Інфраструктурні вимоги, такі як інтелектуальні мережі, мережеві системи та базові станції, доступні не скрізь. Крім того, віддалені райони повинні бути постійно підключені до Інтернету. У країнах, що розвиваються, така можливість відсутня [1].

Сільське господарство 4.0 - це вимога часу і глобальна мета. Сільське господарство 4.0 поєднує сільське господарство і технології для досягнення продовольчих і кліматичних цілей. Воду, добрива та пестициди більше не потрібно буде використовувати однаково на всіх полях. Моделі, засновані на штучному інтелекті та машинному навчанні, дозволять фермерам використовувати мінімально необхідну кількість в дуже конкретних цільових областях.

Новітні тенденції та технології сільського господарства 4.0 швидко витісняють традиційні методи.

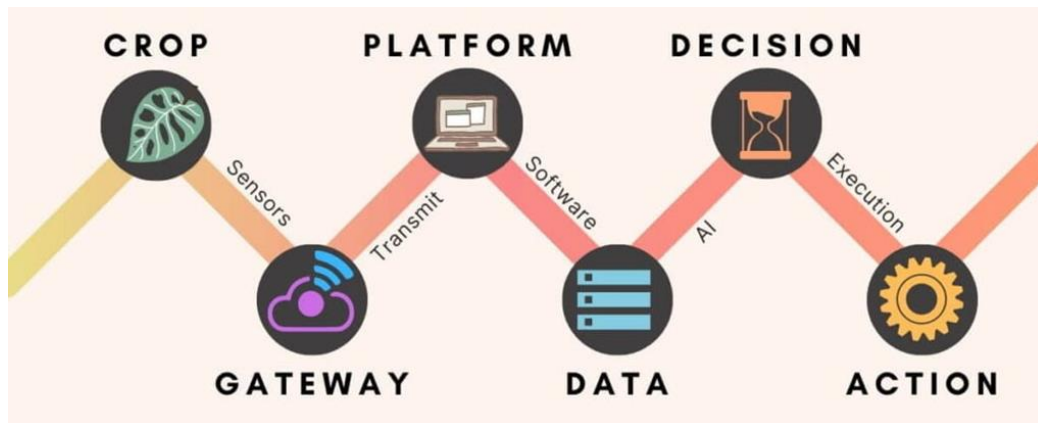


Рисунок 1.17 - Розумне сільське господарство з використанням шлюзів

Агротехнології є одним з найгарячіших варіантів інвестування: У 2021 році капіталістичні країни інвестували 51,7 мільярда доларів США в агропродовольчі технології. Крім того, багато постачальників послуг та мобільних операторів модернізують свою інфраструктуру, щоб найкращим чином використовувати мережеві ресурси. Такі технології, як малі стільники, великі МІМО, периферійні обчислення, IoT та 5G, дозволили втілити в життя бачення наступної сільськогосподарської революції.

1.4.2.3 Система передачі інформації LoraWAN

LoRa (скорочення від англ. long range - великий діапазон) - це технологія, що використовується для передачі бездротових сигналів на великі відстані. LoRaWAN - це стандартний протокол для зв'язку в глобальних мережах (WAN) з використанням методу LoRa. Мережі Інтернету речей виникають, коли цей протокол обмінюється даними між декількома датчиками в польових умовах. LoRaWAN підходить, оскільки дозволяє передавати дані на великі відстані з мінімальним споживанням енергії. Досі розумне сільське господарство визначалося як сукупність багатьох датчиків, з'єднаних відповідними мережевими протоколами. Відомо, що практично неможливо підключити сотні датчиків на гектарі землі до електрики. Доводиться використовувати пристрої, що живляться від батарейок. Коли ресурси обмежені, важливо оптимізувати їх використання. Саме тут у гру вступають шлюзи LoRa - енергоспоживання

шлюзів LoRa настільки низьке, що датчики на батарейках можуть працювати до 10 років без необхідності заміни батарейок. Крім того, низька пропускну здатність LoRaWAN ідеально підходить для практичного розгортання, де дані передаються через регулярні проміжки часу. Наприклад, зрошувальні системи повинні контролювати вологість ґрунту в різних точках поля. В цьому випадку немає необхідності перевіряти вологість щосекунди або щохвилини. Достатньо збирати дані регулярно (щодня), і відповідно контролювати процес поливу [1].

1.4.2.3 Практичні можливості розумного сільського господарства для ефективного управління фермами та полями.

Агрохолдинги охоплюють великі площі сільськогосподарських угідь і потребують управління, щоб вживати рішучих заходів у ключові моменти. Робити це вручну забирає багато часу і сил. Тому доцільно використовувати датчики, IoT і шлюзи LoRaWAN для віддаленого моніторингу широкого спектру критично важливих елементів.

1. Управління худобою. Якщо ви не можете ефективно управляти своєю худобою, вам слід перейти до більш розумних рішень. На ринку є багато готових до використання пристроїв. Численні компанії пропонують комплексні рішення від відстеження тварин до моніторингу стану здоров'я.

2. Відстеження. За допомогою GPS-нашийників тепер можна відстежувати, визначати місцезнаходження та захищати велику рогату худобу. GPS-нашийники для великої рогатої худоби регулярно надсилають сигнали на панель управління тваринництвом. Гео-огорожі повинні бути налаштовані відповідним чином - сповіщати, якщо корови виходять за межі визначеної зони.

3. Моніторинг здоров'я. Апаратні рішення IoT на основі LoRa передбачають біо-капсулу - пристрій, який поміщається в шлунок жуйних корів. Пристрій безперервно передає дані на централізовану інформаційну панель і програмне забезпечення. Пристрій може відстежувати дані самостійно або використовувати інструменти на основі штучного інтелекту для виявлення відхилень у важливих параметрах організму великої рогатої худоби. Він може ідентифікувати початок захворювання або прогнозувати народження телят.

4. Автономне годування. Корови можуть потребувати харчових добавок протягом певного періоду часу. На основі даних, наданих системою моніторингу здоров'я, корів можна годувати суворою дієтою або додавати поживні речовини.

5. Моніторинг ґрунту. Ґрунт не є однорідним по всьому полю. Його здатність утримувати вологу варіюється від поля до поля через кліматичні умови та склад ґрунту. Моніторинг параметрів ґрунту необхідний для забезпечення ефективного використання водних ресурсів і підвищення загальної врожайності.

6. Температура. Фермери постійно відчувають, що рослини не можуть дихати. Відносна вологість є ключовим фактором у цьому відношенні. Моніторинг температури ґрунту разом з іншими важливими елементами дозволяє швидко вжити заходів для порятунку рослин. Температура ґрунту впливає на аерацію, вологість ґрунту та поживні речовини, доступні для рослин. Дані про температуру також вказують на потребу в зрошенні.

7. Вологість. По-справжньому розумна ферма не обходиться без недорогих, бездротових і віддалених систем на базі LoRaWAN, які можуть оцінювати стан вологості ґрунту в полі в режимі реального часу і вживати швидких ручних або автономних дій, виходячи з умов вологості і вимог культур.

8. Електропровідність. Ще одним важливим параметром є електропровідність ґрунту, яка вимірює концентрацію солей у ґрунті. Електропровідність ґрунту також допомагає оцінити потребу в ґрунтових гербіцидах і спрогнозувати врожайність. Засолення відбувається, коли ґрунт зрошується водою з високим вмістом розчинених солей. Через деякий час врожайність значно знижується.

9. рН ґрунту. Часта перевірка рН ґрунту має важливе значення для здорових культур. Кислі ґрунти з рН 4,0-5,0 є згубними для культур. Це свідчить про високу концентрацію розчинних алюмінію, заліза, марганцю та інших шкідливих для рослин сполук. Для забезпечення ідеальних умов вирощування, рН слід підтримувати в діапазоні близько 6...7.

10. У всіх галузях сільського господарства навколишнє середовище відіграє важливу роль у досягненні результату. Моніторинг факторів навколишнього середовища є важливою частиною розвитку розумної ферми.

1.5 Завдання та мета роботи

Обґрунтування параметрів та структури корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» має спиратись на аналіз необхідної продуктивності в залежності від IoT мережі сенсорів в процесі її експлуатації та аналізу можливості інформаційного перенавантаження за рахунок додавання нових IoT - сенсорів для контролю стану доданих для контролю сільськогосподарських угідь або розширенні функціональної номенклатури контрольованих фізичних параметрів.

Надійна оцінки показників продуктивності корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» має бути проведена з урахуванням початкових даних, таких, як - швидкодія використаних інформаційних мережевих пристроїв, параметрів експлуатації користувацького програмного забезпечення, необхідних параметрів безпеки для передачі інформації в комплексі IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь, номінальну інтенсивність потоку інформації, обмеження та вимоги на виконання програмного забезпечення користувачів комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь у реальному часі, , шкідливі впливи вірусних програм, завад, наявність додаткових резервних каналів для передачі інформації та багато інших факторів.

Дослідження поведінки корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» призначено для виявлення межі інформаційного навантаженні комплексу IoT сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь, при яких вона буде забезпечувати функціонування з обробки запитів у режимі реального часу. Це дослідження можна провести на основі моделі системи масового обслуговування.

Позитивним результатом буде поліпшення роботи корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп». при підвищеному вибуховому інформаційному навантаженні.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальні відомості

Комп'ютерні мережі є невід'ємною частиною багатьох повсякденних завдань, таких як бізнес, електронна комерція, електронне урядування, освіта або дозвілля. Складність і розгортання комп'ютерних мереж продовжують зростати, так як постійно з'являються нові протоколи, архітектури і додатки, а комп'ютерні мережі знаходяться в безперервному процесі адаптації. Крім того, періодично з'являються нові мережеві системи та програми, призначені для задоволення величезних потреб користувачів у режимі реального часу.

Співіснування з колишніми архітектурами та системами може перешкоджати оцінці цих нових розробок. Таким чином, вивчення та перевірка продуктивності мережі може стати складним завданням для досягнення з кількох причин.

По-перше, вивчення мережі може виявитися надмірно витратним.

По-друге, вивчення деяких функцій може порушити або навіть перервати роботу мережі та якість обслуговування, що сприймається користувачами, що є неприпустимим.

По-третє, безпосередня взаємодія з мережею може бути фізично неможливою або через її розмір, або через її стан (мережа може перебувати на стадії розвитку, все ще не працюючи). Таким чином, моделювання та симуляція (M&S) може бути єдиною альтернативою для вивчення поведінки та продуктивності мережі за різних сценаріїв, таких як її розгортання.

Моделювання системи передбачає абстрагування її ознак і властивостей, орієнтуючись виключно на ті, які представляють інтерес для вивчення. В результаті модель можна розуміти як логічне представлення системи з різними рівнями складності (зазвичай менш складної, ніж реальна система).

Симуляція - це імітація реальної системи за допомогою обчислювального представлення її поведінки за правилами, описаними раніше в моделі. Коли система моделюється, необхідно враховувати обмежену кількість характеристик, властивостей або моделей поведінки, що представляють інтерес, щоб зробити

модель доступною для сприйняття, яка в іншому випадку є нескінченно складнішою та детальнішою [9].

В кваліфікаційній роботі магістра на тему «Обґрунтування параметрів та структури комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь» на основі моделі системи масового обслуговування» поперши за все треба визначити інформаційне навантаження на мережеві пристроїв, який буде залежати від об'ємів інформаційного потоку, складності задіяного ПЗ. Оцінювання навантаження буде проведено за допомогою математичного апарату систем масового обслуговування (СМО), яке ефективно описує поведінку технічного пристрою у вигляді інформаційного потоку. За допомогою моделі СМО для комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь можна буде проаналізувати можливу чергу з інформаційних пакетів для апаратних компонентів мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

2.2 Системи масового обслуговування

2.1.1 Комп'ютерні моделі

Складні комунікативні комп'ютерні системи - комп'ютери, з'єднані мережами передачі даних і знаходяться в постійному зв'язку зі своїм оточенням - не завжди поведуться так, як очікувалося. У багатьох джерелах інформації представлено поведінкове моделювання, суворий підхід до специфікації поведінки та верифікації паралельних і розподілених систем. Це одна з небагатьох методик, здатних моделювати взаємодію систем на рівні абстракції, достатньому для розуміння та аналізу взаємодії. Пропонуючи як математично обґрунтовану теорію, так і застосування в реальному світі, яка підходить для використання в класі та як довідник для системних архітекторів.

Системи масового обслуговування - це математичні моделі або структури, що використовуються для аналізу та вивчення процесу обробки пакетів інформації у великих інформаційних потоках через мережу. Імітаційне моделювання - це техніка, яка використовується для аналізу та оцінки поведінки системи на основі математичних або комп'ютерних уявлень. У цьому контексті

моделі складних сенсорних мереж Інтернету речей для моніторингу стану сільськогосподарських угідь можуть бути створені з урахуванням різних факторів, таких як потік інформаційних пакетів, кількість конвеєрів обробки інформації, часові затримки та інші сценарії, характерні для реальної роботи таких мереж [9].

Моделювання може проводитися за двома підходами: локальним і розподіленим. Розподілене моделювання полягає в тому, що кілька систем взаємопов'язані для спільної роботи, взаємодіючи одна з одною, для проведення моделювання. На відміну від цього, локальне моделювання проводиться на одному комп'ютері. Історично склалося так, що останній підхід найбільш широко використовувався для моделювання комп'ютерних мереж, але зростаюча складність моделювання сприяє важливості першого підходу.

На рис. 2.1 узагальнено процес злиття та поглинання. Поведінкова інформація, витягнута з реальної системи, використовується спільно з системними специфікаціями і вимогами. На основі цих вхідних даних будується модель системи, яка згодом перевіряється за допомогою моделювання. Зазвичай під час моделювання визначається кілька метрик продуктивності, які можна порівняти з результатами, отриманими в результаті експериментів з реальною системою. Якщо обидва варіанти схожі, модель вважається дійсною, а якщо ні, то модель системи повинна бути виправлена. Аналогічним чином, показники продуктивності використовуються для визначення того, чи відповідає модель системи вимогам, тому спроектовану систему можна вдосконалювати та розширювати контрольованим чином.

Використання моделей має деякі переваги та недоліки, якщо порівнювати з емпіричним або реальним тестуванням. По-перше, здатність приймати більш надійні рішення на основі моделювання широкого спектру експлуатаційних сценаріїв, що дозволяє тестувати кожен аспект системи, запропоновану зміну або конкретну обставину. Ще однією перевагою є гнучкість, оскільки час і темп симуляції можуть бути адаптовані, щоб дозволити користувачеві прискорити або сповільнити переходи або події, сприяючи точному аналізу.

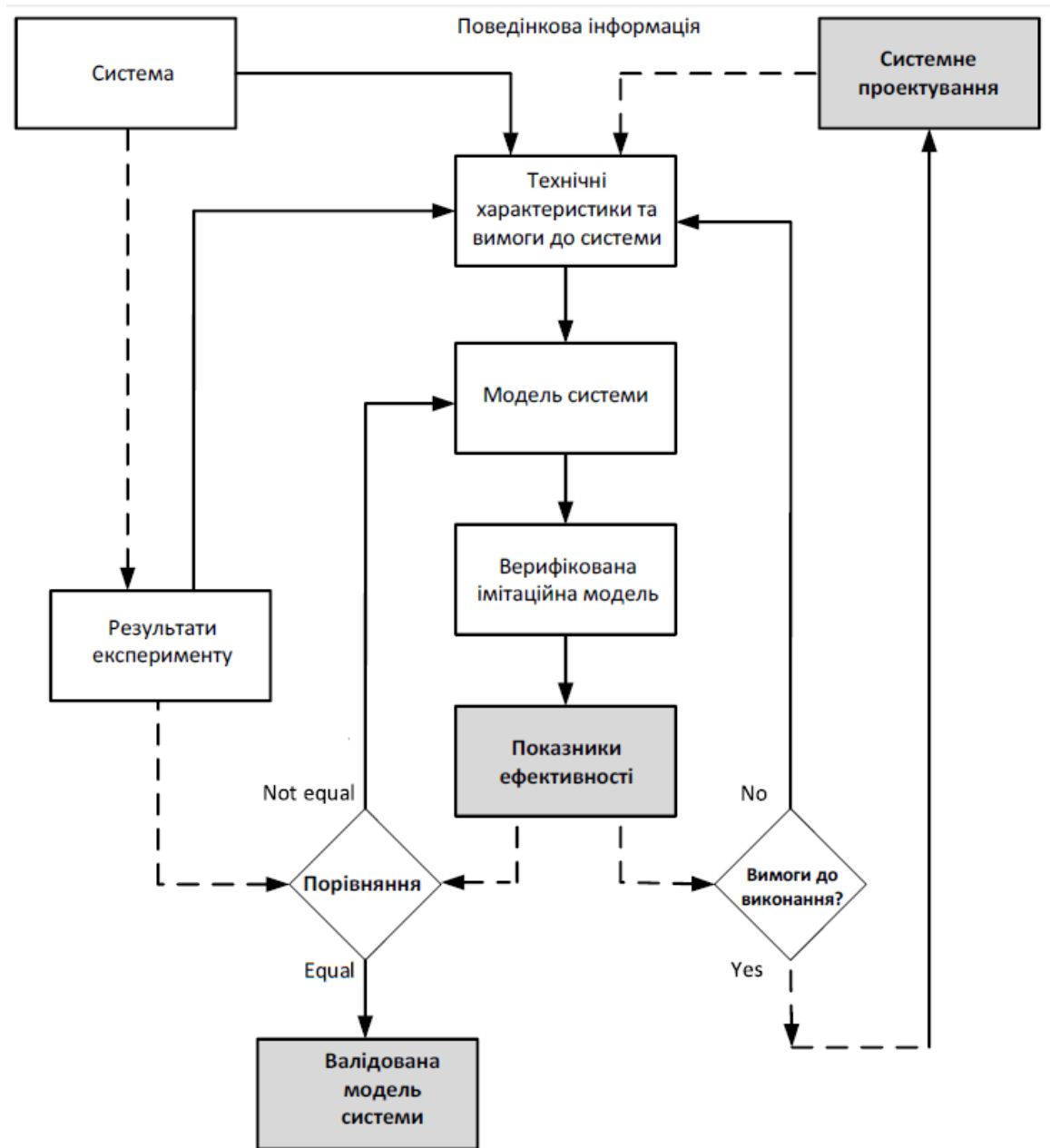


Рисунок 2.1 - Моделювання системи та схема імітаційного моделювання.

Модель сприяє та покращує навчання. Користувачі можуть оцінювати виникнення або поведінку конкретного сценарію, реконструюючи та уважно вивчаючи його, тому вони розвивають розуміння, спостерігаючи за роботою системи. Технології моделювання також дуже корисні з точки зору часу проектування, дозволяючи детально вказати вимоги до системи або навіть діагностувати проблеми, що виникли в результаті взаємодії між компонентами системи. Знижена вартість є ще одним важливим аспектом моделювання. Моделювання може проводитися дешевше, ніж при емпіричному тестуванні.

Нарешті, моделювання дозволяє уникнути збоїв у реальній системі, що дозволяє оцінювати нові процеси, операційні процедури або методи.

Однак у використанні моделювання є й недоліки.

По-перше, і найбільш сумнозвісне, моделювання є лише представленням системи, а не реальною системою, тому це може призвести до неналежного використання моделі, коли можна отримати аналітичне рішення.

