

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Огляд сучасних технологій у боротьбі з пандемією коронавірусу
(COVID-19): штучний інтелект та великі дані

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи СНС-42
спеціальності 122 "Комп'ютерні науки"

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ракуш В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шимчук Г.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)	(прізвище та ініціали)
« »	20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки"
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ракуш Віталій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Огляд сучасних технологій у боротьбі з пандемією коронавірусу (COVID-19): штучний інтелект та великі дані

Керівник роботи Мацюк Олександр Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 02 » березня 2021 року № 4/7-171

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд публікацій по COVID-19. 2. Застосування штучного інтелекту та великих даних при виявленні пандемії COVID-19 3. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	Гурик Олег Ярославович, к.т.н., доцент, доцент кафедри МТ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	07.06.2021	Виконано
2.	Підбір джерел про технічні стандарти розумних міст	08.06.2021-09.06.2021	Виконано
3.	Переклад та опрацювання джерел про технічні стандарти розумних міст	10.06.2021-11.06.2021	Виконано
4.	Виконання дослідження щодо технічних стандартів розумних міст	12.06.2021-13.06.2021	Виконано
5	Оформлення розділу «Огляд публікацій по COVID-19»	14.06.2021-15.06.2021	Виконано
6	Оформлення розділу «Застосування штучного інтелекту та великих даних при виявленні пандемії COVID-19»	16.06.2021-17.06.2021	Виконано
7.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності»	17.06.2021	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Основи хорони праці»	17.06.2021	Виконано
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.06.2021	Виконано
10.	Нормоконтроль	19.06.2021	Виконано
11.	Перевірка на плагіат	19.06.2021	Виконано
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	19.06.2021	Виконано
13.	Захист кваліфікаційної роботи	24.06.2021	

Студент

(підпис)

Ракуш В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Огляд сучасних технологій у боротьбі з пандемією коронавірусу (COVID-19): штучний інтелект та великі дані// Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр»// Ракуш Віталій Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНс-42 // Тернопіль, 2021 // сторінок 70, рисунки 6, таблиць 4, джерел 139.

Ключові слова: штучний інтелект, великі дані, інформаційна система, пандемія, вірус.

У кваліфікаційній роботі розглянуто огляд сучасних рішень у боротьбі з пандемією COVID-19.

Огляду наукової літератури показав, що великі дані відіграють важливу роль у боротьбі з пандемією COVID-19 завдяки ряду перспективних застосувань, включаючи прогнозування спалахів, відстеження поширення вірусу, діагностику / лікування коронавірусів та виявлення вакцини / ліків.

Використання Big Data дає змогу передбачити спалах у глобальному масштабі, використовуючи аналітичні інструменти для величезних наборів даних, зібраних із доступних джерел. Big Data підтримують процеси діагностики та лікування COVID-19.

ANNOTATION

Review of the latest technologies in the fight against coronavirus pandemic disease (COVID-19): artificial intelligence and big data // Qualification work of educational level "Bachelor" // Rakush Vitalii Volodymyrovych // Ivan Pulyu Ternopil National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Science, group SNs-42 // Ternopil, 2021 // pages 70, figures 9, tables 4, sources 139.

Key words: artificial intelligence, big data, information system, pandemic, virus.

The qualification work reviews the current solutions in the fight against the COVID-19 pandemic.

A review of the scientific literature has shown that big data play an important role in controlling the COVID-19 pandemic through a number of promising applications, including outbreak prediction, virus tracking, coronavirus diagnosis / treatment, and vaccine / drug detection.

Using Big Data makes it possible to predict an outbreak globally, using analytical tools for huge data sets collected from available sources. Big Data supports the diagnosis and treatment of COVID-19.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВООЗ	–	Всесвітньої організації охорони здоров'я
ШІ	–	штучний інтелект
МН	–	машинне навчання
ГН	–	глибине навчання
АТ	–	електронна бібліотека
WiFi	–	технологія безпроводної локальної мережі з пристроями на основі стандартів IEEE 802.11

Зміст

	Вступ
1	Огляд публікацій по COVID-19
1.1	Пандемія COVID-19
1.2	Штучний інтелект
1.3	Великі дані
2	Застосування штучного інтелекту та великих даних при виявленні пандемії COVID-19
2.1	Застосування штучного інтелекту для боротьби з COVID-19
2.1.1	Штучний інтелект для виявлення та діагностики COVID-19
2.1.2	Визначення, відстеження та прогнозування спалаху
2.1.3	Штучний інтелект з питань інфодеміології та інформаційного спостереження
2.1.4	Штучний інтелект для біомедицини та фармакотерапії
2.2	Застосування великих даних для боротьби з covid-19
2.2.1	Прогноз спалаху
2.2.2	Відстеження поширення вірусів
2.2.3	Діагностика / лікування коронавірусу
2.2.4	Відкриття вакцини / ліків
2.3	Приклади структур на основі ші і великих даних для боротьби з covid-19
2.3.1	Рішення для виявлення та спостереження на основі смартфона
2.3.2	Штучний інтелект та великі дані для нейтралізації виявлення антитіл
2.4	Завдання, уроки та рекомендації
3	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці
3.1	Вимоги і норми охорони праці приміщень де використовується комп'ютерна техніка

3.2 Класифікація надзвичайних ситуацій

Висновки

Список використаних джерел

ВСТУП

Коронавірусна хвороба-19 (COVID-19), спричинена новим коронавірусом, суттєво змінила не лише системи охорони здоров'я, а й світові економіки, освіту, транспорт, політику тощо. Заражені люди COVID-19 переживають респіраторні захворювання і можуть одужати за допомогою ефективних та відповідних методів лікування. Коронавірус COVID-19 став високоефективним у передачі від людини до людини. Що робить COVID-19 набагато небезпечнішим та легшим для поширення, ніж інші сімейства корона вірусів. Під час написання роботи вірус COVID-19 швидко поширився в 215 країнах, спричинивши зараження 100853265 людей та 118854 випадки загиблих. Сполучені Штати Америки (США) наразі є країною з найбільшою кількістю випадків COVID-19, де нещодавно було зареєстровано близько 30 000 підтверджених випадків та майже 2 000 смертей. Деякі інші країни, такі як Італія, Іран, Німеччина, Франція та Великобританія, також є лідерами за кількістю інфікованих. Однак не існує клінічних вакцин для запобігання вірусу COVID-19 та спеціальних терапевтичних протоколів для боротьби з цією інфекційною хворобою.

Лідери у війні проти нового корона вірусу: Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та Центри з контролю та профілактики захворювань (CDC) випустили набір публічних порад та технічних рекомендацій [1, 2]. Очікується, що співпраця національних урядів та великих корпорацій та їх зусилля істотно зменшать ризики від поширення спалаху COVID-19.

Наприклад, Google, як гігант пошукової системи, запустив портал COVID-19 (www.google.com/covid19), де ми можемо знайти корисну інформацію, наприклад, карту коронавірусу, останню статистику та найпоширеніші питання щодо COVID-19. Іншим прикладом є те, що IBM, Amazon, Google і Microsoft з Білим домом розробили суперкомп'ютерну систему для досліджень, що стосуються коронавірусу [3]. У відповідь на пандемію деякі видавці тепер пропонують безкоштовний доступ до статей, технічних стандартів

та інших документів, пов'язаних із вірусом, подібним до COVID-19, тоді як веб-архівні служби, такі як arXiv, medRxiv та bioRxiv, створюють швидке посилання на усі попередні дослідження, пов'язані з COVID-19 [4]. З іншого боку, Штучний інтелект (ШІ) та великі дані знайшли багато застосувань у різних областях, наприклад, ШІ у галузі інформатики, ШІ у банківській справі, ШІ у сільському господарстві та ШІ у галузі охорони здоров'я. Ці технології можуть зіграти важливу роль у глобальному бою проти пандемії COVID-19.

За останні кілька місяців в Інтернеті було опубліковано багато досліджень та статей для кращого розуміння та полегшення боротьби з пандемією COVID-19.

Наша основна мета - показати ефективність ШІ та великих даних для протидії пандемії COVID-19 та переглянути сучасні рішення за допомогою цих технологій.

1 ОГЛЯД ПУБЛІКАЦІЙ ПО COVID-19

1.1 Пандемія COVID-19

COVID-19 викликається важким гострим респіраторним синдромом коронавірусу 2 (SARS-CoV-2), бетакоронавірус [6]. Про перший випадок зараження COVID-19 було повідомлено в місті Ухань, провінція Хубей, Китай, 31 грудня 2019 року, і він швидко поширився майже на всі країни світу, 215 країн та районів на момент написання цієї статті. Немає ознак того, що кількість заражених та загиблих випадків зменшиться і ситуація буде під контролем. Згідно з доповіддю про ситуацію з Європейського центру запобігання та контролю захворювань [1], зафіксовано 1, 853, 265 підтверджених випадків і 118, 854 випадки померлих на європейські країни (46,2%)та 66,7% сукупних випадків (станом на 14 квітня 2020 року). Кількість нових випадків все ще дуже велика: +83, 039 та +6, 295 випадків заражених та померлих на день, як повідомляє CoronaBoard1, тоді як рівень летальності становить 6,34%. Глобальну тенденцію COVID-19 можна знайти на рис. 2. Через серйозну ситуацію COVID-19 ВООЗ підвищив оцінку ризику COVID-19 до найвищого рівня та оголосив її глобальною пандемією. Для кращого розуміння вірусу COVID-19 щодо його структури, етіології та патогенезу, особливостей та прогресу лікування ми звертаємося до зацікавлених читачів із посиланням на статтю [7].

Як драматичний вплив COVID-19 на земну кулю, багато спроб було здійснено для вирішення проблем проти спалаху COVID-19. Зусилля уряду в основному відповідають за припинення пандемії, наприклад, блокування (часткової) зони для обмеження поширення інфекції, забезпечення того, що система охорони здоров'я здатна впоратися із спалахом, та надати кризовий пакет для зменшення наслідків для національних економіки та людей, і приймати адаптивну політику відповідно до ситуації COVID-19. У той же час, людям рекомендується залишатися здоровими та захищати інших, дотримуючись деяких порад, таких як носити маску в громадських місцях, часто мити руки,

вести політику соціального відсторонення та повідомляти останню інформацію про симптоми в регіональному центрі охорони здоров'я.

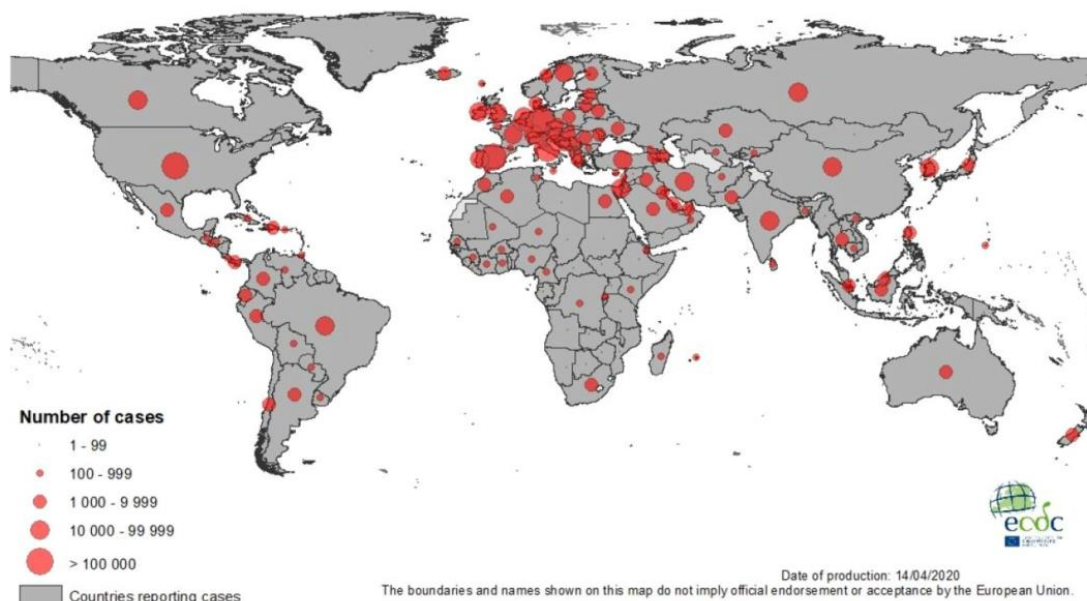


Рисунок 1.1 – Ілюстрація географічного поширення випадків COVID-19 - у всьому світі [1]. Дані точні станом на 12 квітня 2020 року.

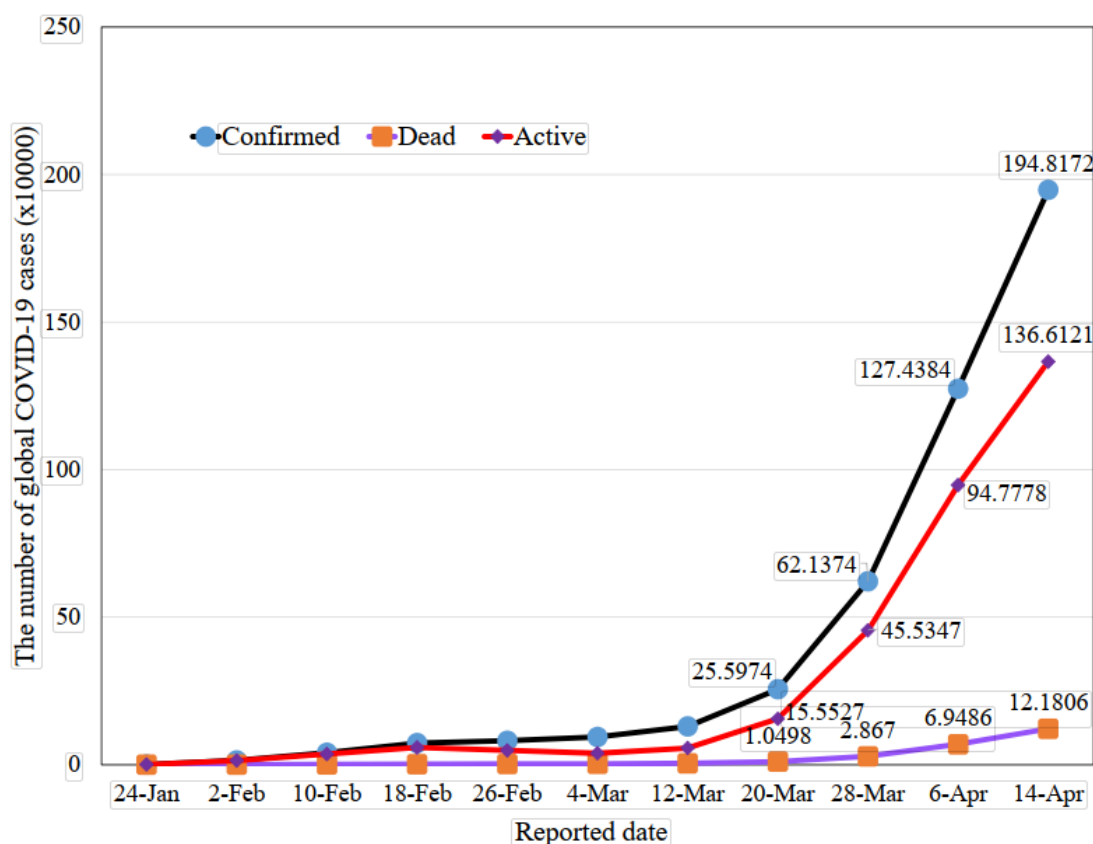


Рисунок 1.2 – Світова тенденція COVID-19 (Джерело: CoronaBoard). Дані точні станом на 14 квітня 2020 року.

З іншого боку, дослідження та розробки, що стосуються COVID-19, зараз є пріоритетними, і вони отримують великі зусилля від різних зацікавлених сторін, таких як уряди, галузі та наукові установи. Крім глобальної спроби розробити ефективну вакцину та медикаментозне лікування коронавірусу COVID-19, дослідники інформатики доклали перших зусиль для боротьби з COVID-19. Мотивовані величезним успіхом ШІ та великими даними у різних областях, ми представляємо сучасні рішення та підходи, засновані на ШІ та великих даних для боротьби з коронавірусною хворобою COVID-19.

