

Державний торговельно-економічний університет

Кафедра цифрової економіки та системного аналізу

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Моделювання світового поширення пандемії COVID-19»

Студент 4 курсу, 14 групи,
першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти
спеціальності
124 «Системний аналіз»
освітньої програми
«Інформаційні технології та
бізнес-аналітика (Data Science)»

підпис студента

Копил Данііл
Олександрович

Науковий керівник
кандидат технічних наук,
доцент

підпис керівника

Міценко Сергій
Анатолійович

Гарант освітньої програми
кандидат економічних наук,
доцент

підпис гаранта

Кулаженко Володимир
Валерійович

Київ 2023

Державний торговельно-економічний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра цифрової економки та системного аналізу

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 124 «Системний аналіз»

Освітня програма «Інформаційні технології та бізнес-аналітика (Data Science)»

Затверджую

Зав. кафедри _____ Роскладка А.А.

«15» грудня 2022 р.

**Завдання
на випускн у кваліфікаційну роботу студенту**

Копил Даніілу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

«Моделювання світового поширення пандемії COVID-19»

Затверджена наказом ДТЕУ від «09» грудня 2022 р. № 3333

2. Строк здачі студентом закінченої роботи «09» червня 2023 року

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи

Мета роботи полягає у дослідженні та моделюванні процесу поширення пандемії COVID-19.

Об'єкт дослідження дослідження є пандемія коронавірусу COVID-19.

Предметом дослідження є дані щодо показників поширення коронавірусної хвороби в Україні та світі.

4. Зміст випускної кваліфікаційної роботи (перелік питань за кожним розділом)
ВСТУП

РОЗДІЛ 1 Пандемії в 21 столітті та їх циклічність

1.1 Циклічність пандемічних інфекційних хвороб протягом останніх двох десятиліть

1.2 Аналіз поширення пандемії COVID-19 у глобальному і регіональному контекстах

1.3 Аналіз динаміки нових виявлених хворих та кількості смертей від COVID-19 в Україні та США

1.5 Дослідження впливу пандемії COVID-19 на дистанційне навчання студентів і аспірантів та роль інформаційної безпеки

РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ПАНДЕМІЇ COVID-19 ТА ЇЇ СОЦІАЛЬНИХ НАСЛІДКІВ

2.1 Базова модель поширення епідемій

2.2 Агентно-орієнтовані моделі поширення коронавірусу

2.3 Використання агентних моделей для соціального навчання

РОЗДІЛ 3 Моделювання даних відстеження ситуації з COVID-19 в Україні та США

3.1 Моделювання даних через Microsoft Power BI

3.2 Прогнозування динаміки розвитку нової хвилі COVID-19 в Україні з використанням нейронної мережі типу «прямого перцептрона»

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

5. Календарний план виконання роботи

№ пор.	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
		за планом	фактично
1	2	3	4
1	<i>Вибір теми випускної кваліфікаційної роботи</i>	01.12.2022	01.12.2022
2	<i>Розробка та затвердження завдання на випускну кваліфікаційну роботу</i>	15.12.2022	15.12.2022
3	<i>Вступ</i>	01.02.2023	
4	<i>Розділ 1. Пандемії в 21 столітті та їх циклічність</i>	13.03.2023	
5	<i>Розділ 2. Моделювання пандемії Covid-19 та її соціальних наслідків</i>	24.04.2023	
6	<i>Розділ 3 Моделювання даних відстеження ситуації з COVID-19 в Україні та США</i>	01.05.2023	
7	<i>Висновки та пропозиції</i>	08.05.2023	
8	<i>Здача випускної кваліфікаційної роботи на кафедрі науковому керівнику</i>	22.05.2023	
9	<i>Попередній захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	30.05.2023	
10	<i>Виправлення зауважень, зовнішнє рецензування випускної кваліфікаційної роботи</i>	06.06.2023	
11	<i>Представлення готової зшитої випускної кваліфікаційної роботи на кафедрі</i>	09.06.2023	
12	<i>Публічний захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	За розкладом роботи ЕК	

6. Дата видачі завдання «15» грудня 2022 р.

7. Науковий керівник випускної кваліфікаційної роботи

(підпис)

Міценко С.А.

(прізвище, ініціали)

8. Гарант освітньої програми

(підпис)

Кулаженко В. В.

(прізвище, ініціали)

9. Завдання прийняв до виконання студент

(підпис)

Копил Д.О

(прізвище, ініціали)

Анотація

Об'єктом дослідження в цій роботі є пандемія COVID-19, вивчається періодичність виникнення пандемії та особливостях її поширення в Україні та в усьому світі. Проведено аналіз особливостей поширення пандемії коронавірус COVID-19 протягом 2020-2021 у глобальному контексті. Проаналізовано як вакцинація вплинула на послаблення COVID-19 в різних країнах та регіонах світу. У практичній частині розглянуто різні моделі, що симулюють процес поширення епідемії. Наголошено, що пандемія породжує соціально-економічні проблеми, дослідження яких виходить за межі епідеміологічних моделей. І змодельовані всі отримані данні за допомогою Microsoft Power BI

Ключові слова: COVID-19, пандемія, моделювання, агентно-орієнтовані моделі, політика втручання, Power BI.

The object of research in this work is the COVID-19 pandemic, the periodicity of the pandemic and the features of its spread in Ukraine and around the world are studied. An analysis of the spread of the coronavirus COVID-19 pandemic during 2019-2021 in a global context was carried out. It was analyzed how vaccination affected the weakening of COVID-19 in different countries and regions of the world.

The practical part studies different approaches to modelling COVID-19 transmission. It is emphasized that the variety of models proposed for forecasting the dynamics of epidemic and its long-term socio-economic consequences deals with the complexity of the object under investigation. And modeled all the received data using Microsoft Power BI

Keywords: COVID-19, pandemic, modelling, agent-based models, intervention policy, Power BI.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 Пандемії в 21 столітті та їх циклічність	5
1.1 Циклічність пандемічних інфекційних хвороб протягом останніх двох десятиліть	5
1.2 Аналіз поширення пандемії COVID-19 у світовому та регіональному контекстах	7
1.3 Аналіз динаміки нових виявлених хворих та кількості смертей від COVID-19 в Україні та США	10
1.5 Дослідження впливу пандемії COVID-19 на дистанційне навчання студентів і аспірантів та роль інформаційної безпеки	15
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ПАНДЕМІЇ COVID-19 ТА ЇЇ СОЦІАЛЬНИХ НАСЛІДКІВ	18
2.1 Базова модель поширення епідемій	20
2.2 Агентно-орієнтовані моделі поширення коронавірусу	23
2.3 Використання агентних моделей для соціального навчання	28
РОЗДІЛ 3 Розроблена нейромережева модель даних відстеження ситуації з COVID-19 в Україні та США	31
3.1 Розроблення нейромережевої моделі даних через Microsoft Power BI	31
3.2 Прогнозування динаміки розвитку нової хвилі COVID-19 в Україні з використанням нейронної мережі типу «прямого перцептрона»	37
ВИСНОВОК	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40

ВСТУП

Хвороба COVID-19, яка виникла наприкінці 2019 року, сприймалася як рідкісне екзотичне захворювання, яке за короткий час переросло в пандемію. Характерною особливістю його розвитку є непередбачуваність його перебігу в майбутньому. Для оцінки перспектив зростання кількості випадків захворювання використовуються різні методи статистичного аналізу. Наприклад, в роботі «Прогноз розвитку пандемії COVID-19 в Україні на 23 листопада – 7 грудня 2020 року (далі – прогноз RG-29)» використано сучасну модель Facebook Prophet, яка показує дуже високу ефективність у моделюванні часового ряду, що містить аномальні дати різного типу сезонності та лінійну чи нелінійну динаміку впливу різних компонентів моделі, проте аналіз наведених результатів прогнозу показав, що жоден статистичний прогноз не дає хоча б приблизного кількісного результату. У такій ситуації доцільно на початковому етапі аналізу використовувати візуалізацію будь-якої інформації, дотичної до загальної статистики. Це дає змогу якимось чином знайти складні причинно-наслідкові зв'язки.

У даній роботі вивчається закономірності періодичних спалахів пандемій та інфекційних захворювань за двадцять років та їхній вплив на економіку та суспільство різних країн. Особливу увагу приділено виникненню останньої пандемії COVID-19 та особливостям її поширення в Україні та світі. Проведений аналіз та особливості поширення пандемії COVID-19 протягом 2020-2021 років у світовому розрізі. Проаналізовано вплив вакцинації на пом'якшення пандемії COVID-19 у різних країнах і регіонах світу. Зазначається, що незалежно від регіону світу навіть після досягнення колективного імунітету ризику рецидиву захворювання не зникнуть.

Досліджено вплив вакцинації на характер майбутнього поширення пандемії COVID-19 та спрогнозовано його ймовірне послаблення в різних країнах. Ця частина дослідження розуміє під собою виявлення тенденцій вакцинації та використання їх для прогнозування ймовірних часових горизонтів пом'якшення пандемії COVID-19 в Україні та в цілому світі.

Динаміку розвитку нової, четвертої хвилі COVID-19 в Україні спрогнозували за допомогою нейромережі «прямий перцептрон» на 200 днів вперед. І вони виявили, що ця хвиля можливо буде швидшою за попередні, досягаючи піку в 15 000-18 000 випадків на день і закінчуючись наприкінці листопада – на початку грудня 2021 року.

У дослідженнях використовувалися різні методи системного аналізу, інтелектуального аналізу великих масивів даних, кластерного та регресійно-кореляційного аналізу, метод подібності в математичному моделюванні, нейронної мережі та інші підходи системного аналізу.

Мета роботи полягає у дослідженні та моделюванні процесу поширення пандемії COVID-19.

Завдання дипломної роботи це моделювання пандемії Covid-19 та її соціальних наслідків.

Проаналізовано дані поширення пандемії коронавірусу COVID-19 протягом 2020-2021 років у глобальному контексті

Розглянуто та досліджено основні моделі поширення пандемії.

Побудовано та реалізовано дані протягом 2020-2021 років в Україні та США за допомогою програми Power Bi.

Об'єктом дослідження є пандемія коронавірусу COVID-19.

Предметом дослідження є дані щодо показників поширення коронавірусної хвороби в Україні та світі.

РОЗДІЛ 1 Пандемії в 21 столітті та їх циклічність

В останні два десятиліття все частіше почастишали масштабні інфекційні захворювання (пандемії), які суттєво вплинули на здоров'я людей їх соціальний розвиток, економіку країн і регіонів світу. Часто характеризується відсутністю у людства колективного імунітету і зазвичай засобів ефективної профілактики (вакцини) і лікування. До інфекційних захворювань, які набули масштабів пандемії, належать: холера, чума, грип, ВІЛ/СНІД, COVID-19.

1.1 Циклічність пандемічних інфекційних хвороб протягом останніх двох десятиліть

Протягом даного періоду можна зазначити чотири такі пандемії:

1. З листопада 2002 року по травень 2004 року спалахи важкого гострого респіраторного синдрому (SARS) сталися в 35 країнах. Повідомлялося про понад 8000 випадків THRS. Смертність становила близько 11%;

2. З січня 2009 року по серпень 2010 року більшість країн світу були охоплені пандемією свинячого грипу. Постраждалих було від 700 мільйонів людей до 1,4 мільярда;

3. У 2014-2015 роках пандемія лихоманки Ебола вразила Західну Африку, США та Європу. Смертність склала 50%;

4. На жаль, початок 2020 року ознаменувався стрімким і наймасштабнішим спалахом пандемії COVID-19 майже у всьому світі. На кінець вересня 2021 року ця хвороба вразила понад 230 мільйонів людей у світі, 4,7 мільйона померли. Середня смертність у світі в цей період становила приблизно 2,1%.

Рис. 1.1 Пандемії 21ст

Видно, що виникнення пандемій у зазначений час має циклічний характер із приблизною тривалістю п'ять-шість років. Щоб проаналізувати вплив цих захворювань на світову економіку, давайте порівняємо їх на шкалі часу з наступними основними періодичними процесами (рис. 1.2):

1. 40-50-річні економічні цикли Миколи Кондратьєва, засновані на змінах технологічної структури суспільства (синя лінія);
2. 7-11-річні цикли Клементя Жугляра, пов'язані з коливаннями обсягу інвестицій в основний капітал (помаранчева лінія);
3. Індустріальний індекс Dow Jones, що відображає сумарну капіталізацію 30 найбільших американських компаній, діяльність яких у цілому визначає тенденцію розвитку світової економіки (штрихові лінії).