По-друге, коли модель має на увазі високу випадковість, припущення, спрощення або складні взаємозв'язки між членами системи, інтерпретація результатів може бути утруднена або привести до оманливих висновків. По-третє, можуть виникнути проблеми зі статистичною значущістю результатів, навіть якщо вони правильні, залежно від кількості копій моделювання. Нарешті, для побудови моделей і належного проведення симуляцій необхідна спеціальна підготовка, тому терміни і грошові витрати можуть бути високими.

Пов'язані роботи з моделюванням можуть припускати помилки, які можуть призвести до неточності та ненадійності [9].

2.1.2 Моделювання комп'ютерних мереж

В даний час моделювання комп'ютерних мереж є фундаментальним елементом у дослідженні, розробці та навчанні мереж. Мережеві тренажери широко використовуються не тільки практиками і дослідниками, а й студентами для поліпшення розуміння комп'ютерних мереж. Мережеве моделювання може бути надзвичайно корисним у застосуванні до таких сценаріїв, як аналіз протоколів, складне розгортання мережі, оцінка нових послуг, прототипів або архітектури тощо. У широкому сенсі, мережевий симулятор можна розуміти як чорний ящик, як це показано на рис. 2.1.

Мережевий симулятор реалізує модель комп'ютерної мережі за допомогою алгоритмів, процедур і структур відповідно до заданої мови програмування. Реалізована мережева модель отримує на вході набір параметрів, які накладають правила та обмеження моделювання. Іншими словами, ці параметри задають хід моделювання.

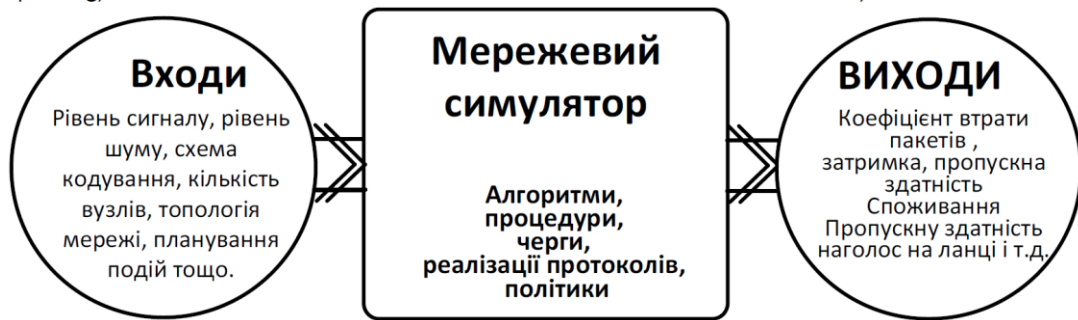


Рисунок 2.2 - Абстракція мережевого симулятора

Коли процес моделювання завершується, мережевий симулятор повертає набір результатів у вигляді виходів, які можуть бути використані з подвійною метою: перевірка та перевірка правильності реалізованої моделі для певної області станів системи та аналіз поведінки змодельованої мережі при успішному виконанні першої.

Комп'ютерні мережі найчастіше моделюються за допомогою дискретно-дієвого моделювання. Основна причина такого широкого використання полягає в тому, що моделювання дискретних подій краще адаптується для представлення поведінки комп'ютерних мереж, оскільки протоколи комп'ютерних мереж можуть бути змодельовані як кінцеві автомати. У комп'ютерній мережі між двома послідовними подіями існує стаціонарний стан, а моделювання дискретних подій дозволяє перескакувати з одного стаціонарного стану в інший, що призводить до більш швидкого моделювання. Іншими цікавими аспектами моделювання дискретних подій є гнучкість і менші обчислювальні витрати [9].

2.1.3 Моделювання продуктивності

Як зазначалося раніше, моделювання є першим кроком в оцінці продуктивності системи, де система абстрагується за допомогою належним чином деталізованої моделі, яка відтворює поведінку системи під впливом навколишнього середовища (робочого навантаження). У найбільш конкретних дослідженнях з оцінки продуктивності основна мета полягає в отриманні набору показників продуктивності, таких як пропускна здатність і час відгуку в стаціонарному стані системи. По-перше, в цьому розділі вперше представлені методи моделювання для оцінки ефективності. Потім окреслюються ключові

аспекти, які слід враховувати під час моделювання рівнів протоколу та робочих навантажень. Нарешті, представлені деякі можливості моделювання топології мережі [9].

2.1.3.1 Техніка моделювання

Найбільш поширеними методами моделювання продуктивності динамічних систем дискретних подій в цілому і комп'ютерних мереж зокрема є ланцюги Маркова, мережі масового обслуговування і мережі Петрі. Ланцюги Маркова забезпечують загальну основу для моделювання динамічних систем з дискретними подіями, тоді як мережі масового обслуговування та мережі Петрі дозволяють створювати високорівневі моделі, які також можуть бути перекладені на ланцюги Маркова. Ці високорівневі моделі ближче до структури реальних систем, і тому їх легко зіставити компоненти системи та моделі, тоді як ланцюги Маркова роблять акцент на описі поведінки системи на рівні простору станів. Всі ці методи використовують стохастичні процеси для представлення часу як способу правильного аналізу продуктивності модельованих систем.

Ланцюги Маркова – це стохастичні моделі, що описуються графами, де вузли відповідають станам системи, а перехід між станами представлений зв'язками. Ймовірність, пов'язана з кожним переходом, також анотується на графіках. На рисунку 3 показаний приклад моделі ланцюга Маркова з лише двома станами та відповідними ймовірностями зміни стану або перебування в тому ж стані. Важливою властивістю ланцюгів Маркова є те, що майбутні держави залежать тільки від теперішнього стану, але не від попередніх станів, тобто вони безпам'ятні. Завдяки цій властивості ланцюги Маркова мають велику перевагу – низьку складність аналізу. Марковські ланцюги безперервного часу (Continuous Time Markov Chains - СТМС) - це ланцюги Маркова, які зазвичай використовуються для моделювання динамічних систем з дискретними подіями.

Коли системи складні, кількість можливих станів велика, і моделювання їх безпосередньо за допомогою СТМС стає складним. У цих випадках кращими альтернативами є більш абстрактні або високорівневі моделі, такі як мережі масового обслуговування та мережі Петрі.

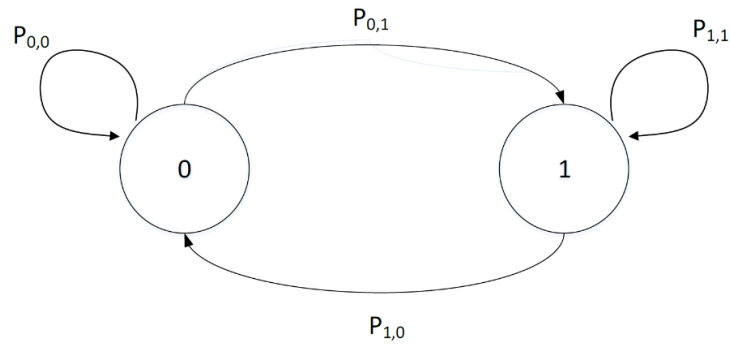


Рисунок 2.3 - Приклад моделі ланцюга Маркова

Мережі масового обслуговування (Queuing Networks - QN) - це моделі, де пакети (запити на обслуговування) надходять на мережевий вузол для обслуговування. Коли пакети надходять на завантажений вузол, вони стоять у черзі на час очікування, поки вузол не звільниться. Як час прибуття, так і обслуговування описуються як стохастичні процеси. Важливими параметрами мереж масового обслуговування є кількість пакетів і вузлів, розмір черг очікування і дисципліна черги (пріоритети, випередження, FIFO і т.д.).

На рис. 2.4 показано обслуговування пакетів, які прибувають в альтернативну другу чергу після обслуговування в першій.

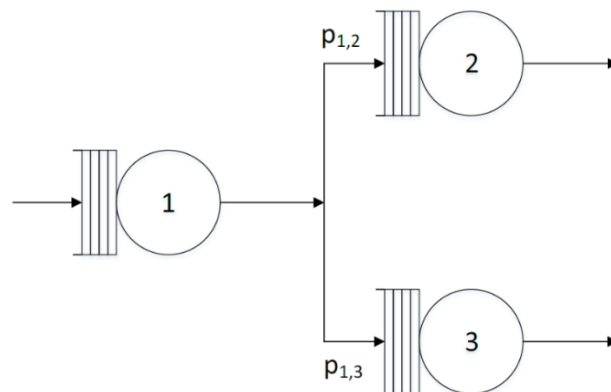


Рисунок 2.4 – Приклад моделі мережі масового обслуговування

Мережі масового обслуговування дуже підходять для виявлення вузьких місць у продуктивності через спільні ресурси в розподілених системах. Важливою перевагою простих моделей мережі масового обслуговування є низька складність стаціонарних рішень (поліноміальні за кількістю черг і клієнтів), оскільки вони можуть бути отримані як добуток стаціонарного рішення для кожної з окремих черг в мережі.

Мережі масового обслуговування не моделюють належним чином загальні механізми синхронізації розподілених

Системи. Таким чином, мережі Петрі (Petri Nets -PN) підтримують більш потужні моделі.

Мережі Петрі - це моделі паралельних систем, які також описуються графіками. У графі розрізняють два типи вузлів: місця (кола) і переходи (бари).

Місця представляють стани системи, а переходи – еволюцію системи. Нарешті, посилення можуть з'єднувати тільки місця з переходами і навпаки. Графік дає лише статичне уявлення про систему. Для вивчення динаміки системи повинна бути виконана мережа Петрі. Це можливо завдяки спеціальним міткам (токенам), які присвоюються місцям і зазвичай асоціюються з ресурсами. Кількість токенів на місце не обмежена.

Мережі Петрі еволюціонують шляхом виконання (дозволу) увімкнених переходів, тобто переходів, де всі місця введення мають принаймні один токен. Дозвіл – це атомарна операція, яка передбачає взяття одного токена з кожного місця введення та розміщення одного токена на кожному місці виходу. Нарешті, якщо увімкнена більше одного переходу, вони запускаються у недетермінований спосіб. На рис. 2.5 показані початкові стани простої мережі Петрі з включеним переходом і кінцеві стани після перехідного випалу.

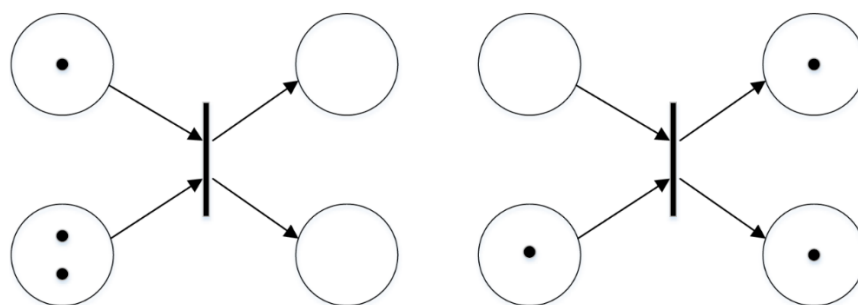


Рисунок 2.5 – Приклад моделі мережі Петрі до і після перехідної дозволу

Використання мереж Петрі для оцінки продуктивності вимагає додавання часових специфікацій до базових нечасових мереж Петрі, що призводить до так званих тимчасових мереж Петрі (Timed Petri Nets - TPN). Час зазвичай асоціюється з переходами як затримки з використанням стохастичних процесів, що визначає ще два специфічні види PN: стохастичні мережі Петрі (Stochastic

Petri Nets - SPN), де всі переходи мають ненульові затримки, і узагальнені стохастичні мережі Петрі (Generalized Stochastic Petri Nets - GSPN), де розглядаються переходи без нульової затримки та з нульовою затримкою.

Показники продуктивності (пропускна здатність, час відгуку тощо) можуть бути отримані з CTMCs, QNs та SPNs або шляхом обчислення аналітичного рішення (моделі низької складності), апроксимації рішень шляхом застосування чисельних алгоритмів або з використанням інструментів аналізу продуктивності (моделі середньої складності). Також може бути застосоване моделювання дискретних подій (моделі високої складності), виконуючи модель і збираючи достатню кількість заходів для отримання показників продуктивності [9].

2.1.3.2 Моделювання протоколів

Розглянемо деякі важливі аспекти моделювання рівнів стека протоколів TCP/IP (рис. 2.6). Основна увага приділяється тільки нижнім шарам, тобто рівням Network Access, Internet і Transport. Моделювання фізичного рівня в даний час є викликом тільки для бездротових мереж. Вищий рівень прикладного забезпечення розглядається в наступному підрозділі.



Рисунок 2.6 – Рівні стека протоколів TCP/IP

2.1.3.2.1 Рівень мережевого доступу

Моделі для цього шару часто цінюються менше, ніж моделі з вищим рівнем. В результаті Ethernet - ланки просто моделюються як одноточкові зв'язки з фіксованою затримкою поширення. Аналітичні рішення для моделей цих протоколів стають нерозв'язними, коли вони включають всі деталі поведінки механізмів CSMA/CD або CSMA/CA, і моделювання є єдиним способом

охарактеризувати ці протоколи в багатьох випадках. Основними компонентами деталізованої моделі CSMA/CD є затримка поширення на локальній мережі, експоненціальне відступання, датчик несучої та механізм глушіння сигналу.

У ряді досліджень зроблено висновок, що відмінності в результатах детальних і більш абстрактних моделей стають важливими при середньому навантаженні мережі вище 40 %, досягаючи відмінностей до 50 % для середніх навантажень вище 70%. Підсумовуючи, рівень деталізації, необхідний для рівня доступу до мережі, залежить від сценарію навантаження трафіку під час дослідження продуктивності [9].

2.1.3.2.2 Інтернет-рівень

Мережа може бути змодельована на цьому рівні у вигляді графа з вузлами, з'єднаними зваженими зв'язками (з такими властивостями, як пропускна здатність, затримка і т.д.). Використовуючи переваги цієї абстракції, задачі маршрутизації можуть бути переведені на знаходження шляхів у графі, які задовольняють таким обмеженням, як найкоротший шлях між двома вузлами. Алгоритми Dijkstra та інших можуть бути потім застосовані до моделі моделювання для оцінки якості маршрутів, виявлених протоколами маршрутизації.

Моделі, пов'язані з вибором шляху, можуть бути розширені за рахунок розгляду моделей трафіку (робочого навантаження) і ресурсів, доступних у вузлах, зокрема ресурсів пам'яті. Ці розширення можуть бути змодельовані за допомогою мереж черги, мінімізуючи середню затримку пакета при обмеженнях вартості мережі або, як альтернатива, мінімізуючи вартість при заданій максимально допустимій затримці. Моделі для Інтернет-рівню тісно пов'язані з топологічними моделями комп'ютерної мережі, про які піде мова далі [9].

2.1.3.2.3 Транспортний рівень

У моделюванні транспортного шару є два підходи: прямі моделі та моделі продуктивності.

Прямі моделі орієнтовані на моделювання і спрямовані на відтворення протокольних взаємодій. Насправді, навіть повні протоколи іноді реалізуються під час моделювання. Ці моделі корисні для вивчення самої поведінки протоколу або підтримки протоколів прикладного рівня. Типовими параметрами на цьому рівні є пропускна здатність між двома вузлами, наскрізна затримка (в основному складається з агрегації індивідуальних затримок каналів мережевих каналів, змодельованих на нижчих рівнях) і наскрізна варіація затримки або тремтіння.

Моделі продуктивності часто є аналітичними моделями, заснованими на стохастичних процесах і в основному орієнтованими на вплив механізмів перевантаження TSP на пропускну здатність. Гібридні рішення, що поєднують аналітичні та імітаційні методи, також знайшли застосування для великих мереж. У цьому сценарії властивості мережі транспортного рівня характеризуються плинною моделлю (прямий графік, що складається з маршрутизаторів і каналів зв'язку), що описується набором диференціальних рівнянь. Крім того, поведінка більш дрібних мереж, підключених до магістральної мережі, моделюється на рівні пакетів [9].

2.1.3.3 Моделювання робочих навантажень

Трафік, що генерується протоколами на прикладному рівні, відображає вплив середовища на поведінку мережі, тому модель трафіку, також відома як модель робочого навантаження, є важливою частиною процесу моделювання для отримання точних і достовірних результатів. На рис. 2.7 показана інтеграція моделі робочого навантаження в сценарій моделювання і симуляції.



Рисунок 2.7 – Інтеграція моделі робочого навантаження

Вимірювання реальної мережі можуть бути важливими перед моделюванням і необхідними для отримання відповідної інформації про трафік програми. Їх можна отримати за допомогою трьох підходів: журналів сервера,

журналів клієнтів і трасування пакетів. Нижче представлені деякі важливі аспекти, які слід враховувати при моделюванні трьох найбільш поширених форм трафіку додатків в мережах (веб, голос і відео) [9].

2.1.3.3.1 Веб-трафік

Двома важливими видами моделей веб-трафіку є моделі, орієнтовані на сторінку, та моделі ON/OFF, отримані на основі трасування пакетів та журналів клієнтів відповідно.

Посторінкові моделі – це ієрархічні моделі з 4 рівнями: рівнем сеансу, рівнем сторінки, рівнем з'єднання та рівнем пакетів. Прикладами параметрів моделювання на рівні сеансу є кількість веб-сеансів за період, час між сеансами, час перегляду та кількість сторінок за сеанс. Прикладами параметрів моделювання на рівні сторінки є час між двома послідовними сторінками та розмір об'єктів сторінки (текст, зображення, звук тощо) та час парсингу об'єктів сторінки. Рівень з'єднання відноситься до TCP-з'єднань на сторінку, необхідних для обслуговування об'єктів веб-сторінки. Параметрами моделювання на цьому рівні є кількість з'єднань на сторінці, час між двома послідовними з'єднаннями в межах однієї сторінки та тривалість з'єднань. Майже жодна з моделей трафіку не враховує останній рівень деталізації, рівень пакетів, з такими параметрами, як розподіл розміру пакета і час між прибуттям пакетів.

Моделі ON/OFF просто моделюють фази ON, що відповідають періоду завантаження сторінок, і фази OFF, що відповідають часу між кінцем і початком завантаження послідовних сторінок [9].

2.1.3.3.2 Голосовий трафік

Голосового трафіку в комп'ютерних мережах стає все більше в результаті наявності на ринку недорогих послуг голосового зв'язку. Моделі голосового трафіку повинні враховувати компоненти як на рівні користувача, так і на рівні пакетів. Компонентами на рівні користувача є модель динаміка, яка описує поведінку користувача під час розмови, і модель сеансу, заснована на протоколах SIP або H.323. З іншого боку, компоненти на рівні пакетів - це модель кодека для

цифрового голосового кодування і транспортна модель на основі RTP (Real Time Protocol). Найважливішими параметрами моделі спікера є тривалість сеансу і тривалість мовних подій (розмовних ривків і пауз). Крім того, модель кодеку визначає, коли пакети відправляються з певним бітрейтом, і є два основні параметри, які слід враховувати: розмір пакета і час між прибуттям пакета [9].