1.2 Штучний інтелект

ШІ - процвітаюча технологія для багатьох інтелектуальних додатків в різних полях досліджень. Деякі високопрофесійні приклади ШІ - це автономні транспортні засоби (наприклад, безпілотники) в автомобільній галузі, медична діагностика та охорона здоров'я в галузі охорони здоров'я, системи кібербезпеки (наприклад, виявлення зловмисних програм та ботнет-мереж), банківська діяльність у сфері фінансів, обробка зображень та природне середовище, обробка мов в комп'ютерному зорі та класифікація модуляції в бездротових комунікаціях [8]. Серед багатьох галузей ШІ машинне навчання (МН) та глибинне навчання (ГН) - два важливі підходи. Машинне навчання стосується здатності вивчати та отримувати змістовні зразки з даних, а ефективність алгоритмів та систем на основі глибинного навчання значною мірою залежить від репрезентативних особливостей [8]. Тим часом ГН здатна вирішувати складні системи, навчаючись із простих уявлень. Відповідно до [9], ГН має дві основні особливості: 1) можливість засвоїти правильні уявлення, як особливість ГН та 2) ГН дозволяє системі глибоко вивчати дані, декілька шарів використовуються послідовно, щоб отримувати все змістовніші уявлення.

ШІ пропонує потужний інструмент протидії пандемії COVID-19. Наприклад, вчені в [10] розробили модель ГН для виявлення існуючих та комерційних лікарських засобів для "перенастроювання ліків" (також відомих як

репозиціонування лікарських засобів), тобто визначення швидкої стратегії ліків з використанням існуючих препаратів, які можна негайно застосувати до інфікованих пацієнтів. Це дослідження мотивоване тим, що новим препаратам зазвичай потрібні роки, щоб успішно пройти перевірку, перш ніж вийти на ринок. Незважаючи на те, що дані в цьому дослідженні в даний час не затверджені клінічно, вони все ще відкривають нові способи виявлення захворювання на COVID-19. Insilico Medicine в [11] запропонував використовувати глибоку генеративну модель для виявлення лікарських засобів (що визначається як процес ідентифікації нових лікарських засобів). Структури протеазів COVID-19, згенеровані за допомогою моделі ГН в цій роботі, будуть додатково використані для комп'ютерного моделювання та моделювання з метою отримання нових сполук молекулярного утворення проти коронавірусу COVID-19. Використовуючи ГН для обробки зображень на комп'ютерній томографії (КТ), автори в [12] показали, що запропонована ними модель ГН при навчанні з 499 обсягами КТ і тестуванні на 131 томах КТ може досягти точності 0,901 з позитивним прогнозним значенням 0,840 і від'ємне прогнозне значення 0,982. Це дослідження пропонує швидкий підхід до виявлення зараженого пацієнтом COVID-19, який може надати велику допомогу в своєчасному карантині та медикаментозному лікуванні. Останній приклад - використання ШІ в режимі реального часу для прогнозування випадків зараження COVID-19 у Китаї [13]. Висока точність підходу на основі ШІ, запропонованого в [13], корисна для моніторингу спалаху COVID-19 та вдосконалення стратегій охорони здоров'я та політики. Поряд із згаданими вище заявками, необхідна участь гігантських технологій, оскільки дослідники, лікарі та вчені можуть бути ефективно підтримані для прискорення досліджень та розробок вірусу COVID-19. Нещодавно IBM оголосила, що зараз надає хмарний дослідницький ресурс, який пройшов підготовку за набором даних COVID-19 [14]. Більше того, IBM прийняла запропоновану технологію для виявлення ліків, з якої було отримано 3000 нових молекул COVID-19, офіційно повідомлених у [15].

1.3 Великі дані

1) Визначення та характеристики: Швидкий розвиток Інтернету речей (IoT) призводить до масового вибуху даних, що утворюються з всюдисущих носимих пристроїв та датчиків. Безпрецедентне збільшення обсягів даних, пов'язане з удосконаленням аналітичних методів на основі ШІ, призвело до появи епохи великих даних [16]. Великі дані використовуються в широкому діапазоні галузей промислового застосування, включаючи охорону здоров'я, де використовується Електронна медична карта (ЕМК)(англ.EHR) з інтелектуальною аналітикою для покращення медичних послуг. Наприклад, великі дані щодо здоров'я потенційно підтримують аналіз стану здоров'я пацієнтів, допомогу в діагностиці та виробництво ліків [17]. Великі дані можуть бути створені з ряду джерел, які можуть включати соціальні графіки в Інтернеті, мобільні пристрої (тобто смартфони), пристрої IoT (тобто датчики) та загальнодоступні дані [18] в різних форматах, таких як текст або відео. У контексті COVID-19 великі дані стосуються даних догляду за пацієнтами, таких як записки лікаря, рентгенівські звіти, історія випадків, список лікарів і медсестер, а також інформація про райони спалаху. Загалом, великі дані - це інформаційний актив, який характеризується таким високим обсягом, швидкістю та різноманітністю конкретних технологій та аналітичних методів перетворення у корисну інформацію для обслуговування кінцевих споживачів.

- Обсяг: Ця функція показує величезну кількість даних, яка може варіюватися від терабайт до екзабайтів. Згідно з прогнозом Cisco, очікується, що трафік даних до 2020 року досягне 930 екзабайтів, що в 7 разів збільшується в порівнянні з 2017 роком [19].

- Різноманітність: це стосується різноманітності та неоднорідності великих даних. Наприклад, великі дані про охорону здоров'я можуть бути отримані від користувачів охорони здоров'я (тобто лікарів, пацієнтів), медичних пристроїв IoT та медичних організацій. Дані можуть бути відформатовані у

тексті, зображення, відео зі структурованими або неструктурованими типами набору даних [20].

- Швидкість: Це виражає швидкість генерації даних, яку можна обчислити у часовій або частотній області. Насправді в таких промислових програмах, як охорона здоров'я, дані, що генеруються з пристроїв, завжди оновлюються в режимі реального часу, що має суттєве значення для чутливих до часу застосувань, таких як моніторинг здоров'я або діагностика [21].

2) Великі дані для боротьби з COVID-19: Доведені великі дані щодо здатності підтримувати інформацію таких захворювань, як COVID-19 [22], [23]. Великі дані потенційно дають ряд перспективних рішень для боротьби з епідемією COVID-19. Поєднуючись з аналітикою ШІ, великі дані допомагають нам зрозуміти COVID-19 з точки зору відстеження спалахів, структури вірусів, лікування хвороб та виготовлення вакцин [24]. Наприклад, великі дані, пов'язані з інтелектуальними інструментами на основі ШІ, можуть створювати складні імітаційні моделі, використовуючи коронавірусні потоки даних для оцінки спалаху. Це допоможе медичним установам у моніторингу поширення коронавірусу та підготовці кращих профілактичних вимірювань [25]. Моделі з великих даних також підтримують майбутнє прогнозування епідемії COVID-19 завдяки її здатності збирати і використовувати велику кількість даних для раннього виявлення захворювання. Більше того, аналітика великих даних з різних джерел реального світу, включаючи заражених пацієнтів, може допомогти здійснити масштабні дослідження COVID-19 для розробки комплексних рішень лікування з високою надійністю [26], [27]. Це також допоможе медичним працівникам зрозуміти розвиток вірусу для кращого реагування на різні методи лікування та діагнози.

2 ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ВЕЛИКИХ ДАНИХ ПРИ ВИЯВЛЕННІ ПАНДЕМІЇ COVID-19

2.1 Застосування штучного інтелекту для боротьби з COVID-19

2.1.1 Штучний інтелект для виявлення та діагностики COVID-19

Як одне з найбільш ефективних рішень для боротьби з пандемією COVID-19, раннє лікування та прогнозування мають важливе значення. В даний час стандартним методом класифікації респіраторних вірусів є техніка виявлення полімеразної ланцюгової реакції зворотної транскрипції (RT-PCR). У відповідь на вірус COVID-19, деякі зусилля були спрямовані на вдосконалення цієї методики [28] та інших альтернатив [29]. Однак ці методи, як правило, затратні та трудомісткі, мають низьку справжню позитивну швидкість і потребують конкретних матеріалів, обладнання та інструментів. Більше того, більшість країн страждає від браку наборів для тестування через обмеження бюджету та методик виготовлення. Таким чином, стандартний метод не підходить для задоволення вимог швидкого виявлення та відстеження під час пандемії COVID-19. Просте і недороге рішення для ідентифікації COVID-19 - це використання розумних пристроїв разом із системами ШІ [30], [31]. У літературі це називається мобільним здоров'ям (англ. mobile health) або м-здоров'ям (англ. mHealth) [32]. Ці роботи корисні, оскільки розумні пристрої щодня використовуються для багатьох цілей. Більше того, поява хмарних та крайових обчислень може ефективно подолати обмеження можливостей для зберігання та обчислення [33], [34].

Ще одна директива щодо виявлення COVID-19 полягає у використанні технологій ШІ для обробки медичних зображень, які останнім часом з'явилися у багатьох попередніх публікаціях [35] - [44]. Оскільки ми обмежуємо цю статтю вірусом COVID-19, зацікавленим читачам пропонується прочитати опитування [45], [46] для інших застосувань ГН в аналізі медичних зображень. У цих роботах зазначається, що рентгенівські знімки та комп'ютерна томографія (КТ) широко

використовуються як вхід моделей ГН, щоб автоматично виявити інфікований випадок COVID-19. Автори в [47] намагаються розробити глибоку згорнуту модель нейронної мережі (CNN) для виявлення випадків COVID-19, мотивованої важливим висновком, що інфіковані пацієнти COVID-19 зазвичай виявляють порушення в рентгенографії грудної клітки. Класифікація трьох класів (нормальна, інфікована COVID-19 та інфікована не COVID-19) у цій роботі є корисною, якщо медичному персоналу необхідно вирішити, які випадки слід перевірити стандартними методами (між нормальними та зараженими COVID-19 випадками) та які стратегії лікування слід застосовувати (між випадками зараження, не зараженими COVID-19). Навчаючись за набором даних з відкритим кодом з 16, 756 зображеннями 13, 645 пацієнтів, запропонована модель CNN може досягти точності 92,4%. Використання методів МН та ГН для сканування КТ грудної клітки для виявлення COVID-19 було розглянуто у [35], [36], [48] - [51] відповідно. Ці роботи демонструють високу ефективність, оскільки вони можуть досягти високої точності класифікації, наприклад, 99,68% у [35], площі під кривою (AUC) з оцінкою 0,994 в [36], AUC 0,996 в [48] та точності 82,9% (98,27%) із специфікою міста 80,5% (97,60%) та чутливістю 84% (98,93%) у [49] та [50]. Оскільки вартість рентгенівських сканувань зазвичай дешевша, ніж КТ-зображення, значна частина дослідницьких робіт для виявлення COVID-19 використовує моделі ГН із зображеннями КТ. Наприклад, в роботі [40] використовує глибоку модель CNN, що називається Decompose, Transfer and Compose (DeTraC), для обробки рентгенівських знімків грудної клітки для класифікації COVID-19. Основне призначення декомпозиційного шару - зменшити простір функцій, таким чином, отримати більше підкласів, але покращити ефективність навчання, тоді як складний шар - поєднувати підкласи з попереднього шару, щоб отримати результат остаточної класифікації. Окрім шарів декомпозиції та композиції, переносний шар розміщується посередині, щоб прискорити час навчання, зменшити витрати на обчислення та зробити модель ГН відстежуваною з невеликими наборами даних. Важливість трансферного навчання зробила його популярним у багатьох роботах,

наприклад, [38], [41], [42]. Підсумовуючи цей параграф, загальне представлення моделей на основі ГН для виявлення та діагностики COVID-19 може бути показано на рис. 3, де ми представляємо вихід у вигляді двійкової класифікації: інфіковані COVID-19 та нормальні.

У боротьбі з пандемією COVID-19 розробка ефективних методів діагностики та лікування відіграє важливу роль у пом'якшенні впливу вірусу COVID-19. В роботі[52] впроваджує метод, заснований на вивченні ГН та глибокого підкріплюваного навчання (англ. deep reinforcement learning, DRL) для кількісної оцінки відхилень від хвороби COVID-19. Вхід у запропоновану модель навчання - це зображення без контрастності грудної КТ, тоді як вихід - показники ступеня тяжкості, включаючи відсоток непрозорості (РОО), показник тяжкості хвороби легенів (LSS), відсоток високої непрозорості (РОНО) та показник високої непрозорості легенів. (LHOS). Запропонована модель навчання при навчанні та тестуванні на наборі даних з 568 КТ зображень та 100 зразків відповідно показує перспективні результати, оскільки коефіцієнт кореляції Пірсона між основної істиною та передбачуваним виходом становить 0,97 для РОО, 0,98 для РОНО, 0,96 для LSS та 0,96 для LHOS. Ще одна робота, що використовує технологію глибокого навчання з зображеннями КТ, є в [53], де два вимірювальні показники: об'єм зараження та відсоток зараженості кількісно оцінені. На відміну від інших досліджень, в роботі [44] використовується попередньо підготовлена модель ResNet50V2 [54] з байєсівським класифікатором ГН, щоб визначити діагностичну невизначеність. Випадкова лісова (англ random forest, RF) модель була досліджена в [55], щоб оцінити ступінь тяжкості COVID-19, де з ознак КТ грудної клітки витягують 63 ознаки, наприклад, коефіцієнт зараження легень та ураження непрозорості. Результат є дуже перспективним, оскільки він може досягти чутливості 0,933, вибіркості 0,745, точності 0,875 та оцінки AUC 0,91. Ключовим підсумком цього дослідження є те, що рівень тяжкості більше залежить від особливостей, витягнутих з правої легені. Намагаючись розробити масштабоване та економічно ефективне рішення для діагностики COVID-19, автори [56] пропонують

«AI4COVID-19», заснований на ШІ, який враховує глибокі знання медичних експертів та використовує смартфони для запису кашлю (звукових сигналів) як вхідних даних. Зокрема, метод спирається на той факт, що хвороба COVID-19, ймовірно, має ідіосинкразії від основної патоморфологічної зміни, наприклад, синдром «матового скла» (91% для COVID-19 проти 68% для не COVID-19), судинні потовщення (59% для COVID-19 проти 22% для не COVID-19).

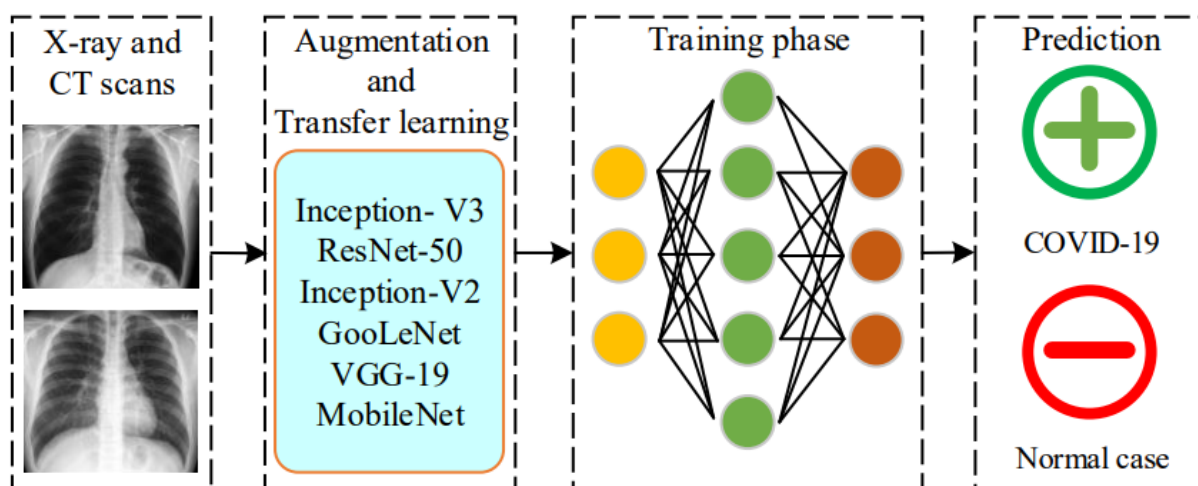


Рисунок 2.1 – Ілюстрація структур для виявлення та діагностики COVID-19 на основі ГН.