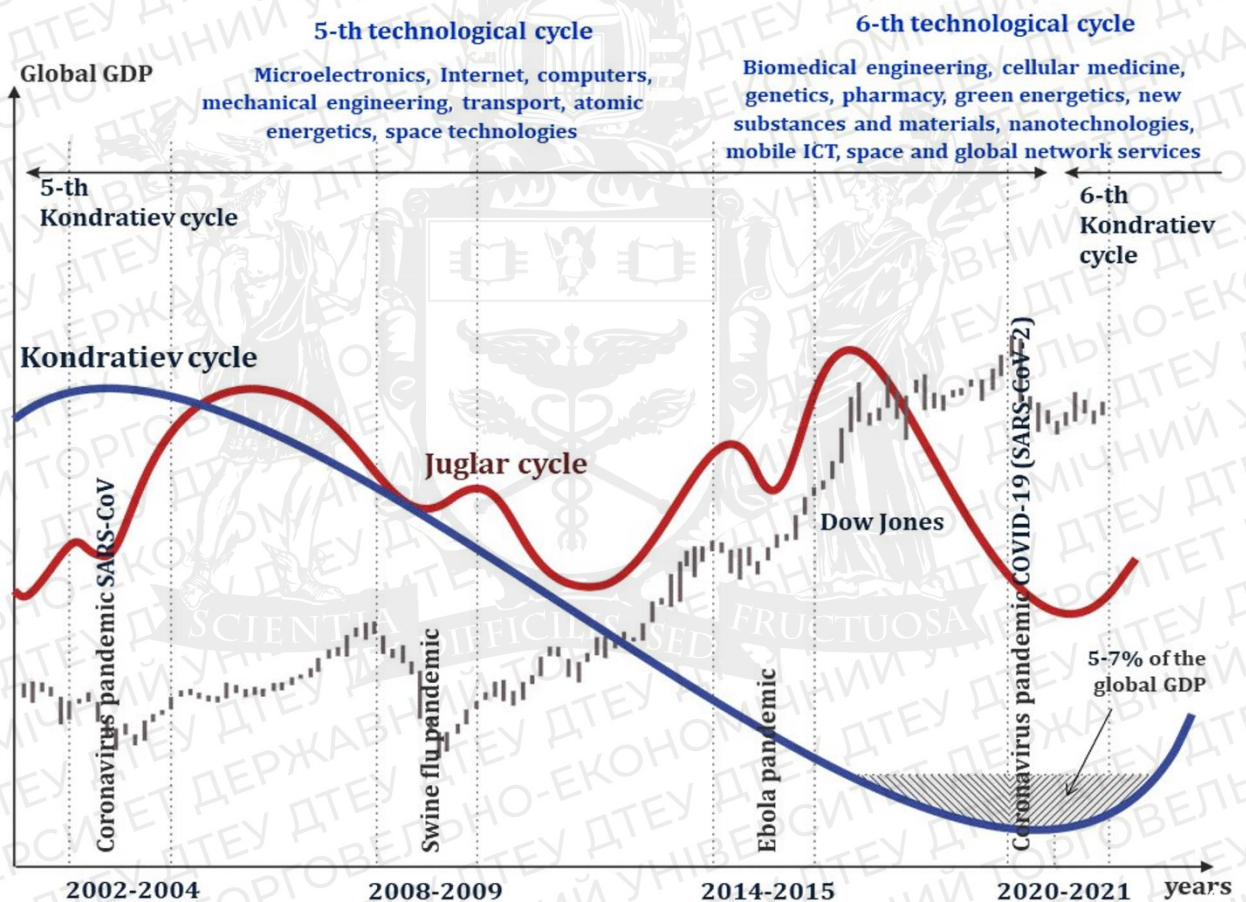


Рис. 1.2 Вплив пандемій заразних хвороб на розвиток економіки та суспільства

На рисунку 1.2 видно, що в 2020-2021 роках цикл Кондратьєва проходить дно падіння і починає підйом. Тому існують об'єктивні умови зростання світової економіки в майбутньому.

Частота такого зростання в поточний період значно послабила пандемія COVID-19. Це призвело до ще одного дна циклу Жугляра та падіння індексу Доу-Джонса на 30-40%.

За словами Жугляра, цей спад триватиме близько півтора року, протягом якого відбудуватиметься перенаправлення інвестицій на 6-й технологічний уклад. Відродження економіки має початися і за Кондратьєва, і за Жугляра. Багато експертів вважають, що в середині 2021 року почнеться помітний підйом світової економіки завдяки 6-му технологічному укладу. Це спричинить переверот у світовій економіці, і вона почне зростати.

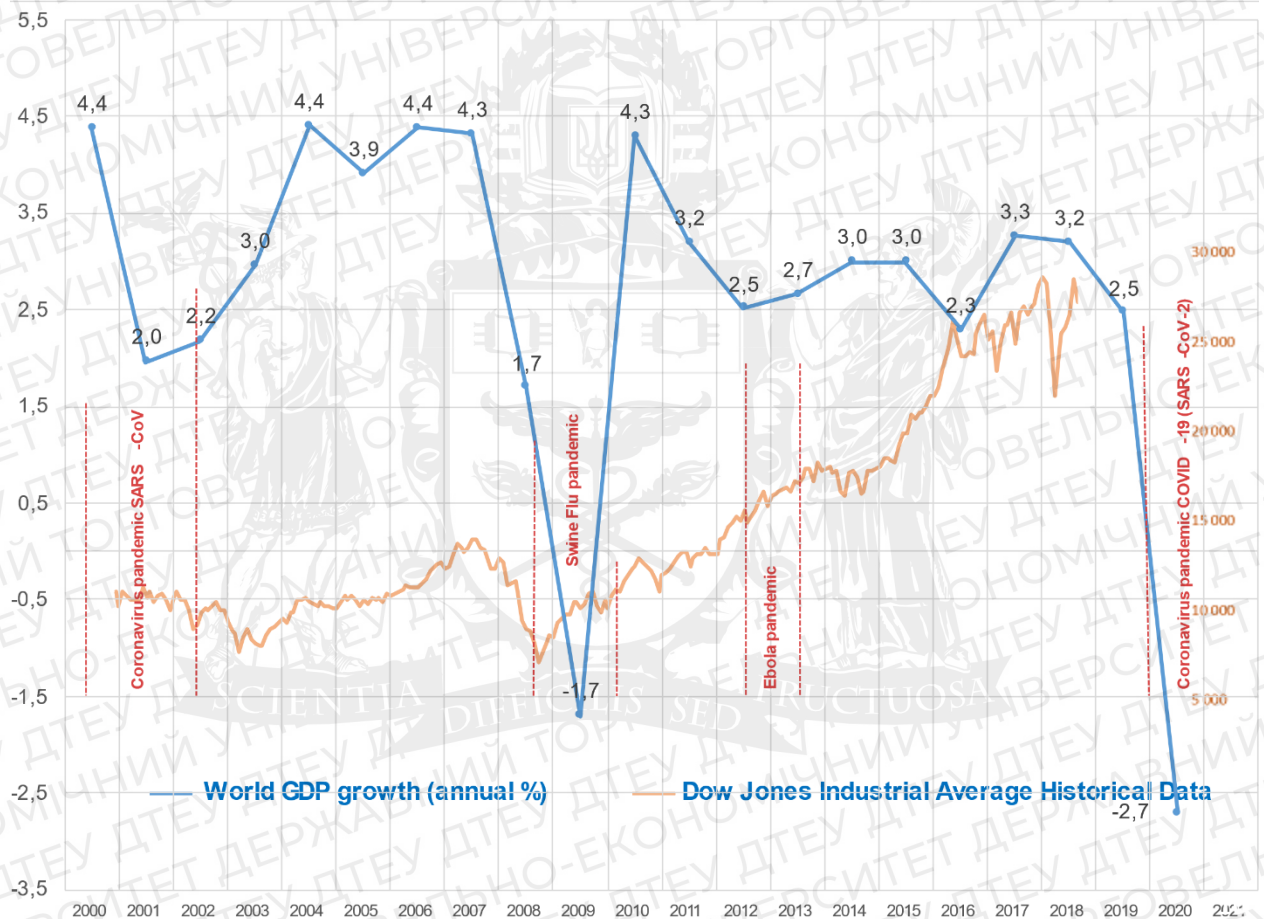


Рис. 1.3 Вплив на динаміку світового ВВП чотирьох пандемій (SARS-CoV, Swine flu, Ebola та COVID-19)

На рисунку 1.3 показано падіння світового ВВП через кумулятивні наслідки чотирьох пандемій, а саме SARS, свинячого грипу, Еболи та COVID-19.

1.2 Аналіз поширення пандемії COVID-19 у світовому та регіональному контекстах

Як стало відомо, ця хвороба в країнах Європи почалася на півночі Італії в провінції Ломбардія, звідки вірус почав стрімко поширюватись в сусідніх

країнах Західної Європи – Франції, Іспанії, Німеччині, які мали найбільшу чисельність комерційних, торгових і транспортних контактів з Китаєм і між собою. Потім із затримкою на 2-3 тижні пандемія охопила країни Центрально-Східної Європи та Балкани, а саме: Румунію, Польщу, Україну, Хорватію, Сербію, Словенію, Чорногорію та інші. На даний момент глобальна пандемія COVID-19 змусила людство жити в умовах карантинних обмежень більше 1,5 років і має глобальний вплив на всі без винятку сфери життя.

Метою цієї частини дослідження є виявлення характеру поширення пандемії COVID-19 у часовому періоді (січень 2020 – вересень 2021) з метою прогнозування можливого розвитку цього процесу в найближчому майбутньому та оцінки приблизний горизонт його занепаду.

У дослідженні використовувалися такі основні показники:

- Індикатор «supertrend» для виявлення тенденцій на дуже мінливих даних. При зростаючому тренді на кривій випуску значення індикатора «supertrend» знаходяться нижче неї, відповідно, при спадному тренді - значення цього показника вище графіка випуску. Перетин кривих індикатора та даних може свідчити про розрив попереднього тренду. Часте перетин цих кривих вказує на відсутність чіткої тенденції в даних;
- Індикатор «zigzag» об'єднує найбільш значні локальні екстремуми на графіках даних і не є чутливим до невеликих коливань. Цей індикатор підходить для аналізу попередніх коливань даних;
- Технічний індикатор, побудований на основі коефіцієнта Хюрста, який виступає в якості однієї з ключових фрактальних характеристик. Ефекти, при яких цей показник набуває значення вище 0,5, вважаються стабільними – вони здебільшого зберігають існуючу тенденцію, тобто зростання в минулому з більшою ймовірністю призведе до зростання в майбутньому і навпаки. Якщо значення коефіцієнта Хюрста дорівнює 0,5, це означає відсутність чіткої тенденції. Значення менше 0,5 вказують на антиперзистентність ряду, якщо існуюча тенденція, швидше за все, зміниться в майбутньому;

- Адаптивний варіант індикатора «supertrend», який дозволяє виявити наявність тижневих сезонних впливів на кількість зареєстрованих нових випадків захворювання, які безпосередньо впливають на рівень волатильності цих даних[6, 16].

Дослідники з різних країн світу та відомі міжнародні організації дійшли висновку, що нині у світі проходить четверта хвиля COVID-19. У представленому дослідженні цей факт підтверджується поведінкою показника «zigzag», побудованого для згладженої кривої вперше виявлених випадків (рис. 1.4).

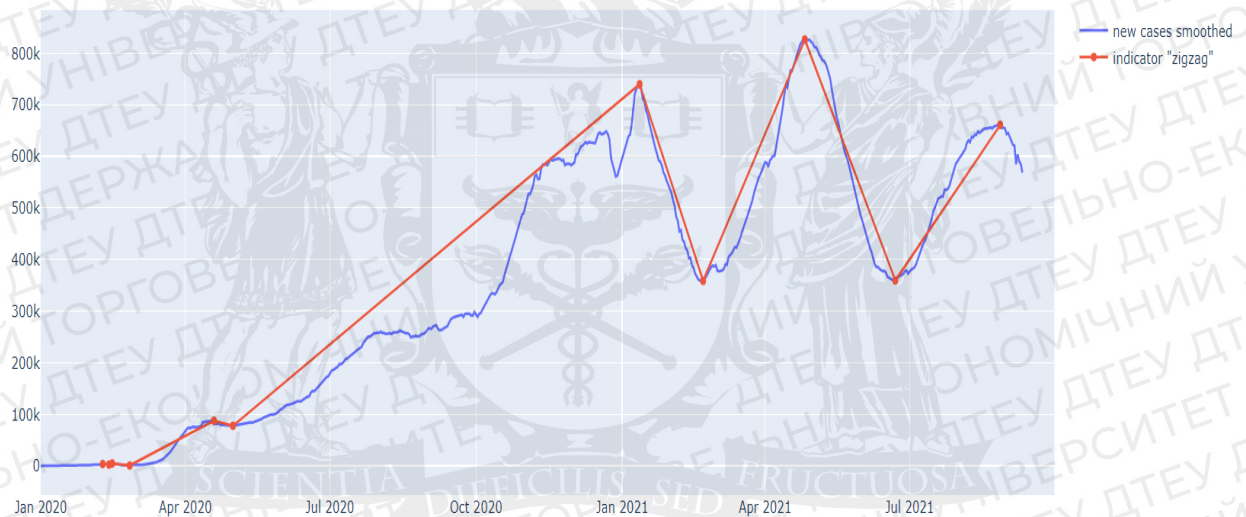


Рис. 1,4 Аналіз динаміки виявлення нових хворих на COVID-19 у світі за допомогою індикатору «zigzag»

1.1 Перша значна хвиля пройшла з березня по травень 2020 року і була викликана поширенням пандемії в Італії, Іспанії, Німеччині та інших країнах Західної Європи.