2.1.3.3 Відео-трафік

Відеоконференції та стрімінгові сервіси дуже популярні в сучасних мережах і вимагають величезної кількості ресурсів, тому потрібні точні моделі відео-трафіку. Як і моделі голосового трафіку, моделі відео-трафіку враховують компоненти на рівні користувача та пакета. Компонентами на рівні користувача є модель користувача, яка описує запити з боку клієнта на сторону сервера, і модель сеансу, заснована на таких протоколах, як RTSP (Real Time Streaming Protocol). Що стосується рівня пакетів, то компонентами є модель кодека і транспортна модель на основі RTP. Основними параметрами сесійної моделі є тривалість сесії (між клієнтом і сервером) і час між прибуттям сесії (між запитом клієнта). Нарешті, найважливіші параметри моделі кодека такі ж, як і для моделей голосових кодеків, тобто розмір пакета і час між прибуттям пакета [9].

2.1.3.4 Моделювання топології мережі

Топологія мережі визначає, як вузли комп'ютерної мережі пов'язані між собою і, отже, як може надходити інформація. Можна розглядати як фізичний, так і логічний рівень топології. Логічні або накладені топології будуються поверх фізичної мережі і дозволяють обмінюватися даними, організовуючи мережевий і прикладний рівні. Топологія мережі має сильний вплив на продуктивність протоколу та поведінку маршрутизації, тому моделювання топології мережі є важливим питанням.

Топології мережі моделюються за допомогою графів, де вершини відповідають вузлам (хостам, комутаторам, роутерам тощо), а ребра — зв'язкам. Властивості графічних моделей, такі як середній ступінь вузла (кількість

з'єднань), середня довжина шляху між вузлами та міжріччя (навантаження вузла), дозволяють отримати інформацію про продуктивність цих топологій.

Існує три основні підходи до побудови графа, що задовольняє певним властивостям: випадкові графи, геометричні випадкові графи (з урахуванням відстані між вузлами) та ієрархічні топології [9].

2.3 Висновок

Імітаційне та аналітичне моделювання не може бути повністю застосовна до реального проектування та експлуатації корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

Основні причинами приблизного результату моделювання мережі є:

- значні припущення, зроблені при спрощенні досліджуваної мережі;
- теоретичні моделі складними для реального застосування мережі;
- закрита політика конфіденційності що до великих комерційних КМ.

Розповсюдженість успіху моделювання мережі для КС є той позитивний факт, що залучаються проектувальники реальної мережі для КС до імітаційного та аналітичного моделювання, які знають реальні показники множинного обладнання, знають проблемні моменти, що значно підвищує успіх результатів моделювання мережі для КС. Імітаційне та аналітичне моделювання вимагає широкої освітньої підготовки в галузі комп'ютерної інженерії, зі значними знаннями математичного апарату. Імітаційне та аналітичне моделювання вимагає великої кількості аналітичних досліджень, поглибленої праці з літературними джерелами. Методи імітаційного та аналітичного моделювання, які були розроблені в минулому потребують адаптації під параметри і конфігурацію реального мережевого обладнання, яке експлуатується на сьогоднішній день.

При імітаційному та аналітичному моделюванні можуть бути застосовані багатьох інших завдань, пов'язаних з особливостями проекту мережі для КС.

При побудові мережевої моделі для КС слід враховувати показників трафіку для окремих ділянок корпоративної комп'ютерної мережі «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

3 СИНТЕЗ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Розробка цілей КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

Для «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» необхідно створити інтегровану комп'ютерну систему (КС), яка створить автоматизовану основу для:

- збільшення обсягів продукції;
- покращення якості;
- зниження витрат;
- зменшення відходів;
- регламентований моніторинг та контроль;
- виявлення аномалій врожаю;
- захист здоров'я худоби;
- автоматизація рутинних сільськогосподарських робіт.

Комп'ютерна система «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» допомагає підвищити ефективність роботи співробітників холдингу, забезпечити швидкий доступ до інформації та покращити якість обслуговування клієнтів.

3.2 Розробка вимог до КС

З урахуванням організаційної структури «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» та технічних параметрів мережевого обладнання, треба скласти структурну схему технічного обладнання та план заходів, які гарантують функціонування комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

Мережа комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» повинна бути логічна розділена на підмережі відповідно до потреб і завдань кожного з відділу агрохолдингу. Завдяки чому можна оптимізувати розподіл мережевих ресурсів і забезпечити безпечний доступ до даних та інформації. Структурна схема КС агрохолдингу представлена на рис. 3.1.

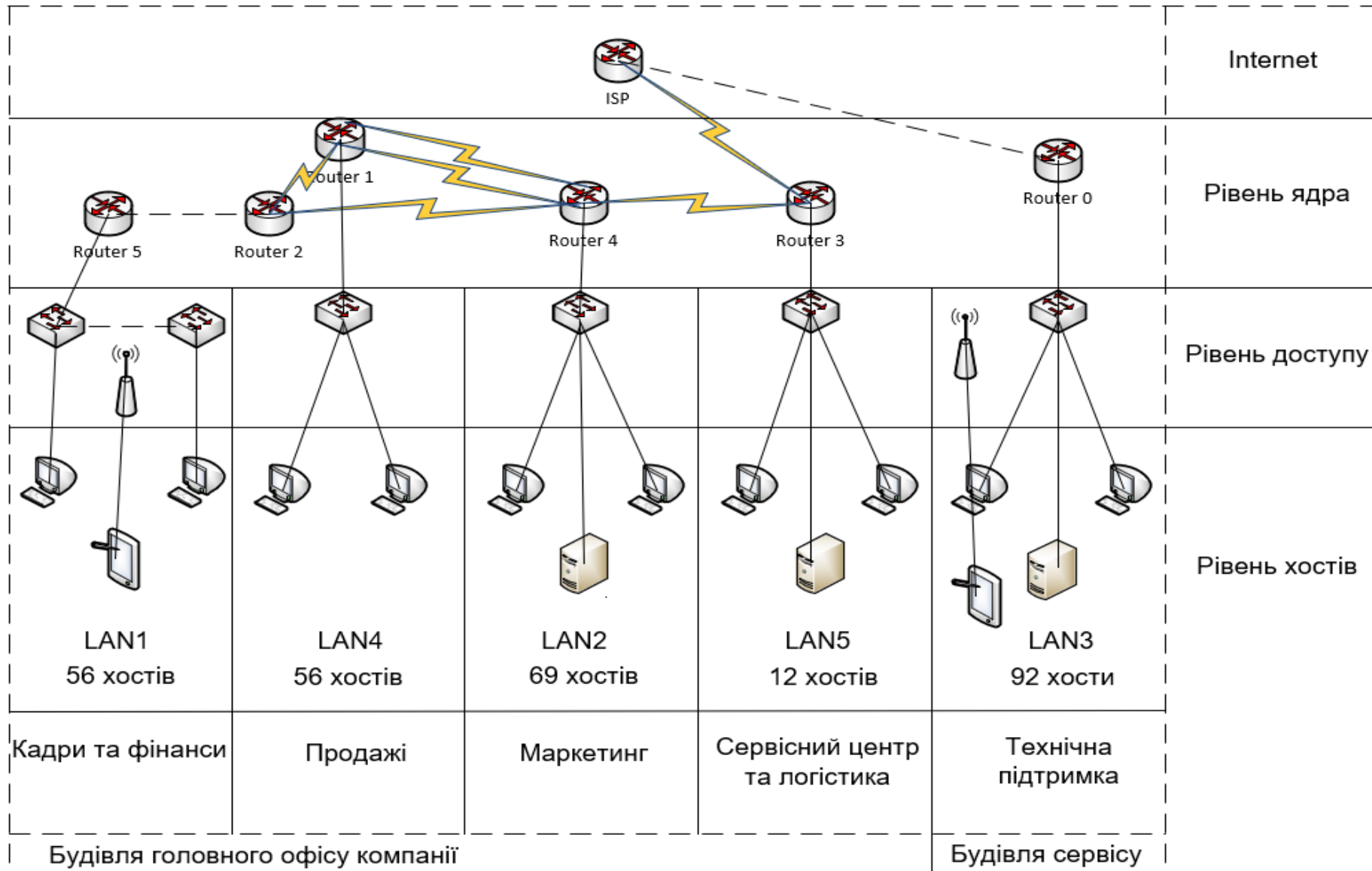


Рисунок 3.1 – Структурна схема комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

3.3 Топологічна схема КС

Топологічна схема корпоративної мережі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» представлена на рисунку 3.2. Мережа включає головний та віддалені офіси, а також мережу провайдера. Мережі з'єднані між собою кабелями Serial Ethernet та GigabitEthernet. Для проектування корпоративної мережі компанії було виділено адресний блок 10.23.48.0/22. У таблиці 3.3 показано кількість вузлів у кожній з п'яти підмереж компанії; на основі цих даних основний адресний блок поділено на підмережі.

Таблиця 3.1 - Виділені адресні блоки

№	Блок адрес	LAN1	LAN2	LAN3	LAN4	LAN5
9	10.23.48.0/22	56	69	82	56	12

Кожна локальна мережа має відповідний відділ у компанії «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»: LAN1: відділ кадрів, LAN2: фінансовий відділ; LAN3: відділ сервісу та технічної підтримки; LAN4: відділ продажів; LAN5: відділ логістики та постачання. Для ефективного використання адресного простору кожної підмережі розраховано адрес за допомогою методу маски підмережі змінної довжини (VLSM). Цей метод дозволив виділяти блоки адрес зі змінною довжиною, що дорівнює двом розмірам. Це враховано при розподілі розміру деяких підмереж, оскільки кожна виділена підмережа використовує дві адреси для мережевої та ширококомовної адреси. Щоб уникнути дублювання адрес, обчислення VLSM був виконаний за принципом - від найбільшої підмережі до найменшої підмережі (табл. 3.2.)

Таблиця 3.3 - Схема адресації мережі

Підмережа	Розмір	Виділений розмір	Адреса	Маска	Діапазон доступних адрес
LAN1	56	128	10.23.48.128	/25	10.23.48.129 - 10.23.48.254
LAN2	69	128	10.23.49.0	/25	10.23.49.1 - 10.23.64.126
LAN3	82	128	10.23.48.0	/25	10.23.48.1 - 10.23.48.126
LAN4	56	64	10.23.49.128	/26	10.23.49.129 - 10.23.49.190
LAN5	12	16	10.23.49.192	/28	10.23.49.193 - 10.23.49.206

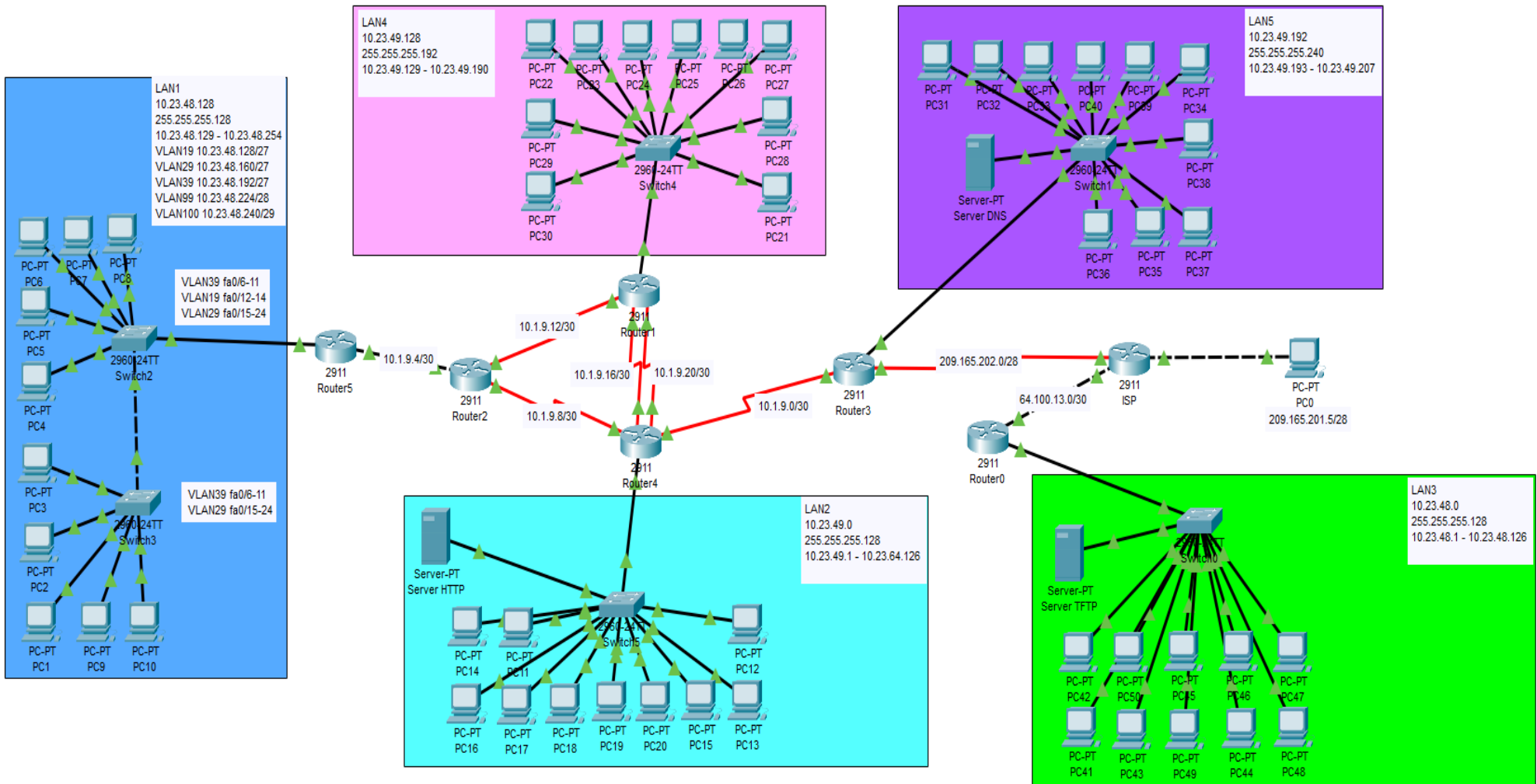


Рисунок 3.2 – Топологічна схема КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

3.4 Функціональна схема КС

Функціональна схема корпоративної мережі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» представлена на рис. 3.3.

У цій схемі головний офіс ТОВ «АМ Груп» виступає головним вузлом КС, забезпечуючи роботу всіх веб-ресурсів, телеграм-ботів і DNS-серверів. У офісі «АМ Груп» підтримується зв'язок через інтернет як з віддаленим офісом «АМГ Агрохолдинг», так і з усіма клієнтськими пристроями ТОВ «АМ Груп».

Віддалений офіс «АМГ Агрохолдинг» має файловий сервер, який зберігає всі дані та надсилає за потреби клієнтську інформацію до головного офісу ТОВ «АМ Груп» через інтернет. Клієнтський пристрій підключений до інтернету і взаємодіє з обома офісами «АМГ Агрохолдинг» та ТОВ «АМ Груп» через нього, використовуючи сервери в обох офісах для доступу до інформації та ресурсів. Таким чином, головний офіс ТОВ «АМ Груп» відіграє важливу роль в управлінні всією системою та підтримці зовнішніх і внутрішніх взаємодій, тоді як віддалений офіс «АМГ Агрохолдинг» забезпечує додаткові функції зберігання та обробки даних.

У той же час, системи головного офісу ТОВ «АМ Груп» та віддалений офіс «АМГ» реалізують функції обробки інформації, характерні для більшості підприємств. До таких сервісів належать системи електронної пошти, Всесвітня павутина (WWW) та системи контролю версій. Верхній рівень корпоративної мережі представлений спеціальними програмними системами або комплексами, які вирішують специфічні корпоративні завдання. Прикладами таких систем є автоматизація фермерських господарств, управління технологічними процесами на агро-холдингах, інтеграція з банківськими системами, системи ветеринарної діагностики тощо.

Додатки верхнього рівня є основними інструментами в робочому процесі, але їх успішна робота повністю залежить від того, щоб всі інші підсистеми в корпоративній мережі працювали коректно і без перебоїв. У корпоративній мережі різні типи комп'ютерів працюють у різних конфігураціях. Саме комп'ютери та їх характеристики визначають можливості локальної мережі.

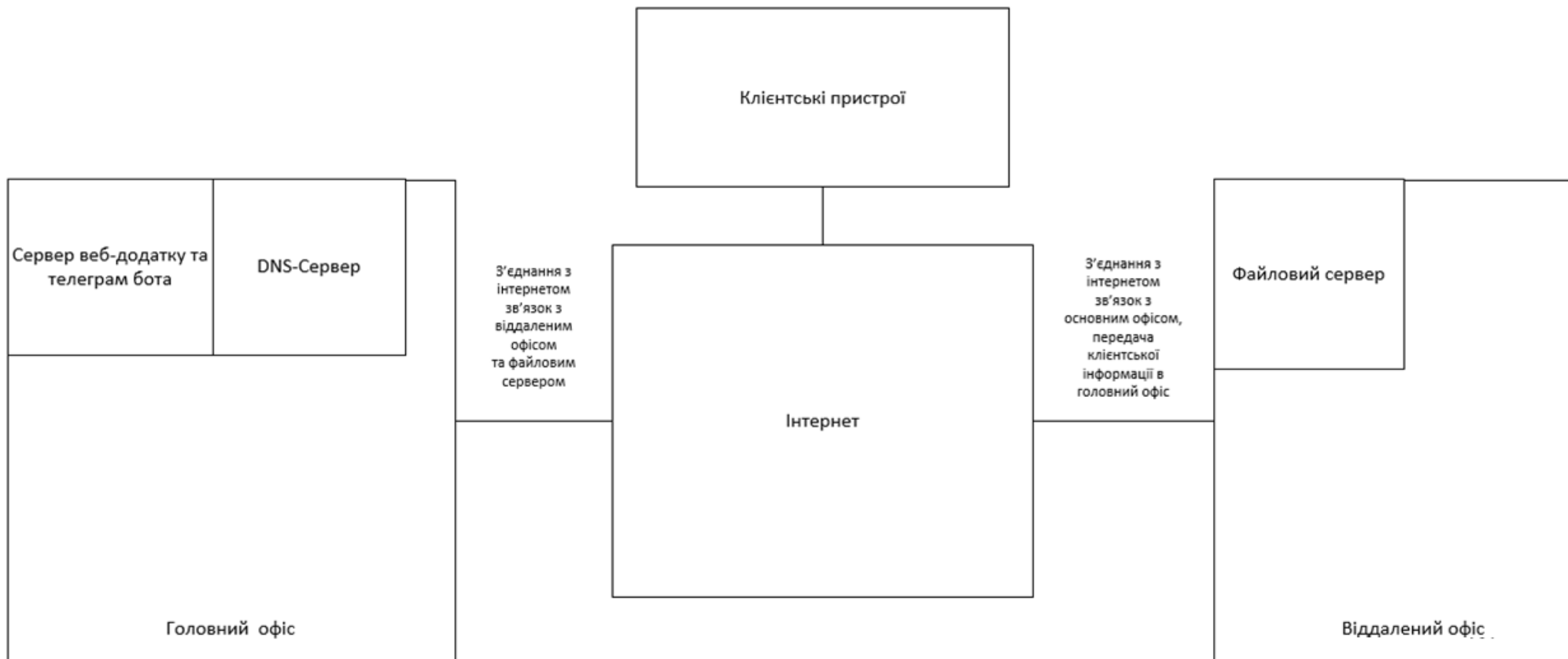


Рисунок 3.3 – Функціональна схема корпоративної мережі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

3.5 Вибір елементної бази комп'ютерної системи

Виходячи з вищезазначених вимог, для ефективної роботи корпоративної мережі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» слід передбачити наступні технічні заходи:

- кожне робоче місце має бути обладнане монітором, клавіатурою, мишкою та іншими пристроями введення;

- офісне обладнання: в офісі має бути достатня кількість принтерів, сканерів, мишок та інших пристроїв введення достатню кількість принтерів, сканерів та ксероксів для задоволення поточних потреб працівників;

- робочі станції: процесори з щонайменше двома ядрами та тактовою частотою 2,4 ГГц, щонайменше 8 Гб оперативної пам'яті, жорсткі диски з мінімальною ємністю 100 Гб, мережеві контролери з пропускнуою здатністю 100 Мбіт/с;

- сервери: повинні мати пряме з'єднання між локальними мережами та доступ до мережі Інтернет, передача даних через Інтернет повинна використовувати сучасні методи шифрування, один з серверів повинен підтримувати RAID-масив для резервного копіювання даних – AAA, повинні підтримуватися протоколи (аутентифікація, авторизація, аудит), сервери повинні працювати 24/7 з безперебійним живленням;

- мережа повинна бути ефективно захищена від несанкціонованого доступу, встановлене обладнання, таке як маршрутизатори, комутатори, комп'ютери та сервери, що використовуються співробітниками, повністю відповідають мінімальним вимогам для забезпечення належного рівня функціональності та продуктивності.