Незважаючи на цікаві результати (наприклад, середня точність 97,74% та час реакції протягом 60 секунд), реалізація «AI4COVID-19» у більшому масштабі наразі обмежена кількома питаннями, такими як кількість та якість наборів даних та відсутність клінічної перевірки

2.1.2 Визначення, відстеження та прогнозування спалаху

Традиційна модель для прогнозування інфекційного характеру захворювання - модель SIR (Сприйнятливість до зараження-видалення). Ця модель SIR може бути виражена наступними нелінійними диференціальними рівняннями [57]:

$$dS/dt = -\beta SI, \quad dI/dt = \beta SI - \gamma I, \quad dR/dt = -\gamma I, \quad (1)$$

де S , I , R позначають сприйнятливих, інфікованих та усунених осіб відповідно, β - швидкість передачі, а γ - швидкість відновлення. Однак ця модель не підходить для пандемії COVID-19 через її припущення, які є: 1) відновлені випадки не заражаються знову, і 2) модель просто ігнорує залежність від часу двох параметрів β і γ , що змінюється за часом. Щоб подолати проблеми, пов'язані з традиційною моделлю SIR, було докладено певних зусиль для належної адаптації пандемії COVID-19. Наприклад, модель [SIR], що залежить від часу, була запропонована в [58], яка може адаптуватися до зміни законів щодо боротьби з інфекційними захворюваннями та запобігання, таких явищ як зупинка інфраструктури міста, зокрема трафіку, оскільки параметри контролю β та γ моделюються як часові, варіабельні змінні. Цю модель можна вдосконалити за рахунок наявності двох типів інфікованих пацієнтів: виявлених та невизначених, у яких перший рівень нижчої швидкості передачі, ніж у другого. Числові результати [58] показують, що запропонована залежно від часу модель може точно передбачити кількість підтверджених випадків у Китаї та час спалаху деяких країн, таких як Республіка Корея, Італія та Іран. Кілька варіантів інших досліджень моделі SIR, наприклад, просторово-часова залежність пандемії COVID-19 в [59], модель SIQR в [60], де додаткова змінна, а саме карантин, розглядається в традиційній моделі SIR, і стохастична модель SIR в [61]. Як підсумок, ці моделі можуть передбачати спалах COVID-19 та надсилати тривожні повідомлення урядам та розробникам рекомендацій, щоб деякі дії потрібно було вжити заздалегідь до початку спалаху.

Для моделювання розміру спалаху COVID-19 за останні кілька місяців було проведено ряд науково-дослідних робіт за допомогою моделей МН та ГН. Наприклад, автори [62] стверджували, що традиційна модель SIR не здатна зафіксувати наслідки більш деталізованих взаємодій, таких як соціальна дистанція та карантинна політика. Автори запропонували кодувати карантинну політику як сильну функцію, яка потім включається в нейронну мережу для прогнозування кількості спалаху в місті Ухань, Китай. Результати експериментів із використанням загальнодоступних даних Національної комісії з охорони

здоров'я Китаю демонструють, що політика карантину відіграє важливу роль у боротьбі зі спалахом COVID-19, а кількість заражених випадків може зростати експоненціально без правильної політики карантину. Автори також застосували запропоновану модель навчання в [63], щоб оцінити глобальний розмір спалаху та отримати аналогічні результати. Зовсім недавно деякі вчені запропонували працювати безпосередньо з емпіричними даними для оцінки розміру спалаху, наприклад, логістична модель в [64], байесонівська нелінійна модель в [65], процедура прогнозування в [66], і авторегресивна інтегрована ковзаюча середня (ARIMA) модель у [67]. У дослідженні [68] представлений керований даними підхід до вивчення феноменології COVID-19. Запропонована модель дозволяє нам зчитувати безсимптомну інформацію, наприклад, відставання (також відомий як інкубаційний період) приблизно 10 днів і вірулентність 0,14%.

Ще одна цікава робота в [69] запропонувала модифікований автокодер (MAE) для моделювання динаміки передачі COVID-19 у світі. Використовуючи дані, зібрані з доповідей ВООЗ, показано, що запропонована модель MAE може точно передбачити місце спалаху із середньою помилкою менше 2,5%. Експериментальні результати також показують, що спалаху COVID-19 можна ефективно запобігти за допомогою швидкого втручання в охорону здоров'я, наприклад, порівняно з одномісячним втручанням, тижневий випадок може зменшити максимальну кількість випадків кумулятивного та летальних випадків приблизно в 166,89 разів. Застосовуючи модель MAE для даних спостереження за підтвердженими випадками Covid-19 у Китаї [13], автори також показали високі можливості прогнозування запропонованої моделі MAE для динаміки передачі та плато COVID-19 у Китаї. Автори [70] запропонували поєднувати медичну інформацію (наприклад, про складні та летальні випадки) та місцеві дані погоди для прогнозування рівня ризику в країні. Зокрема, нейронна мережа з неглибокою короткотерміною пам'яттю (LSTM) використовується для подолання викликів малого набору даних, а рівень ризику (високий, середній та відновлення) країни класифікується за допомогою нечіткого правила. Результати

експерименту показують, що запропонована модель навчання може досягати середньої точності 78% у 170 країнах.

2.1.3 Штучний інтелект з питань інфодеміології та інформаційного спостереження

На сьогодні найнадійніша інформація про пандемію COVID-19 поширюється за допомогою офіційних веб-сайтів та соціальних каналів організацій охорони здоров'я, таких як ВООЗ, та міністерства охорони здоров'я та добробуту в кожній країні. Однак онлайн-платформи (наприклад, Facebook, Twitter, YouTube та Instagram) показали своє значення для розповсюдження інформації, що стосується пандемії COVID-19. Незалежно від якості та джерела, інформація з медіа-платформи та Інтернету є високодоступною та своєчасною, тому можливий подальший аналіз, якщо дані можна збирати та обробляти належним чином. Як потужний інструмент для боротьби з величезною кількістю даних, ШІ був використаний для кращого розуміння динаміки соціальних мереж та покращення ситуації COVID-19. Щоб проілюструвати застосування ШІ під час пандемії, в роботі [71] представлено кілька прикладів реального життя: 1) використання даних Twitter для відстеження поведінки громадськості, 2) вивчення здоров'я поведінки спалаху еболи та 3) реакція громадськості на спалах Чикунгуньї.

Як і в попередніх пандеміях, нещодавнє виникнення COVID-19 вимагає проведення декількох досліджень з точки зору індеміології та інформаційного спостереження. Автори в роботі [72] проаналізували дані, зібрані з трьох популярних в Китаї соціальних платформ: Sina Weibo, пошукової системи Baidu та ринку електронної комерції Ali 29 для оцінки проблем громадськості, сприйняття ризиків та відстеження поведінки населення у відповідь на спалах COVID-19. Більш конкретно, громадські емоції оцінюються за допомогою програми аналізу тексту, яка називається Лінгвістичний запит та кількість слів (LIWC), тоді як увагу та обізнаність громадськості та дезінформація оцінюються шляхом побудови щоденного індексу Вейбо, який становить кількість публікацій

із ключовими словами, що стосуються до пандемії COVID-19. Більше того, щоденні індекси Байду та Алі використовуються для оцінки намірів та поведінки для дотримання рекомендованих заходів захисту та / або чуток про неефективне лікування під час спалаху COVID-19. Результати показують, що швидка класифікація чуток та дезінформації може значно полегшити вплив ірраціональної поведінки. Програми комп'ютерного прослуховування (CA), тобто аналіз мови та звуку з ШІ, щоб внести свій внесок у пандемію COVID-19, були розглянуті в [73]. Подібно до текстових підказок [72], для подальшого аналізу можна збирати розмовні дані з новин, рекламних відео та соціальних медіа. Також представлено кілька можливих випадків використання, включаючи оцінку ризику, діагностику, моніторинг поширення та впливу на соціальну дистанцію, перевірку лікування та відновлення, генерацію мови та звуку. Окрім потенціалу Програми комп'ютерного прослуховування в області боротьби з COVID-19, необхідно вирішити деякі проблеми, наприклад, як зібрати дані пацієнта COVID-19, як ефективно та в режимі реального часу обробляти аудіо- та мовленнєві дані та як пояснити результати, отримані з рішень на основі Програми комп'ютерного прослуховування.

Інше застосування ШІ можна знайти в [74], де дані, пов'язані з COVID-19, збираються з неоднорідних джерел на різних рівнях, включаючи офіційні організації охорони здоров'я (наприклад, веб-сайти ВООЗ та урядові округи), демографічні дані, дані про мобільність (наприклад, щільність руху на карті Google) та створені користувачем дані з платформ соціальних медіа. Використовуючи умовні генеративні змагальні мережі для збагачення обмежених даних та нового гетерогенного автокодера для графіку для оцінки ризику за ієрархічним принципом. Запропонована система α -супутників дозволяє нам бути обізнаними про ризик COVID-19 у визначеному місці, таким чином дозволяючи вибір та відповідні дії, щоб мінімізувати вплив COVID-19. Нещодавно автори в роботі [75] запропонували новий метод, а саме Доповнений ARGONet, щоб оцінити кількість підтверджених випадків COVID-19 за два дні вперед. Дані збираються з різних джерел, включаючи офіційні звіти про здоров'я

служби охорони здоров'я Китаю, з пошуку в Інтернеті від Baidu, активність новинних ЗМІ від Media Cloud та щоденні прогнози, досягнуті за моделлю, запропонованою в [76]. Для збагачення набору даних кожену точку даних також доповнюють, додаючи випадковий гауссовий шум із середнім значенням 0 та стандартним відхиленням 1.

Регресійну модель Лассо застосовують для прогнозування кількості підтверджених випадків для 32 провінцій Китаю. Результати показують, що запропонований розширений ARGONet здатний перевершити базові моделі для більшості сценаріїв тестування.

2.1.4 Штучний інтелект для біомедицини та фармакотерапії

Світ побачив гонку з отримання ефективних вакцин та медикаментозне лікування з метою боротьби з вірусом COVID-19, що вимагає значних зусиль не тільки науки про здоров'я, але й інформатики, за допомогою ШІ та нових технологій. Автори в роботі [77] відповіли на запитання «Чому ШІ не може спричинити перевагу біомедичних досліджень». По-перше, величезна кількість біомедичних даних спричинило використання ШІ в різних областях біомедицини та фармацевтичної промисловості. ГН з глибокими нейронними мережами здатний обробляти об'ємні та неструктуровані дані з нелінійними зв'язками, які відповідають біомедичним даним, таким як транскриптика та протеоміка. Нарешті, високі можливості для отримання функцій вищого рівня роблять ГН потенційним кандидатом для аналізу, зв'язування та інтерпретації різномірних медичних даних, таких як дані мікромасиву ДНК. Останні кілька років спостерігається широкий спектр застосувань ШІ для досліджень у галузі біомедицини, наприклад, класифікація медичних зображень, аналіз геномних послідовностей, класифікація та прогнозування, біомаркери, структурна біологія та хімія, обробка даних у багатьох платформах, виявлення та перестановка ліків [78,79]. Через тяжкість пандемії COVID-19 останнім часом ШІ знайшов застосування медицини для стримування розповсюдження коронавірусу, в

основному зосередженого на прогнозуванні структури білка, виявленні лікарських засобів та їх ре позиціонуванні.

Використання ІІІ для виявлення нових лікарських засобів та / або існуючих препаратів, які використовуються для лікування вірусу COVID-19, корисне як з економічної, так і з наукової точки зору, особливо коли клінічно перевірені лікарські засоби та вакцини відсутні. В роботі [80] використовується специфічний набір даних про вірус COVID-19 для навчання моделі ГН. Потім ця навчена модель використовується для перевірки 4895 доступних у продажу лікарських засобів та інших потенційних інгібіторів з високою ефективністю. В цілому десять існуючих препаратів перераховані як потенційні інгібітори, наприклад, інгібітор ВІЛ абакавір, а респіраторні стимулятори - альмітрин-мезилат та рофлуміласт.

В роботі [81] запропонована керована даними модель реорганізації лікарських засобів за допомогою комбінації методів МН та статистичного аналізу. Спочатку автори обрали список з 6225 препаратів-кандидатів, які потім звужуються через послідовні фази, включаючи алгоритм виведення знань на основі мережі, метод вилучення на основі ГН та підхід до аналізу карти зв'язків. Після досліджень *in silico* та *in vitro* було встановлено, що інгібітор, а саме CVL218, є кандидатом у препарати для лікування вірусу COVID-19. Потенціал цього полягає в тому, що інгібітор CVL218 перевіряється на безпеку у мавп та щурів.

В роботі [82] використовується сямська нейронна мережа (SNN) для виявлення структури білка COVID-19 проти вірусів Ебола та ВІЛ-1. Переваги цієї роботи полягають у тому, що запропонована модель ГН може бути навчена без необхідності великого набору даних та може працювати безпосередньо з наявними біологічними наборами даних замість публічних наборів даних, які не визначені щодо вірусу COVID-19. Окрім перезаміни існуючих засобів, багато робіт було присвячено виявленню нових лікарських засобів [83] - [86] та прогнозуванню структури білка [87] - [89] для боротьби з пандемією COVID-19. Наприклад, в роботі [84] розглянуто модель ГН, названу контрольованим

поколінням молекул (CogMol) для вивчення молекул-кандидатів, здатних зв'язувати білкові мішені вірусу COVID-19, які потім використовуються для генерування лікарських препаратів-кандидатів для лікування Вірус COVID-19. Більше того, багатозадачна глибока нейронна мережа використовується для прогнозування токсичності утворених молекул, тим самим покращуючи процес скринінгу кремнію та збільшуючи рівень успішності кандидатів лікарських засобів.

2.2 Застосування великих даних для боротьби з covid-19

У цьому підрозділі обговорюється потенціал великих даних при виявленні пандемії COVID-19 за допомогою чотирьох основних областей застосування: прогнозування спалахів, відстеження поширення вірусу, діагностика / лікування коронавірусу та виявлення вакцини / ліків, як показано на рис. 2.2

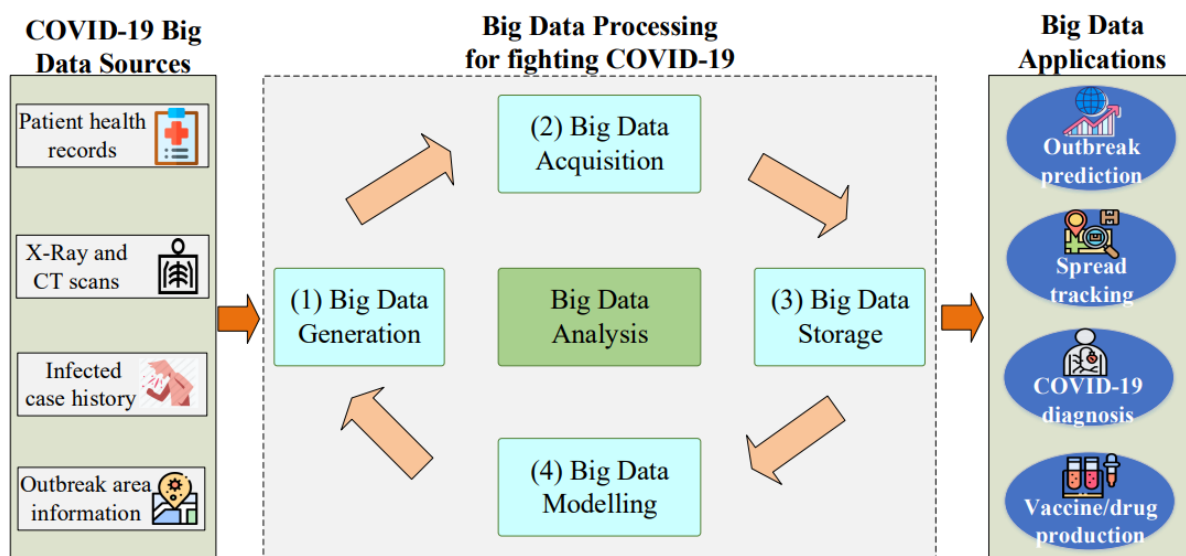


Рисунок 2.2 – Великі дані та їх застосування для боротьби з пандемією COVID-19.

2.2.1 Прогноз спалаху

Великі дані відіграють важливу роль у боротьбі з COVID-19 завдяки своїй спроможності передбачити спалах із широкомасштабної аналітики даних. Наприклад, в роботі [90] використовувались реальні набори даних, зібрані з пандемії COVID-19 в Італії, щоб оцінити можливість спалаху, що має важливе значення для планування ефективних стратегій боротьби з хворобою. Замість використання простої та детермінованої моделі, заснованої на передачі людиною [91], автори розробили більш складні моделі, які дозволяють точно сформулювати динаміку пандемії на основі величезних наборів даних з італійських джерел цивільного захисту. Іншим джерелом даних для прогнозування спалахів є загальнодоступний набір даних, який може бути використаний для візуалізації географічних районів з можливим спалахом [92]. Перше випробування - це розслідування в Ухані, метою якого є спостереження за міграцією людей з міста Ухань та з тим, щоб медичні установи могли передбачити населення, заражене COVID-19, на карантині.

Тим часом у роботі [93] були використані дані, пов'язані зі спалахом COVID-19, з таких авторитетних джерел, як Національна, провінційна та муніципальна комісії зі здоров'я Китаю (<http://www.nhc.gov.cn/>). Це велике джерело даних може допомогти застосувати пандемічне моделювання для інтерпретації сукупної кількості заражених людей, нових випадків у різних регіонах, тобто в Хубеї, Ухані, Пекіні та Шанхаї. Що ще важливіше, це дозволяє нам проводити симуляції для прогнозування тенденції спалаху COVID-19, тобто виявлення районів, що мають високий ризик розвитку пандемії, та виявлення населення із збільшенням кількості інфікованих випадків, що сприяє успіху анти-пандемічній кампанії.