1.2 Друга виражена хвиля, яка набрала обертів з кінця вересня 2020 року до кінця грудня 2020 року, відображала різке зростання рівня захворюваності в Канаді, Сполучених Штатах, Великобританії та Європі.

1.3 Третя хвиля, яка посилилася з березня по травень 2021 року, була викликана різким зростанням нових випадків COVID-19 у Південній Америці,

Великій Британії, де бета-штам – нова мутація коронавірусу під назвою Британський штам - був виявлений в Європі, яка також хворіла цим штамом.

1.4 Четверту хвилю захворювання, яка триває з початку липня 2021 року дотепер, вчені пов'язують із появою ще однієї мутації вірусу – так званого Дельта-штаму.

Чотири глобальні хвилі поширення COVID-19 більш яскраво відображені на графіку світової смертності (рис. 1.5). Зигзагоподібний індикатор не досяг вершини останньої хвилі, оскільки зараз спостерігається лише незначне зниження глобальної смертності, яке може бути тимчасовим.

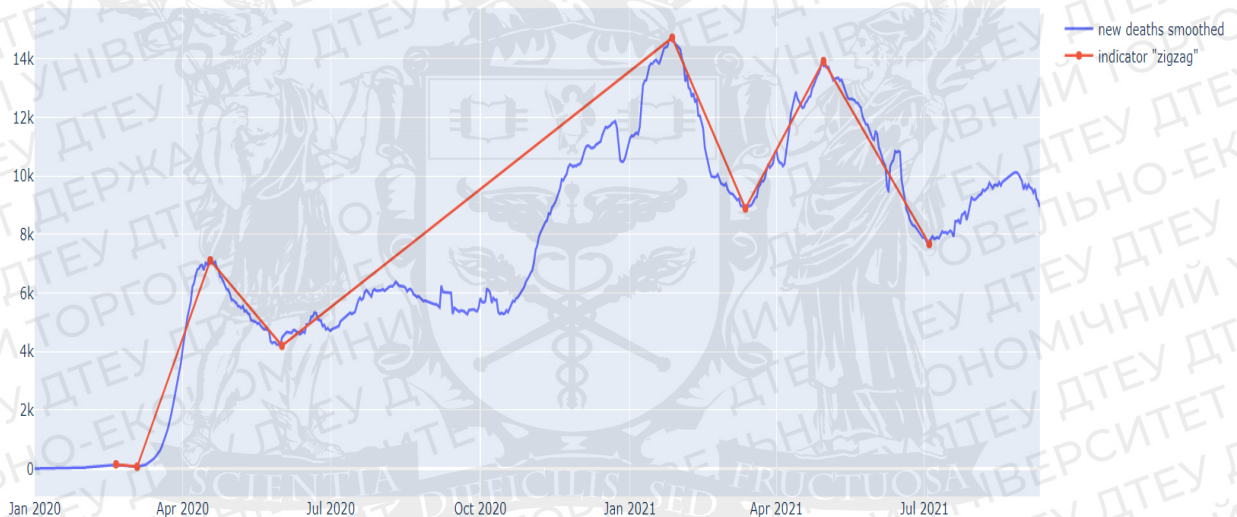


Рис. 1.5 Аналіз динаміки чисельності смертей від COVID-19 у світі за допомогою використання індикатора «zigzag»

1.3 Аналіз динаміки нових виявлених хворих та кількості смертей від COVID-19 в Україні та США

Через світові тенденції поширення коронавірусної хвороби Україна запровадила перший локдаун ще в березні 2020 року, але рівень захворюваності в країні все ще був відносно низьким. Найжорсткіші обмеження були зняті в червні 2020 року, а вже в середині липня, в розпал сезону літніх відпусток, для України почалася перша значна хвиля пандемії, пік якої припав на середину листопада 2020 року. Індикатор Хюрста залишався вище позначки 0,5 із серпня по листопад 2020 року, що вказувало

на силу тенденції та низьку мінливість даних про захворюваність (див. рис. 1.6).

Друга хвиля, яка почала зростати з кінця лютого 2021 року та досягла піку на початку квітня 2021 року, була сильнішою за першу через значно вищий рівень смертності. Частково це пояснюється тим, що в Україні період з лютого по квітень є періодом сезонного грипу та ГРВІ. Однак варто також зазначити, що вакцинальна кампанія в Україні розпочалася значно пізніше на відміну від більшості інших європейських країн і розвивалася дуже повільно, але потім дещо прискорила у липні-серпні 2021 року. Спочатку процес був недостатньо швидким через відсутність вакцин, але після постачання одна з найбільших перешкод на шляху до масової вакцинації та подолання пандемії стала недовіра населення (особливо його найбільш уразливих груп – людей похилого віку, лікарів, працівників освіти) та небажання вакцинуватися.

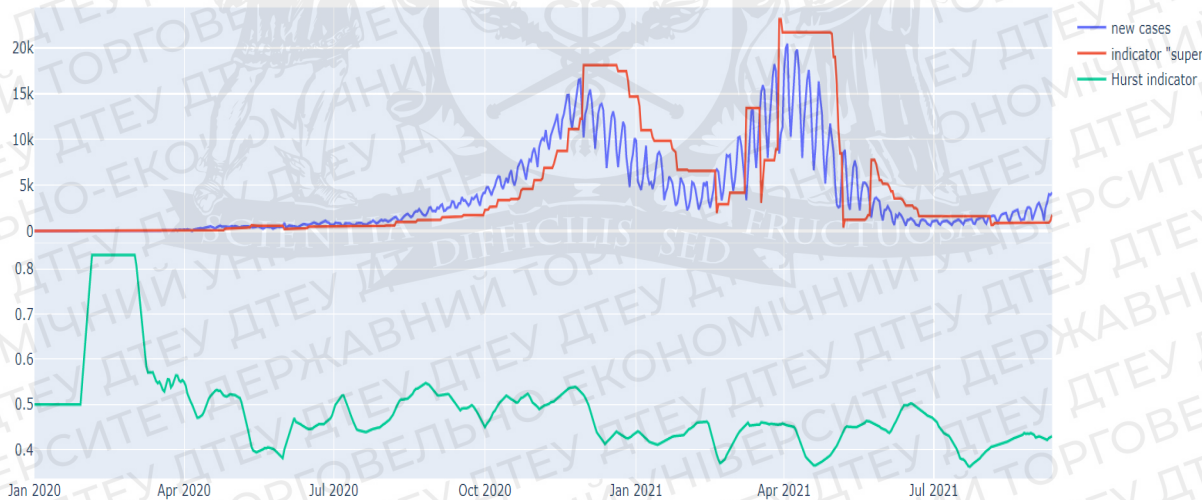


Рис. 1.6 Аналіз динаміки виявлення нових хворих на COVID-19 в Україні за допомогою індикаторів Хюрста та «Supertrend»

Дельта Штам вперше виявили в Україні в липні 2021 року та поширюється все більше через підвищену сприйнятливість до інфекції. Епідеміологи кажуть, що вже восени Дельта Штам стане панівним штамом в Україні. І з початку серпня добова кількість нововиявлених випадків COVID-19 знову почала зростати, що також підтверджує крива індикатора «Supertrend» (рис. 1.6).

Разом із захворюваністю зростає й кількість померлих (рис. 1.7), причому більш швидкими темпами порівняно з відповідним періодом минулого року. З початку серпня значення показника кривої смертності Хюрста поступово зростають, що може свідчити про посилення тенденції. З кінця серпня кількість нових випадків перевищує кількість вилікуваних.

Коефіцієнт кореляції між згладженими кривими нових випадків захворювання та смертності за весь період для України становить 0,9, а за літо 2021 року – 0,95, що вказує на відсутність суттєвих ефектів від вакцинації для подолання пандемії.

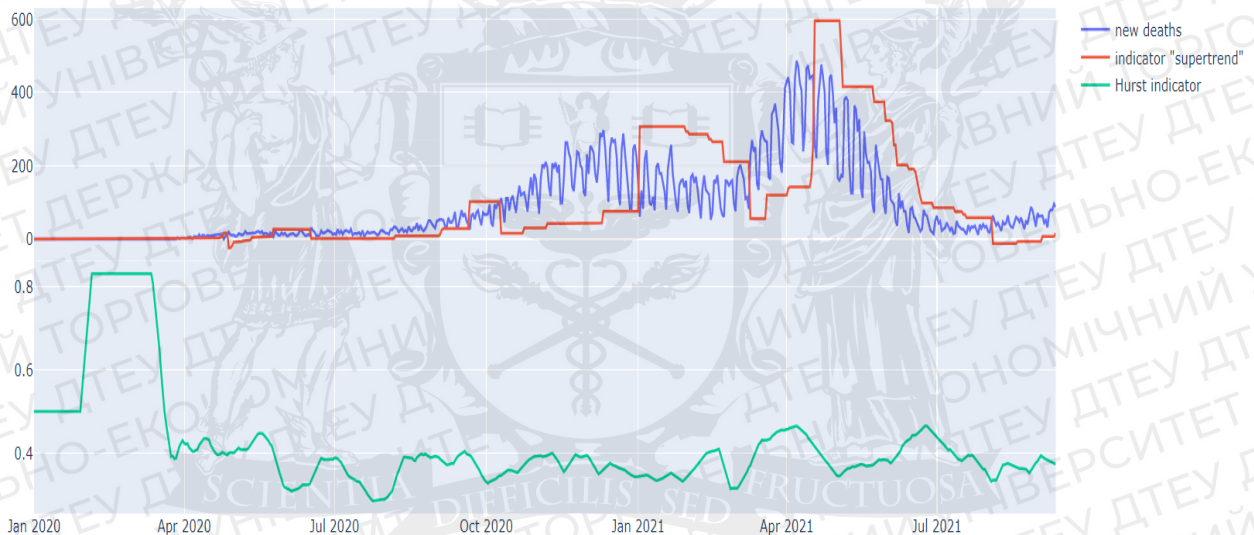


Рис. 1.7 Аналіз динаміки чисельності смертей від COVID-19 в Україні за допомогою індикаторів Хюрста та «Supertrend»

Вакцинація українського населення почалася в лютому 2021 року. Її можна розділити на три основні етапи:

- Перший етап вакцинації тривав до середини березня 2021 р. Середньодобова кількість щеплень на цьому етапі становила 3 тис.
- Другий етап розгортання щеплень тривав із середини березня до третьої декади квітня 2021 р. Цей етап характеризувався середньодобовою кількістю щеплень на рівні 10 тис.
- Третій етап розпочався наприкінці квітня 2021 року. Його мета – створити в Україні колективний імунітет до кінця поточного року. На цьому

етапі спостерігалось швидке зростання кількості щоденних щеплень до 70 тис. і більше.

Перша доза вакцини в Україні станом на 1 травня 2021 року була отримана близько 6 млн осіб, що становить понад 14% від загальної чисельності населення країни, повністю зробили вакцинацію близько 5 млн осіб – майже 12% населення.

У США швидко почалася перша хвиля пандемії. Уже наприкінці березня США посіли перше місце серед країн світу за щоденно зареєстрованими новими хворими, обігнавши Італію та Китай, а вже у квітні – за загальним числом смертей від вірусу. На рис. 1.8 можна виділити 4 хвилі:

- Перша тривала з березня по травень 2020 року;
- Друга – з кінця червня по вересень 2020 року;
- Третя хвиля – з листопада 2020 року по квітень 2021 року;
- Четверта – з початку липня по присутній.

Четверта хвиля спалаху COVID-19 характеризується надзвичайно високою волатильністю, тобто показник Hurst вказує на можливість розвороту висхідного тренду, хоча індикатор «Supertrend» з упевненістю демонструє висхідний тренд.