З огляду на ефективне використання наявних ресурсів, поточна конфігурація цих пристроїв та серверного обладнання не потребує змін.

Загальна кількість та технічні характеристики мережевого обладнання, що буде використовуватися, наведені в табл. 3.3. Технічні характеристики комп'ютерів робочих станцій та серверів для офісної КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Специфікація обладнання, використаного при побудові корпоративної мережі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

Позиція	Найменування	Тип	Одиниці	Кількість	Примітки
1	Маршрутизатор серії Cisco 2911: 3 integrated GigabitEthernet 4x EHWIC slots 2x onboard DSP slots 1x ISM slot 512 - 2048 MB DRAM 256 MB Compact Flash	Cisco 2900	од	6	За структурною схемою: Router0-5 Детальні характеристики: https://www.cisco.com/c/en/us/support/routers/2911-integrated-services-router-isr/model.html#~tab-specs
2	Комутатор серії Catalyst 2960: 24x 10/100 Ethernet Ports 2x 1GSFP amd RJ-45 combo uplinks	Cisco 2960-24PS	од	16	Детальні характеристики: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-s-series-switches/data_sheet_c78-726680.html
3	Маршрутизатор серії VDSL2: 4x 10/100/1000 LAN ports 1x 10/100/1000 Gigabit Ethernet WAN port, 1x VDSL2, IEEE 802.11ac wireless access-point	Cisco RV134W VDSL2	од	6	Детальні характеристики: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/small-business-rv-series-routers/datasheet-c78-736465.html

Таблиця 3.2 – Специфікація комп'ютерів робочих станцій та серверів в офісній мережі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

Позиція	Найменування	Тип,	Одиниці	Кількість	Примітки
1	Комп'ютер моделі B38v07Win: Процесор: AMD RYZEN 5 5600G, ОЗУ: 8 Гб DDR4 Накопичувач: SSD 240 Гб	ARTLINE Business	Од	275	Детальні характеристики: https://artline.ua/uk/product/nettop-artline-business-b38v07win
2	Сервер C220 M3: Процесор: 2 шт x Intel Xeon E5-2650L v2. ОЗУ: 16 GB DDR3. RAID-контролер: Cisco UCS RAID SAS 2008M-8i Mezzanine Card UCSC-RAID-11-C220 74-10149-01, Мережеві порти: 2x 10/100/1000 Ethernet	Cisco UCS	Од	2	https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/servers-unified-computing/ucs-c-series-rack-servers/c220m3-lff-specsheet.pdf

3.6 Параметри моніторингу стану сільськогосподарських угідь

Розглянемо ключові параметри, які необхідно відстежувати за допомогою LoRaWAN-мережі IoT-датчиків для моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

1 Температура. Незалежно від того, чи знаходиться «розумна» ферма в приміщенні або на відкритому повітрі, моніторинг температури навколишнього середовища має вирішальне значення для збору врожаю. Особливо для таких культур, як пшениця, які вразливі до коливань температури навіть у часі. Дані про температуру можуть допомогти вжити відповідних заходів, які можуть бути використані для того, щоб зробити культуру менш чутливою до суворих температурних умов.

2 Вологість. Спекотні тропічні умови можуть бути згубними для сільськогосподарських культур. Вологість сприяє розмноженню бактерій, які вбивають рослини і призводять до того, що врожай не досягає запланованого рівня. Крім того, у вологому середовищі процвітають шкідники. Тому моніторинг вологості має важливе значення для оцінки втрат вологи та потреб у зрошенні.

3. Вітер. Сприятлива швидкість і напрямок вітру покращує умови на фермі. Зміни в поведінці вітру можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на сільськогосподарські культури. Добре поінформовані тваринники можуть приймати своєчасні рішення для пом'якшення проблем. Дані про вітер в режимі реального часу можна отримати за допомогою надійних, швидкодіючих датчиків вітру. Ці датчики вимірюють швидкість і напрямок вітру по всьому полю. Ці дані дуже корисні для правильного обприскування посівів, ефективних польотів дронів і профілактичних заходів, щоб уникнути осипання плодів.

4. Дощ. Весь світ досліджує, як вирощувати більше врожаю з меншою кількістю води. Оптимізоване використання на основі доступності дощової води є одним з найпростіших рішень. Навіть якщо останнього дощу вистачить ще на кілька днів, немає необхідності проводити зрошення зараз. Потрібно поливати ферму з розумом. На територіях розумного землеробства слід встановлювати

дощоміри, щоб контролювати використання водних ресурсів відповідно до погодних умов.

5. Автономний полив. Якщо всі основні параметри розумної сільськогосподарської ділянки відстежуються, це чудова можливість додати розумний полив для дистанційного керування використанням води. Розумну воду можна інтегрувати в систему без необхідності прокладання додаткових кабелів. Автономні системи зрошення (AIS) засновані на аналізі даних, зібраних датчиками моніторингу, таких як тиск, швидкість потоку, вологість ґрунту, вологість і температура.

Після встановлення всієї системи «розумні» ферми максимізують врожайність на різних типах ґрунтів, оптимізуючи при цьому людську працю та інші ресурси. Індивідуальні рішення також можуть бути реалізовані для широкого спектру культур, включаючи пшеницю, рис, полуницю, фундук і бавовну. При розробці сенсорних мереж Інтернету речей для моніторингу сільськогосподарських угідь метою є створення найякіснішої та найнадійнішої мережі розумного сільського господарства в польових умовах. Для цього слід використовувати малопотужні датчики для збору даних і технологію LoRaWAN для передачі даних [1].

3.7 Датчики для моніторингу стану сільськогосподарських угідь

3.7.1 Датчик температури

Промисловий датчик температури Milesight EM500-PT100 LoRaWAN - це датчик температури опору, призначений для вимірювання широкого діапазону температур у суворих умовах, а потім передачі цих даних через мережу LoRaWAN. Завдяки низькому енергоспоживанню EM500-PT100 може працювати до 10 років з акумулятором ємністю 19 000 мАг.

Поєднуючи промисловий датчик температури Milesight EM500-PT100 LoRaWAN зі шлюзом Milesight LoRaWAN і хмарним рішенням Milesight IoT, користувачі можуть віддалено керувати всіма даними датчиків, а також робити їх візуальними на приладовій панелі. Крім того, можна встановити будильники, які можна отримувати за допомогою мобільного додатку. EM500-PT100 широко

використовується для таких застосувань, як моніторинг температури, такі як промислові машини, печі, труби та багато іншого.



Рисунок 3.4 – Промисловий датчик температури Milesight EM500-PT100 LoRaWAN

Звичайно, також можна підключити цей промисловий датчик температури Milesight EM500-PT100 LoRaWAN до іншого шлюзу або внутрішньої системи.

Перевага використання хмари MileSight полягає в тому, що все можна налаштувати та контролювати за допомогою простої реєстрації.

Властивості:

- міцний захист IP66;
- промисловий датчик температури;
- діапазон температур: від -50 за Цельсієм до 200 за Цельсієм;
- точність +/- 0,5 градуса;
- конфігурація через NFC;
- термін служби батареї > 10 років.

Датчик EM500 комплектується кронштейном, кабелем, хомутом для шлангу, заглушками і гвинтами, інструкцією, гарантійним талоном [10].

3.7.2 Датчик вологості, температури та провідності ґрунту

Milesight EM500-SMTC LoRaWAN датчик вологості, температури та провідності ґрунту. EM500-SMTC призначений для вимірювання вологості, температури та провідності ґрунту в суворих умовах.



Рисунок 3.5 – Датчик вологості, температури та провідності ґрунту Milesight EM500-SMTC LoRaWAN

Він призначений для вимірювання та передачі даних за допомогою технології LoRaWAN®. Завдяки цій технології з низьким енергоспоживанням EM500-SMTC працює до 10 років від акумулятора ємністю 19 000 мАг, а в поєднанні зі шлюзом Milesight LoRaWAN® і хмарним рішенням Milesight IoT Cloud користувачі можуть керувати всіма даними датчиків віддалено і візуально.

EM500-SMTC широко використовується у зовнішніх додатках, таких як «розумне» сільське господарство та «розумне» садівництво.

Особливості:

- висока точність для різних типів ґрунту;
- стійкий до корозії та міцний зонд;
- надширокий діапазон передачі даних до 10 км;
- водонепроникний корпус IP67 для суворих умов експлуатації;
- будована змінна батарея 19 000 мАг для 10 років роботи без заміни;
- просте налаштування за допомогою NFC;
- сумісність зі стандартними шлюзами LoRaWAN® і мережевими серверами;
- швидке і просте управління;
- сумісність зі стандартними шлюзами LoRaWAN® і мережевими серверами;

- швидке і просте управління за допомогою хмарного додатку Milesight IoT;
- управління зрошенням;
- моніторинг теплиць, розумне сільське господарство, розумне садівництво, обслуговування полів для гольфу [11].

3.7.3 Метеостанція

Метеостанція SenseCAP LoRaWAN S2120 збирає та вивантажує дані про температуру повітря, вологість, швидкість / напрямок вітру, кількість опадів, інтенсивність світла, УФ-індекс та барометричний тиск. Метеостанція підтримується глобальними мережами LoRaWAN.

Метеостанція підходить для застосування в садах, сільському господарстві, метеорології, міському екологічному моніторингу та інших сценаріях. Він також забезпечує низькі витрати на технічне обслуговування завдяки дуже низькому енергоспоживанню, надійній роботі та вбудованому Bluetooth для конфігурації OTA та віддаленого керування пристроями.



Рисунок 3.6 – Метеостанція SenseCAP LoRaWAN S2120

Особливості метеостанції:

1. Конфігурація - по каналу Bluetooth за 1 хвилину буде сконфігуровано віддалене керування.

2. Функція віддалений моніторинг – керування даними в реальному часі та історичними даними за допомогою програми SenseCAP Mate та порталу SenseCAP.

3. Дуже низьке енергоспоживання - легко замінна батарея та розширювана ємність: живлення від сонячної панелі потужністю 0,5 Вт і 3 стандартних акумулятора розміром 1,5 В типу AA з терміном служби до 2 років (підтримка зовнішнього батарейного відсіку ємністю для шести батарей для подвоєння терміну служби).

4. Надійна робота - підходить для суворих зовнішніх умов, таких як високе ультрафіолетове опромінення, сильний дощ, запилені умови тощо.

5. Універсальне розміщення та гнучке налаштування - аксесуари включають стовпи, монтажну підставку тощо для швидкого встановлення та можуть бути встановлені майже в будь-якому місці.

6. Настроювана функція GPS - індивідуальне обслуговування за допомогою функції GPS через модуль WM-LR1110.

7. Багатосценарний сучасний додаток.

Призначення:

- у саду - вимірює температуру та вологість повітря, кількість опадів, ультрафіолетовий індекс тощо в саду;

- розумне сільське господарство - дозволяє фермерам отримувати своєчасні кліматичні дані та інформацію, впроваджувати заходи контролю на виробництві, а також покращувати виробничі потужності та рівень сільського господарства;

- погода в містах - надає дані в режимі реального часу для міських площ, парків, мальовничих місць, полів для гольфу та інших міських районів;

- професійне призначення - метеостанція підтримує додатки для професійної метеорологічної сфери, наприклад, своєчасне відображення змін різних аномальних метеорологічних умов у сфері дорожнього руху та

транспорту для надання основних наукових даних у режимі реального часу для відділів управління дорожнім рухом [12].

3.7.4 Розумні теплиці

Можливість, яку Інтернет речей надає теплицям, - це впевненість у тому, що мороз і холодні ночі не вплинуть на умови в теплиці. Наприклад, вирощування грибів у теплиці вимагає надійної системи моніторингу та регулювання параметрів мікроклімату. І поки фермери не припинять вручну збирати показники температури, вологості повітря та ґрунту, система буде покладатися на неточні дані для підтримки оптимальних умов у теплиці.

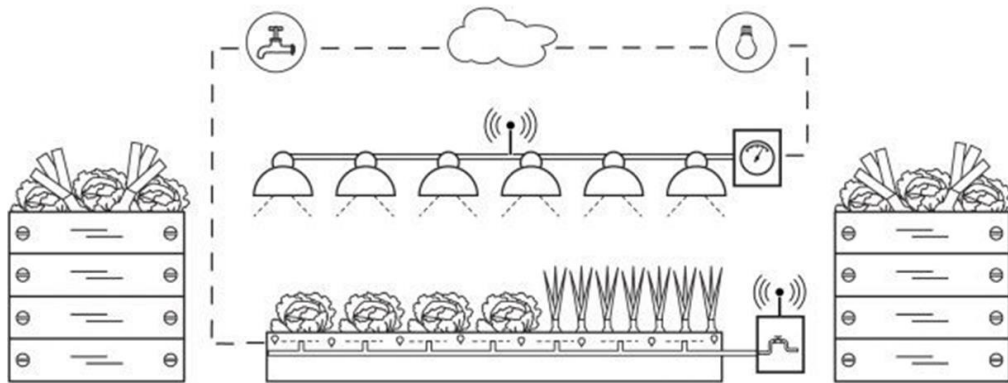


Рисунок 3.7 – Розумні теплиці

Полив, вентиляція та опалення регулюються на основі інформації про навколишнє середовище в теплиці, але якщо ця інформація надходить

нестабільно або виникають помилки через людський фактор, збір врожаю може бути поставлений під загрозу. Щоб уникнути ручного регулювання мікроклімату в теплиці, розумні ферми автоматизують збір таких даних, як температура і вологість ґрунту, інтенсивність світла і концентрація CO₂ в повітрі.

Для досягнення більш ефективних результатів фермери використовують Інтернет речей з технологією зв'язку LoRaWAN для покращення управління зрошенням, освітленням, вентиляцією та опаленням в теплицях. На додаток до датчиків температури і вологості, система може забезпечити автоматичний полив і управління освітленням рослин за допомогою бездротових датчиків вологості, засоленості ґрунту, відкриття і закриття дверей і вентиляційних вікон, концентрації газів в повітрі (наприклад, датчики CO₂), освітлення теплиць, споживання води і електроенергії, існуючих бездротових мереж LoRaWAN, а також.



Рисунок 3.8 – Лічильник імпульсів Netvox R718H для обліку споживаної електрики, води



Рисунок 3.9 – R72615A, датчик вуглекислого газу, температури та вологості повітря

Вся інформація з датчиків передається на LPWAN-модем на частоті 868 МГц і відправляється на сервер. Всі дані про стан теплиці доступні операторам і черговому персоналу через веб-додаток з комп'ютера або смартфона. У разі виходу з ладу обладнання, прориву труби або короткого замикання додаток надсилає повідомлення в месенджер, наприклад, Telegram-бот. Система безперервно аналізує умови мікроклімату в теплиці та контролює роботу обладнання для підтримання оптимальних умов у приміщенні. Автоматичний збір аналітики щодо використання води та електроенергії дозволяє більш точно планувати бюджет і коригувати споживання ресурсів та вплив на навколишнє середовище Мережа LoRaWAN може бути легко розширена для побудови сучасних овочесховищ та спеціалізованих проектів з енергозбереження в сільському господарстві [13].

3.8 Шлюз LoRaWAN

Зовнішній шлюз DSGW-014 LoRaWAN - це надійний промисловий шлюз Інтернету речей з процесором PX30K і модулем SX1302 з розширеними можливостями обробки сигналів і збільшеною пропускну здатністю мережі.

Корпус з промислового алюмінієвого сплаву IP66, джерело живлення PoE і широкий діапазон робочих температур роблять його ідеальним для віддаленого моніторингу та обслуговування в промислових системах автоматизації. Також підтримується супутникове позиціонування і OTA;

Процесор: чотирьох-ядерний Cortex A35 PX30K, оперативна пам'ять: 2 ГБ, eMMC: 32 ГБ; ОС: Debian11, движок концентратора LoRa База: Semtech SX1302 Потужність передачі до 27 дБм, чутливість прийому до -139 dBm @SF12, BW125 кГц Підтримка частотного діапазону LoRa: RU864, IN865, EU868, US915, AU915, KR920, AS923 Підтримка Bluetooth 5.2, підтримка SIM-карт (LTE Cat1/M1), GPS, GLONASS, Galileo, Підтримка QZSS, вбудований модуль Wi-Fi (2,4 ГГц), 1 змінний порт WAN/LAN: 10/100 Мбіт/с; живлення PoE (44~57 В); водонепроникний корпус IP66, підтримка OTA; робоча температура: від -20°C до 65°C.

Зовнішній шлюз DSGW-014 LoRaWAN має водонепроникний корпус IP66 з високоміцного алюмінієвого сплаву; працює в широкому діапазоні температур від -20°C до 65°C і може працювати в суворих умовах, таких як сувора погода, тривалі перепади температур і висока вологість у всі чотири сезони, живлення PoE; підтримка OTA, підтримка OTA, підтримка OTA.

Зовнішній шлюз DSGW-014 LoRaWAN може бути легко встановлений як частина існуючої вежі зв'язку, окрема стійка або настінне кріплення. Зовнішній шлюз DSGW-014 LoRaWAN сумісний з Chirpstack, AWS IoT Core, LORIoT, а також з іншими платформами. і Things Stack, і має вбудовану інтеграцію з LNS (мережевими серверами LoRaWAN), що дозволяє користувачам легко і безпосередньо використовувати систему і скоротити час розгортання.