Великі дані також дозволяють прогнозувати спалахи в глобальному масштабі. З точки зору аналізу даних, спалах прогнозується за допомогою наявних точок даних, які ставлять під сумнів точність даних для надійної оцінки через відсутність комплексних досліджень. Точність може залежати від кількості негативних сприятливих факторів починаючи від випадків зараження,

населення, умов життя, навколишнього середовища тощо. Мотивовані цим, зусилля в дослідженні [94] використовували великий набір даних з різних регіонів та країн, таких як Корея, Китай, оцінити пандемію на основі логістичної моделі, яка може регулювати надійність прогнозів. В іншому дослідженні [95] було використано Google Trends як інструмент інженерії даних для збору інформації, пов'язаної з коронавірусом, у Китаї, Південній Кореї, Італії та Ірані. Дані надходять за допомогою текстового пошуку з різними географічними налаштуваннями:

- 1) у всьому світі для дослідження глобального інтересу до коронавірусів;
- 2) Китай, де наразі найбільше заражених випадків;
- 3) Південна Корея, де відсотки зросли з 19 лютого через підтвердження сотні нових випадків зараження;
- 4) Італія;
- 5) Іран, де з 22 лютого було виявлено сотні нових заражень.

Це агрегування джерел даних допоможе візуалізувати тенденцію спалаху та оцінити можливі спалахи. Урядові звіти, зібрані від пандемій коронавірусу в Китаї, Південній Кореї, Італії та Ірані, також збираються та аналізуються [96] за допомогою моделі оптимізації даних, спрямованої на генерування точного прогнозування щоденних випадків зараження, які потенційно можуть бути довгостроковими прогнозами щодо майбутнього спалаху.

Більше того, робота [97] використовувала набори даних із сховища університету Джона Гопкінса, які отримують із підтверджених випадків, випадків смерті та випадків одужання всіх країн для побудови моделей прогнозування за допомогою вивчення даних. Випробування впроваджено в Індії, що свідчить про те, що запропонована аналітика даних може оцінити спалах за короткострокові інтервали, тривалістю два тижні, що потенційно є розширенням із створення більш великих моделей для довгострокових прогнозів. Тим часом, інший метод аналізу даних у [98] досліджувався у США за допомогою масштабних наборів даних, зібраних з американських міст. Ключовою метою дослідження є навчання за останніми даними для обчислення

помилки прогнозування та подальшої оптимізації моделювання даних для поліпшення якості майбутнього оцінювання, зокрема і коронавірусної пандемії.

2.2.2 Відстеження поширення вірусів

Інша роль великих даних - це відстеження поширення COVID-19, що має першорядне значення для медичних організацій та урядів для успішного контролю пандемії коронавірусу [99]. Для підтримки відстеження розповсюдження COVID-19 було запропоновано ряд положень із використанням великих даних. Наприклад, дослідження [100] запропонувало велику методологію на основі даних для відстеження поширення COVID-19. Протягом грудня 2019-січня 2020 року у Національній комісії з охорони здоров'я Китаю зібрано 854 424 повітряних пасажирів, які вилетіли з аеропорту Ухань до 49 міст Китаю. Багатолінійна модель будується з використанням місцевого населення та повітряних пасажирів як орієнтовних змінних для кількісної оцінки дисперсії повідомлених випадків у містах Китаю. Більш конкретно, автори застосували аналіз кореляції Спірмена для щоденного трафіку користувачів з Уханю та загального трафіку користувачів у цей період із кількістю 49 підтверджених випадків. Аналітичні результати показують високу кореляцію між випадками позитивного зараження та чисельністю населення. Автори в роботі [101] розглядали можливість використання як великих даних для методів просторового аналізу, так і для технології географічних інформаційних систем (ГІС), що сприяло б збору даних та інтеграції неоднорідних даних із ресурсів даних охорони здоров'я, таких як уряди, пацієнти, клінічні лабораторії та громадськість.

Інші дослідницькі роботи [102] об'єднали набори даних, зібрані з Китаю, Сінгапуру, Південної Кореї та Італії для створення комплексної аналітичної моделі для відстеження поширення вірусів. На основі вивчення даних та моделювання отриманий закон макроскопічного зростання, який дозволяє оцінити максимальну кількість заражених пацієнтів у певній області. Це важливо для ефективної оцінки профілактики COVID-19 та моніторингу потенційного

поширення хвороби COVID-19, особливо в районах-центрах епідемії. На відміну від [102], дослідження в [103] запропонувало модель на основі температури, яка оцінює взаємозв'язок між кількістю заражених випадків і середньою температурою в різних країнах, необхідною для відстеження коронавірусу. Великий набір даних зібраний із 88 країн. Результати аналізу відстеження COVID-19 показують, що в країнах північної півкулі темпи зростання повинні суттєво знизитися через теплу погоду та політику закриття кордонів, порівняно з країнами південної півкулі.

Попередні роботи були зосереджені на рішеннях великих даних, де дані у формі класичних звітів із спостереження синдрому можуть бути використані для побудови моделей даних для відстеження захворювань. Однак точність та надійність моделей під питанням. Автори в роботі [104] запропонували непідконтрольну модель відстеження поширення COVID-19 з даних онлайн. Вони обрали широкий спектр споріднених симптомів, виявлених та зібраних за допомогою опитування Національної служби охорони здоров'я (NHS) у Сполученому Королівстві (Великобританія), включивши основну метрику висвітлення у ЗМІ, пов'язану з підтвердженими випадками COVID-19. Тоді пропонується метод трансферного навчання для відображення наглядових моделей COVID-19 з країни в іншу країну, де епідемія COVID-19 можливо активно поширюється.

Останнім часом Китай покладається на технології великих даних для аналізу руху людей через свої мобільні телефони та мобільні додатки [105]. Дані від операторів бездротового зв'язку використовуються для побудови траєкторії розповсюдження COVID-19, яка дуже важлива для з'ясування тих, хто контактував із зараженою людиною для проведення карантинних заходів. Наприклад, нещодавно урядове відомство в місті Шанхай запропонувало великі дані як рішення для контролю над розповсюдженням COVID-19. Велика платформа даних була розроблена для збору інформації, а саме: температури людини, даних про подорожі та карантинних областей для проведення аналітики. Іншим прикладом є те, що Китайська національна комісія з охорони здоров'я

(NHC) [106] дозволила органам місцевого самоврядування використовувати великі інструменти, засновані на даних, такі як моделювання, оцінка в поєднанні з ШІ, для відстеження епідемії в режимі реального часу.

2.2.3 Діагностика/лікування коронавірусу

Поряд із програмами прогнозування спалахів та відстеження розповсюдження, великі дані можуть підтримувати процеси діагностики та лікування COVID-19. Насправді потенціал великих даних для діагностування інфекційних захворювань, таких як COVID-19, був доведений останніми успіхами, починаючи з раннього діагностування [107], прогнозування результатів лікування та створення допоміжних інструментів. Що стосується діагностики та лікування COVID-19, великі дані дають різні рішення, як повідомляється в літературі. Дослідження в [108] представило надійний, чутливий, специфічний та високо кількісний розчин, заснований на мультиплексних ланцюгових реакціях полімерази, які здатні діагностувати SARS-CoV-2. Модель складається з 172 пар специфічних основ, пов'язаних з геномом SARS-CoV-2, які можна зібрати з Національного центру біологічної інформації Китаю (<https://bigd.big.ac.cn/ncov>). Запропонована схема мультиплексної ПЛР виявилась ефективним та недорогим методом діагностики інфекцій плазмодію плазмодія, з високим покриттям (середній 99%) та конкретним містом (99,8%). В іншому дослідженні [109] було впроваджено метод молекулярної діагностики геномних аналізів штамів SARS-CoV-2 з акцентом на вивченні австралійських мандрівників, які повернулися з хворобою COVID-19, за допомогою даних про геном, доступних за посиланням <https://www.gisaid.org/>. Це дослідження може дати важливу інформацію про вірусне різноманіття та підтримати діагностику COVID-19 у районах, де бракує геномних даних.

Тим часом автори [110] використовували клітини протеоміки, які заражаються вірусом COVID-19 для діагностики. Дані включають 6381 білок у клітинах людини із інфекцією COVID-19. Виходячи з цього, було проведено

спільний аналіз шляхів впливу та мережевий аналіз для даних, зібраних зі сховища генів в Кіото. Інше рішення в [111] використовує лабораторних мишей та приматів для ненеуральної експресії вхідних генів SARS-CoV-2. Об'ємний та одноклітинний набір даних RNA-Seq тестують для виявлення всіх типів клітин, які заразилися вірусом COVID-19, що необхідно для діагностики та / або прогнозу при COVID-19.

Через обмежений набір даних для діагностики та лікування COVID-19 було сформовано більше експериментальних даних у [112], де всі 6 епітопів (A, B, C, E, F / G і H) можуть змусити організм виробляти відповідні антитіла та генерують специфічний гуморальний імунітет. Послідовність S, E, M білка та його проксимальних послідовностей були використані, що дало 420, 334 та 329 послідовностей в цілому з бази даних NCBI для побудови остаточного набору даних після анотації геному. Виходячи з цього, автори зосереджуються на процедурі діагностики за допомогою прогнозування тривимірної структури білка-мішені та прогнозування конформаційних B-клітинних епітопів цільового білка SARS-CoV-2 у поєднанні з аналізом збереження епітопів.

Цікаво, що нещодавня робота [113] представила комплексний посібник з корисними інструментами для діагностики та лікування COVID-19. Ця інструкція складається з методики, епідеміологічної характеристики, профілактики популяції, діагностики, лікування хвороби COVID-19. У ході першого випробування великі дані лікарні Чжуннаня Університету Ухань були проаналізовані з точки зору системи збору, де було проведено обстеження 11 500 осіб, а 276 були визнані підозрюваними жертвами інфекції, а 170 діагностованих хворих на коронавірус. Масштаб клінічних тестів був реалізований від великого набору даних, типового та атипового проявів КТ / рентгенівських знімків до гематологічного дослідження та виявлення збудників хвороб в дихальних шляхах.

2.2.4 Відкриття вакцини/ліків

Розробка нової вакцини дуже важлива для захисту проти пандемії COVID-19. Великі дані можуть отримати уявлення про виявлення вакцини / препарату проти пандемії COVID-19. Небагато спроб було розробити відповідну вакцину проти COVID-19, використовуючи великі дані за цей короткий проміжок часу. В роботі [114] використано базу даних GISAID (www.gisaid.org/CoV2020/), яка використовується для вилучення залишків амінокислот. Очікується, що дослідження дозволить шукати потужні цілі для розробки майбутніх вакцин проти пандемії COVID-19. Інші зусилля з розробки вакцини присвячені дослідженню [115], що зосередили увагу на дослідженні білків шипової інфекції SARS CoV, MERS CoV та SARS-CoV-2 та чотирьох інших раніше поширених штамів коронавірусу людини. Цей аналіз дасть можливість критичного скринінгу шипової послідовності та структури від SARS CoV-2, що може допомогти розробити відповідну вакцину.

Підходи зворотної вакцинології та імунної форматики можуть бути корисними для розробки субодиничних вакцин у напрямку до COVID-19. [116]. Штам SARS-CoV-2 був обраний шляхом перегляду численних записів онлайн-бази даних Національного центру з питань біотехнології, в той час як онлайн-сервер прогнозування епітопів Immune Epitope Database використовувався для прогнозування епітопів Т-клітин і В-клітин. Для аналізу на основі вбудованого набору даних може знадобитися низка етапів, включаючи антигенність, алергенність та аналіз фізико-хімічних властивостей з метою виявлення можливих конструкцій вакцини. З Національного центру біотехнологічної інформації було також зібрано величезний набір даних для полегшення виробництва вакцин [117]. Різні пептиди були запропоновані для розробки нової вакцини проти COVID-19 через два етапи. По-перше, весь геном COVID-19 був проаналізований порівняльним геномним підходом для виявлення потенційної антигенної мішені. Потім порівняльний інструмент "Артеміда" був використаний для аналізу еталонної послідовності коронавірусу людини, яка дозволяє нам кодувати чотири основні структурні білки в коронавірусі,

включаючи білок оболонки (E), нуклеокапсидний (N) білок, білок мембрани (M) і шип (S)).

Великі дані також допомагають надати стратегії виробництва ліків. Наприклад, рішення, засноване на молекулярному стикуванні, було запропоновано в [118] для досліджень ліків. Понад 2500 малих молекул у базі даних препаратів, затверджених FDA, було вперше перевірено та затверджено за допомогою програми молекулярного стикування під назвою Glide. Як результат, п'ятнадцять із двадцяти останніх препаратів, затверджених у виявлених значних інгібіторних потенціалах, гальмують сигнальний шлях та у відповіді на швидку реакцію спонукають до віднесення таких ліків які ліки проти COVID-19. У [119] також була введена велика схема репозиціонування препаратів, керована даними. Основна мета цього проекту - застосувати МН для поєднання як графіка знань, так і літератури для розробки вакцини COVID-19.

2.3 Приклади структур на основі ші і великих даних для боротьби з COVID-19

У цьому підрозділі представлені два приклади структур на основі ШІ та великих даних. А також, як ШІ та великі дані в даний час допомагають у боротьбі з пандемією COVID-19.

2.3.1 Рішення для виявлення та спостереження на основі смартфона

Завдяки останнім вдосконаленням апаратних можливостей, еволюція бездротового зв'язку 5G та поява крайових / хмарних обчислень, мобільний телефон має багато можливостей під час спалаху вірусів, наприклад, ідентифікація, виявлення та діагностика спалахів, лікування та управління випадками зараження та усунення захворювань. Адаптоване рішення з [120], ми пропонуємо на базі мобільних телефонів, основу для виявлення та спостереження COVID-19, як показано на рис. 5. Бездротове підключення, наприклад, WiFi, 4G та 5G, широко розгорнуте майже у всіх країн, тому кожна

особа, що користується мобільним телефоном, може підключитися до Інтернету та може робити багато видів діяльності в Інтернеті [121]. Модель ГН може бути навчена в хмарі навіть на сервері, розміщеному на межі мережі, а потім розповсюджується на мобільний телефон для подальшого призначення [33]. Наприклад, використовуючи вбудовані камери та біосенсиори, мобільний телефон може збирати особисту інформацію, наприклад, рентгенівські та КТ-зображення, звук від кашлю та серцебиття, які можуть бути зашифровані та стиснуті перед відправленням у хмару для тренування та навчання ШІ а саме ГН [31], [56]. Огляд останніх досягнень біосенсорів для мобільних платформ здоров'я можна знайти в [122]. Велика кількість мобільних пристроїв, підключених до Інтернету, може послабити обмежену кількість даних, що надсилаються з смартфона. Відповідно до останнього щорічного звіту про Інтернет від Cisco [123], до 2023 року близько 29,3 млрд мережевих пристроїв будуть підключені до Інтернету, де мобільні телефони та планшети становлять відповідно 23% та 3%, а понад 70% населення світу мають мобільний зв'язок.

Незважаючи великий потенціал, для успіху системи охорони здоров'я на базі ШІ необхідно вирішити ряд викликів [124]. Перший виклик полягає в можливості та надійності апаратного та програмного забезпечення, яке використовується в мобільних пристроях, до медичної мети. Цю проблему можна подолати, розробивши стандартні мобільні пристрої з конкретними обчислювальними / чутливими компонентами та «системою на мікросхемі» (SoC). Ще один виклик виникає в протоколі щодо збору / зберігання результатів діагностики та шляху до покращення довіри пацієнтів, особливо коли вони зазвичай вважають за краще спілкуватися з лікарями особисто. Наприклад, залежно від місцевої та національної політики, результати діагностики, зібрані від людей у регіоні, потрібно передавати та зберігати на локальному сервері замість хмарного сервера, який би використовувався для підготовки моделі ГН для глобальної комунікації.