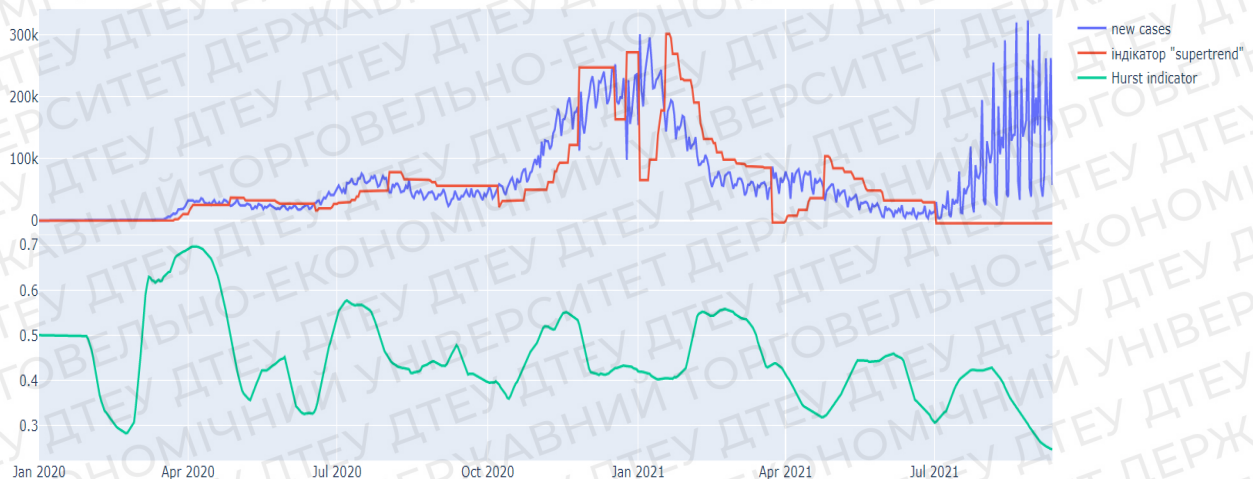


Рис. 1.8 Аналіз динаміки виявлення нових хворих на COVID-19 в США за допомогою індикаторів Хюрста та «Supertrend»

Наразі хоча б одну дозу вакцини отримали 63% населення країни, дві дози – 49,4% населення. Попри досить високий рівень вакцинації, коефіцієнт кореляції між кривою добових нових випадків COVID-19 та кривою смертності високий – 0,8. Щоденна смертність у США зараз на піку третьої хвилі – понад 4000 осіб на добу, а показник «supertrend» продовжує вказувати на тенденцію до зростання (рис. 1.9).

Дельта Штам також заражає повністю вакцинованих осіб у США (захист від інфекції впав з 91% до 66%), але вакцини загалом показали свою ефективність у запобіганні госпіталізацій, важких і смертельних випадків.

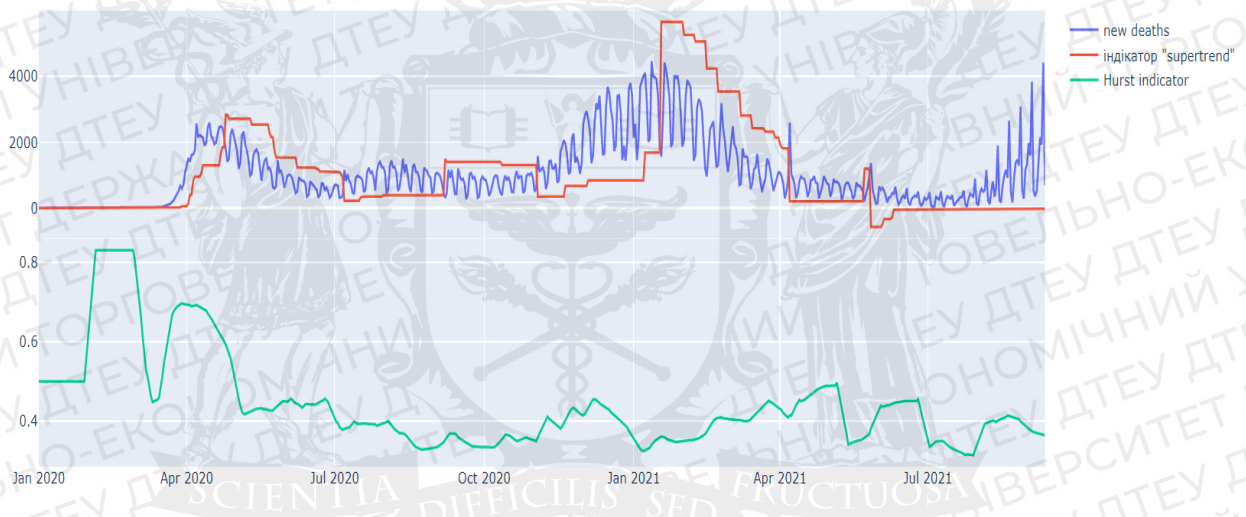


Рис. 1.9 Аналіз динаміки чисельності смертей від COVID-19 в США за допомогою індикаторів Хюрста та «Supertrend»

Основною передумовою цього дослідження є висновок про те, що зменшення кількості нових випадків COVID-19 можливе за умови створення колективного імунітету, коли більше 50% населення захворіє, а також зменшення кількості важких і летальних випадків, якщо хоча б одну дозу вакцини отримало щонайменше 30% населення. Згідно з останніми даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, з появою Дельта-штаму вірусу COVID-19, який вражає навіть повністю вакцинованих осіб, очікування щодо кампанії вакцинації дещо змінилися. Зараз основний позитивний ефект, який очікують від вакцинації, – це зменшення кількості випадків тяжких захворювань та ускладнень, госпіталізацій та смертей.

На прикладі світових лідерів, що стоять за вакцинованою частиною населення – Ізраїлю, Сполучених Штатів Америки, Великої Британії, ОАЕ, Чилі, Канади, Данії, Норвегії та інших країн Західної Європи, можливо визначити як вакцинація вплинула на перебіг пандемії, особливо на кількість добових випадків захворювання та добову смертність.

1.5 Дослідження впливу пандемії COVID-19 на дистанційне навчання студентів і аспірантів та роль інформаційної безпеки

Зрозуміло, що пандемія COVID-19 суттєво вплинула на повсякденне життя людство. Неможливо до кінця зрозуміти, яким перипетіям він піддався світова економіка, система охорони здоров'я. У більшості вже другий місяць Європейські та західні країни запровадили карантинні заходи, які мали значний вплив про повсякденне життя громадян. Паралельно з переходом від звичайного графіку роботи до дистанційної, школярів, старшокласників, студентів та аспірантів також через домашню ізоляцію вони повинні отримати освіту.

Трафік даних неймовірно зріс у перші дні карантину, тому навіть такі відеосервіси, як "YouTube" і "Netflix", серйозні обмежена якість контенту. Усі навчальні години перейшли на відеоформат, який стало можливим завдяки таким сервісам, як «Discord», «Zoom», «Skype». Проте через шалену кількість користувачів новин стало з'являтися все більше інфополе на тему хакерських атак: витік персональних даних, продаж майна облікові записи. Останнє найгірше – хакери мають такий же доступ до облікових записів які подобаються користувачеві та може переглядати особисті відеозустрічі, переписки тощо. «Zoom» активно впроваджує нові методи кібербезпеки у своїй компанії, але це стосується не тільки цієї послуги.

Незважаючи на таку неприємну новину, вони надали новітні технології це дозволяє нам плавний перехід і можливості дистанційного навчання. Спасибі соціальні мережі та онлайн-платформи, де люди проходять тести вчителі мають усі можливості для забезпечення навчального процесу та контролювати свідомість учнів.

Щоб можна було більш чітко вивчити питання дистанційної освіти проводилися дослідження з найбільш актуальних питань. Цікаво було, як місцева система освіти (ФТІ) відреагувала на карантин та його вплив на повсякденне життя студентів та випускників.

Опитування та аналіз результатів

По-перше, за результатами опитування виявлено, що студенти вона взагалі не реагувала на карантин однозначно. Навчання до і після введення карантину студенти подобається приблизно 50/50.

Якщо ви хочете розглянути проблему більш детально, вам потрібно зрозуміти, що сталося основні причини першого чи другого вибору.

По-друге, на запитання, скільки часу вони витрачали до пандемії на лекції, семінари, домашні завдання та самостійне опрацювання навчальної програми у звичайний навчальний день і скільки часу витрачають на подібні речі зараз, частина студентів, які вчилися 7-8 або 3-4 години не змінилися. Проте студенти, які навчалися по 5-6 годин, стали вчитися менше.

Також відіграють роль такі фактори, як наявність у студента можливості навчатися вдома, вільний час, робоче місце, обладнання (мікрофон, ноутбук, камера тощо). Грає роль і рівень спілкування з викладачами. Пропонуючи різні альтернативні та цікаві методи навчання, вчитель заохочує учнів до засвоєння матеріалу.

Якщо повернутися до теми інформаційної безпеки, то найбільш вразливим місцем навчального процесу залишаються відеоконференції, а саме сервіси, де вони відбуваються. На думку студентів, відеоконференції дійсно є найефективнішим методом навчання, але не єдиним. Відповідно до рис. 7 видно, що безпосереднє спілкування з викладачем також є найефективнішим методом навчання. Зробивши процес більш стриманим, пропонуючи різні методи навчання, це допоможе запобігти витоку персональних даних студентів.

Звертаючи увагу на психологічне здоров'я студентів, залишається критичним те, що графік сну був збитим приблизно в 60%. Враховуючи цей факт, вчителі та учні мають створити оптимальний графік.

Завдяки тривалому карантину є напрочуд багато можливостей отримати нові знання та професійні навички. Глобальні освітні портали, такі як «Coursera» та «GeekBrains», відкрили багато платних курсів, щоб заохотити людей розумно проводити час вдома. А студентам КПІ було видано 5000 сертифікатів на будь-які гуманітарні чи технічні курси. На жаль, дивлячись на результат опитування “Чи використали Ви можливість скористатись безкоштовно представленим курсом?” більше половини відповіли негативно[13-14].



РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ПАНДЕМІЇ COVID-19 ТА ЇЇ СОЦІАЛЬНИХ НАСЛІДКІВ

У практичній частині розглядаються різні моделі, що моделюють процес поширення пандемії. Наголошується, що пандемія породжує соціально-економічні проблеми, вивчення яких виходить за рамки епідеміологічних моделей. У роботі розкриваються властивості агентного моделювання, яке дозволяє досліджувати різні сценарії розвитку подій, а також експериментувати з параметрами моделі, що дає можливість аналізувати різні політики втручання та оцінювати їх доцільність.

Пандемія COVID-19 швидко вийшла за рамки епідеміологічних проблем. Воно тією чи іншою мірою вплинуло на більшість соціальних інститутів, змушуючи їх пристосовуватися до непередбачених обставин. Прийняття рішень в умовах невизначеності, взаємозалежності проблем (закриття чи економічна криза, соціальна ізоляція чи психічне здоров'я, дистанційне навчання чи соціалізація, авторитарні заходи чи демократичні свободи тощо), каскадних і мережевих ефектів, впливу поведінкових установок і соціальних норм щодо прийнятих рішень – все це свідчить про те, що рівень складності рішень, що відповідають обставинам, надзвичайно високий.

Спроби передбачення розвитку пандемії призвели до створення багатьох моделей, висновки з яких часто суперечливі і не дають чіткої відповіді на те, як розвиватимуться події. На самому початку поширення пандемії в Європі модель англійського математика Ніла Фергюсона передбачала, що без соціальної ізоляції пік смертності припаде на червень 2020 року і досягне катастрофічних цифр: 510 тис. осіб у Великій Британії та понад 2 млн осіб у США [12]. За моделлю Університету Джона Гопкінса в червні 2020 року від коронавірусу в США помирає до 3000 людей на добу, а за моделлю Ради економічних консультантів під керівництвом президента США навпаки, до середини травня смертність знизиться до нуля [21]. За розрахунками науковців

Всесвітнього центру даних «Геоінформатика та сталий розвиток» на базі КПП, пік захворюваності в Україні мав би припасти на середину квітня 2020 року за відсутності жорстких карантинних заходів. При цьому кількість хворих становитиме понад 60 тисяч, а смертність може досягти понад 4500 осіб. Водночас учені з Сінгапурського університету технологій та дизайну прогнозували завершення пандемії коронавірусу в Україні до червня 2020 року.

Різноманітність моделей і висновків, які ми спостерігаємо, пов'язані не стільки з недосконалістю наявних засобів моделювання, скільки зі складністю модельованого об'єкта. Будь-яка модель є спрощенням реальності, тому адекватність її висновків можна оцінити лише в межах припущень, зроблених при її побудові. За словами професора Мічиганського університету Скотта Пейджа, слід використовувати багато моделей. Це дозволяє уникнути обмежень, властивих кожній окремій моделі [20]. Різні моделі відображають різні аспекти складної реальності. Статистичні моделі дають змогу визначити важливі середні показники (наприклад, число R_0 , яке показує, скільки людей в середньому заражає інфікована людина). Математичні моделі описують процеси, тоді як моделювання агентів фокусується на поведінці людини. Моделі агентів — комп'ютерні моделі (обчислювальне моделювання), які на основі комп'ютерного моделювання агентів на індивідуальному рівні досліджують поведінку системи в цілому.