Рисунок 3.10 – Шлюз зовнішній водонепроникний LoRaWAN

Для ідеального застосування у віддаленому моніторингу та технічному обслуговуванні в промисловій автоматизації, він підтримує OTA для віддаленого

оновлення. При впровадженні функцій віддаленого моніторингу та управління, таких як відстеження місцезнаходження риболовецьких суден або роботи на відкритому повітрі в небезпечних умовах, компаніям необхідно знайти безпечні, масштабовані і економічно ефективні рішення Інтернету речей, щоб забезпечити безпеку персоналу і прийнятні витрати на обслуговування Шлюз LTE 4G LoRaWAN надійний Водонепроникний корпус забезпечує нормальну роботу в суворих географічних і погодних умовах, таких як море, пустеля і дика природа; шлюз LoRaWAN LTE з функцією GPS дозволяє менеджерам відстежувати місцезнаходження зовнішніх співробітників в режимі реального часу і запускати охоронну сигналізацію, коли це необхідно. Стільникові шлюзи LoRaWAN ідеально підходять для розвантаження трафіку шлюзу завдяки високій мобільності і швидкості передачі даних, порівнянній з Wi-Fi; LoRaWAN працює в діапазоні приблизно 5-10 км і передає невеликі обсяги даних з нерегулярними інтервалами, що робить його ідеально підходить для пристроїв на батарейках у віддалених місцях. Це зменшує ризик повернення інвестицій, якщо батареї у віддалених пристроях не працюють так довго, як очікувалося, або якщо обрана мережа не підтримує зв'язок у режимі реального часу, необхідний для критично важливих додатків. З іншого боку, LoRaWAN працює в безліцензійному діапазоні ISM (промисловий, науковий і медичний), що означає відносно низькі витрати на розгортання в порівнянні з розгортанням декількох Wi-Fi маршрутизаторів в місцях з обмеженими ресурсами. 4G шлюзи LoRaWAN з 64-бітними процесорами є потужними підтримують багатопотокові обчислення і можуть працювати під управлінням операційної системи в режимі реального часу. Вони можуть збирати дані на відстані до 10 миль, використовуючи надійну передачу даних LoRaWAN, маршрутизувати дані, синхронізувати дані з хмарою за допомогою LTE 4G/Wi-Fi/Ethernet і використовувати їх у віддаленому IoT.

Особливості: Підключення до різних видів транспорту; Збирає дані з кінцевих точок LoRa і відправляє їх у хмару через Wi-Fi 2.4G, 4G LTE і Ethernet Багато-протокольний шлюз LoRaWAN Wi-Fi 2.4G, BLE 5 .2, GPS. 2, LoRaWAN і GPS; Водонепроникний (IP66) і міцний алюмінієвий корпус; Загальний клас захисту IP66 для запобігання потрапляння води і пилу, ідеально підходить для

суворих умов експлуатації; Висока вихідна потужність; Підтримує прийом даних від 8 кінцевих точок одночасно, до 1000 кінцевих точок; Глобальний частотний план LoRaWAN підтримує діапазон частот LoRa: ru864, in865, eu868, us915, au915, kr920, as923, cn470 [14].

3.6 Висновок

На основі проведеного аналізу були розроблені технічні вимоги до корпоративної комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», продемонстровано її структуру, обрано відповідне апаратне обладнання для мережі. Розроблена КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» включає мережеве обладнання, яке відповідає мінімальним вимогам до продуктивності та надійності роботи і забезпечує безперебійну, безпечну та ефективну роботу всіх відділів «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

Вибране рішення оптимізує робочий процес «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», забезпечує захист даних та передбачає майбутню масштабованість системи.

Також для контролю основних параметрів сільськогосподарських угідь були обрані датчики мережі IoT: датчик температури, датчик вологості, температури та провідності ґрунту, а також метеостанція. Розглянуто обладнання для розумних теплиць. Також обрано шлюз передачі даних по каналу LoRaWAN.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Призначення й сфера застосування програми

Комп'ютерні інформаційні системи зосереджуються на використанні технологій для вирішення бізнес-проблем і вдосконалення процесів організації.

Зростає ринок праці комп'ютерних інформаційних систем. Зростання робочих місць у сфері комп'ютерних та інформаційних технологій в цілому має зрости на 13 % на національному рівні в період з 2020 по 2030 роки [15].

Моделювання та симуляція є корисним інструментом для оцінки продуктивності комп'ютерних мереж як на етапі виробництва, так і на етапі розробки. Він широко використовується дослідниками, практиками і студентами для аналізу поведінки комп'ютерних мереж, так як вдається уникнути збоїв або зниження продуктивності послуг. У цій главі представлений короткий аналіз парадигми M&S, що застосовується для оцінки продуктивності комп'ютерних мереж.

По-перше, вводяться теоретичні основи моделювання продуктивності та валідації моделі. Аналогічним чином лаконічно обговорюються добре відомі основи по-дієвого моделювання.

По-друге описаний і узагальнений набір показників, які можуть бути використані на кожному мережевому рівні для оцінки продуктивності змодельованої комп'ютерної мережі. Оскільки дискретно-по-дієве моделювання є найбільш поширеним підходом до виконання мережевого моделювання, то розглядаються найважливіші мережеві симулятори, засновані на такому підході, а також зображується архітектура еталонного мережевого симулятора.

Комп'ютерні моделі прийнято класифікувати наступним чином:

1. Детермінована проти стохастичної: Детермінована модель передбачає конкретний вихід із заданого набору входів без випадковості та ймовірнісних компонентів. Заданий вхід завжди буде давати один і той же вихід при однакових початкових умовах. На противагу цьому, стохастична модель має деякі входи з випадковістю, отже, модель передбачає набір можливих виходів, зважених за їхніми ймовірностями або ймовірностями.

2. Стаціонарний режим проти динамічного: стаціонарна модель намагається встановити виходи відповідно до заданого набору входів, коли система досягла рівноваги в стаціонарному режимі. На противагу цьому, динамічна модель забезпечує реакцію системи, що стикається зі змінними входами. Стаціонарні підходи часто використовуються для забезпечення спрощеної попередньої моделі.

3. Дискретні та неперервні значення: дискретна модель представлена скінченним доменом, отже, змінні стану беруть свої значення з зліченного набору значень. На противагу цьому, неперервна модель відповідає нескінченній області. Тому змінні стану можуть приймати будь-яке значення в межах двох значень. Однак існують деякі системи, які необхідно моделювати, демонструючи аспекти обох підходів, які призводять до комбінованих дискретно-неперервних моделей.

4. Дискретний проти безперервного часу: У дискретній моделі зміни стану можуть відбуватися лише в певний момент часу. Ці моменти відповідають значним подіям, які впливають на вихід або внутрішній стан системи. На відміну від цього, в неперервній моделі змінні стану змінюються безперервно, а не різко з одного стану в інший. Таким чином, безперервні моделі охоплюють нескінченну кількість станів. Дискретні моделі найчастіше використовуються для мережевого моделювання та симуляція.

Моделювання може проводитися за двома підходами: локальним і розподіленим. Розподілене моделювання полягає в тому, що кілька систем взаємопов'язані для спільної роботи, взаємодіючи одна з одною, для проведення моделювання. На відміну від цього, локальне моделювання проводиться на одному комп'ютері. Історично склалося так, що останній підхід найбільш широко використовувався для моделювання комп'ютерних мереж, але зростаюча складність стимулює важливість першого підходу.

Моделювання дискретних подій має справу з системними моделями, в яких зміни відбуваються в дискретні моменти часу (події), а не безперервно, і змінні стану не змінюються в інтервалах між цими дискретними моментами.

Комп'ютерні мережі найчастіше моделюються за допомогою дискретно-по-дієвих моделей, і існує два основних типи моделювання дискретних подій: трасове моделювання та стохастичне моделювання. У моделюванні на основі трасування входи симуляції надходять з даних, отриманих на реальній системі (сліди), тому точність максимальна, але застосовна не до всіх типів систем. У стохастичному моделюванні робоче навантаження системи характеризується розподілом ймовірностей, використовуючи випадкові значення як вхідні дані для імітаційної моделі. У цьому розділі вперше представлено генерацію випадкових значень. Потім представлені три підходи до моделювання для програми стохастичного моделювання (по-дієва-орієнтований, процесно-орієнтований і паралельний) [9].

У магістерській кваліфікаційній роботі розробляється математична модель мережі для комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» з метою оцінки продуктивності КС при різних режимах з навантаження.

Базова модель за теорією масового обслуговування по структурі така ж сама, як і модель мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

Розроблене ПЗ в спрямоване на розрахунок безрозмірних параметрів математичної моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» на основі моделі мережі масового обслуговування (СМО), яка визначає довжину черг на обробку пакетів даних.

ПЗ розроблено основа для спостереження та вивчення широко використовуваних статистичних методів опису продуктивності мереж, заснованих на стохастичних процесах.

ПЗ побудовано з використанням математичного апарату Маркова, на цій основі і розроблено модель СМО. Сферою застосування є математичне моделювання мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» з використанням цієї математичної моделі.

4.2 Параметри програми

Системи черг для мережевих ліній використовуються для формулювання розподілу ресурсів і визначення пріоритетів потоків з метою зменшення можливості перевантаження мережевого обладнання. За допомогою розробленого ПЗ були отримані наступні результати: розрахунок середнього часу очікування обслуговування, визначення середньої довжини черги, визначення середньої кількості вузлів обслуговування та їх завантаження.

Проблема миттєвого попиту на зв'язок у випадку зловмисного ПЗ була вирішена за допомогою попередньо розрахованої очікуваної якості обслуговування для заздалегідь визначених шляхів визначених наскрізних шляхів. Модель мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» оцифрована, а отримані в результаті використання математичного апарату теорії ймовірностей і стохастичних процесів використовуються для розрахунку інших критеріїв продуктивності мережі, таких як середня кількість інформаційних пакетів, що передаються в мережі, середній час очікування пакета в вузлу мережі і ймовірність того, що пакет дочекається обслуговування.

4.2.1 Завдання на розробку

Для математичної моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» з використанням закритих черг ПЗ має розраховувати основні безрозмірні властивості комп'ютерних мереж, такі як:

- кількість вузлів у мережі КС;
- матрицю часових ймовірностей, згідно структурної схеми мережі КС;
- кількість пакетів;
- кількість конвеєрів обробки запитів на обслуговування;
- можливість зміни відносного часу обробки пакетів у вузлу.

4.2.2 Операційне програмне забезпечення для робочого місця

Щоб апаратне забезпечення мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» працювало в оптимальному режимі необхідно встановити на робочу станцію:

- операційну систему Windows 10 або більш новішої версії;
- всі драйвери апаратного обладнання та провести необхідну конфігурацію апаратного обладнання;
- програмний компонент Microsoft Office 2016 або новішої версії (MS Access має бути в комплекті);
- програмний продукт математичного пакету Mathcad 15 або більш новішої версії.

4.2.3 Вхідні і вихідні дані

Організація передачі вхідних / вихідних даних розробленого ПЗ залежить від структурної схеми мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», що дозволяє аналізувати пропускну здатність мережі.

Результати, отримані на основі моделі КС значно знизять вартість аналізу, проти реального тестування мережі КС.

4.2.4 Склад програмних засобів

Технічними та програмними засобами розробки ПЗ для розрахунку безрозмірних параметрів математичної моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» є програмні засоби, розроблені для математичного пакету Mathcad.

Для запуску ПЗ з моделювання мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» необхідно використовувати персональний комп'ютер, або notebook з наступною апаратною конфігурацією:

- процесор Intel Core i5 (2 x 1,4 ГГц) або вище;
- жорсткий диск SCSI об'ємом 1,0 ТБ або більше;
- 4 ГБ оперативної пам'яті або вище;
- кольоровий монітор діагоналлю 17 дюймів або більше;
- відеокарта з роздільною здатністю екрану не менше 2048 × 1080 пікселів і режимом True Colour або більше;
- зовнішні мультимедійні колонки (опціонально);
- мережевий LAN-порти швидкістю 100 Мб (опціонально);

- 1 вільний USB-порт (опціонально);
- Wi-Fi (опціонально);
- операційна система (ОС) Windows 10 або вище.
- Mathcad 15 або вище.

4.3 Опис програми

Програмне забезпечення моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» призначене для розрахунку безрозмірних параметрів мережі КС у вигляді мережі із замкненою чергою. Розроблене ПЗ мережі КС може зберігатися на будь-якому носії енергонезалежного інформації.

4.3.1 Послідовність розрахунку

Для початку розробки ПЗ для моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» треба встановити значення наступних показників:

- кількість пакетів в мережі;
- матрицю маршрутів;
- кількість конвеєрів для кожного вузлу;
- середній час обробки пакету в одному конвеєрі для кожного вузлу;
- систему рівнянь в матричному вигляді.

Далі допомогою методу Гауса отримати наступні розрахункові показники:

- коефіцієнти передачі для кожного з вузлів;
- множину всіх стани мережі;
- множину можливих станів для кожного вузлу в залежності від кількості пакетів;
- ймовірності станів для кожного вузлу;
- середню кількість пакетів;
- вхідну інтенсивність;
- середній час перебування пакету у вузлу, розраховані за теоремою Літтла.

4.3.2 Функціональне призначення

Розроблене ПЗ мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» призначене для дослідження математичних моделей СМО.

4.3.3 Опис логічної структури

Логічна ПЗ моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» розподілене на три модулі, які блокують початкові дані за замовчуванням та надають наступні початкові значення:

- N - кількість пакетів;
- матриця маршрутів;
- кількість конвеєрів для кожного вузла;
- середній час обробки пакету у конвеєрі для кожного вузлів;
- коефіцієнти передачі;
- множина всіх станів мережі;
- середня кількість пакетів;
- вхідна пропускна спроможність вузлів;
- за теоремою Літтла обчислений середній час перебування пакету у вузлу.

ПЗ моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» виводить наступні розраховані показники:

- у числовому форматі Mathcad;
- у графічному форматі Mathcad.

4.3.4 Використовувані технічні засоби

ПЗ моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» завантажується для розрахунку користувачем у числовому форматі в Mathcad.

4.3.5 Цикл роботи програми

Робочий цикл ПЗ моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» визначається технічними особливостями мови пакету Mathcad 15 та швидкодії ОС Windows.

Для зберігання великих масивів матриць вихідні дані записуються на жорсткий диск і за потреби замінюються новими даними.

4.3.6 Вхідні та вихідні дані

Вхідними даними для моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» є наступні показники:

- кількість вузлів;
- час обробки одного пакету в вузлу;
- матриця перехідних ймовірностей;
- кількість конвеєрів у вузлу;
- кількість пакетів циркулюючих в мережі;
- матриця ймовірностей черги у вузлах;

Вихідними даними для моделювання мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» є наступне:

- середня інтенсивність запитів на вході вузлу;
- середня черга пакетів у вузлу;
- середній час перебування пакету у вузлу;
- матриця коефіцієнтів переходів.

4.4 Висновок

У магістерській роботі магістра розроблено ПЗ для обчислення безрозмірних параметрів математичної моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для оцінки її показників продуктивності.

Модель мережі КС представлена у вигляді замкненої ММО і призначена для визначення черговості обслуговування пакетів у вузлах мережі. Область застосування ПЗ - математичне моделювання мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розробка математичної моделі мережі для комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

Відповідно до структурної схеми мережі для комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» розроблено структуру математичної моделі мережі відповідно до замкнутої системи масового обслуговування, що зображена на рис. 5.1.

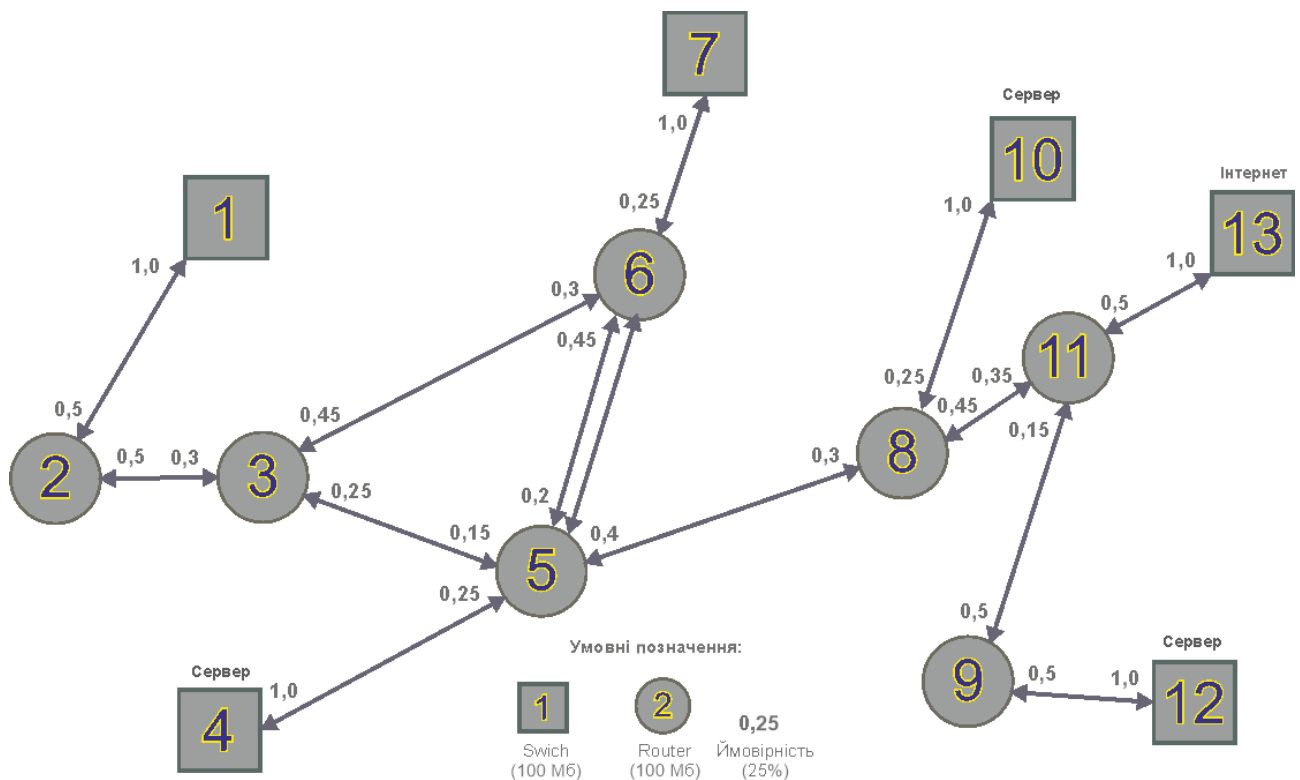


Рисунок 5.1 – Математична модель мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

Структура моделі мережі для комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» відповідає реально існуючій структурі мережі рівня підприємства мережі для комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», яка була розроблена у попередній бакалаврській кваліфікаційній роботі.

Модель мережі для комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» відображає ту же саму архітектуру, що і розроблена схема мережі.

На схемі моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» відображено ймовірності передачі пакетів між мережевими

пристроями – комутаторами та роутерами. Ці ймовірності визначені на основі інформаційної ентропії, можливих обсягів та напрямків передачі пакетів, а також швидкості каналів, відповідно до технічних параметрів вузлів та джерел, які генерують пакети.

Схема моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» передбачає використання бюджетних вузлів зі швидкістю передачі 100 Мб.

Інформаційний зв'язок між елементами моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» характеризується максимальною ймовірністю передачі пакетів від одного вузла до іншого вузла. Кожен вузол розглядається як елемент теорії систем масового обслуговування (СМО).

Ймовірність того, що вузол зв'язується сам із собою, дорівнює нулю.

У схемі моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» визначено, що ймовірність зв'язку вузлів, що відповідають за маршрутизацію пакетів, є приблизно однаковою. Найбільший інтенсивний інформаційний зв'язок у мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» може бути з вузлами до яких під'єднані сервери та інтернет, тобто між вузлами: «№4», «№11», «№12» та «№13».