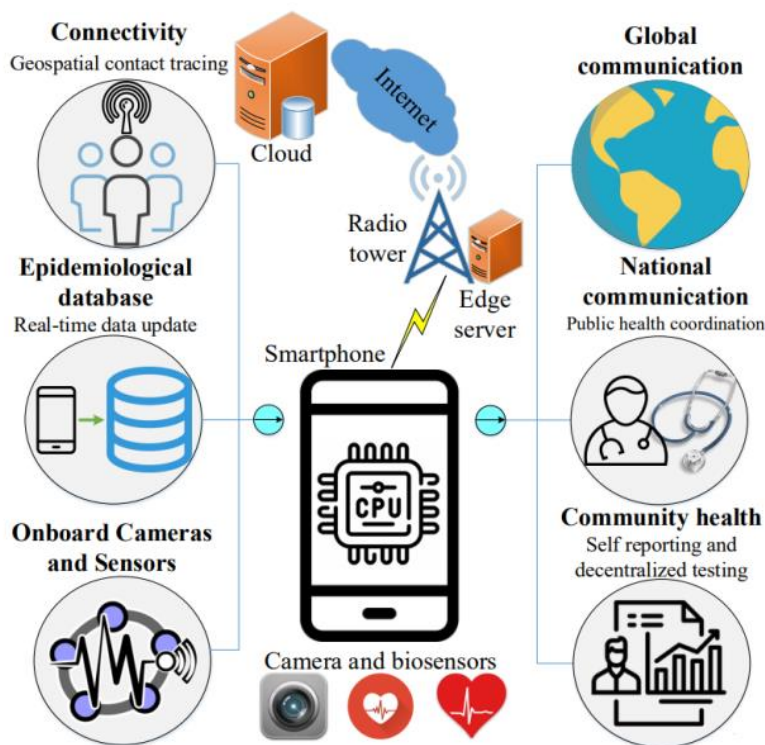


Рисунок 2.3 – Структурна схема на основі, що використовує мобільні телефони для діагностики та спостереження COVID-19. Адаптовано з [120].

Нарешті, проблемою використання мобільних пристроїв для виявлення та спостереження є те, як оцінити клінічну вартість та ефективність. Це обґрунтовано, оскільки результати, зібрані смартфоном, зазвичай сумнівні та не можуть якісно рівнятися з результатами прямого тестування.

2.3.2 Штучний інтелект та великі дані для нейтралізації виявлення антитіл

За нинішньої ситуації, коли конкретні ліки та вакцини проти вірусу COVID-19 відсутні, необхідно терміново знайти ефективне та швидке рішення для боротьби з хворобою COVID-19 та запобігання спалаху вірусу. Вмотивовані цим, автори в [125] ввели основу даних, що поєднує ШІ, великі дані та медичні знання для виявлення послідовностей антитіл, які можуть гальмувати ріст вірусу COVID-19. Схематична ілюстрація, запропонованої в [125], зображена наочно на рис. 6. Початковий набір даних складається з 1831 послідовностей антигенів і

антитіл різних вірусів, наприклад, ВІЛ, H1N1, Денге, ГРВІ та Ебола з CATNAP інструмент [126] та їх відповідні половинні значення максимальної інгібіторної концентрації (IC50)3. Більше того, автори запропонували видобути більше 102 зразків даних із банку даних білків RCSP [128] (URL: <https://www.rcsb.org/>), який потім додається до початкового набору даних, створюючи таким чином фінал набору даних 1933 зразків.

Наступний етап - вилучення функцій з набору даних 1933 зразків. Роблячи це, автори використовували програмне забезпечення для хімічної інформатики з відкритим кодом (доступне за адресою <https://www.Rdkit.org/>), а саме RDKit, щоб представити молекулярний графік. Крім того, для зменшення обчислювальної складності та дисперсійності навчальних даних, автори застосували середній рівень пулу щодо видобутих функцій. Далі застосовуються п'ять моделей МН, включаючи випадковий, XGBoost, багатошаровий перцептрон, підтримуючі векторні машини та логістичну регресію, щоб оцінити їхню ефективність в умовах багатократної перехресної перевірки. Результати експерименту показують, що модель XGBoost є найдосконалішою, тому обрана для пошуку потенційних кандидатів на антитіла до вірусу COVID-19. Що ще важливіше, модель XGBoost є дуже перспективною, оскільки вона може досягти видатного позакласного прогнозування для різних сімей вірусів, наприклад, 100% для ГРВІ, 84,61% для грипу та 75% еболи та гепатиту. Після цього, оскільки вірус COVID-19 має схожі характеристики (88-89% схожість [129]) з SARS-CoV-2, автори запропонували генерувати набір з 2589 гіпотетичних кандидатів на основі нейтралізуючих антитіл та ознак послідовності проти ГРВІ. З усіх кандидатів, остаточно 8 структур вибирають як потенційні послідовності антитіл для нейтралізації захворювання COVID-19. Результати, виявлені в цьому дослідженні, будуть використані для подальших наукових досліджень, а також інших ефективних лікарських засобів та вакцин для лікування COVID-19.

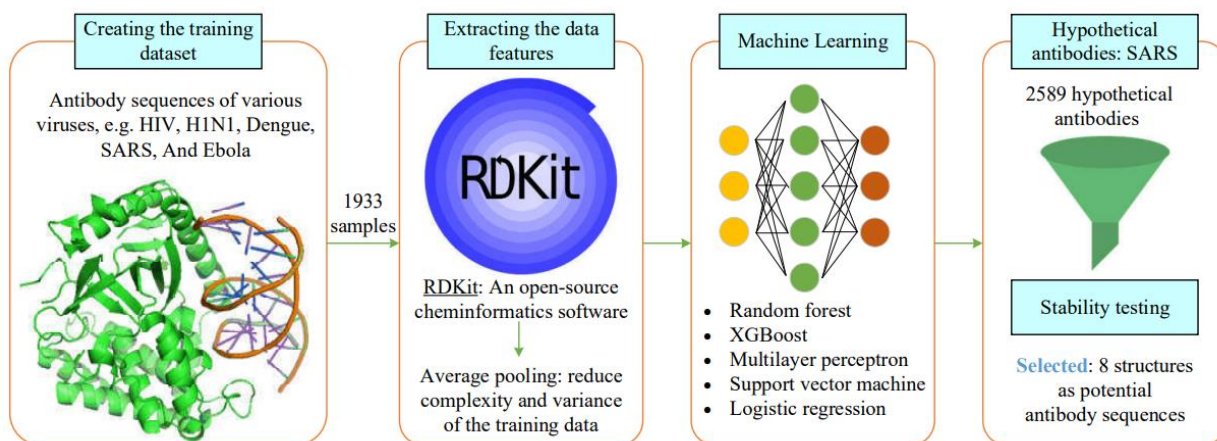


Рисунок 2.4 – Ілюстрація керованої даними структури для виявлення послідовностей антитіл для лікування захворювання COVID-19 [125].

3. IC₅₀ is a quantitative measure that denotes the concentration of a substance required for % inhibition [127].

2.4 Завдання, уроки та рекомендації

Як було розглянуто в попередніх розділах, ШІ та великі дані знайшли свій великий потенціал у світовій битві проти пандемії COVID-19. Крім очевидних переваг, є ще проблеми, які необхідно обговорити та вирішити в майбутньому. Крім того, ми висвітлюємо деякі уроки, що впливають із цього документу, та даємо деякі рекомендації для громад та органів влади.

А. Виклики та рішення

1) Регулювання.

На тлі спалаху, щоденна кількість підтверджених випадків (інфікованих та померлих) значно збільшується, для контролю спалаху пандемії були застосовані різні підходи, наприклад, блокування, соціальна дистанція, екранізація та тестування у великих масштабах. Таким чином, регулюючі органи займають вирішальну роль у визначенні політики, яка може сприяти залученню мешканців, науковців та дослідників, промисловості, гігантських технологій та великих виробників, а також гармонізації підходів, що виконуються різними

структурами, щоб уникнути будь-яких бар'єрів та перешкод на шляху запобігання хвороби COVID-19.

З приводу цього виклику було зроблено багато спроб від першого підтвердженого випадку COVID-19 до поточної ситуації. Приклад - з карантинної політики в Кореї, яка діє з 1 квітня 2020 року. Більш конкретно, всі пасажери, які в'їжджають в Корею, проходять карантин протягом 14 днів за зареєстрованими адресами або спеціальними об'єктами. Крім того, всі пасажери зобов'язані щодня двічі на день проводити самодіагностику та надсилати звіти за допомогою програм самодіагностики, встановлених на їх мобільних телефонах. Уряд столиці Сеулу запровадив систему «виклику ШІ» для автоматичної перевірки стану здоров'я людей, які не мають мобільних телефонів та / або не встановили програми самодіагностики [130]. Інші зусилля - це співпраця між урядом провінції Чжецзян та Академією DAMO Alibaba для розробки платформи ШІ для автоматичного тестування та аналізу COVID-19 [131].

2) Відсутність стандартних наборів даних.

Критична проблема виникає через відсутність стандартних наборів даних для подальшої розробки ШІ та великої платформи даних і додатків, як надійного рішення для боротьби з вірусом COVID-19. В попередніх розділах, було запропоновано багато алгоритмів ШІ та великих платформ даних, але вони не перевіряються за допомогою одного і того ж набору даних. Наприклад, алгоритми в [49] та [50] перевірені, щоб відповідно досягти точності 82,9% / 98,27%, із специфікою 80,5% та 97,60%, чутливості 84% та 98,93%. Однак ми не можемо визначити, який алгоритм кращий для виявлення вірусів, оскільки використовуються два набори даних з різною кількістю зразків. Крім того, більшість наборів даних, знайдених у літературі, були зроблені завдяки індивідуальним зусиллям, наприклад, автори збирають деякі набори даних, доступні в Інтернеті, а потім уніфікують їх для створення власного набору даних та оцінки запропонованих алгоритмів.

Для подолання цього виклику ключову роль відіграють урядові, гігантські та медичні організації (наприклад, BOOЗ та CDC), оскільки вони можуть спільно працювати над якісними та великими наборами даних. Ці суб'єкти можуть надавати різноманітні джерела даних, наприклад, рентгенівські та КТ-дослідження в лікарнях, супутникові дані, особисті дані та звіти з програм самодіагностики. Наприклад, набір даних CORD-19 [14] був розроблений та керований Центром безпеки Джорджтауна та іншими партнерами, такими як Інститут Аллена для ШІ, Ініціатива Чана Цукерберга, Microsoft Research та Національний інститут здоров'я. Крім того, Академія Alibaba DAMO співпрацювала з багатьма лікарнями в Китаї, щоб створити системи ШІ для виявлення випадків заражених COVID-19, де Академія Alibaba DAMO відповідає за розробку алгоритмів ШІ, а лікарні відповідають за надання КТ більш ніж 5 000 підтверджених випадків COVID-19. Як повідомляється в роботі [132], цю систему використовували понад 20 лікарень Китаю завдяки чудовій продуктивності: точності 96% лише протягом 20 секунд. Як окремі ініціативи управління загальнодоступними наборами даних медичних зображень COVID-19 розглянуто в [133], а глобальна колекція проектів з відкритим кодом на COVID-19 доступна за адресою <http://open-source-covid-19.weileizeng.com/>.

3) Виклики щодо конфіденційності та безпеки.

Важливим завданням зараз є підтримування здорових людей швидкий контроль ситуації; однак, як тема захисту приватної особистої інформації не менш важлива і її слід досліджувати. Прикладом цього виклику є скандал програми для відеоконференцій Zoom з приводу питань безпеки та конфіденційності. В умовах пандемії влада може вимагати від своїх людей обміну їх особистою інформацією, наприклад, місцеположення GPS, сканування КТ, звіти про діагностику, траєкторію подорожей та щоденні дії, необхідні для контролю ситуації, вироблення актуальної політики, і вирішити негайні дії. Дані є обов'язковим для гарантування успіху будь-яких платформ ШІ та великих даних; проте зазвичай люди не хочуть ділитися своєю особистою інформацією,

якщо це не офіційно вимагається. Є компроміс: конфіденційність / безпека та ефективність.

Для вирішення питань конфіденційності та безпеки під час пандемії COVID-19 доступно багато технологій. Тут ми розглянемо деякі потенційні рішення, які можуть слугувати директивами дослідження в майбутньому.

- Блокчейн: В основному блокчейн визначається як децентралізована, незмінна та публічна база даних, де кожна транзакція перевіряється всіма вузлами мережі, що вмикається алгоритмами консенсусу [134], [135]. Блокчейн знайшов свій успіх для різних програм охорони здоров'я [135], [136], тому можливе розгортання рішень на основі блокчейну для поліпшення безпеки користувачів та конфіденційності даних протягом періоду спалаху COVID-19. MiPasa - один із проектів, який поєднує дві новітні технології від IBM: блокчейн та хмарні обчислення [137]. Метою цього проекту є надання надійних, доступних та якісних даних громадам.

- Федеративне/розподілене навчання (FL): Зазвичай, дані слід збирати та зберігати централізовано для навчання моделей ГН. Розподілене навчання пропонує нове рішення, в якому більшість особистих даних не потрібно передавати на центральний сервер [138]. Застосовуючи на базі ІІІ, використовуючи мобільні телефони для діагностики COVID-19, кожен телефон може тренувати власну модель ГН, використовуючи місцеві дані. Мобільні телефони передають свої навчені моделі на центральний сервер, який відповідає за агрегацію для створення глобальної моделі, яка потім поширюється на всі мобільні телефони. Зауважимо, що телефон не обмежується лише мобільним телефоном, він може бути сервером у місцевому відділі охорони здоров'я, тоді як сервер агрегації може бути глобальною хмарою, як Microsoft Azure та Amazon Web Services.

- Механізми стимулювання: великий та надійний набір даних закладає основу для ІІІ та великих платформ даних, що змагаються із спалахом COVID-19. Тому існує потреба у стимулюванні, щоб залучати участь більшої кількості людей та організацій у наданні власних даних. Стимули необхідні через наступні

причини: 1) велика кількість даних доступна людям / організаціям, від яких уряди можуть не вимагати надання своїх даних, і 2) якість даних має бути гарантована з метою поліпшення точності та ефективності моделей навчання. Такі механізми стимулювання охорони здоров'я, бездротового зв'язку, транспорту тощо можна знайти в [139].

В. Уроки та рекомендації

Переглядаючи сучасну літературу, ми з'ясували, що ШІ і технології великих даних відіграють ключову роль у боротьбі з пандемією COVID-19 за допомогою різноманітних привабливих програм, починаючи від відстеження спалахів, виявлення вірусів до лікування та діагностики. З одного боку, ШІ здатний забезпечити життєздатні рішення для боротьби з пандемією COVID-19 кількома способами. Наприклад, ШІ виявився дуже корисним для підтримки прогнозування спалахів, виявлення коронавірусу, а також індеміології та інформаційного спостереження, використовуючи методи, засновані на навчанні, такі як МН та ГН, орієнтовані на COVID-19, а саме на моделювання, класифікацію та оцінку. Більше того, ШІ виявився корисним інструментом для сприяння виробництву вакцин та лікарських засобів. Використовуючи набори даних, що надаються організаціями охорони здоров'я, урядами, клінічними лабораторіями та пацієнтами, ШІ використовує інтелектуальні аналітичні інструменти для прогнозування ефективної та безпечної вакцини / препарату проти COVID-19, які будуть корисні як з економічної, так і з наукової точки зору. З іншого боку, великими даними було доведено його здатність боротися з пандемією COVID-19. Великі дані потенційно пропонують різні перспективні рішення, щоб допомогти досягти пандемії COVID-19. Поєднуючись з ШІ-аналітикою, великі дані допомагають нам зрозуміти COVID-19 з точки зору структури вірусу та розвитку хвороб. Великі дані можуть допомогти медичним працівникам у різних медичних операціях від ранньої діагностики, аналізу хвороби до прогнозування результатів лікування. Завдяки великому потенціалу,

інтеграція ІІІ та великих даних може стати головним фактором для урядів у боротьбі з потенційним спалахом COVID-19 у майбутньому.

Деякі рекомендації можуть розглядатися як просування боротьби з COVID-19. По-перше, алгоритми на основі ІІІ та великих даних слід додатково оптимізувати для підвищення точності та надійності аналізу даних для кращої діагностики та лікування COVID-19. По-друге, ІІІ та великі дані можуть бути об'єднані з іншими технологіями, що розвиваються, щоб запропонувати нові ефективні рішення для кодування COVID-19. Наприклад, інструменти аналітичних даних із хмарних обчислень Oracle використовуються для розробки нової вакцини проти вірусу COVID-19 [140]. Що ще цікавіше, уряд Китаю нещодавно включив безпілотники для боротьби з пандемією COVID [141] за допомогою ряду застосувань, таких як доставка тестових зразків, транспортування товарів та моніторинг руху людей для відстеження спалахів. Нарешті, нетехнологічні заходи, такі як обмеження соціального дистанціювання [142], як і раніше, відіграють надзвичайно важливу роль у уповільненні поширення вірусів, і тому їх потрібно ефективно впроваджувати під керівництвом державних органів, спрямованих на контроль пандемії COVID-19 у майбутньому.

3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Вимоги і норми охорони праці приміщень де використовується комп'ютерна техніка

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Техніка безпеки являє собою систему засобів і методів, що запобігають або знижують до безпечного рівня вплив небезпечних факторів. Виробнича санітарія покликана усунути або знизити до безпечного рівня вплив шкідливих факторів.

Повністю безпечних та нешкідливих виробничих процесів не існує. Завдання охорони праці звести до мінімуму ймовірність ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

З точки зору ступеня потенційної небезпеки для здоров'я і життя людини фактори поділяються на небезпечні та шкідливі.