Іншою важливою особливістю моделювання пандемії COVID-19 є невизначеність щодо ключових параметрів і процесів, які описують хворобу. У даній ситуації, як відзначають деякі дослідники, ми повинні враховувати глибоку невизначеність навколо пандемії і не ставити перед собою завдання робити не тільки точні прогнози (Коли закінчиться пандемія?), але й імовірнісні прогнози (Яка ймовірність спалаху?). Натомість пропонується використовувати широкі діапазони невизначеності для невідомих параметрів для створення великого набору можливих майбутніх випадків без будь-яких прогнозних чи ймовірнісних показників [7].

Також з багатьма проблемами зіткнулося використання результатів моделювання для розробки політичних рішень. Одна полягає в тому, що хороші моделі пандемії COVID-19 не завжди є хорошими моделями політичних рекомендацій. Наприклад, ідеальна стратегія запобігання нових інфекцій є суворий карантин, але він може мати надзвичайно несприятливі соціально-економічні наслідки. Крім того, взаємодія політиків і науковців ускладнюється різними уявленнями про результати моделювання. З точки зору політика, рекомендація має бути конкретною, короткою, безпосередньо стосуватися політичних питань і супроводжуватися правдоподібним описом. З точки зору модельєра, рекомендація повинна враховувати притаманну невизначеність висновків, зроблених на основі моделі, і уникати надмірного спрощення. Розбіжність поглядів учених і політиків призводить до того, що хороші моделі залишаються незатребуваними, а під тиском необхідності швидкого реагування виникає спокуса звернутися до простих моделей з високими прогнозними вимогами і чіткими рекомендаціями для політиків [22]. Щоб узгодити наукові та політичні процеси в умовах складності та невизначеності, було видано Маніфест демократично відповідального моделювання, який закликає до відкритості та підзвітності щоразу, коли складна модель використовується для прийняття рішень, які впливають на життя людей.

З одного боку, світовий досвід моделювання дозволяє говорити про значні результати в цій сфері. Протягом кількох десятиліть швидкими темпами розвиваються різноманітні галузі моделювання, включаючи статистичне, обчислювальне, біологічне, соціальне моделювання, моделювання складних систем тощо. З іншого боку, пандемія застала зненацька експертів модельного бізнесу. і вони повинні підготуватися до можливих майбутніх пандемій[1].

2.1 Базова модель поширення епідемій

Базовою моделлю поширення пандемії є SIR-модель (рис. 2.1), в якій всі розділені на 3 основні групи, а саме: сприйнятливі

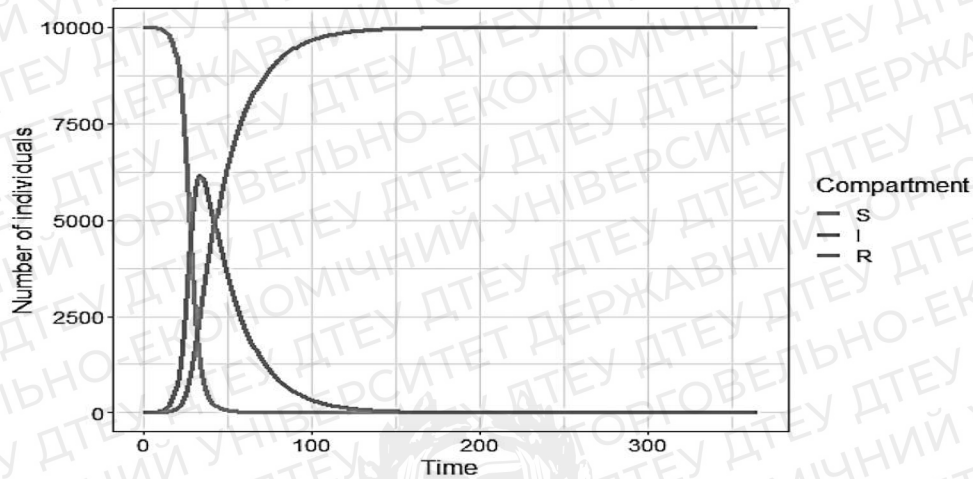


Рис. 2.1 Базова модель поширення пандемії (модель-SIR)

(S – Susceptible), інфіковані (I – Infected) і ті, кого заразити не можна (R – Recovered). Це тип моделювання «згори вниз». Ця модель заснована на системі диференціальних рівнянь, що описують динаміку трьох заданих компонент. Модель відобразила те, що поширення COVID-19 (зміна кількості інфікованих) проходить кілька фаз. Спочатку майже непомітне зростання, потім швидкий експоненціальний підйом, вихід на плато, і, нарешті, такий же швидкий спад. Крім того, модель визначає число відтворення R_0 (середня кількість людей, яких може заразити інфікована людина), яке визначає, чи буде спалах поширюватися ($R_0 > 1$) чи згасати ($R_0 < 1$). Тому заходи стримування пандемії (фізичне дистанціювання, носіння масок, тестування тощо) спрямовані на зменшення ймовірності передачі захворювання та, таким чином, на зменшення кількості R_0 .

Компартментні моделі (види SIR-моделі) часто використовують для інформування політиків про динаміку поширення епідемій. Прикладом може бути модель Ніла Фергюсона (рис. 2.2), що показує можливості згладжування кривої у разі прийняття певних рішень.

Перевагою цієї моделі є опис поведінки у великому масштабі, динаміку на макрорівні. Недоліком є те, що він не враховує топологію соціальних взаємодій і не дозволяє детально описати динаміку пандемії. Джанлука Манц пояснив дану проблему метафорою: «Це виглядає так, ніби ми реально

намагаємося змоделювати автомобільні потоки на рівні країни та потенційно пов'язані з ними затори, не моделюючи мережу вулиць, доріг і шосе. Чи можуть ці типи моделей вийти за рамки рекомендацій, які забороняють їздити, або дозволяють лише певній частині населення подорожувати за маршрутом у певний час і в певні дні? Я підозрюю, що він не може. Можна також очікувати, що багато водіїв будуть вкрай незадоволені такими загальними та недиференційованими інструкціями. Моделі SIR, які використовуються сьогодні, ставлять кожного з нас у подібну ситуацію» [19].

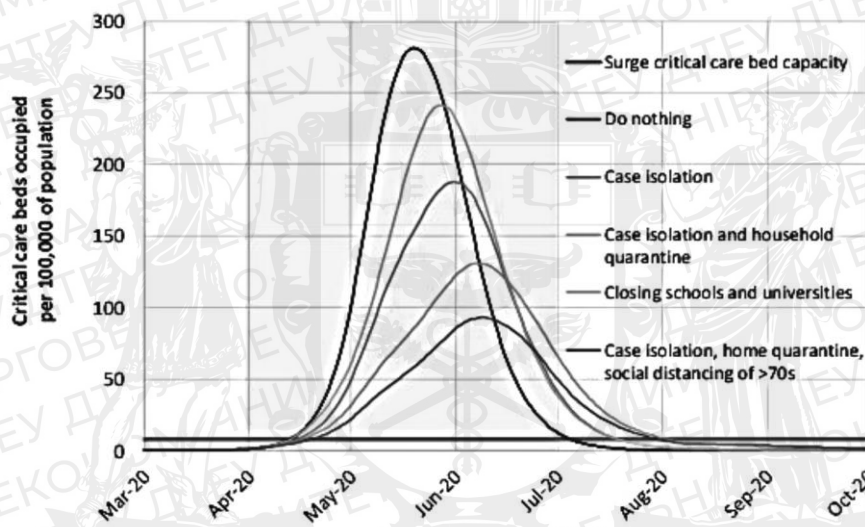


Рис. 2.2 Сценарії пом'якшення наслідків пандемії COVID-19 на основі моделі Ніла Фергюсона

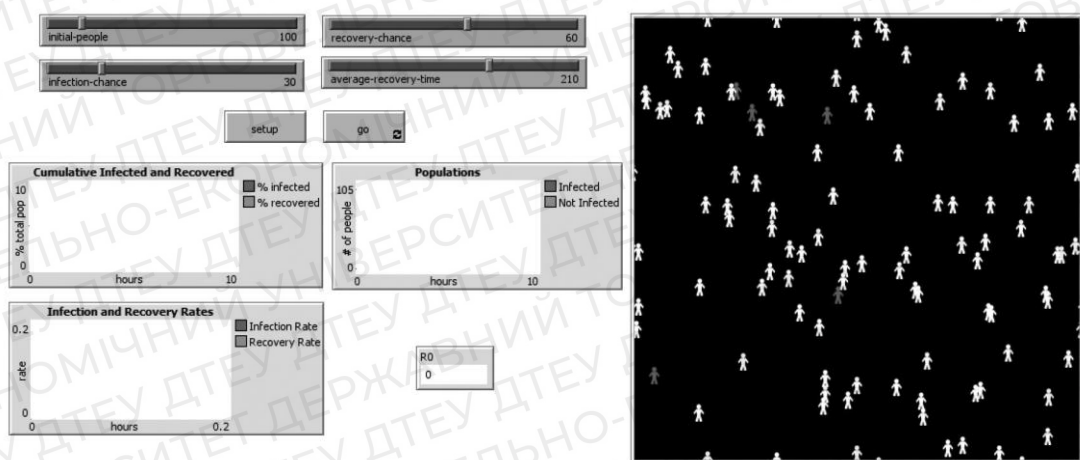


Рис. 2.3 Скриншот моделі epiDEM у середовищі моделювання NetLogo 6.0.2

Горизонтальна лінія — потужність системи охорони здоров'я Великобританії (кількість ліжок на 100 тис. населення). Сценарії: відсутність заходів пом'якшення (верхня крива); закриття шкіл і університетів; ізоляція; ізоляція та домашній карантин; ізоляція, домашній карантин та соціальне дистанціювання людей старше 70 років (найнижча крива).

2.2 Агентно-орієнтовані моделі поширення коронавірусу

Агентне моделювання намагається компенсувати відсутність компартментних моделей: взаємодія агентів з різними характеристиками та діючих за різними правилами відтворюється в штучному просторі. Таке висхідне моделювання більш чутливе до деталей і допускає різні сценарії, розширюючи наше розуміння того, що може статися в майбутньому та за яких умов. Джошуа М. Епштейн, професор епідеміології Коледжу глобальної громадської охорони здоров'я Нью-Йоркського університету, свого часу вказав на важливість використання агентно-орієнтованих моделей для прогнозування поширення пандемії, підкреслюючи їх здатність враховувати нерациональну людську поведінку, поведінки складних соціальних мереж взаємодії, для визначення порогових значень параметрів, а також для спостереження широкомасштабної поведінки [10]. Однією з найпростіших агентних моделей є модель epiDEM 4, побудована в середовищі моделювання NetLogo (рис. 3). Люди хаотично пересуваються в комп'ютерному просторі. Зустрівшись із зараженою людиною, вони з певною ймовірністю заражаються.

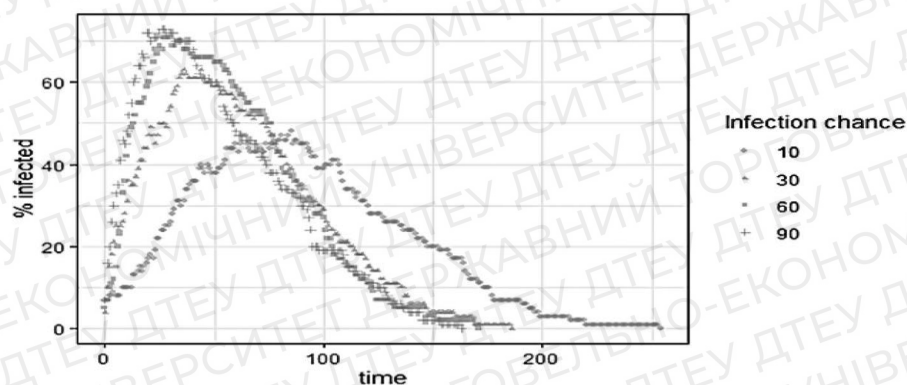


Рис. 2.4 Криві поширення пандемії за різних значень ймовірності передачі вірусу

Перевагою агентного моделювання є можливість експериментувати з параметрами моделі. На рис. 2.4 наведені криві поширення пандемії для різних значень ймовірності передачі вірусу. Поведінка людей, яка сприяє зменшенню можливості передачі захворювання (соціальна дистанція, масочний режим, дезінфекція тощо), значно згладжує криву поширення пандемії.

Інтерес до агентно-орієнтованих моделей також пов'язаний з тим, що динаміка поширення коронавірусу в різних країнах дуже різна. Кількість параметрів, які впливають або можуть вплинути на траєкторію поширення захворювання, досить велика. Серед багатьох моделей агентів, розроблених з початку пандемії, потрібно виділити модель створену в NetLog

ASSOCC (агентне соціальне моделювання для кризи COVID-19). На відміну від компартментних моделей, сукупність не є однорідною. Агенти мають різні характеристики та використовують різні моделі поведінки.