В структурі моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» мережевими роутерами, які призначені для обслуговування локальної мережі для кінцевих користувачів цієї мережі є вузли з номерами: «№2», «№3», «№5», «№6», «№8», «№9» та «№11».

В структурі моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» вузли з номерами: «№1», «№4», «№7», «№10», «№12» та «№13» це комутатори, які призначені для забезпечення функціонування мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» на рівні доступу користувачів.

Інформаційні зв'язки між компонентами структури мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» це показники ймовірності передачі пакетів. Ці показники ймовірності є визначальним показником для створення ПЗ для СМО.

Вірогідність зв'язку, яка становить 100 % дорівнює показнику ймовірності зі значенням 1,0. Сума всіх значень ймовірностей для одного вузлу становить 1,0.

Додатково акцентуємо - номінал вірогідності інформаційного зв'язку обрано відповідно до конкретних цільових задач, які є в мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», фактично це те завантаження, що очікується для конкретного вузла, яке залежить від специфіки і складності виконання ПЗ кінцевих користувачів.

Таким чином відповідно до математичної моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», представленої на рис. 51, маємо наступне:

Ймовірність того, що вузол «№1» зв'яжеться з вузлом «№2» дорівнює значенню 1,0.

Ймовірність того, що вузол «№2» зв'яжеться з вузлом «№1» дорівнює значенню 0,5.

Ймовірність того, що вузол «№2» зв'яжеться з вузлом «№3» дорівнює значенню 0,5.

Ймовірність того, що вузол «№3» зв'яжеться з вузлом «№2» дорівнює значенню 0,3.

Ймовірність того, що вузол «№3» зв'яжеться з вузлом «№5» дорівнює значенню 0,25.

Ймовірність того, що вузол «№3» зв'яжеться з вузлом «№6» дорівнює значенню 0,45.

Ймовірність того, що вузол «№4» зв'яжеться з вузлом «№5» дорівнює значенню 1,0.

Ймовірність того, що вузол «№5» зв'яжеться з вузлом «№3» дорівнює значенню 0,15.

Ймовірність того, що вузол «№5» зв'яжеться з вузлом «№4» дорівнює значенню 0,25.

Ймовірність того, що вузол «№5» зв'яжеться з вузлом «№6» дорівнює значенню 0,2.

Ймовірність того, що вузол «№5» зв'яжеться з вузлом «№8» дорівнює значенню 0,4.

Ймовірність того, що вузол «№6» зв'яжеться з вузлом «№3» дорівнює значенню 0,3.

Ймовірність того, що вузол «№6» зв'яжеться з вузлом «№5» дорівнює значенню 0,45.

Ймовірність того, що вузол «№6» зв'яжеться з вузлом «№7» дорівнює значенню 0,25.

Ймовірність того, що вузол «№7» зв'яжеться з вузлом «№6» дорівнює значенню 1,0.

Ймовірність того, що вузол «№8» зв'яжеться з вузлом «№5» дорівнює значенню 0,3.

Ймовірність того, що вузол «№8» зв'яжеться з вузлом «№10» дорівнює значенню 0,25.

Ймовірність того, що вузол «№8» зв'яжеться з вузлом «№11» дорівнює значенню 0,45.

Ймовірність того, що вузол «№9» зв'яжеться з вузлом «№11» дорівнює значенню 0,5.

Ймовірність того, що вузол «№9» зв'яжеться з вузлом «№12» дорівнює значенню 0,5.

Ймовірність того, що вузол «№10» зв'яжеться з вузлом «№8» дорівнює значенню 1,0.

Ймовірність того, що вузол «№11» зв'яжеться з вузлом «№8» дорівнює значенню 0,35.

Ймовірність того, що вузол «№11» зв'яжеться з вузлом «№9» дорівнює значенню 0,15.

Ймовірність того, що вузол «№11» зв'яжеться з вузлом «№13» дорівнює значенню 0,5.

Ймовірність того, що вузол «№12» зв'яжеться з вузлом «№9» дорівнює значенню 1,0.

Ймовірність того, що вузол «№13» зв'яжеться з вузлом «№11» дорівнює значенню 1,0.

За цим описанням складена маршрутна матриця моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» для ПЗ (рис. 5.2).

$$Pr = \begin{pmatrix} 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0.25 & 0.45 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.15 & 0.25 & 0 & 0.2 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0.45 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.45 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.35 & 0.15 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 5.2 – Маршрутна матриця

Наступним кроком є ініціалізація відомостей про швидкодію початково існуючого мережевого обладнання для ПЗ моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», вони вносяться в одновірну матрицю (рис. 5.3), яка містить умовний час обробки для одного пакету. Дані пропорційні реальним технічним показникам існуючого мережевого обладнання. Прийнято, що значення 10 – затримка, яка відповідає обладнанню зі швидкістю 100 Мб, а 1 - відповідає 1 Гб (рис. 5.4).

	0
0	10
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
6	10
7	10
8	10
9	10
10	10
11	10
12	10

Рисунок 5.3 – Час обробки повідомлення

5.2 Розрахунок параметрів моделі мережі

Наступним кроком з моделювання мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» є розрахунок передаточних коефіцієнтів ймовірності, за нормованим показником, використовуючи метод Гауса (рис. 5.4.)

$e =$	1
	2
	3.333
	1.884
	7.536
	4.04
	1.002
	10.048
	21.101
	7.034
	30.145
	10.551
	10.072

Рисунок 5.4 – Коефіцієнти ймовірності

Кількості конвеєрів для пакетів обробки у вузлу обрано до технічних характеристик бюджетних вузлів - на початковому стані моделювання у вузлу знаходиться по одному конвеєру (рис. 5.5).

$m =$	0
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1

Рисунок 5.5 – Кількість конвеєрів у вузлах

Матриця показників вірогідності стану очікування обробки пакетів у вузлах моделі представлена на рис. 5.6.

	0	1	2	3	4
0	1	10	100	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
1	1	20	400	$8 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^5$
2	1	33.33	$1.111 \cdot 10^3$	$3.703 \cdot 10^4$	$1.234 \cdot 10^6$
3	1	18.84	354.946	$6.687 \cdot 10^3$	$1.26 \cdot 10^5$
4	1	75.36	$5.679 \cdot 10^3$	$4.28 \cdot 10^5$	$3.225 \cdot 10^7$
5	1	40.4	$1.632 \cdot 10^3$	$6.594 \cdot 10^4$	$2.664 \cdot 10^6$
6	1	10.02	100.4	$1.006 \cdot 10^3$	$1.008 \cdot 10^4$
7	1	100.48	$1.01 \cdot 10^4$	$1.014 \cdot 10^6$	$1.019 \cdot 10^8$
8	1	211.01	$4.453 \cdot 10^4$	$9.395 \cdot 10^6$	$1.982 \cdot 10^9$
9	1	70.34	$4.948 \cdot 10^3$	$3.48 \cdot 10^5$	$2.448 \cdot 10^7$
10	1	301.45	$9.087 \cdot 10^4$	$2.739 \cdot 10^7$	$8.258 \cdot 10^9$
11	1	105.51	$1.113 \cdot 10^4$	$1.175 \cdot 10^6$	$1.239 \cdot 10^8$
12	1	100.72	$1.014 \cdot 10^4$	$1.022 \cdot 10^6$	$1.029 \cdot 10^8$

Рисунок 5.6 – Час знаходження вузлу у стані очікування обробки пакетів

Далі за алгоритмом Бузена визначимо показники інтенсивності вхідного потоку для вузлів (рис. 5.7).

	0
0	$1.928 \cdot 10^{-3}$
1	$3.856 \cdot 10^{-3}$
2	$6.426 \cdot 10^{-3}$
3	$3.632 \cdot 10^{-3}$
4	0.015
5	$7.789 \cdot 10^{-3}$
6	$1.932 \cdot 10^{-3}$
7	0.019
8	0.041
9	0.014
10	0.058
11	0.02
12	0.019

Рисунок 5.7 – Інтенсивність вхідного потоку пакетів

На наступному етапі розраховані показники середньої кількості пакетів, що будуть очікувати обробки (рис. 5.8)

	0
0	0.025
1	0.051
2	0.087
3	0.048
4	0.216
5	0.107
6	0.025
7	0.305
8	0.83
9	0.2
10	1.476
11	0.324
12	0.376

Рисунок 5.8 – Кількість пакетів очікування обробки

Результат розрахунку середнього часу обробки пакетів показано на рис. 5.9.

	0
0	12.915
1	13.19
2	13.572
3	13.158
4	14.881
5	13.78
6	12.915
7	15.748
8	20.405
9	14.716
10	25.396
11	15.929
12	19.366

Рисунок 5.9 – Середній час обробки пакетів

5.2.1 Параметри роботи мережі без впливу шкідливого ПЗ

Для роботи моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» в режимі без перевантаження спираємося на наступні показники:

- кількість пакетів дорівнює 5;
- час обробки пакету 10, обладнання у 100 Мб;
- кількість конвеєрів в вузлу 1.

Результати розрахунку показників для кожного вузлу показані на графіках представлених на рис. 5.10...рис. 5.12 (по горизонталі для всіх графіків – номери вузлів, у діапазоні 0...12 (фактичні номери 1...13, згідно рис. 5.1), а по вертикалі – відповідно: інтенсивність вхідного потоку (умовні одиниці), середній час пакета в черзі (умовні одиниці) та середня кількість пакетів часу (одиниці).

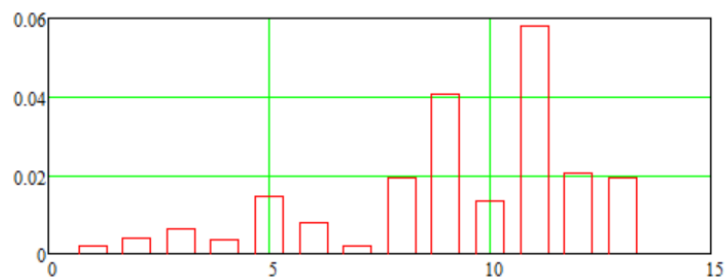


Рисунок 5.10 – Інтенсивність вхідного потоку

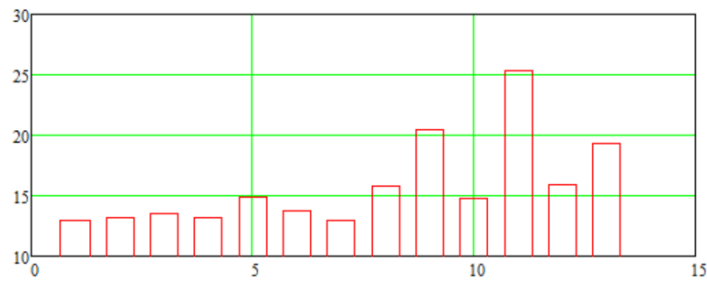


Рисунок 5.11 – Середній час перебування пакета в черзі

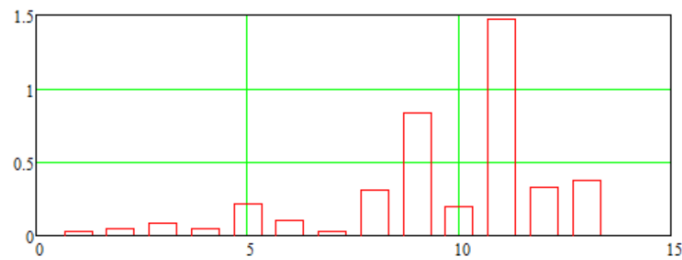


Рисунок 5.12 – Середня кількість пакетів

Інформація з цих графіках показує, що для моделі мережі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» у вузлах «№9» та «№11», обробляються досить довго. Таким чином при існуючих початкових параметрах для моделі КС найбільшою проблемою можуть стати найбільше інформаційно завантажені вузли - «№9» та «вузол №11». Для наглядної демонстрації побудована трьох-мірна візуалізація результату розрахунку моделі (рис. 5.13.)

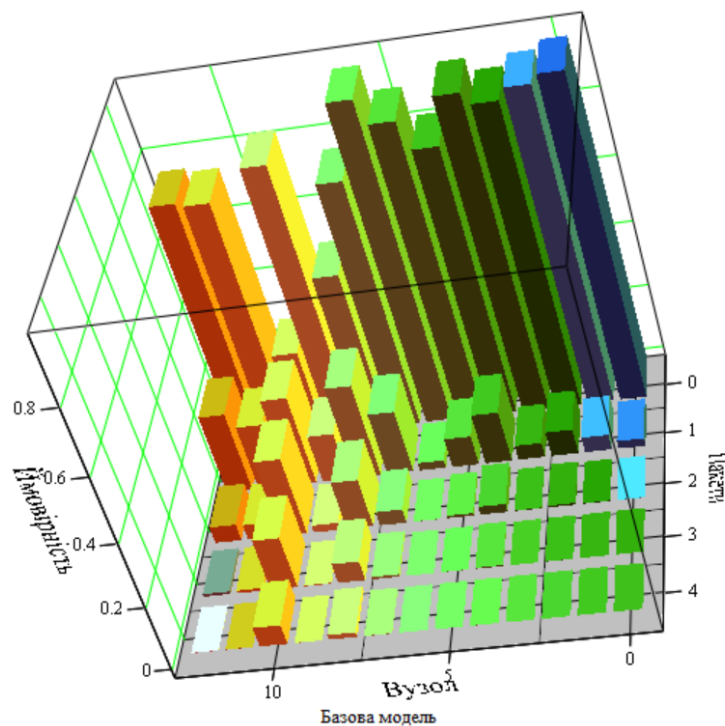


Рисунок 5.13 –Результату розрахунку для початкової моделі

Вирішення проблеми з перевантаженням може бути застосування вузлів «№9» та «№11» вузлів зі швидкістю у1 Гб. Після корекції параметрів інформаційного вказаних вузлів у мережі більш нема проблемних вузлів.

Візуалізація розрахунку скорегованої моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», працюючої у «звичайному» режимі - без перевантаження дією вірусного ПЗ, показано на рис. 5.14.

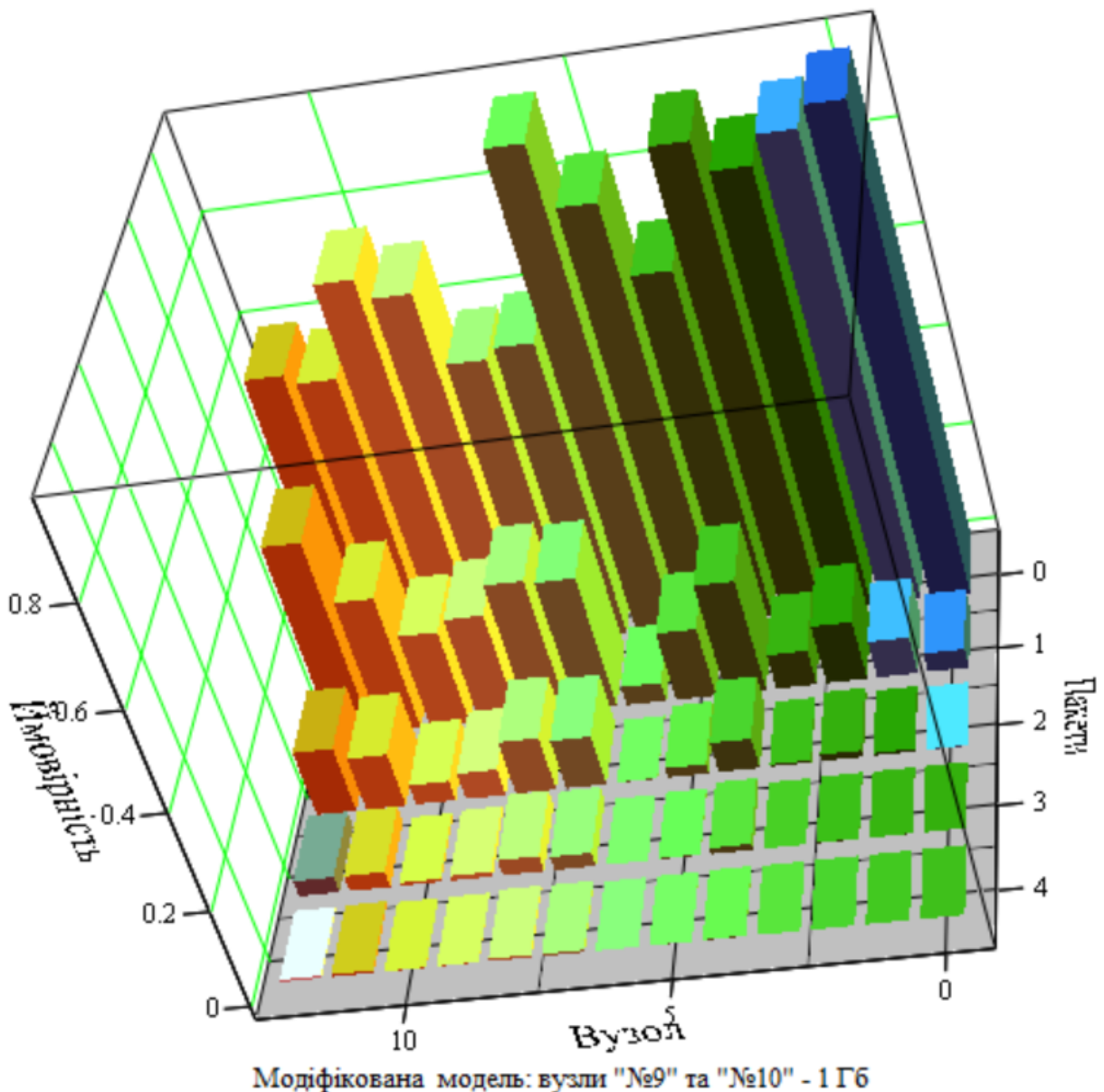


Рисунок 5.14 – Результату розрахунку для модифікованої моделі (версія 1)

Скорегована модель (версія 1) мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» представлена на рис. 5.15.