Небезпечним виробничим фактором є такий фактор виробничого процесу, вплив якого на працюючого приводить до травми або різкого погіршення здоров'я.

Шкідливі виробничі фактори це несприятливі фактори трудового процесу або умов навколишнього середовища, які можуть зробити шкідливий вплив на здоров'я і працездатність людини. Тривала дія на людину шкідливого виробничого фактора призводить до захворювання.

Негативні фактори трудового процесу призводять до зниження працездатності та погіршення якості продукції, що випускається. Тривалий вплив несприятливих умов праці може призвести до порушення здоров'я працюючого, розвитку професійного захворювання або інвалідності.

Завданням охорони праці є гарантування безпечних і здорових умов праці та підтримання працездатності робітників. Безпечними умовами праці вважаються такі умови, при яких вплив на працюючих шкідливих та небезпечних виробничих факторів виключено або рівні їх впливу не перевищують встановлені нормативи.

Цей розділ дипломного проекту присвячений розгляду питань охорони праці при роботі на комп'ютері.

Загальні вимоги до приміщення.

Обов'язки забезпечення санітарно-побутових умов праці повинні брати на себе керівники структурних підрозділів.

Площа приміщення, в якому буде розташовано персональний комп'ютер, має підпадати під норми, які визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК:

- Площа має бути не менше 6 кв.м.
- Об'єм не менше 20 куб.м.
- Відстань від вікна до робочого місця не менше 1 м.
- Відстань між бічними поверхнями комп'ютерів не менше 1.5 м.
- Відстань між тильною поверхнею одного комп'ютера і екраном іншого - не менше 2.5 м.
- Прохід між рядами не менше 1 кв.м.

Також існують вимоги до організації приміщення: заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками для запобігання випадкового дотику. В робочих приміщеннях повинні бути медичні аптечки першої допомоги та система автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 кв.м площі приміщення. Засоби пожежогасіння повинні бути вільними для швидкого доступу.

Робоче місце працівника повинно забезпечувати оптимальну сидячу позу з такими характеристиками: ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – в горизонтальній площині; передпліччя – вертикально; лікті – під кутом 70 – 90 град. до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20 град. відносно горизонтальної площини, нахил голови – 15 – 20 град. відносно вертикальної площини. Якщо користування ПК є основним видом діяльності, то ПК і його периферійні пристрої (принтер, сканер тощо) розміщується на основному робочому столі з лівого боку. Висота робочої поверхні столу для ПК має бути в межах 680 – 800 мм., а ширина - забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Він повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм., шириною не менше 500 мм., глибиною на рівні колін не менше 450 мм., на рівні витягнутої ноги - не менше 650 мм.

Робоче крісло користувача ПК повинно мати такі елементи: сидіння, спинку стаціонарні або знімні підлокітники.

Монітор та клавіатура мають розташовуватися на такій оптимальній відстані від очей користувача, але не повинні бути не ближче ніж 600 мм., з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів.

Хибна організація робочого місця сприяє загальній і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, скривленню хребта й розвитку остеохондрозу та інших захворювань.

Промислова санітарія.

Продуктивність праці сильно залежить від умов праці, таких як освітлення, повітря, простору, шум та шкідливих речовин. Ці параметри, окремо і в комбінації, впливають на організм людини.

Відповідно до витрат на енергію людського тіла, дослідницька робота належить до категорії 1а (легка), оскільки це відбувається сидячи, та не вимагає систематичної фізичної активності або підйому та перенесення важких речей (витрати на енергію при виконанні роботи – до 120 Ккал/год).

Обладнання для робочих місць повинно забезпечувати необхідні умови освітлення приміщень та робочих місць, ергономічні характеристики основних

елементів робочого місця, а також враховувати шкідливі чинники (шум, вібрація, пил, озон, оксиди азоту, аероіонізація, електромагнітні, ультрафіолетові, інфрачервоне та рентгенівське випромінювання, електростатичне поле між екраном та оператором).

Вимоги до відео терміналів відповідно до "Правил захисту праці при роботі з ПК" наведені в таблиці 3.1. [76]

Таблиця 3.1 – Вимоги до відео терміналів

Найменування параметру	Значення параметру
1 Яскравість знаку (фону), кд/ кв.м.	35-120
2 Зовнішня освітленість екрану, лк	100-250
3 Нерівномірність яскравості у робочій області екрану , не більш	1,7:1
4 Відхилення форми робочої зони екрана від прямокутника: - по горизонталі та по вертикалі, не більш - по діагоналі, не більш	2% 4%
5 Розмір мінімального елемента зображення (пікселя) для монохромних зображень, мм.	0,3
6 Співвідношення ширини екрану до висоти для великих букв	0,7-0,9ii

З метою забезпечення нормальних умов роботи санітарні норми ДСанПіН 3.3.2-007-98 встановлюють на одному робочому місці об'єм виробничого приміщення не менше 20 куб.м., площа – не менше 6 кв.м.

Мікроклімат.

Мікроклімат виробничого середовища – це комбінація температури, відносної вологості та швидкості повітря. Великий вплив на мікроклімат має джерела тепла в приміщеннях (обладнання, прилади освітлювальне, робочий персонал). Роботу на організм людини та обладнання також сильно впливає відносна вологість повітря. При відносній вологості 75-80% знижується опір ізоляції, змінюються робочі характеристики елементів ПК.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 найкращий мікроклімат категорії 1а наведено в таблиці 3.2. [77]

Таблиця 3.2 – Оптимальні параметри мікроклімату

Категорія важкості робіт по енерговитратам	Період року	Температура, С°	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Легка - I а	Хол	22-24	40-	0,1
	Теп	23-25	40-	0,1

В даний час як організаційні методи, так і технічні засоби використовуються для забезпечення комфортних умов. Серед організаційних заходів є раціональна організація проведення роботи та організація правильного чергування роботи і відпочинку. Технічні засоби включають в себе вентиляцію, кондиціонування повітря та опалення.

Освітлення.

Освітленість – освітлення поверхні, що створюється світловим потоком, який падає на поверхню. Одиницею вимірювання освітленості є люкс. На відміну від освітленості, вираз кількості світла відображеного поверхнею, називається яскравістю.

Освітленість прямо пропорційна силі світла джерела світла. При віддаленні його від освітлюваної поверхні, її освітленість зменшується обернено пропорційно до квадрата відстані.

Коли проміння світла падає похило до освітлюваної поверхні, освітленість збільшується пропорційно косинусу кута падіння проміння.

Робота оператора ПК багато в чому залежить від освітлення. Освітлення приміщень поділяється на штучні та природні. Природне світло забезпечується через бічні отвори, орієнтовані переважно на північ. Стан освітлення виробничих, сервісних і допоміжних приміщень регулюється державними будівельними нормами ДБН 79-92.

Ця робота проводилася з природним і штучним освітленням. Відповідно до ДБН 79-92 аналізуються комфортні умови для довгострокової зорової роботи, таблиця 3.3. [78]

Таблиця 3.3 – Характеристика промислового освітлення

Показник	Значення
Мінімальний розмір об'єкта розрізнення , мм	0,3 - 0,5
Фон	Світлий
Контраст об'єкта розрізнення із фоном	Середній
Розряд зорової роботи	III
III, % при бічному освітленні	2
IV, % при бічному освітленні	1,35
Освітленість E, Лк, при загальному освітленні	500
Тип ламп	Газорозрядні

Згідно ДБН II природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення, який залежить від поясу світового клімату. Місто Тернопіль знаходиться у IV поясі світового клімату.

Шум і вібрація.

На робочому місці, що досліджується, джерелом шуму є ЕОМ та зовнішній кондиціонер (постійний). Допустимий рівень постійного звуку при програмуванні на ЕОМ – 50 дБ. Оскільки основні механічні частини кондиціонера знаходяться зовні приміщення, шумовий тиск, що він створює, є мінімальний, та не перевищує фоновий. ПК, а саме кулери та блоки живлення, при роботі створюють мінімальний шумовий тиск. Інших джерел шуму у приміщенні немає. Отже, рівень звуку, який створюється джерелом шуму, повністю відповідає нормам.

У кімнаті комп'ютерного приміщення причиною шуму є прилади та обладнання (комп'ютери, принтери тощо). Рівень звуку в приміщенні, де

працюють працівники, не повинен перевищувати 50 дБ. Основні методи захисту від шуму та вібрації: зменшення шуму та вібрації у джерелі; зменшення шуму та вібрації шляхом розподілу; застосування індивідуальних засобів захисту; організаційно-профілактичні методи захисту.

Шум – один з більш розповсюджених несприятливих фізичних причин навколишнього середовища, які купують принципове соціально-гігієнічне значення, у зв'язку з урбанізацією, також механізацією і автоматизацією технологічних дій, майбутнім розвитком дизелебудування, реактивної авіації, транспорту. Наприклад, при запуску реактивних двигунів літаків рівень шуму коливається від 120 до 140 дБ. при клепанні й рубання листової сталі - від 118 до 130 дБ., роботі деревообробних верстатів від 100 до 120 дБ., ткацьких верстатів - до 105 дБ.; побутового шум, пов'язаний з життєдіяльністю людей, складає 45-60 дБ.

Вібрація – механічні коливання механізмів, машин або відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 вібрацію класифікують наступним чином.

За способом передачі на людину вібрацію поділяють на загальну, що передається через опорні поверхні на тіло сидить або стоїть людини, та локальну, що передається через руки людини. [79]

По напрямку розрізняють вібрацію, що діє вздовж осей ортогональної системи координат для загальної вібрації, що діє вздовж всієї ортогональної системи координат для локальної вібрації.

За джерела виникнення вібрацію поділяють на транспортну (при русі машин), транспортно-технологічну (при поєднанні руху з технологічним процесом, при розкиданні добрив, косовиці або обмолоті самохідним комбайном і т. д.) і технологічну (при роботі стаціонарних машин).

Електробезпека.

У комп'ютерному приміщенні використовується електрична енергія (трифазна мережа з напругою 220 В. і частотою 50 Гц.).

Конструктивні заходи безпеки спрямовані на запобігання доступу оператора до поточних провідних частин. Для цього всі ручні перемикачі

встановлюються в закриті корпуси, всі елементи, що несуть струм, розташовані в захисних коробках або покриті шаром ізоляції що виключає можливість торкатися їх. Ступінь захисту обладнання відповідає IP44 (де 4 це захист від проникнення твердих тіл більше 1мм, 4 це захист від бризок) відповідно ПУЕ-87.

Перший клас захисту від ураження електричним струмом обслуговуючим персоналом, оскільки комп'ютер має робочу ізоляцію та заземлюючі елементи.

Схематичні проектні заходи електричної безпеки гарантують безпеку людини, торкаючись металевих частин електричного апарату у випадку випадкового розбиття ізоляції та появи електричного потенціалу на них.

Оскільки напруга менше 1000 В., однак, більше 42 В., занулення використовується для захисту від ураження електричним струмом.

Вимоги до електромережі а також запобіжні засоби для уникнення травм від контакту з струмовідними елементами електроустаткування :

- величина напруги мережі не більше за 380В. та 220В. (міжфазна лінійна і фазна відповідно);
- всі струмовідні елементи (в першу чергу електричні дроти) вкриті ізоляційними матеріалами;
- в джерелі безперебійного живлення персонального комп'ютера використовується механічне захисне блокування, що забезпечує вимикання напруги при його відкриванні;
- електромережа в приміщенні розведена в спеціальних каналах стін і підлоги.

В заключення можна сказати, що приміщення задовольняє вимогам електробезпеки.

Пожежна безпека.

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю відкидається можливість виникнення та розвиток пожежі, і впливу

на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

На підприємствах існує два види пожежної охорони: професійна і воєнізована. Воєнізована охорона створюється на об'єктах з підвищеною небезпекою. Крім того, на підприємствах для посилення пожежної охорони організовуються добровільні пожежні дружини і команди, добровільні пожежні товариства і пожежно-технічні комісії з числа робітників та службовців. При Міністерстві внутрішніх справ існує управління пожежної охорони (УПО) і його органи на місцях. До складу УПО входить Державний пожежний нагляд який здійснює:

- Контроль за станом пожежної безпеки
- Розробляє і погоджує протипожежні норми і правила та контролює їх виконання в проектах і безпосередньо на об'єктах народного господарства
- Проводить розслідування і облік пожеж
- Організовує протипожежну профілактику.

З огляду на можливість виникнення пожежі слід з'ясувати, які речовини і матеріали можуть горіти. У приміщенні, що розглядається, можуть горіти вироби з дерева, пластмас, тканини і паперу. Тому приміщення, що аналізується, відноситься, відповідно до нормативної документації, до зони П-Па і до категорії пожежної небезпеки В. [80]

Ймовірними причинами виникнення пожежі можуть бути несправність електрообладнання (кабелів, розеток), короткі замикання внаслідок виходу з ладу чи експлуатації несправного електроустаткування (периферійних пристроїв), порушення правил протипожежної безпеки тощо.

Комплекс заходів для попередження пожеж:

- обов'язковий інструктаж персоналу з питань охорони праці,
- зокрема, правила пожежної безпеки у приміщеннях з ЕОМ;
- заборона використання відкритого вогню у приміщенні;

- наявність системи автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними оповісниками;
- ступінь вогнестійкості будівлі, у якій розташовано приміщення - II;
- наявність шляхів евакуації при виникненні пожежі;
- розміщення схеми евакуації людей при пожежі і ознайомлення з нею персоналу.

Для гасіння пожежі кожна кімната обладнана ручними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-1,4. У загальному коридорі встановлені пінні вогнегасники ВВП. На сходах присутній спеціальний щит пожежного гідранта з відповідним рукавом. Розглянуте приміщення обладнане датчиками централізованої системи пожежної сигналізації. Призначена відповідальна особа, що відповідає за дотримання персоналом вимог пожежної безпеки. Розроблено план евакуації персоналу і найбільш коштовного устаткування. Отже, пожежна безпека відповідає нормам.

3.2 Класифікація надзвичайних ситуацій

Територія України складає 603,7 тис. км². Середня щільність населення складає майже 77 чоловік на 1 км², а в східних, більш промислово розвинених регіонах, це число складає близько 200 чоловік на 1 км². Загальна кількість населення України складає близько 46,4 млн. чоловік.

Запобігання надзвичайним ситуаціям природного і техногенного характеру, ліквідація їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та збитків перетворилося на загальнодержавну проблему і є одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади і управління всіх рівнів.

В Україні щорічно виникають тисячі важких надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Нині в багатьох областях України у зв'язку з небезпечними природними явищами, аваріями і

катастрофами обстановка характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості природних і особливо техногенних надзвичайних ситуацій, важкість їх наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільства та навколишньому середовищу, а також стабільності розвитку економіки країни. Для роботи в районі надзвичайної ситуації потрібно залучати значну кількість людських, матеріальних і технічних ресурсів.

15 липня 1998 року Постановою Кабінету Міністрів України № 1099 “Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій” затверджено “Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій”. За характером походження подій, які зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють такі їх види:

- надзвичайні ситуації техногенного характеру - транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах;

- надзвичайні ситуації природного характеру - небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери;

- надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру, пов’язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об’єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв’язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадання зброї;

– надзвичайні ситуації воєнного характеру, пов’язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок руйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій.

В залежності від територіального поширення, обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, розрізняють чотири рівні надзвичайних ситуацій:

– надзвичайна ситуація загальнодержавного рівня - це надзвичайна ситуація, яка розвивається на території двох та більше областей (Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя) або загрожує транскордонним перенесенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріали і технічні ресурси у обсягах, що перевищують власні можливості окремої області (Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя), але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету;

– надзвичайна ситуація регіонального рівня - це надзвичайна ситуація, яка розвивається на території двох або більше адміністративних районів (міст обласного значення), Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва та Севастополя або загрожує перенесенням на територію суміжної області України, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремого району, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету;

– надзвичайна ситуація місцевого рівня - це надзвичайна ситуація, яка виходить за межі потенційно небезпечного об’єкта, загрожує поширенням самої ситуації або її вторинних наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості потенційно небезпечного об’єкта, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету. До місцевого рівня також належать всі надзвичайні

ситуації, які виникають на об'єктах житлово-комунальної сфери та інших, що не входять до затверджених переліків потенційно небезпечних об'єктів;

– надзвичайна ситуація об'єктового рівня - це надзвичайна ситуація, яка розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

Подальша класифікація природних та техногенних надзвичайних ситуацій може бути здійснена за такими ознаками: загальна причина виникнення, вид прояву, сфера, наслідки, терміни та масштаб прояву.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі мною розглянуто сучасний стан рішень у боротьбі з пандемією COVID-19.