Параметри	Німеччина	Італія	Південна Корея	Сінгапур
Adult room together	0,291	0,309	0,352	0,586
Retired Couple	0,234	0,298	0,431	0,191
Family	0,457	0,344	0,163	0,128
Multi Generation	0,018	0,049	0,054	0,095
Power distance	35	50	60	74
Individualism vs. Collectivism	67	76	18	20
Masculinity vs. Femininity	66	70	39	48
Uncertainty avoidance	65	75	85	8

Long-term orientation vs. shortterm orientation	83	61	100	72
Indulgence vs. Restraint	40	30	29	46

Таб. 2.1 Таблиця. Параметри моделі ASSOCC поширення пандемії

Агенти переміщуються в комп'ютерному просторі відповідно до своїх потреб (будинки, школи, університети, магазини, робочі місця, вокзали, аеропорти, лікарні). Агенти відрізняються між собою за ступенем сприйняття ризику, схильністю дотримуватись закону, потребами та рівнем добробуту. Крім того, враховується, що країни мають не тільки різні демографічні характеристики (чисельність і щільність населення, статево-вікова структура), а й різну конфігурацію домогосподарств (розмір сім'ї, кількість людей, які проживають разом, вікова структура). Модель також враховує різні поведінкові установки людей на основі теорії індивідуальних потреб Маслоу, теорії цінностей Шварца та типології культурних вимірів Хофстеда [18]. Ці параметри можна регулювати за допомогою повзунків моделі (рис. 2.5).

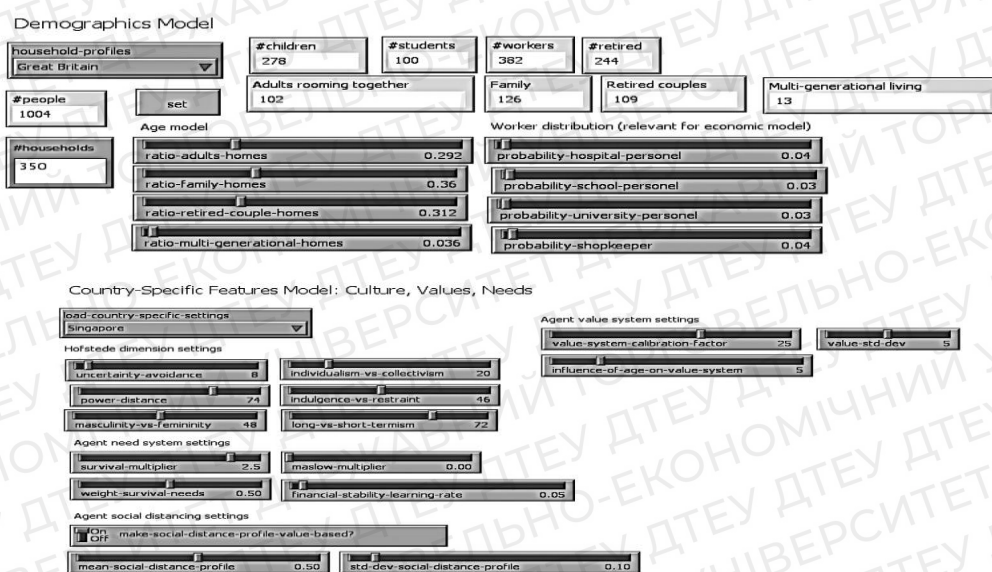


Рис. 2.5 Скріншот моделі ASSOCC: деякі слайдери моделі

Моделювання демонструє різні сценарії поширення пандемії в різних країнах. Розглянемо, наприклад, такі країни, як Італія, Німеччина, Південна Корея та Сінгапур. Параметри моделі, які характеризують конфігурацію домогосподарств і ступінь переваги тих чи інших цінностей у цих країнах, представлені в таблиці. Серед розглянутих країн Сінгапур має найвищий відсоток дорослих, які проживають разом, а Німеччина – найменший. У Південній Кореї вищий відсоток пар пенсійного віку. А в Німеччині найбільше сімейних пар. У Південній Кореї та Сінгапурі переважають колективні культурні цінності та висока дистанція влади. При цьому Південна Корея також має найвищий рівень уникнення невизначеності.

Результати моделювання (рис. 2.6) показують, що поширення коронавірусу в Південній Кореї та Сінгапурі характеризується менш швидким зростанням захворювання, меншим піком кількості інфікованих та можливістю швидкого придушення спалаху.

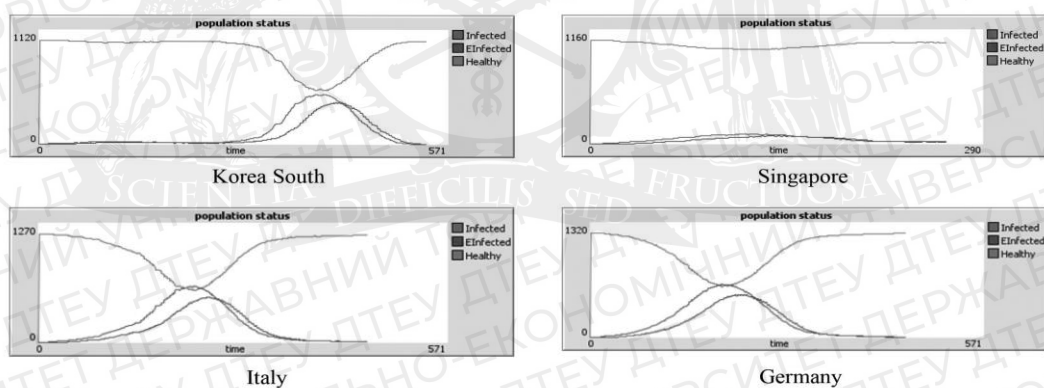


Рис. 2.6 Сценарії розвитку пандемії в різних країнах

Фактична популяційна динаміка захворюваності та смертності також показала значну різницю між Південною Кореєю та Сінгапуром і Німеччини з Італією у поширенні COVID-19. (рис. 2.7).

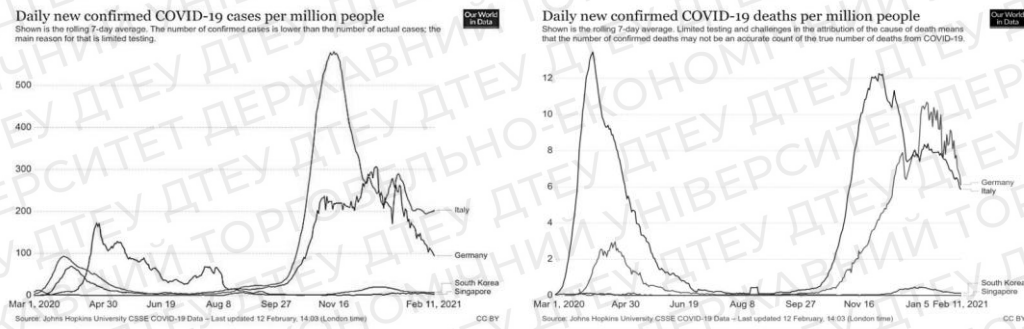


Рис. 2.7 Чисельність підтверджених випадків і смертей на 1 мільйон осіб у Німеччині, Італії, Південній Кореї та Сінгапурі. Представлено згладжені криві з використанням методу 7-денного ковзного середнього

Можливо, ще більш важливою перевагою агентного моделювання є можливість комп'ютерного експериментування, що сприяє кращому розумінню економічних наслідків втручання в процес поширення пандемії.

Розглянемо два крайні сценарії: 1) сценарій без втручання, який передбачає відсутність заходів для стримування пандемії, і 2) повний локдаун. Як видно на рис. 2.8 економічні показники (виробництва товарів, швидкості грошового обігу та державні резерви) у разі блокади значно погіршуються.

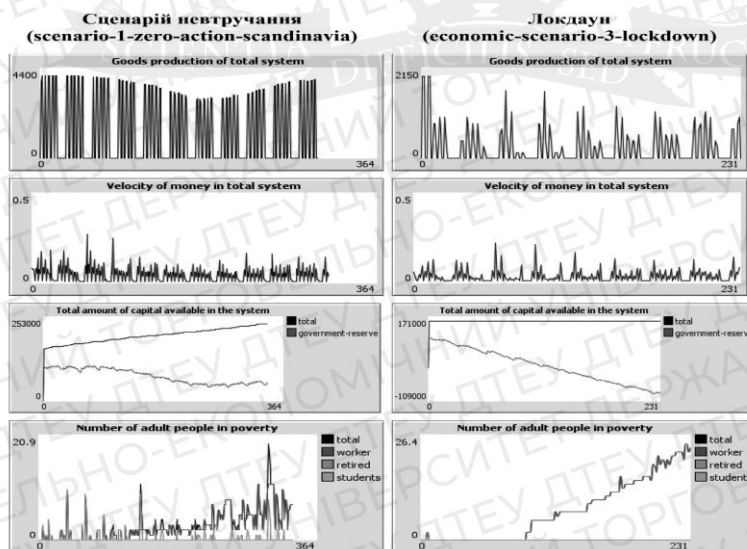


Рис. 2.8 Порівняльна динаміка економічних показників (виробництва товарів, швидкості грошового обігу, наявного капіталу в економіці та кількості дорослого населення за межею бідності) під час пандемії за двома сценаріями: без втручання та повний локдаун

Кількість людей, які живуть за межею бідності, стрімко зростає. Країни опинилися перед складним вибором: високі темпи поширення пандемії або економічний спад. Однак, крім цих двох крайніх сценаріїв, існує відносно великий набір заходів для подолання пандемії (закриття шкіл, скасування масових заходів, включення правил соціальної дистанції тощо). Однак ефективність втручання залежить від багатьох факторів, взаємодія яких може призвести до несподіваних результатів. У такій ситуації яка склалась агентне моделювання може стати інструментом прийняття рішень [17].

2.3 Використання агентних моделей для соціального навчання

Моделювання може зіграти ще одну важливу роль, на яку вказував професор Брюс Едмондс, а саме соціальне навчання [9]. Залучення звичайних людей до процесу комп'ютерного моделювання сприяє кращій соціальній обізнаності та стимулює до більшої відповідальності. Саме міждисциплінарна група французьких дослідників, які в березні 2020 року на громадських засіданнях створили на сайті CoVprehension проект «Розуміння поточної епідемії Covid-19: одне питання, одна модель», поставила перед собою таке завдання. Суть цього проекту – зібрати питання, які найбільше хвилюють людей під час пандемії, та надати моделі для експериментів. Запитання, запропоновані для симуляції, включають: «Як найкраще використовувати наявні тести?», «Які обмеження ми можемо застосувати для боротьби з епідемією?», «Що таке колективний імунітет?», «Що зміниться збільшення фізичної дистанції між людьми?», «Чи може відстеження контактів за допомогою мобільного додатку змінити ситуацію?».

Розглянемо модель, розроблену для відповіді на запитання: «Деякі країни, наприклад Швеція, обрали цілеспрямоване обмеження, а не локдаун. Чи можна таким чином зупинити епідемію?».

На початку симуляції є «нульовий агент», який заражений. У модель також входять «розумні агенти» – це агенти, які використовують заходи захисту та йдуть на карантин при перших симптомах хвороби. Правило

передачі вірусу: на кожному кроці часу агент А випадковим чином взаємодіє з агентом В, який знаходиться поблизу. Якщо А і В уже інфіковані або обидва не інфіковані, нічого не відбувається. Якщо В інфікований, а А ні, то А інфікований з імовірністю 20%. Ця ймовірність змінюється, якщо агенти розумні: коли розумний лише один агент, ймовірність ділиться на 2, а коли обидва, то ймовірність ділиться на 4.

На рис. 2.9 наведено скріншот екрана моделі, де слайдери дають змогу встановлювати різні значення параметрів percentage-of-reasonable (відсоток «розумних агентів») і delay-before-first-symptoms (інкубаційний період), тим самим дозволяючи експериментувати з моделлю. На рис. 2.10 наведено графіки поширення пандемії для значень параметра percentage-of-reasonable 50 %, 80 % та 85 %.