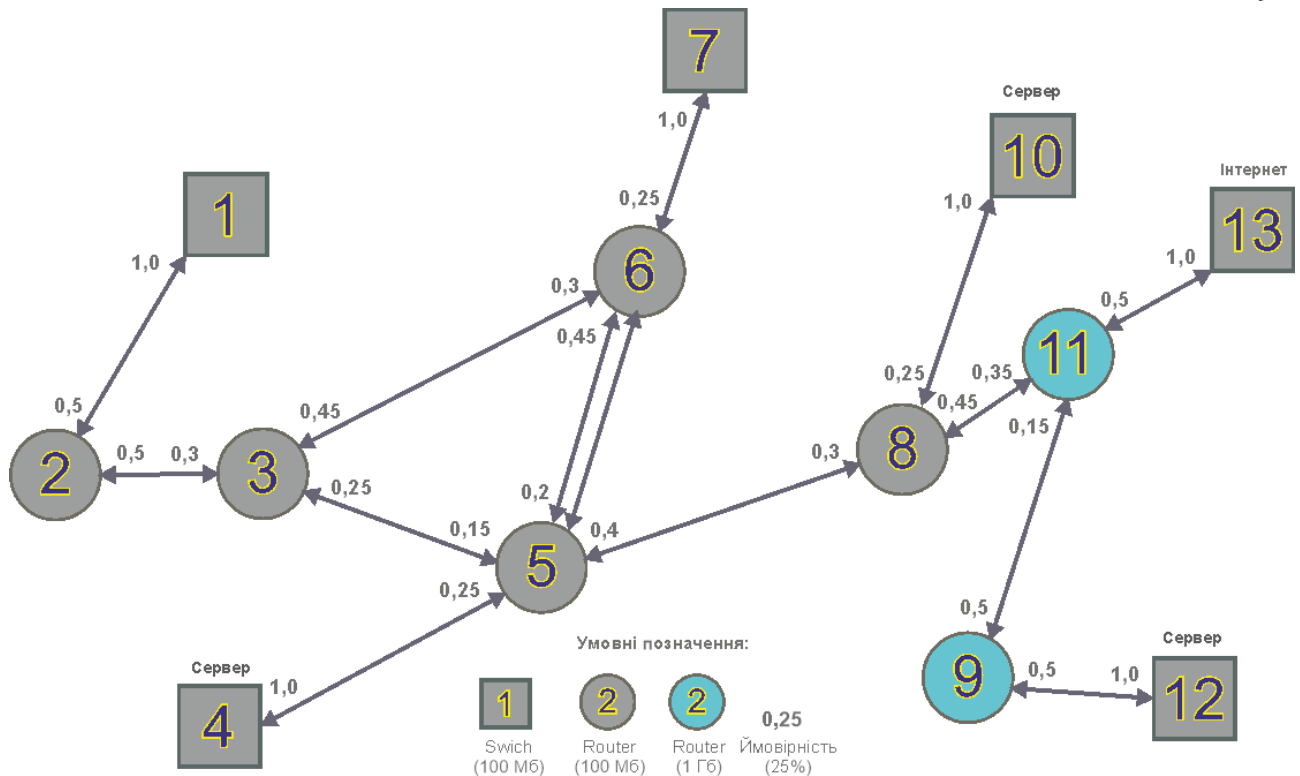


Рисунок 5.15 – Структура скорегованої моделі (версія 1) комп'ютерної мережі

5.2.2 Параметри роботи мережі під впливом вірусних програм

Тепер перевіримо роботу моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» в умовах дії шкідливого вірусного ПЗ.

Припустимо що інформаційне навантаження на мережу вибухова зросло в двічі (кількість інформаційних пакетів дорівнює 10) і для моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» зі скорегованою структурою (рис. 5.15) змодельуємо цю ситуацію.

При існуючих модернізованих параметрах для моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» в умовах дії шкідливого ПЗ найбільш критично завантаженими стали наступні вузли - «№12» та «№13» які відповідають за зв'язок з сервером та за вихід в інтернет (рис. 5.16).

Вирішення проблеми з перевантаженням вузлів - «№12» та «№13» може бути застосування вузлів «№9» та «№11» вузлів зі швидкістю у 1 Гб. Результат для скорегованої моделі (версія 2) показано на рис. 5.17.

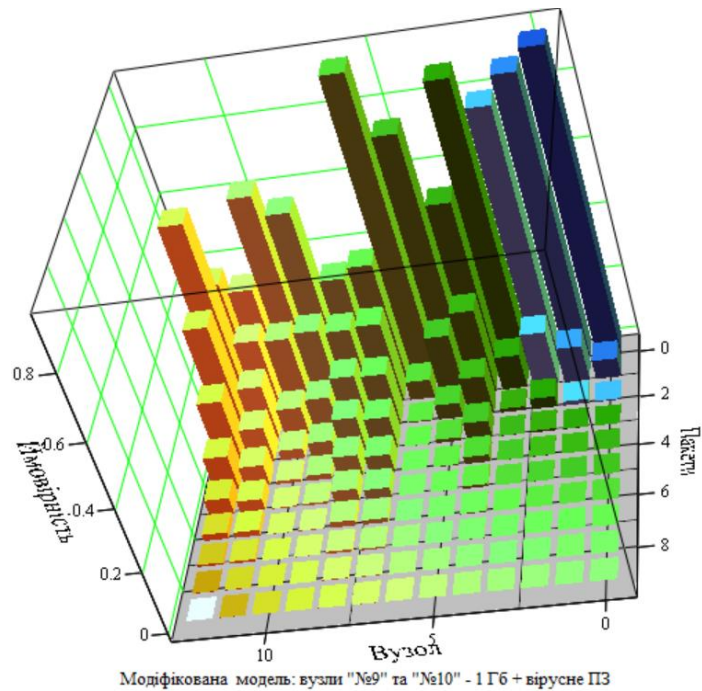


Рисунок 5.16 – Скорегована модель (версія 1) комп'ютерної мережі» в умовах дії вірусного шкідливого ПЗ

Після чергової модернізації моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» в умовах дії шкідливого ПЗ найбільш критично завантаженими стали тепер вузли - «№8» та «№9» які відповідають за зв'язок з сервером та за вихід в інтернет (рис. 5.17).

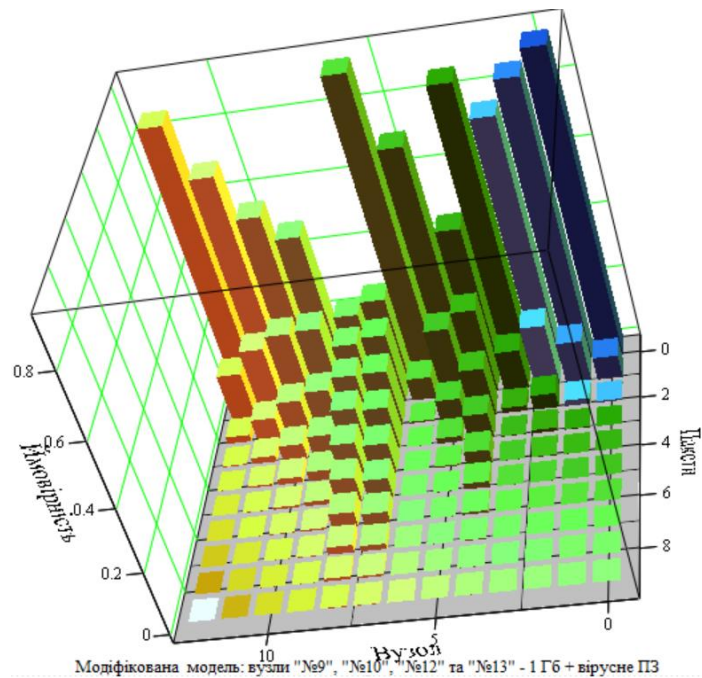


Рисунок 5.17 – Скорегована модель (версія 2) комп'ютерної мережі» в умовах дії вірусного шкідливого ПЗ

Вирішення проблеми з перевантаженням вузлів - «№8» та «№9» може бути застосуванням для вузлу «№9», так як він вже проходив модернізацію додатково режиму агрегації, а для вузлу «№1» підвищення швидкості до 1 ГБ.

Маршрутизатори агрегації виконують підвищення операційної ефективності, тим самим знижуючи ризик простою.

Результат для скорегованої моделі (версія 3) показано на рис. 5.18.

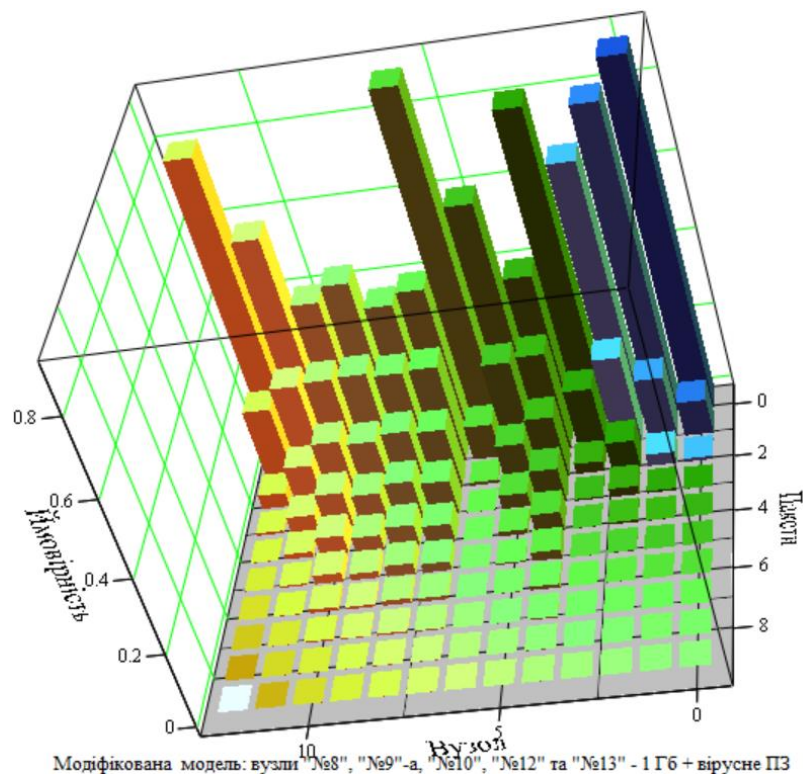


Рисунок 5.18 – Скорегована модель (версія 2) комп'ютерної мережі» в умовах дії вірусного шкідливого ПЗ

Кінцева конфігурація моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» наступна (рис. 5.19):

Вузол «№1»	100 МБ;
Вузол «№2»	1 00 МБ;
Вузол «№3»	1 00 МБ;
Вузол «№4»	100 МБ;
Вузол «№5»	100 МБ, агрегація;
Вузол «№6»	1 00 МБ, агрегація;
Вузол «№7»	1 00 МБ;
Вузол «№8»	1 ГБ;

- Вузол «№9» 1 ГБ, агрегація;
 Вузол «№10» 1 ГБ;
 Вузол «№11» 1 ГБ, агрегація;
 «Вузол «№12» 1 ГБ;
 «Вузол «№13» 1 ГБ.

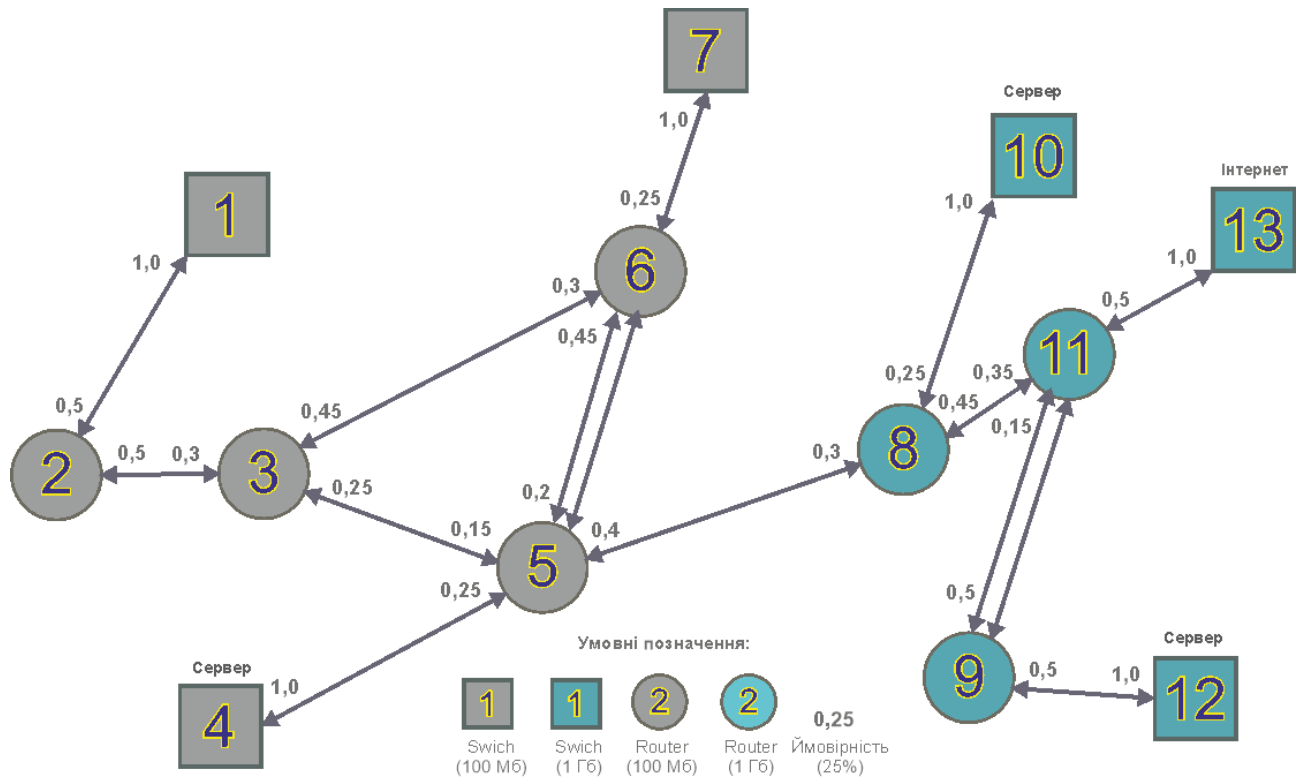


Рисунок 5.19 – Структура модифікованої моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»

Результат моделювання мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» забезпечив рівномірне завантаження вузлів навіть в умовах дії вірусного ПЗ комп'ютерну мережу.

Комп'ютерна система «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» може витримувати до 200 % від запланованого завантаження, при цьому вона буде стабільною і зберігати достатню пропускну здатність. Ймовірність черги з двох інформаційних пакетів не перевищує 20 %.

За результатами порівняння характеристик моделі мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» у всіх розглянутих станах зроблено висновок про те, щонайбільше негативно на характеристики комп'ютерної мережі позначається атака шкідливого ПЗ.

5.3 Висновки по розділу

Розроблена модель мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» повноцінно моделює поведінку реальної мережі. Початковими даними для моделювання є значення інтенсивності вхідного потоку, час перебування пакетів в мережевих вузлах.

При дії вірусного ПЗ була висока ймовірність виникнення черги у 3...4 пакети для деяких мережевих вузлів к мережі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

Для підвищення стійкості мережі до перевантаження була здійснена заміна в деяких мережевих вузлів зі застарілого типу обладнання з номіналом потоку 100 МБ на обладнання з пропускнуою здатністю 1 ГБ.

Для вузлів «№9» та «№11» слід застосувати маршрутизатори агрегації з пропускнуою здатністю 1 000 МБ (модельний ряд Cisco Catalyst 8500).

ВИСНОВКИ

Магістерська робота на тему «Обґрунтування параметрів та структури комплексу IoT мережі сенсорів для моніторингу стану сільськогосподарських угідь» передбачала модернізацію параметрів КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» на основі моделі мережі СМО.

Робота є завершеною науковою працею, в якій вирішено науково-практичну задачу синтезу програмно-апаратної реалізації КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

Новизна роботи полягає в реалізації мережевої моделі КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», розробленої з використанням математичного апарату СМО. Це дозволило виявити «слабкі місця» мережі під час інформаційного перевантаження та знайти шляхи їх виправлення.

Як практичний результат, КС, розроблена ТОВ «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп», є відкритою і пропонує можливість швидкої технічної та програмної модернізації. Виявлення недоліків КС та пошук шляхів її вдосконалення було здійснено в рамках наукового підходу до розв'язання задач з використанням СМО.

Основні результати роботи полягають у наступному:

1. Відповідно до функціональних особливостей КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп» показано, що навантаження на КС може бути викликане впливом вірусного ПЗ, що негативно впливає на роботу КС та може призвести до значних економічних та репутаційних втрат.

2. Оскільки класичний підхід до вирішення даної проблеми є трудомістким, тривалим та дорогим, дослідження функціонування КС проведено з використанням методів СМО.

3. Для математичної моделі КС визначено параметри моделі КС.

4. Розроблена модель КС дозволяє визначити щільність вхідних потоків, час перебування пакетів у черзі та середній показник кількості пакетів у черзі до вузлів мережі.

5. Для підвищення стійкості мережі до перевантажень деякі вузли мережі замінюються на обладнання з пропускною здатністю 1 Гб зі старого обладнання з пропускною здатністю 100 Мб. Для вузлів «№9» та «№11» запропоновано використовувати маршрутизатори-агрегатори (модельний ряд Cisco Catalyst 8500) з пропускною спроможністю 1 ГМБ.

Прикладні наукові результати з розробки КС та моделювання її функціонування підтвердили її працездатність у різних режимах інформаційного навантаження та забезпечили надійне її використання.

На основі проведених досліджень рекомендовано до впровадження удосконалену КС «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Створюйте розумні сільськогосподарські поля та ферми за допомогою шлюзів LoraWAN. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/build-smart-agriculture-fields-and-farms-with-lorawan-gateways/>
2. Інтернет речі (IoT) в сільському господарстві: 9 прикладів використання технологій для точного землеробства (і виклики, які слід врахувати) Режим доступу: <https://www.agrilab.ua/internet-rechej-iot-v-silskomu-gospodarstvi-9-prykladiv-vykorystannya-tehnologij-dlya-tochnogo-zemlerobstva-i-vyklyky-yaki-slid-vrahuvaty/>
3. Agrarstruktur: Von Heuschrecken und Großbetrieben Режим доступу: <https://www.agrarheute.com/management/betriebsfuehrung/agrarstruktur-heuschrecken-grossbetrieben-560921>
4. АМГ Агрохолдинг. Режим доступу: https://www.seeds.org.ua/directory/listing/amg-agroxolding?tab=related&sort=claimed&category=0&zoom=15&is_mile=0&directory_radius=0&view=grid#sabai-inline-content-related
5. Агрохолдинги України. Режим доступу: <https://ukragroconsult.com/agri-holdings/>
6. Агрохолдинги як нові організаційні форми ... Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ae_2012_5_1-2_9.pdf
7. European Digital Innovation Hubs Network. Режим доступу: <https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/uk/node/23>
8. The role and advantages of computer systems in agribusiness Режим доступу: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/234402/1/ICEADR-2020-p280.pdf>
9. Computer Networks Performance Modeling and Simulation Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/282076891_Computer_Networks_Performance_Modeling_and_Simulation

10. Milesight EM500-PT100 LoRaWAN Industriële temperatuursensor Режим доступу: https://www.telemetryshop.nl/products/1001/EM500-PT100+LoRaWAN+Industriële+temperatuursensor?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA65m7BhAwEiwAAgu4JFMQABDOgUasNg-FLw_eKZQEY5qwFUI26h6nwXPIuhQ5yukLsyn9nRoCVz8QAvD_BwE

11. Milesight EM500-SMTC датчик вологості, температури та електропровідності ґрунту LoRaWAN®. Режим доступу: <https://shop-gsm.ua/products/milesight-em500-smtc-datchik-vlazhnosti-temperature-i-elektroprovodnosti-pochvy-lorawan/>

12. SenseCAP S2120 - 8-in-1 LoRaWAN Weerstation Режим доступу: https://www.kiwi-electronics.com/nl/sensecap-s2120-8-in-1-lorawan-weerstation-11233?country=NL&utm_term=11233&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA65m7BhAwEiwAAgu4JHTViukutc489tL1lmQ45PL6zst_iXSv26mApmiAsvlCOHFpRfL1DRoCWkMQAvD_BwE

13. Розумні теплиці. Режим доступу: <https://iotji.io/solutions/rozumni-teplytsi/>

14. DSGW-014 LoRaWAN шлюз зовнішній водонепроникний IP66 із вбудованою інтеграцією LNS. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/uk/product/dsgw-014-lorawan-gateway-outdoor/>

15. What Is Computer Information Systems (CIS)? Режим доступу: <https://www.devry.edu/blog/what-is-computer-information-systems.html>

ДОДАТОК А**Текст програми**

**Програмно-технічна реалізація модель комп'ютерної системи «АМГ
Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп»**

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ
КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ «АМГ
АГРОХОЛДІНГ» ТОВ «АМ ГРУП»

Текст програми

804.02070743.23028-01 12 01

Листів 20

АНОТАЦІЯ

Документ містить ПЗ реалізації математичної моделі комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп».