У роботі розглянув використання штучного інтелекту для виявлення, діагностики, відстеження та ідентифікації спалаху COVID-19. Системи, які використовують штучний інтелект підходять для зменшення впливу пандемії COVID-19. Однак ми стикаємося з багатьма проблемами при розробці алгоритмів ШІ, оскільки якість та кількість наборів даних COVID-19 повинні бути вдосконалені, що вимагає постійних зусиль.

Під час огляду літератури (розділ 1) стає зрозуміло що великі дані відіграють важливу роль у боротьбі з пандемією COVID-19 завдяки ряду перспективних застосувань, включаючи прогнозування спалахів, відстеження поширення вірусу, діагностику / лікування коронавірусів та виявлення вакцини / ліків.

Великі дані потенційно дають змогу передбачити спалах у глобальному масштабі, використовуючи аналітичні інструменти для величезних наборів даних, зібраних із доступних джерел, таких як організації охорони здоров'я (наприклад, ВООЗ), інститути охорони здоров'я (тобто Китайська національна комісія з охорони здоров'я).

Великі дані можуть підтримувати процеси діагностики та лікування COVID-19.

Результати досліджень доводять, що великі дані можуть допомогти охороні здоров'я забезпечити різні медичні операції, починаючи з ранньої діагностики, аналізу хвороби та прогнозування результатів лікування.

Вивчення даних із великих наборів даних також допомагає визначити потенційні цілі щодо ефективної вакцини проти SARS-CoV-2 та інтегрувати масштабні графіки знань, літературу та стенограми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. “Coronavirus disease (COVID-19) pandemic,” 2020. [Online]. Available: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
2. “Coronavirus (COVID-19),” 2020. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-nCoV/index.html>
3. “White House announces new partnership to unleash U.S. supercomputing resources to fight COVID-19,” 2020. [Online]. Available: <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements>
4. “arXiv announces new COVID-19 quick search,” 2020. [Online]. Available: <https://blogs.cornell.edu/arxiv/2020/03/30/new-covid-19-quick-search/>
5. C. Sohrabi, Z. Alsafi, N. O’Neill, M. Khan, A. Kerwan, A. Al-Jabir, C. Iosifidis, and R. Agha, “World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19),” *International Journal of Surgery*, vol. 76, pp. 71 – 76, 2020.
6. H. Li, S.-M. Liu, X.-H. Yu, S.-L. Tang, and C.-K. Tang, “Coronavirus disease 2019 (COVID-19): current status and future perspectives,” *International Journal of Antimicrobial Agents*, p. 105951, 2020.
7. T. Huynh-The, C. Hua, Q.-V. Pham, and D. Kim, “MCNet: An efficient CNN architecture for robust automatic modulation classification,” *IEEE Communications Letters*, vol. 24, no. 4, pp. 811–815, Apr. 2020.
8. I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep learning*. MIT press, 2016.
9. B. R. Beck, B. Shin, Y. Choi, S. Park, and K. Kang, “Predicting commercially available antiviral drugs that may act on the novel coronavirus (2019-nCoV), Wuhan, China through a drug-target interaction deep learning model,” *BioRxiv*, 2020.
10. A. Zhavoronkov, V. Aladinskiy, A. Zhebrak, B. Zagribelnyy, V. Terentiev, D. S. Bezrukov, D. Polykovskiy, R. Shayakhmetov, A. Filimonov, P. Orekhov, Y. Yan, O. Popova, Q. Vanhaelen, A. Aliper, and Y. Ivanenkov, “Potential COVID-2019

- 3C-like protease inhibitors designed using generative deep learning approaches,” ChemRxiv, 2 2020.
11. C. Zheng, X. Deng, Q. Fu, Q. Zhou, J. Feng, H. Ma, W. Liu, and X. Wang, “Deep learning-based detection for COVID-19 from chest CT using weak label,” MedRxiv, 2020.
 12. Z. Hu, Q. Ge, L. Jin, and M. Xiong, “Artificial intelligence forecasting of COVID-19 in China,” arXiv preprint arXiv:2002.07112, 2020.
 13. “COVID-19 open research dataset challenge (CORD-19): An AI challenge with AI2, CZI, MSR, Georgetown, NIH & The White House,” 2020. [Online]. Available: www.kaggle.com/allen-institute-for-ai/CORD-19-research-challenge
 14. “IBM releases novel AI-powered technologies to help health and research community accelerate the discovery of medical insights and treatments for COVID-19,” 2020. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/blogs/research/2020/04/ai-powered-technologies-accelerate-discovery-covid-19/>
 15. C.-W. Tsai, C.-F. Lai, H.-C. Chao, and A. V. Vasilakos, “Big data analytics: a survey,” Journal of Big data, vol. 2, no. 1, p. 21, 2015.
 16. K. Priyanka and N. Kulennavar, “A survey on big data analytics in health care,” International Journal of Computer Science and Information Technologies, vol. 5, no. 4, pp. 5865–5868, 2014.
 17. M. Cottle, W. Hoover, S. Kanwal, M. Kohn, T. Strome, and N. Treister, “Transforming health care through big data strategies for leveraging big data in the health care industry,” Institute for Health Technology Transformation, <http://ihealthtran.com/big-data-in-healthcare>, 2013.
 18. “Almost one zettabyte of mobile data traffic in 2022-cisco,” 2020. [Online]. Available: <https://telecoms.com/495666/almost-one-zettabyte-of-mobile-data-traffic-in-2022-cisco/>
 19. G. Manogaran, D. Lopez, C. Thota, K. M. Abbas, S. Pyne, and R. Sundarasekar, “Big data analytics in healthcare internet of things,” in Innovative healthcare systems for the 21st century. Springer, 2017, pp. 263–284.

20. G. Manogaran, C. Thota, D. Lopez, V. Vijayakumar, K. M. Abbas, and R. Sundarsekar, "Big data knowledge system in healthcare," in *Internet of things and big data technologies for next generation healthcare*. Springer, 2017, pp. 133–157.
21. S. Chae, S. Kwon, and D. Lee, "Predicting infectious disease using deep learning and big data," *International journal of environmental research and public health*, vol. 15, no. 8, p. 1596, 2018.
22. S. Bansal, G. Chowell, L. Simonsen, A. Vespignani, and C. Viboud, "Big data for infectious disease surveillance and modeling," *The Journal of infectious diseases*, vol. 214, no. suppl 4, pp. S375–S379, 2016.
23. M. Eisenstein, "Infection forecasts powered by big data," *Nature*, vol. 555, no. 7695, 2018.
24. "Improving epidemic surveillance and response: big data is dead, long live big data," 2020. [Online]. Available: [https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500\(20\)30059-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500(20)30059-5/fulltext)
25. "Big data in the time of coronavirus (COVID-19)," 2020. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/ciocentral/2020/03/30/big-data-in-the-time-of-coronavirus-{COVID-19}/>
26. "Understanding the COVID-19 pandemic as a big data analytics issue," 2020. [Online]. Available: <https://healthitanalytics.com/news/understanding-the-{COVID-19}-pandemic-as-a-big-data-analytics-issue>
27. V. M. Corman, O. Landt, M. Kaiser, R. Molenkamp, A. Meijer, D. K. Chu, T. Bleicker, S. Brunink, J. Schneider, M. L. Schmidt et al., "Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR," *Eurosurveillance*, vol. 25, no. 3, 2020.
28. A. S. Fomsgaard and M. W. Rosenstierne, "An alternative workflow for molecular detection of SARS-CoV-2-escape from the NA extraction kit-shortage," *medRxiv*, 2020.
29. H. S. Maghdid, K. Z. Ghafoor, A. S. Sadiq, K. Curran, and K. Rabie, "A novel AI-enabled framework to diagnose coronavirus COVID-19 using smartphone embedded sensors: Design study," *arXiv preprint arXiv:2003.07434*, 2020.

30. A. S. S. Rao and J. A. Vazquez, "Identification of COVID-19 can be quicker through artificial intelligence framework using a mobile phone-based survey in the populations when cities/towns are under quarantine," *Infection Control & Hospital Epidemiology*, p. 1–18, 2020.
31. B. M. Silva, J. J. Rodrigues, I. [de la Torre D'íez], M. Lopez-Coronado, and K. Saleem, "Mobile-health: A review of current state in 2015," *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 56, pp. 265 – 272, 2015.
32. Q.-V. Pham, F. Fang, V. N. Ha, M. Le, Z. Ding, L. B. Le, and W.-J. Hwang, "A survey of multi-access edge computing in 5G and beyond: Fundamentals, technology integration, and state-of-the-art," *CoRR*, 2019. [Online]. Available: arxiv.org/abs/1906.08452
33. Q.-V. Pham, T. Leanh, N. H. Tran, B. J. Park, and C. S. Hong, "Decentralized computation offloading and resource allocation for mobile-edge computing: A matching game approach," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 75 868–75 885, Nov. 2018.
34. O. Gozes, M. Frid-Adar, N. Sagie, H. Zhang, W. Ji, and H. Greenspan, "Coronavirus detection and analysis on chest CT with deep learning," *arXiv preprint arXiv:2004.02640*, 2020.
35. M. Barstugan, U. Ozkaya, and S. Ozturk, "Coronavirus (COVID-19) classification using CT images by machine learning methods," *arXiv preprint arXiv:2003.09424*, 2020.
36. L. O. Hall, R. Paul, D. B. Goldgof, and G. M. Goldgof, "Finding Covid-19 from chest X-rays using deep learning on a small dataset," *arXiv preprint arXiv:2004.02060*, 2020.
37. N. E. M. Khalifa, M. H. N. Taha, A. E. Hassanien, and S. Elghamrawy, "Detection of coronavirus (COVID-19) associated pneumonia based on generative adversarial networks and a fine-tuned deep transfer learning model using chest X-ray dataset," *arXiv preprint arXiv:2004.01184*, 2020.
38. A. Abbas, M. M. Abdelsamea, and M. M. Gaber, "Classification of COVID-19 in chest X-ray images using DeTraC deep convolutional neural network," *arXiv preprint arXiv:2003.13815*, 2020.

39. K. E. Asnaoui, Y. Chawki, and A. Idri, “Automated methods for detection and classification pneumonia based on X-ray images using deep learning,” arXiv preprint arXiv:2003.14363, 2020.
40. I. D. Apostolopoulos and T. Bessiana, “Covid-19: Automatic detection from X-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks,” arXiv preprint arXiv:2003.11617, 2020.
41. A. Narin, C. Kaya, and Z. Pamuk, “Automatic detection of coronavirus disease (COVID-19) using X-ray images and deep convolutional neural networks,” arXiv preprint arXiv:2003.10849, 2020.
42. P. Afshar, S. Heidarian, F. Naderkhani, A. Oikonomou, K. N. Platan-iotis, and A. Mohammadi, “COVID-CAPS: A capsule network-based framework for identification of COVID-19 cases from X-ray images,” 2020.
43. B. Ghoshal and A. Tucker, “Estimating uncertainty and interpretability in deep learning for coronavirus (COVID-19) detection,” arXiv preprint arXiv:2003.10769, 2020.
44. G. Litjens, T. Kooi, B. E. Bejnordi, A. A. A. Setio, F. Ciompi, M. Ghafoorian, J. A. Van Der Laak, B. Van Ginneken, and C. I. Sanchez, “A survey on deep learning in medical image analysis,” *Medical image analysis*, vol. 42, pp. 60–88, 2017.
45. D. Shen, G. Wu, and H.-I. Suk, “Deep learning in medical image analysis,” *Annual review of biomedical engineering*, vol. 19, pp. 221– 248, 2017.
46. L. Wang and A. Wong, “COVID-Net: A tailored deep convolutional neural network design for detection of COVID-19 cases from chest radiography images,” arXiv preprint arXiv:2003.09871, 2020.
47. O. Gozes, M. Frid-Adar, H. Greenspan, P. D. Browning, H. Zhang, W. Ji, A. Bernheim, and E. Siegel, “Rapid AI development cycle for the coronavirus (COVID-19) pandemic: Initial results for automated detection & patient monitoring using deep learning ct image analysis,” arXiv preprint arXiv:2003.05037, 2020.
48. S. Wang, B. Kang, J. Ma, X. Zeng, M. Xiao, J. Guo, M. Cai, J. Yang, Y. Li, X. Meng et al., “A deep learning algorithm using CT images to screen for corona virus disease (COVID-19),” *medRxiv*, 2020.

49. U. Ozkaya, S. Ozturk, and M. Barstugan, "Coronavirus (COVID-19) classification using deep features fusion and ranking technique," arXiv preprint arXiv:2004.03698, 2020.
50. W. cai Dai, H. wen Zhang, J. Yu, H. jian Xu, H. Chen, S. ping Luo, H. Zhang, L. hong Liang, X. liu Wu, Y. Lei, and F. Lin, "CT imaging and differential diagnosis of COVID-19," Canadian Association of Radiologists Journal, vol. 71, no. 2, pp. 195–200, 2020.
51. S. Chaganti, A. Balachandran, G. Chabin, S. Cohen, T. Flohr, B. Georgescu, P. Grenier, S. Grbic, S. Liu, F. Mellot, N. Murray, S. Nicolaou, W. Parker, T. Re, P. Sanelli, A. W. Sauter, Z. Xu, Y. Yoo, V. Ziebandt, and D. Comaniciu, "Quantification of tomographic patterns associated with COVID-19 from chest CT," arXiv preprint arXiv:2004.01279, 2020.
52. F. Shan+, Y. Gao+, J. Wang, W. Shi, N. Shi, M. Han, Z. Xue, D. Shen, and Y. Shi, "Lung infection quantification of COVID-19 in CT images with deep learning," arXiv preprint arXiv:2003.04655, 2020.
53. K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Identity mappings in deep residual networks," in European conference on computer vision. Springer, 2016, pp. 630–645.
54. Z. Tang, W. Zhao, X. Xie, Z. Zhong, F. Shi, J. Liu, and D. Shen, "Severity assessment of coronavirus disease 2019 (COVID-19) using quantitative features from chest CT images," arXiv preprint arXiv:2003.11988, 2020.
55. A. Imran, I. Posokhova, H. N. Qureshi, U. Masood, S. Riaz, K. Ali, C. N. John, and M. Nabeel, "AI4COVID-19: AI enabled preliminary diagnosis for COVID-19 from cough samples via an app," arXiv preprint arXiv:2004.01275, 2020.
56. C. Qi, D. Karlsson, K. Sallmen, and R. Wyss, "Model studies on the COVID-19 pandemic in Sweden," arXiv preprint arXiv:2004.01575, 2020.
57. Y.-C. Chen, P.-E. Lu, and C.-S. Chang, "A time-dependent SIR model for COVID-19," arXiv preprint arXiv:2003.00122, 2020.
58. K. Biswas and P. Sen, "Space-time dependence of corona virus (COVID-19) outbreak," arXiv preprint arXiv:2003.03149, 2020.

59. N. Crokidakis, "Data analysis and modeling of the evolution of COVID-19 in Brazil," arXiv preprint arXiv:2003.12150, 2020.
60. G. Gaeta, "A simple SIR model with a large set of asymptomatic infectives," arXiv preprint arXiv:2003.08720, 2020.
61. R. Dandekar and G. Barbastathis, "Neural network aided quarantine control model estimation of COVID spread in Wuhan, China," arXiv preprint arXiv:2003.09403, 2020.
62. X. Zhou, N. Hong, Y. Ma, J. He, H. Jiang, C. Liu, G. Shan, L. Su, W. Zhu, and Y. Long, "Forecasting the worldwide spread of COVID-19 based on logistic model and SEIR model," MedRxiv, 2020.
63. C. Bayes, V. S. y Rosas, and L. Valdivieso, "Modelling death rates due to COVID-19: A Bayesian approach," arXiv preprint arXiv:2004.02386, 2020.
64. B. M. Ndiaye, L. Tendeng, and D. Seck, "Analysis of the COVID-19 pandemic by SIR model and machine learning technics for forecasting," 2020.
65. G. Perone, "An ARIMA model to forecast the spread and the final size of COVID-2019 epidemic in Italy," 2020.
66. M. Magdon-Ismail, "Machine learning the phenomenology of COVID-19 from early infection dynamics," arXiv preprint arXiv:2003.07602, 2020.
67. Z. Hu, Q. Ge, S. Li, E. Boerwinkle, L. Jin, and M. Xiong, "Forecasting and evaluating intervention of COVID-19 in the World," arXiv preprint arXiv:2003.09800, 2020.
68. R. Pal, A. A. Sekh, S. Kar, and D. K. Prasad, "Neural network based country wise risk prediction of COVID-19," arXiv preprint arXiv:2004.00959, 2020.
69. K. Ganasegeran and S. A. Abdulrahman, *Artificial Intelligence Applications in Tracking Health Behaviors During Disease Epidemics*. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 141–155.
70. Z. Hou, F. Du, H. Jiang, X. Zhou, and L. Lin, "Assessment of public attention, risk perception, emotional and behavioural responses to the COVID-19 outbreak: social media surveillance in China," *Risk Perception, Emotional and Behavioural Responses to the COVID-19 Outbreak: Social Media Surveillance in China* (3/6/2020), 2020.