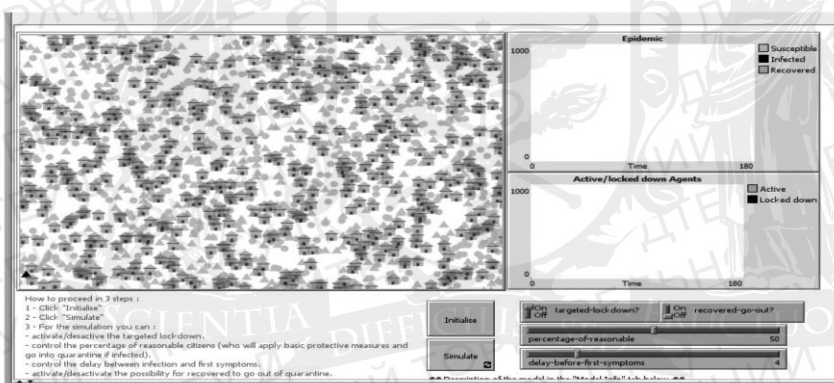


Рис. 2.9 NetLogo скріншот моделі поширення пандемії в разі політики цільового стримування

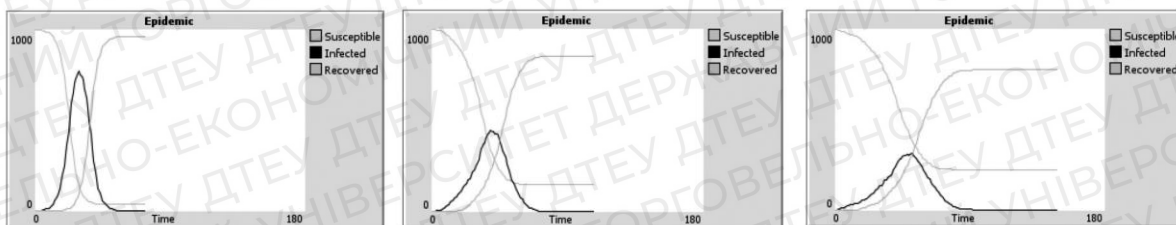


Рис. 2.10 Криві поширення пандемії для значень параметра percentage-of-reasonable 50 %, 80 %, 85 % (зліва направо)

Як видно з рисунків, якщо розумних агентів у популяції не більше половини, то динаміка поширення хвороби практично не відрізняється від ситуації, коли не застосовується жоден із заходів щодо стримування пандемії.

Істотне згладжування кривої пандемії помітне, коли кількість розумних агентів перевищує 80 %.

Ще одним із важливих аспектів, що впливають на динаміку поширення захворювання, є інкубаційний період. «Розумні агенти» не завжди можуть розпізнати хворобу, особливо якщо вона має безсимптомний перебіг. Крім того, сам інкубаційний період досить розпливчастий: від кількох днів до 2-3 тижнів. Вплив параметра затримки до появи перших симптомів показано на рис. 2.11.

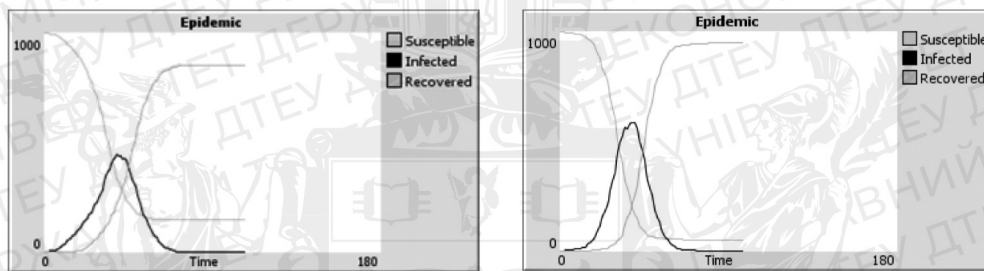


Рис. 2.11 Динаміка поширення пандемії для різних інкубаційних періодів:

зліва (percentage-of-reasonable = 80 %, delay-before-first-symptoms = 4);

зправа (percentage-of-reasonable = 80 %, delay-before-first-symptoms = 14)

Використання моделей соціального навчання дозволяє зменшити вплив необґрунтованих тверджень і чуток, які не завжди адекватні поточній ситуації, а також розширити моделі поведінки, які сприяють зниженню ймовірності поширення захворювання.

РОЗДІЛ 3 Розроблена нейромережева модель даних відстеження ситуації з COVID-19 в Україні та США

3.1 Розроблення нейромережевої моделі даних через Microsoft Power BI

Робота створює інформаційну панель для дослідження впливу різних статистичних факторів, які прямо чи опосередковано пов'язані з пандемією COVID-19, на основі інформації з відкритих порталів. Об'єднання даних з різних джерел інформації та створення візуалізації відбувається на платформі Microsoft Power BI [9, 10].

Для його створення використовувався: CSV-файл з порталу відкритих даних, який містить в собі дані про кількість випадків COVID-19 за регіонами, віковими групами та статтю в Україні та Америці за весь період.

Загальна технологія візуалізації складається з таких етапів:

1. У середовищі MS Excel за допомогою плагінів MS Power Query і MS Power Pivot створюється допоміжний запит, який буде джерелом для створення візуалізації в MS Power BI Desktop. Для цього було скопійовано посилання на файл CSV та за допомогою команд Data => Create request => From other sources => 3 створених інтернет-запитів: COVID measure (Рис. 3.1).

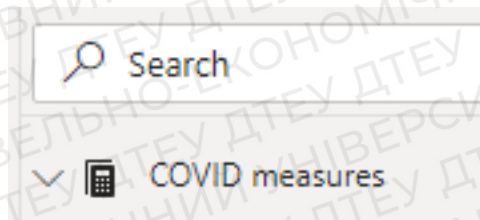


Рис. 3.1 Поля з даними про COVID-19 в США

2. За допомогою імпорту таблиці MS Excel із сайту і подальшого перетворення її на «розумну» створюється допоміжний запити COVID, StateDim та Table (Рис. 3.2)[1].

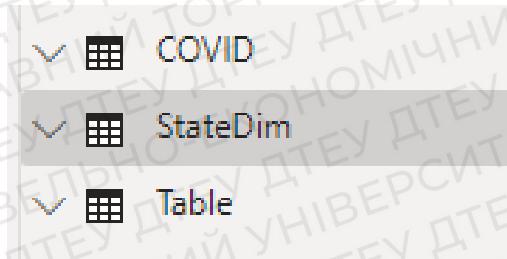


Рис. 3.2 Дані для таблиці

3. Тепер маємо чотири запити: COVID measures COVID, StateDim та Table. В основі існуючого запиту COVID measures бачимо такі запити, як Case fatality rate, Confirmed cases, Death, Total confirmed cases, Total deaths з метою групування даних таблиці COVID measures за означеними параметрами.

Для таблиці будуть використовуватись Case fatality rate, Total confirmed cases, Total deaths та дані з запиту StateDim а саме State, при об'єднанні даних виходить таблиця з даними про кількість інфікованих та загиблих в кожному з штатів.

	Confirmed Cases	Total Deaths	Case Fatality Rate
USA	33 501 769	602 809	1,8%
Alabama	560 920	11 443	2,0%
Alaska	69 891	374	0,5%
Arizona	909 283	18 117	2,0%
Arkansas	365 132	6 007	1,6%
California	3 761 997	63 501	1,7%
Colorado	565 828	6 885	1,2%
Connecticut	351 084	8 282	2,4%
Delaware	110 423	1 697	1,5%
District of Columbia	49 793	1 146	2,3%
Florida	2 409 773	38 388	1,6%
Georgia	912 776	21 564	2,4%
Hawaii	39 386	523	1,3%
Idaho	197 211	2 176	1,1%
Illinois	1 402 763	25 841	1,8%
Indiana	765 104	13 952	1,8%
Iowa	376 101	6 158	1,6%
Kansas	324 187	5 198	1,6%
Kentucky	470 680	7 301	1,6%
Louisiana	499 932	10 841	2,2%
Maine	69 476	882	1,3%
Maryland	464 336	9 765	2,1%
Massachusetts	667 005	18 024	2,7%

This report and data are provided "as is," "with all faults," and without warranty of

Рис. 3.3 Дані по кожному штату в США

4. Далі при використанні функції візуалізації «Карта» і об'єднанні двох запитів COVID measures та StateDim, а саме даних в них: Case fatality rate, Total confirmed cases, Total deaths та State з'являється можливість створити карту інфікованих та загиблих.

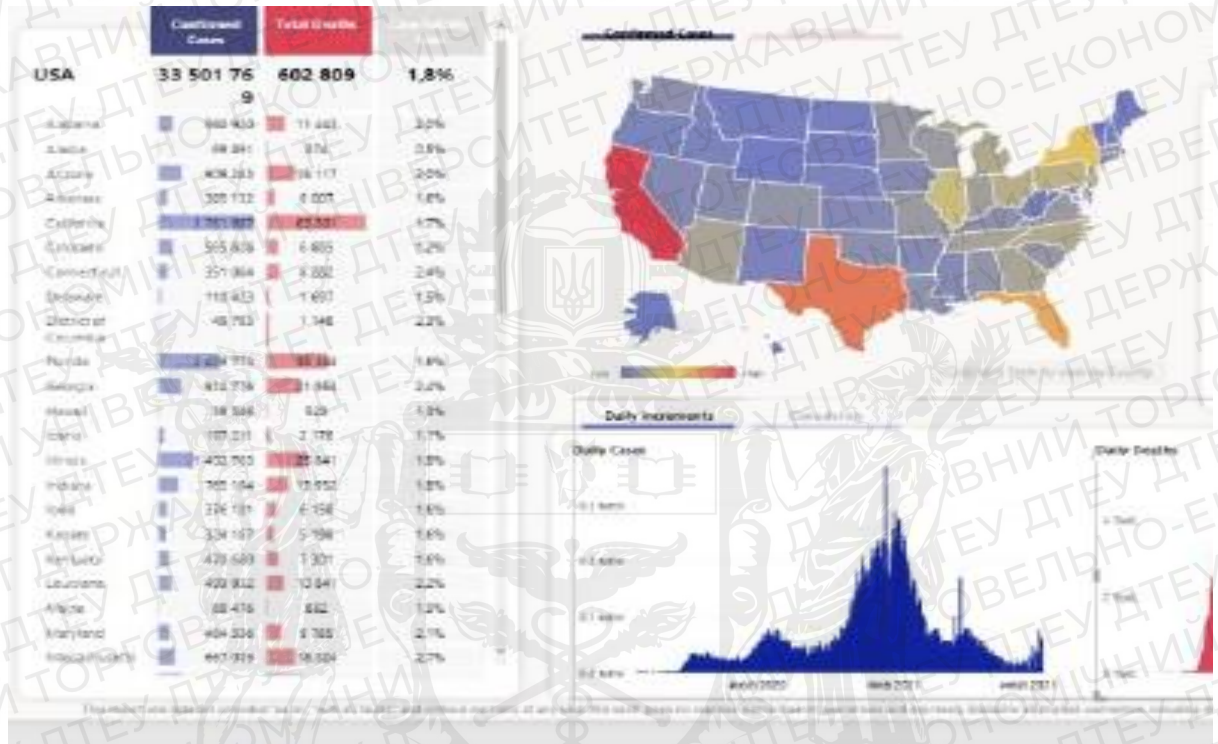


Рис. 3.4 Карта інфікованих та загиблих

При натисканні на будь-який з штатів в таблиці на карті виділяється саме той штат який був обраний в таблиці з показанням даних кількості інфікованих та загиблих.

5. Далі для створення графіку інфікованих та загиблих будуть використовуватись дані з запити COVID такі як, Daily cases, Daily death, Data.

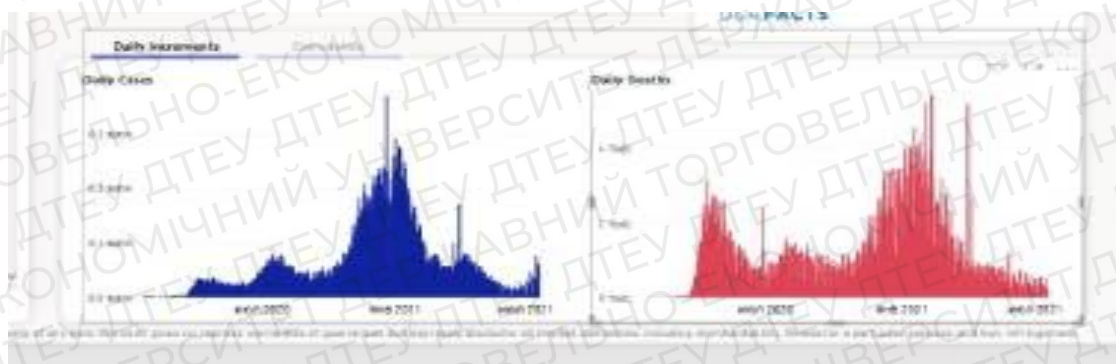


Рис. 3.5 Графік інфікованих та загиблих за 2020-2021

6. Якщо з'єднати моделі COVID і StateDim то при обрані одного з штатів будуть проявлятися показники цього штату за 2020-2021.

Але якщо нам потрібно дізнатися дані за певний період тоді потрібно об'єднати всі дані с запитом COVID => Date. З цієї комбінації вийду що в нас з'являється шкала часу(Рис. 3.6).