Тексти програм реалізовані в середовищі Mathcad 15 в середовищі операційної системи Windows 10.

ПЗ реалізує рекурентний метод Бузена для розрахунку параметрів комп'ютерної системи «АМГ Агрохолдинг» ТОВ «АМ Груп». як замкнутої СМО.

ЗМІСТ

	стор.
1. Перелік використаних змінних	4
2. Текст програми	6
3. Результати розрахунку	7

1 Перелік використаних змінних, та переклад коментарів

N_n – кількість вузлів мережі.

τ – час обробки одного пакета у вузлу.

P_r – матриця перехідних ймовірностей.

e – матриця перехідних коефіцієнтів.

m – кількість конвеєрів у вузлах.

N – кількість пакетів що циркулюють в мережі.

B – матриця ймовірностей черги у вузлах.

λ – середня інтенсивність запитів на вході у вузол.

L – середня черга пакетів у вузлу.

t – середній час перебування пакета у вузлу.

Average time spent in the node - Середній час перебування у вузлу.

Calculation of function A - Розрахунок функції A.

Calculation of the matrix of constants T - Обчислення матриці констант T.

Calculate the constants for the second and subsequent nodes - Розраховуємо константи для другого і наступних вузлів.

Calculation of the intensity of query processing in network nodes - Розрахунок інтенсивності обробки запитів у вузлах мережі.

Calculation of auxiliary coefficients - Розрахунок допоміжних коефіцієнтів.

Calculation of probabilities of receipt in the last node of applications – j - Розрахунок ймовірностей надходження в останньому вузлу заявок – j.

Determination of transmission coefficients - Визначення коефіцієнтів передачі.

Matrix of transfer coefficients - Матриця передаточних коефіцієнтів.

Number of nodes in the network - Кількість вузлів у мережі.

Transfer matrix - Передаточна матриця.

The number of packets circulating in the network - Кількість пакетів, які циркулюють в мережі.

The number of pipelines in each node - Кількість конвеєрів в кожному вузлу.

The intensity of the input stream - Інтенсивність вхідного потоку.

The average number of packets per node - Середня кількість пакетів в вузлах.

Packet processing time at the node - Час обробки пакета у вузлу.

2 Текст програми

Задаємо кількість вузлів мережі 13 (Nn)

Nn := 12

i := 0..Nn j := 0..Nn

Задаємо час обробки запиту в вузлах мережі (1-1000Мб, 10-100Мб):

$\tau_i :=$

10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10

$\tau =$

	0
0	10
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
6	10
7	10
8	10
9	10
10	10
11	10
12	10

Розрахунок інтенсивності обробки запитів в вузлах мережі

$$\mu_i := \frac{1}{\tau_i}$$

$\mu =$

	0
0	0.1
1	0.1
2	0.1
3	0.1
4	0.1
5	0.1
6	0.1
7	0.1
8	0.1
9	0.1
10	0.1
11	0.1
12	0.1

Задаємо матрицю імовірностей передачі (Pr):

$$Pr := \begin{pmatrix} 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0.25 & 0.45 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.15 & 0.25 & 0 & 0.2 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0.45 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.45 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.35 & 0.15 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Перевірка правильності заповнення передаточної матриці

$$\text{SumPr}_i := \sum_{j=0}^{Nn} Pr_{i,j}$$

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1

[---]

Розрахунок коефіцієнтів передачі

$$P := Pr^T$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0.5	0	0	0.15	0.3	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0
4	0	0	0.25	1	0	0.45	0	0.3	0	0
5	0	0	0.45	0	0.2	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0.5	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...

Створюємо діагональну матрицю (D):

$$D := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$P1 := P - D$$

$$P1 =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	-1	0.3	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0.5	-1	0	0.15	0.3	0	0	0	0
3	0	0	0	-1	0.25	0	0	0	0	0
4	0	0	0.25	1	-1	0.45	0	0.3	0	0
5	0	0	0.45	0	0.2	-1	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0.25	-1	0	0	0
7	0	0	0	0	0.4	0	0	-1	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	-1
10	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0.5	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...

$$j := 1..Nn \quad i := 0..Nn$$

$$P2_{i,j} := P1_{i,j} + P1_{j,i}$$

$(j-1),1 \quad 0,1 \quad j,1$

P2 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	-0.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0
1	-1	1	-1	0	0.15	0.3	0	0	0	0
2	-1	0.5	0	-1	0.25	0	0	0	0	0
3	-1	0.5	0.25	1	-1	0.45	0	0.3	0	0
4	-1	0.5	0.45	0	0.2	-1	1	0	0	0
5	-1	0.5	0	0	0	0.25	-1	0	0	0
6	-1	0.5	0	0	0.4	0	0	-1	0	1
7	-1	0.5	0	0	0	0	0	0	-1	0
8	-1	0.5	0	0	0	0	0	0.25	0	-1
9	-1	0.5	0	0	0	0	0	0.45	0.5	0
10	-1	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0
11	-1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	...

$j := 0..Nn - 1 \quad i := 0..Nn - 1 \quad PP2_{j,i} := P2_{j,i+1}$

pp2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-0.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	-1	0	0.15	0.3	0	0	0	0	0
2	0.5	0	-1	0.25	0	0	0	0	0	0
3	0.5	0.25	1	-1	0.45	0	0.3	0	0	0
4	0.5	0.45	0	0.2	-1	1	0	0	0	0

$$rrz =$$

5	0.5	0	0	0	0.25	-1	0	0	0	0
6	0.5	0	0	0.4	0	0	-1	0	1	0
7	0.5	0	0	0	0	0	0	-1	0	0.35
8	0.5	0	0	0	0	0	0.25	0	-1	0.15
9	0.5	0	0	0	0	0	0.45	0.5	0	-1
10	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0
11	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	...

$$Q_{j,0} := P2_{j,0}$$

$$Q =$$

	0
0	0
1	-1
2	-1
3	-1
4	-1
5	-1
6	-1
7	-1
8	-1
9	-1
10	-1
11	-1

$$E := \text{Isolve}(PP2, Q)$$

$$E =$$

	0
0	-2
1	-3.333
2	-1.884
3	-7.536
4	-4.01
5	-1.002
6	-10.048
7	-21.101
8	-7.034
9	-30.145
10	-10.551
11	-15.072

Створюємо матрицю коефіцієнтів (e):

$$e := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3.333 \\ 1.884 \\ 7.536 \\ 4.04 \\ 1.002 \\ 10.048 \end{pmatrix}$$

21.101
7.034
30.145
10.551
10.072

**Задаємо кількість пакетів які циркулюють в мережі
5 - нормальний режим, 10 - з вірусами (N):**

$N := 5$

$i := 0..Nn$ $j := 0..N - 1$

Задаємо кількість конверсів в кожному вузлі (m_i):

$m_i :=$

1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1

$m =$

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1

Розрахунок значень функції A

$$A_{i,j} := \begin{cases} j! & \text{if } m_i \geq N - 1 \\ 1 & \text{if } m_i = 1 \\ j! & \text{if } 1 < m_i < N - 1 \wedge j \leq m_i \\ m_i! \cdot (m_i)^{j-m_i} & \text{if } 1 < m_i < N - 1 \wedge j > m_i \end{cases}$$

$$A =$$

	0	1	2	3	4
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1

$$X_1 := \frac{e_i}{\mu_1}$$

$$X =$$

	0
0	10
1	20
2	33.33
3	18.84
4	75.36
5	40.4
6	10.02
7	100.48
8	211.04

8	211.01
9	70.34
10	301.45
11	105.51
12	100.72

Обчислення матриці констант T

$$T_{i,j} := \frac{(X_i)^j}{A_{i,j}} \quad T_{i,0} := 1$$

T =

	0	1	2	3	4
0	1	10	100	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
1	1	20	400	$8 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^5$
2	1	33.33	$1.111 \cdot 10^3$	$3.703 \cdot 10^4$	$1.234 \cdot 10^6$
3	1	18.84	354.946	$6.687 \cdot 10^3$	$1.26 \cdot 10^5$
4	1	75.36	$5.679 \cdot 10^3$	$4.28 \cdot 10^5$	$3.225 \cdot 10^7$
5	1	40.4	$1.632 \cdot 10^3$	$6.594 \cdot 10^4$	$2.664 \cdot 10^6$
6	1	10.02	100.4	$1.006 \cdot 10^3$	$1.008 \cdot 10^4$
7	1	100.48	$1.01 \cdot 10^4$	$1.014 \cdot 10^6$	$1.019 \cdot 10^8$
8	1	211.01	$4.453 \cdot 10^4$	$9.395 \cdot 10^6$	$1.982 \cdot 10^9$
9	1	70.34	$4.948 \cdot 10^3$	$3.48 \cdot 10^5$	$2.448 \cdot 10^7$
10	1	301.45	$9.087 \cdot 10^4$	$2.739 \cdot 10^7$	$8.258 \cdot 10^9$
11	1	105.51	$1.113 \cdot 10^4$	$1.175 \cdot 10^6$	$1.239 \cdot 10^8$
12	1	100.72	$1.014 \cdot 10^4$	$1.022 \cdot 10^6$	$1.029 \cdot 10^8$

Розраховуємо константи для другого і наступних вузлів

$$i := 1..Nn \quad k := 0..N-1$$

$$G_{i,0} := T_{0,i}$$

$$G_{i,k} := \sum_{j=0}^k (T_{i,j} \cdot G_{i-1,k-j})$$

j = 0

$$G =$$

	0	1	2	3	4
0	1	10	100	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
1	1	30	700	$1.5 \cdot 10^4$	$3.1 \cdot 10^5$
2	1	63.33	$2.811 \cdot 10^3$	$1.087 \cdot 10^5$	$3.932 \cdot 10^6$
3	1	82.17	$4.359 \cdot 10^3$	$1.908 \cdot 10^5$	$7.527 \cdot 10^6$
4	1	157.53	$1.623 \cdot 10^4$	$1.414 \cdot 10^6$	$1.141 \cdot 10^8$
5	1	197.93	$2.423 \cdot 10^4$	$2.393 \cdot 10^6$	$2.107 \cdot 10^8$
6	1	207.95	$2.631 \cdot 10^4$	$2.656 \cdot 10^6$	$2.374 \cdot 10^8$
7	1	308.43	$5.73 \cdot 10^4$	$8.414 \cdot 10^6$	$1.083 \cdot 10^9$
8	1	519.44	$1.669 \cdot 10^5$	$4.363 \cdot 10^7$	$1.029 \cdot 10^{10}$
9	1	589.78	$2.084 \cdot 10^5$	$5.829 \cdot 10^7$	$1.439 \cdot 10^{10}$
10	1	891.23	$4.771 \cdot 10^5$	$2.021 \cdot 10^8$	$7.531 \cdot 10^{10}$
11	1	996.74	$5.822 \cdot 10^5$	$2.635 \cdot 10^8$	$1.031 \cdot 10^{11}$
12	1	$1.097 \cdot 10^3$	$6.928 \cdot 10^5$	$3.333 \cdot 10^8$	$1.367 \cdot 10^{11}$

$$B_{Nn,j} := \frac{T_{Nn,j}}{G_{Nn,N-1}} \cdot G_{Nn,N-1-j}$$

$$B_{Nn,0} := 1 - B_{Nn,1}$$

$$B =$$

	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0

10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0.754	0.246	0.051	$8.204 \cdot 10^{-3}$	$7.529 \cdot 10^{-4}$

Розрахунок допоміжних коефіцієнтів

$i := 0..Nn - 1$ $j := 1..N - 1$ $Gn_{i,0} := 1$

	0	1	2	3	4
0	0	$1.097 \cdot 10^3$	$6.818 \cdot 10^5$	$3.264 \cdot 10^8$	$1.334 \cdot 10^{11}$
1	1	$1.077 \cdot 10^3$	$6.708 \cdot 10^5$	$3.194 \cdot 10^8$	$1.3 \cdot 10^{11}$
2	1	$1.064 \cdot 10^3$	$6.562 \cdot 10^5$	$3.102 \cdot 10^8$	$1.256 \cdot 10^{11}$
3	1	$1.079 \cdot 10^3$	$6.721 \cdot 10^5$	$3.203 \cdot 10^8$	$1.304 \cdot 10^{11}$
4	1	$1.022 \cdot 10^3$	$6.101 \cdot 10^5$	$2.811 \cdot 10^8$	$1.116 \cdot 10^{11}$
5	1	$1.057 \cdot 10^3$	$6.484 \cdot 10^5$	$3.053 \cdot 10^8$	$1.232 \cdot 10^{11}$
6	1	$1.087 \cdot 10^3$	$6.818 \cdot 10^5$	$3.264 \cdot 10^8$	$1.333 \cdot 10^{11}$
7	1	996.98	$5.825 \cdot 10^5$	$2.637 \cdot 10^8$	$1.032 \cdot 10^{11}$
8	1	886.45	$4.612 \cdot 10^5$	$1.871 \cdot 10^8$	$6.636 \cdot 10^{10}$
9	1	$1.027 \cdot 10^3$	$6.156 \cdot 10^5$	$2.846 \cdot 10^8$	$1.132 \cdot 10^{11}$
10	1	796.01	$3.619 \cdot 10^5$	$1.245 \cdot 10^8$	$3.621 \cdot 10^{10}$
11	1	991.95	$5.77 \cdot 10^5$	$2.602 \cdot 10^8$	$1.015 \cdot 10^{11}$
12	1	0	0	0	0

$Gn =$

$i := 0..Nn - 1$ $j := 0..N - 1$

$$B_{i,j} := \frac{T_{i,j}}{G_{Nn,N-1}} Gn_{i,N-1-j}$$

	0	1	2	3	4
0	0.976	0.024	$4.988 \cdot 10^{-4}$	$8.029 \cdot 10^{-6}$	0
1	0.951	0.047	$1.963 \cdot 10^{-3}$	$6.306 \cdot 10^{-5}$	$1.171 \cdot 10^{-6}$
2	0.919	0.076	$5.333 \cdot 10^{-3}$	$2.882 \cdot 10^{-4}$	$9.028 \cdot 10^{-6}$
3	0.954	0.044	$1.745 \cdot 10^{-3}$	$5.277 \cdot 10^{-5}$	$9.217 \cdot 10^{-7}$
4	0.816	0.155	0.025	$3.2 \cdot 10^{-3}$	$2.36 \cdot 10^{-4}$
5	0.901	0.09	$7.743 \cdot 10^{-3}$	$5.099 \cdot 10^{-4}$	$1.949 \cdot 10^{-5}$
6	0.976	0.024	$5.008 \cdot 10^{-4}$	$8.003 \cdot 10^{-6}$	$7.375 \cdot 10^{-8}$
7	0.755	0.194	0.043	$7.399 \cdot 10^{-3}$	$7.457 \cdot 10^{-4}$
8	0.485	0.289	0.15	0.061	0.015
9	0.828	0.146	0.022	$2.615 \cdot 10^{-3}$	$1.791 \cdot 10^{-4}$
10	0.265	0.275	0.241	0.16	0.06
11	0.743	0.201	0.047	$8.524 \cdot 10^{-3}$	$9.067 \cdot 10^{-4}$
12	0.754	0.246	0.051	$8.204 \cdot 10^{-3}$	$7.529 \cdot 10^{-4}$

B =

$$i := 0..Nn \quad j := 0..N-1$$

$$\text{SumB}_i := \sum_j B_{i,j}$$

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1.06

SumB =

$$\lambda_i := e_i \cdot \frac{G_{Nn-1, N-2}}{G_{Nn, N-1}}$$

$$L_i := \sum_{n=0}^{N-1} (n \cdot B_{i, n})$$

$$\pi = 0$$

$$\pi = 0$$

Інтенсивність вхідного потоку

Середнє число пакетів в вузлах

$$\lambda =$$

	0
0	$1.928 \cdot 10^{-3}$
1	$3.856 \cdot 10^{-3}$
2	$6.426 \cdot 10^{-3}$
3	$3.632 \cdot 10^{-3}$
4	0.015
5	$7.789 \cdot 10^{-3}$
6	$1.932 \cdot 10^{-3}$
7	0.019
8	0.041
9	0.014
10	0.058
11	0.02
12	0.019

$$L =$$

	0
0	0.025
1	0.051
2	0.087
3	0.048
4	0.216
5	0.107
6	0.025
7	0.305
8	0.83
9	0.2
10	1.476
11	0.324
12	0.376

Середній час перебування пакета в вузлі

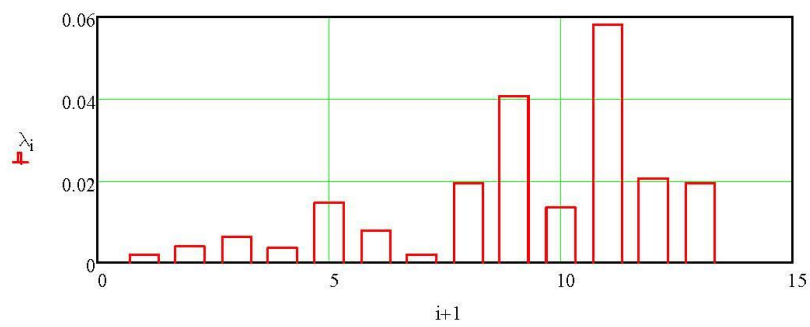
$$t_i := \frac{L_i}{\lambda_i}$$

$$t =$$

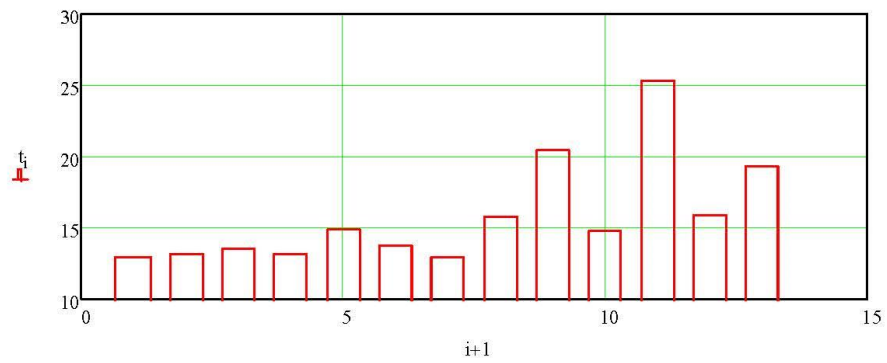
	0
0	12.915
1	13.19
2	13.572
3	13.158
4	14.881
5	13.78
6	12.915
7	15.746

7	15.748
8	20.405
9	14.716
10	25.396
11	15.929
12	19.366

Інтенсивність вхідного потоку



Середній час перебування пакета



Середня кількість пакетів