71. B. W. Schuller, D. M. Schuller, K. Qian, J. Liu, H. Zheng, and X. Li, “COVID-19 and computer audition: An overview on what speech & sound analysis could contribute in the SARS-CoV-2 corona crisis,” arXiv preprint arXiv:2003.11117, 2020.
72. Y. Ye, S. Hou, Y. Fan, Y. Qian, Y. Zhang, S. Sun, Q. Peng, and K. La-paro, “ α -satellite: An AI-driven system and benchmark datasets for hierarchical community-level risk assessment to help combat COVID-19,” arXiv preprint arXiv:2003.12232, 2020.
73. D. Liu, L. Clemente, C. Poirier, X. Ding, M. Chinazzi, J. T. Davis, A. Vespignani, and M. Santillana, “A machine learning methodology for real-time forecasting of the 2019-2020 COVID-19 outbreak using internet searches, news alerts, and estimates from mechanistic models,” arXiv preprint arXiv:2004.04019, 2020.
74. M. Chinazzi, J. T. Davis, M. Ajelli, C. Gioannini, M. Litvinova, S. Merler, A. Pastore y Piontti, K. Mu, L. Rossi, K. Sun, C. Viboud, X. Xiong, H. Yu, M. E. Halloran, I. M. Longini, and A. Vespignani, “The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak,” *Science*, 2020.
75. P. Mamoshina, A. Vieira, E. Putin, and A. Zhavoronkov, “Applications of deep learning in biomedicine,” *Molecular pharmaceutics*, vol. 13, no. 5, pp. 1445–1454, 2016.
76. C. Cao, F. Liu, H. Tan, D. Song, W. Shu, W. Li, Y. Zhou, X. Bo, and Z. Xie, “Deep learning and its applications in biomedicine,” *Genomics, Proteomics & Bioinformatics*, vol. 16, no. 1, pp. 17 – 32, 2018.
77. S. Ekins, A. C. Puhl, K. M. Zorn, T. R. Lane, D. P. Russo, J. J. Klein, A. J. Hickey, and A. M. Clark, “Exploiting machine learning for end-to-end drug discovery and development,” *Nature materials*, vol. 18, no. 5, p. 435, 2019.
78. F. Hu, J. Jiang, and P. Yin, “Prediction of potential commercially inhibitors against SARS-CoV-2 by multi-task deep model,” arXiv preprint arXiv:2003.00728, 2020.
79. Y. Ge, T. Tian, S. Huang, F. Wan, J. Li, S. Li, H. Yang, L. Hong, N. Wu, E. Yuan et al., “A data-driven drug repositioning framework discovered a potential therapeutic agent targeting COVID-19,” *BioRxiv*, 2020.

80. N. Savioli, “One-shot screening of potential peptide ligands on HR1 domain in COVID-19 glycosylated spike (S) protein with deep siamese network,” arXiv preprint arXiv:2004.02136, 2020.
81. A.-T. Ton, F. Gentile, M. Hsing, F. Ban, and A. Cherkasov, “Rapid identification of potential inhibitors of sars-cov-2 main protease by deep docking of 1.3 billion compounds,” *Molecular Informatics*, 2020.
82. V. Chenthamarakshan, P. Das, I. Padhi, H. Strobelt, K. W. Lim, B. Hoover, S. C. Hoffman, and A. Mojsilovic, “Target-specific and selective drug design for COVID-19 using deep generative models,” arXiv preprint arXiv:2004.01215, 2020.
83. M. Hofmarcher, A. Mayr, E. Rumetshofer, P. Ruch, P. Renz, J. Schimunek, P. Seidl, A. Vall, M. Widrich, S. Hochreiter et al., “Large-scale ligand-based virtual screening for SARS-CoV-2 inhibitors using deep neural networks,” Available at SSRN 3561442, 2020.
84. E. Ong, M. U. Wong, A. Huffman, and Y. He, “COVID-19 coronavirus vaccine design using reverse vaccinology and machine learning,” *BioRxiv*, 2020.
85. J. Jumper, K. Tunyasuvunakool, P. Kohli, D. Hassabis, and A. Team, “Computational predictions of protein structures associated with COVID-19,” 2020, DeepMind.
86. A. W. Senior, R. Evans, J. Jumper, J. Kirkpatrick, L. Sifre, T. Green, C. Qin, A. Židek, A. W. Nelson, A. Bridgland et al., “Improved protein structure prediction using potentials from deep learning,” *Nature*, pp. 1–5, 2020.
87. A. Strokach, D. Becerra, C. Corbi-Verge, A. Perez-Riba, and P. M. Kim, “Fast and flexible design of novel proteins using graph neural networks,” *BioRxiv*, 2020.
88. G. Giordano, F. Blanchini, R. Bruno, P. Colaneri, A. Di Filippo, A. Di Matteo, M. Colaneri et al., “A SIDARTHE model of COVID-19 epidemic in Italy,” arXiv preprint arXiv:2003.09861, 2020.
89. F. Brauer, C. Castillo-Chavez, and C. Castillo-Chavez, *Mathematical models in population biology and epidemiology*. Springer, 2012, vol. 2.
90. B. Chen, M. Shi, X. Ni, L. Ruan, H. Jiang, H. Yao, M. Wang, Z. Song, Q. Zhou, and T. Ge, “Visual data analysis and simulation prediction for COVID-19,” arXiv preprint arXiv:2002.07096, 2020.

91. L. Peng, W. Yang, D. Zhang, C. Zhuge, and L. Hong, "Epidemic analysis of COVID-19 in China by dynamical modeling," arXiv preprint arXiv:2002.06563, 2020.
92. D. Tatrai and Z. Varallyay, "COVID-19 epidemic outcome predictions based on logistic fitting and estimation of its reliability," arXiv preprint arXiv:2003.14160, 2020.
93. A. Strzelecki, "The second worldwide wave of interest in coronavirus since the COVID-19 outbreaks in South Korea, Italy and Iran: A Google trends study," arXiv preprint arXiv:2003.10998, 2020.
94. Y.-S. Long, Z.-M. Zhai, L.-L. Han, J. Kang, Y.-L. Li, Z.-H. Lin, L. Zeng, D.-Y. Wu, C.-Q. Hao, M. Tang et al., "Quantitative assessment of the role of undocumented infection in the 2019 novel coronavirus (COVID-19) pandemic," arXiv preprint arXiv:2003.12028, 2020.
95. R. Gupta, G. Pandey, P. Chaudhary, and S. K. Pal, "SEIR and regression model based COVID-19 outbreak predictions in India," medRxiv, 2020.
96. S. Heroy, "Metropolitan-scale COVID-19 outbreaks: how similar are they?" arXiv preprint arXiv:2004.01248, 2020.
97. X. Zhao, X. Liu, and X. Li, "Tracking the spread of novel coronavirus (2019-ncov) based on big data," medRxiv, 2020.
98. C. Zhou, F. Su, T. Pei, A. Zhang, Y. Du, B. Luo, Z. Cao, J. Wang, W. Yuan, Y. Zhu et al., "COVID-19: Challenges to GIS with big data," Geography and Sustainability, 2020.
99. P. Castorina, A. Iorio, and D. Lanteri, "Data analysis on coronavirus spreading by macroscopic growth laws," arXiv preprint arXiv:2003.00507, 2020.
100. A. Notari, "Temperature dependence of COVID-19 transmission," arXiv preprint arXiv:2003.12417, 2020.
101. V. Lampos, S. Moura, E. Yom-Tov, I. J. Cox, R. McKendry, and M. Edelstein, "Tracking COVID-19 using online search," arXiv preprint arXiv:2003.08086, 2020.
102. "How China is using AI and big data to fight the coronavirus," 2020. [Online]. Available: <https://www.aljazeera.com/news/2020/03/{China}-ai-big-data-combat-coronavirus-outbreak-200301063901951.html>

103. “How China is using big data and artificial intelligence to fight coronavirus,” 2020. [Online]. Available: <https://www.internetsearchinc.com/how-{China}-is-using-big-data-and-artificial-intelligence-to-fight-coronavirus/>
104. C. Garattini, J. Raffle, D. N. Aisyah, F. Sartain, and Z. Kozlakidis, “Big data analytics, infectious diseases and associated ethical impacts,” *Philosophy & technology*, vol. 32, no. 1, pp. 69–85, 2019.
105. C. Li, D. N. Debruyne, J. Spencer, V. Kapoor, L. Y. Liu, B. Zhou, L. Lee, R. Feigelman, G. Burdon, J. Liu et al., “High sensitivity detection of coronavirus SARS-CoV-2 using multiplex PCR and a multiplex-PCR-based metagenomic method,” *bioRxiv*, 2020.
106. J.-S. Eden, R. Rockett, I. Carter, H. Rahman, J. de Ligt, J. Hadfield, M. Storey, X. Ren, R. Tulloch, K. Basile et al., “An emergent clade of SARS-CoV-2 linked to returned travellers from Iran,” *bioRxiv*, 2020.
107. I. Ortea and J.-O. Bock, “Re-analysis of SARS-CoV-2 infected host cell proteomics time-course data by impact pathway analysis and network analysis. a potential link with inflammatory response.” *BioRxiv*, 2020.
108. D. Brann, T. Tsukahara, C. Weinreb, D. W. Logan, and S. R. Datta, “Non-neural expression of SARS-CoV-2 entry genes in the olfactory epithelium suggests mechanisms underlying anosmia in COVID-19 patients,” *bioRxiv*, 2020.
109. J. R. Lon, Y. Bai, B. Zhong, F. Cai, and H. Du, “Prediction and evolution of B cell epitopes of surface protein in SARS-CoV-2,” *bioRxiv*, 2020.
110. Y.-H. Jin, L. Cai, Z.-S. Cheng, H. Cheng, T. Deng, Y.-P. Fan, C. Fang, D. Huang, L.-Q. Huang, Q. Huang et al., “A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-ncov) infected pneumonia (standard version),” *Military Medical Research*, vol. 7, no. 1, p. 4, 2020.
111. S. F. Ahmed, A. A. Quadeer, and M. R. McKay, “Preliminary identification of potential vaccine targets for the COVID-19 coronavirus (SARS-CoV-2) based on SARS-CoV immunological studies,” *Viruses*, vol. 12, no. 3, p. 254, 2020.

112. A. Banerjee, D. Santra, and S. Maiti, “Energetics based epitope screening in SARS CoV-2 (COVID 19) spike glycoprotein by immuno-informatic analysis aiming to a suitable vaccine development.” *bioRxiv*, 2020.
113. B. Sarkar, M. A. Ullah, F. T. Johora, M. A. Taniya, and Y. Araf, “The essential facts of wuhan novel coronavirus outbreak in China and Epitope-based vaccine designing against 2019-nCoV,” *BioRxiv*, 2020.
114. M. I. Abdelmageed, A. H. Abdelmoneim, M. I. Mustafa, N. M. Elfadol, N. S. Murshed, S. W. Shantier, and A. M. Makhawi, “Design of multi epitope-based peptide vaccine against e protein of human 2019-ncov: An immunoinformatics approach,” *BioRxiv*, 2020.
115. Z. Li, X. Li, Y.-Y. Huang, Y. Wu, L. Zhou, R. Liu, D. Wu, L. Zhang, H. Liu, X. Xu et al., “FEP-based screening prompts drug repositioning against COVID-19,” *bioRxiv*, 2020.
116. Y. Ge, T. Tian, S. Huang, F. Wan, J. Li, S. Li, H. Yang, L. Hong, N. Wu, E. Yuan et al., “A data-driven drug repositioning framework discovered a potential therapeutic agent targeting COVID-19,” *bioRxiv*, 2020.
117. B. Udugama, P. Kadhiresan, H. N. Kozlowski, A. Malekjahani, M. Os-borne, V. Y. Li, H. Chen, S. Mubareka, J. Gubbay, and W. C. Chan, “Diagnosing COVID-19: The disease and tools for detection,” *ACS Nano*, 2020.
118. Q.-V. Pham, L. B. Le, S. Chung, and W. Hwang, “Mobile edge computing with wireless backhaul: Joint task offloading and resource allocation,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 16 444–16 459, Jan. 2019.
119. Z. Geng, X. Zhang, Z. Fan, X. Lv, Y. Su, and H. Chen, “Recent progress in optical biosensors based on smartphone platforms,” *Sensors*, vol. 17, no. 11, p. 2449, 2017.
120. “Cisco annual internet report (2018–2023),” 2020. [Online]. Avail-able: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/executive-perspectives/annual-internet-report/index.html>
121. C. S. Wood, M. R. Thomas, J. Budd, T. P. Mashamba-Thompson, K. Herbst, D. Pillay, R. W. Peeling, A. M. Johnson, R. A. McKendry, and M. M. Stevens, “Taking

- connected mobile-health diagnostics of infectious diseases to the field,” *Nature*, vol. 566, no. 7745, pp. 467–474, 2019.
122. R. Magar, P. Yadav, and A. B. Farimani, “Potential neutralizing antibodies discovered for novel corona virus using machine learning,” *arXiv preprint arXiv:2003.08447*, 2020.
 123. H. Yoon, J. Macke, A. P. West Jr, B. Foley, P. J. Bjorkman, B. Korber, and K. Yusim, “CATNAP: a tool to compile, analyze and tally neutralizing antibody panels,” *Nucleic acids research*, vol. 43, no. W1, pp. W213–W219, 2015.
 124. S. Offermanns and W. Rosenthal, Eds., *IC50 Values*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 611–611. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-540-38918-7_5943
 125. H. M. Berman, P. E. Bourne, J. Westbrook, and C. Zardecki, “The protein data bank,” in *Protein Structure*. CRC Press, 2003, pp. 394–410.
 126. C.-C. Lai, T.-P. Shih, W.-C. Ko, H.-J. Tang, and P.-R. Hsueh, “Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coron-avirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges,” *International Journal of Antimicrobial Agents*, vol. 55, no. 3, p. 105924, 2020.
 127. “Seoul introduces the COVID-19 AI mon-itoring call system,” 2020. [Online]. Avail-able: <http://english.seoul.go.kr/seoul-introduces-the-covid-19-%E3%80%8Cai-monitoring-call-system%E3%80%8D/>
 128. “How next-generation information technologies tackled COVID-19 in China,” 2020. [Online]. Available: www.weforum.org/agenda/2020/04/how-next-generation-information-technologies-tackled-covid-19-in-china/
 129. “How DAMO academy’s AI system detects coronavirus cases,” 2020. [Online]. Available: <https://www.alizila.com/how-damo-academys-ai-system-detects-coronavirus-cases/>
 130. R. Kalkreuth and P. Kaufmann, “COVID-19: A survey on public medical imaging data resources,” *arXiv preprint arXiv:2004.04569*, 2020.

131. D. C. Nguyen, P. N. Pathirana, M. Ding, and A. Seneviratne, "Blockchain for 5G and beyond networks: A state of the art survey," arXiv preprint arXiv:1912.05062, 2019.
132. D. Nguyen, M. Ding, P. N. Pathirana, and A. Seneviratne, "Blockchain and AI-based solutions to combat coronavirus (COVID-19)-like epidemics: A survey," 10.36227/techrxiv.12121962.v1, 2020.
133. T.-T. Kuo, H.-E. Kim, and L. Ohno-Machado, "Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications," Journal of the American Medical Informatics Association, vol. 24, no. 6, pp. 1211–1220, 2017.
134. "MiPasa project and IBM Blockchain team on open data platform to support covid-19 response," 2020. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2020/03>
135. Q. Yang, Y. Liu, T. Chen, and Y. Tong, "Federated machine learning: Concept and applications," ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, vol. 10, no. 2, pp. 1–19, 2019.
136. H. Gao, C. H. Liu, W. Wang, J. Zhao, Z. Song, X. Su, J. Crowcroft, and K. K. Leung, "A survey of incentive mechanisms for participatory sensing," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 2, pp. 918–943, 2015.
137. "AI and cloud computing used to develop COVID-19 vaccine," 2020. [Online]. Available: <https://www.drugtargetreview.com/news/59650/ai-and-cloud-computing-used-to-develop-covid-19-vaccine/>
138. "3 ways China is using drones to fight coronavirus," 2020. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/zakdoffman/2020/03/05/meet-the-coronavirus-spy-drones-that-make-sure-you-stay-home>
139. "Social distancing for coronavirus COVID-19," 2020. [Online]. Available: <https://www.health.gov.au/news/health-alerts/novel-coronavirus-2019-ncov-health-alert/how-to-protect-yourself-and-others-from-coronavirus-covid-19/social-distancing-for-coronavirus-covid-19>