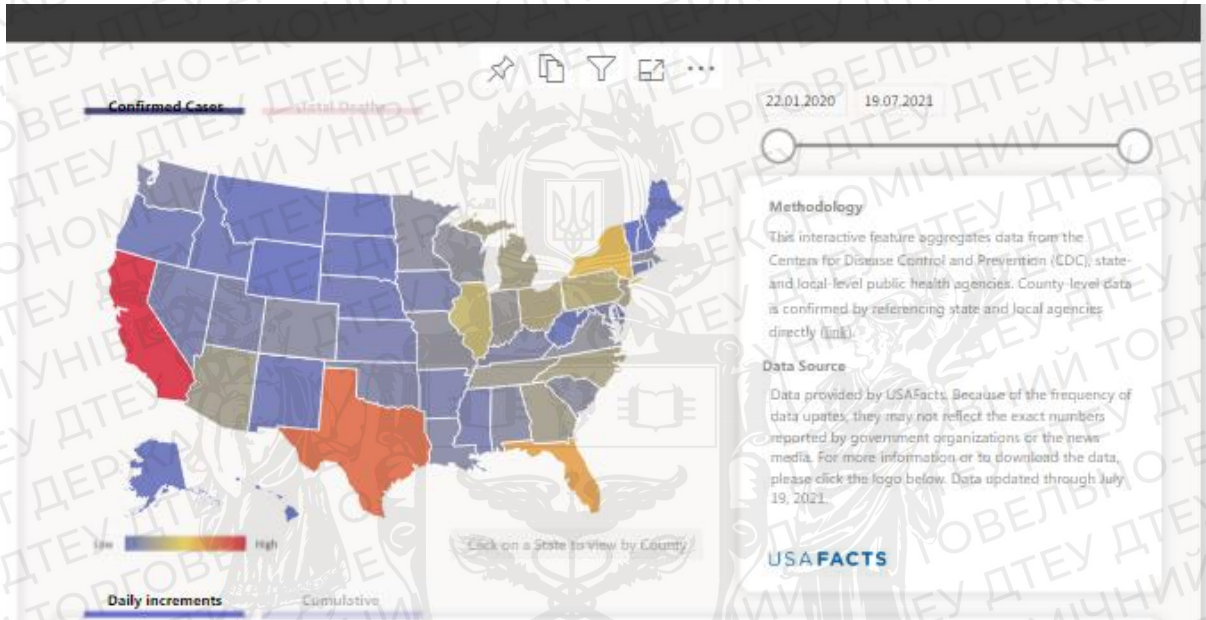


Рис. 3.6 Шкала часу

За допомогою цієї шкали при обрані певного штату та періоду або конкретної дати будуть з'являтися дані про цей штат за певний період або дату.

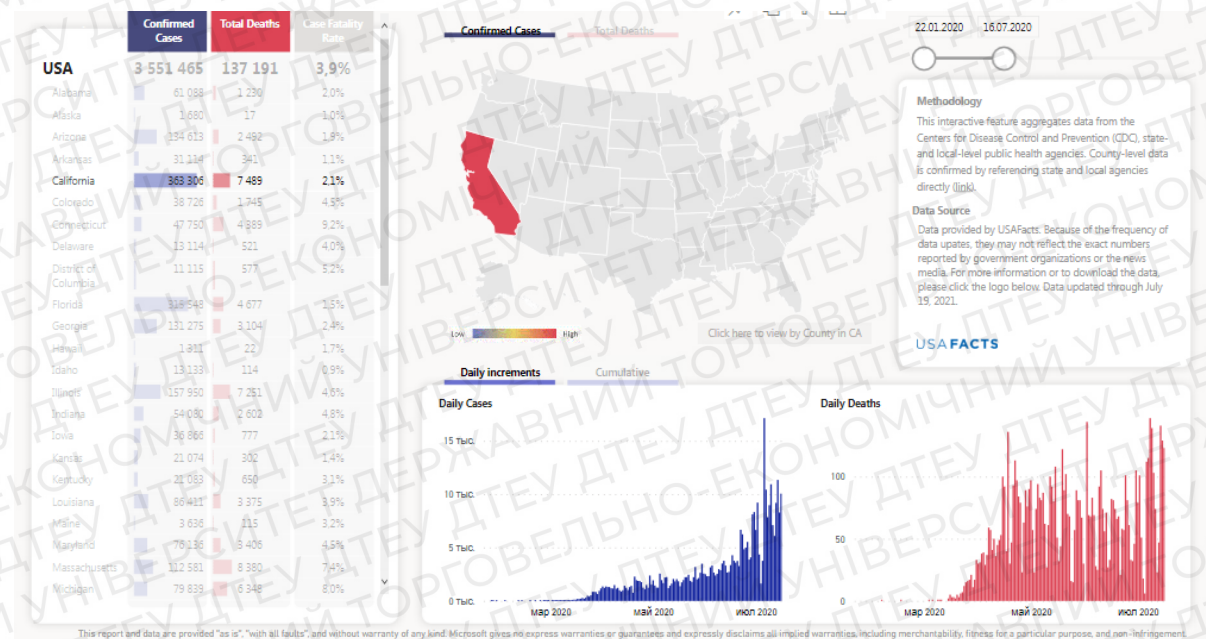


Рис. 3.7 Дані за певний період часу

7. Далі додаємо дані про COVID-19 в Україні. Для цього із сайту скопійовано посилання на CSV-файл і за допомогою команд Дані => Створити запит => 3 інших джерел => 3 інтернету створено запити: Зараження коронавірусом по областях України[5, 7].

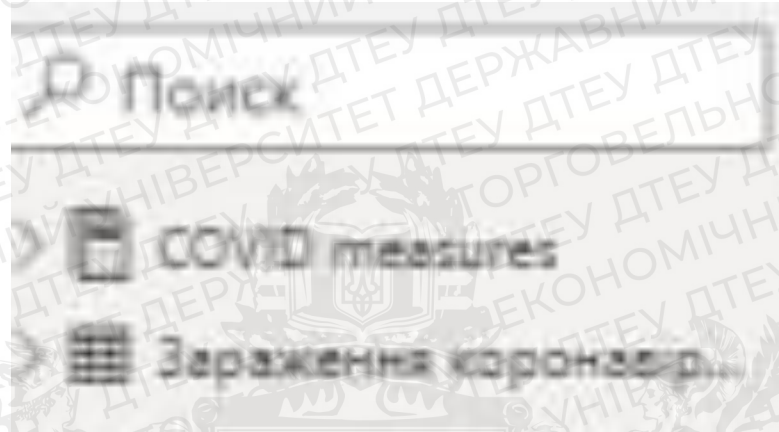


Рис. 3.8 Поля з даними про COVID-19 в Україні

8. Після цього використовуємо ці дані для відображення в форматі таблиці обираємо всі дані в запиті, а саме: Інфікованих, Інфікованих_1, Населення, Регіон. При використанні всіх цих даних з'являється таблиця з кількість інфікованих в кожній області.

Регіон	Інфікованих	Інфікованих_1	Населення(тис.)
по Україні	5014929	12,19	411 304,00
м.Київ	480302	16,28	29 507,00
Одеська	331929	14,13	23 497,00
Дніпропетровська	319171	10,32	30 932,00
Львівська	307547	12,42	24 761,00
Харківська	307426	11,84	25 963,00
Київська	243025	13,53	17 955,00
Запорізька	227984	13,93	16 363,00
Донецька	222794	5,49	40 564,00
Хмельницька	211466	17,23	12 275,00
Полтавська	199299	14,76	13 506,00
Житомирська	198261	16,84	11 776,00
Сумська	186176	18,00	10 344,00
Івано-Франківська	185573	13,74	13 506,00
Черкаська	178674	15,41	11 592,00
Рівненська	175663	15,40	11 409,00
Миколаївська	156458	14,35	10 905,00
Чернівецька	155406	17,46	8 899,00
Вінницька	153965	10,21	15 077,00
Тернопільська	149090	14,60	10 210,00
Волинська	142206	13,93	10 208,00
Чернігівська	127853	13,35	9 577,00
Закарпатська	116515	9,37	12 437,00
Херсонська	110186	11,01	10 004,00
Луганська	80676	3,84	21 017,00
Кіровоградська	47264	5,24	9 023,00
Всього	10029858	334,87	822 611,00

Рис. 3.9 Дані по кожній області

9. Далі для візуалізації карти потрібно додати запит Таблиця 5 та обрати дані Кількість захворілих, Відсоток вакцинованих та Регіон. Після їх завантаження обираємо візуалізацію «Карта» для більш кращого розуміння інформації і після об'єднання даних таблиці та карти буде можливість візуалізувати дані по кожній області при натисканні на неї в таблиці, а саме таких даних як: область або місто, кількість інфікованих та вакцинованих.

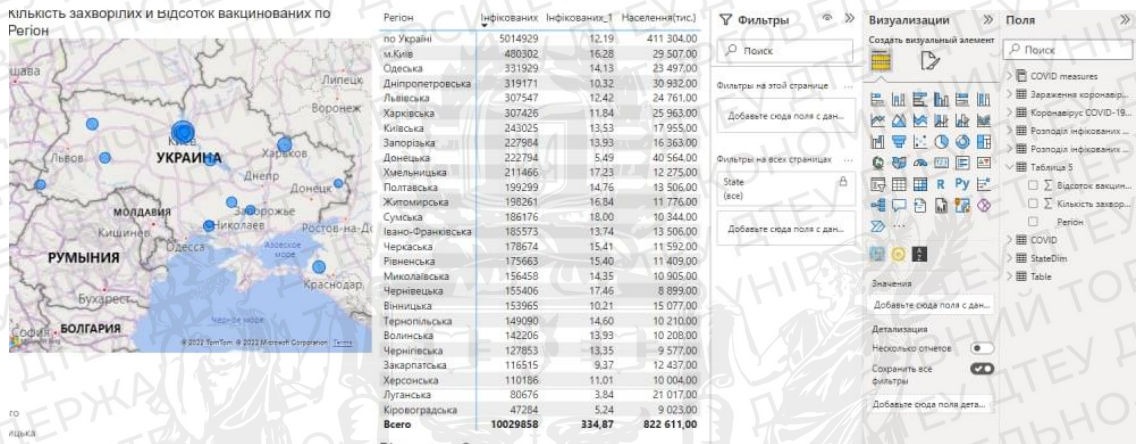


Рис. 3.10 Дані карти та таблиці

10. Після цього додатково додаємо запит Коронавірус COVID-19 в Україні і використовуємо дані: Всього інфіковано, Наразі хворіють, Регіон, та Смертельні випадки.

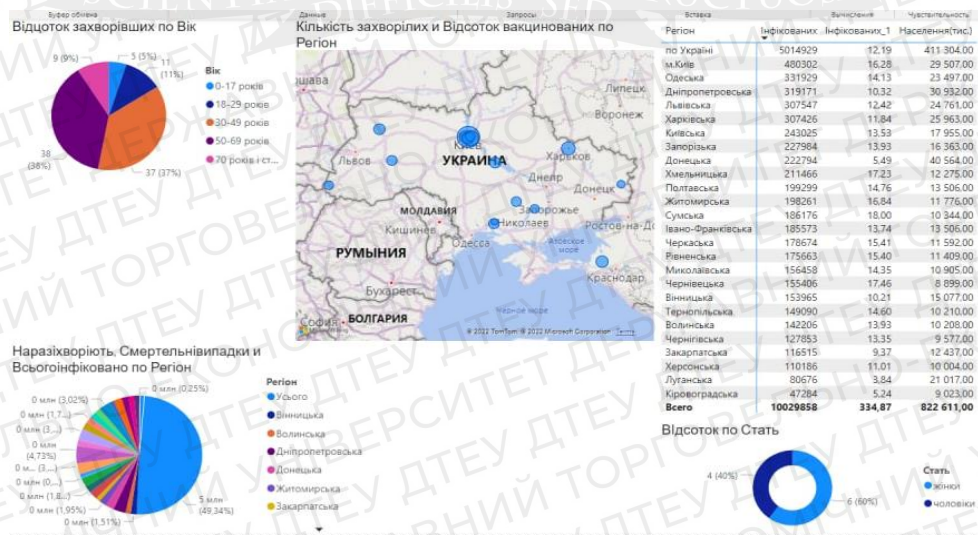


Рис. 3.11 Всі дані по COVID-19 в Україні

І всі ці дані демонструємо у вигляді кругової діаграми, окремо від цих даних будуть ще дані у вигляді кругових діаграм, а саме: Розподіл інфікованих за віком та за статтю[3].

3.2 Прогнозування динаміки розвитку нової хвилі COVID-19 в Україні з використанням нейронної мережі типу «прямого перцептрона»

Щоб спрогнозувати динаміку розвитку захворюваності на COVID-19 та добову смертність від цієї хвилі будемо використовувати метод прогнозування на основі нейронної мережі типу «прямий персептрон» (Feedforward neural network)[15].

Для навчання зазначеної нейронної мережі розбиваємо часові ряди згладжених кривих динаміки захворюваності та смертності на 14 – двотижневі сегменти. Ми навчаємо модель передбачати 15-те значення послідовності. Давайте розділимо доступні 610 сегментів на зразки для навчання та тестування мережі. Ми вибираємо перші 590 послідовностей для навчання, а решта 20 для тестування.



Рис. 3.12 Налаштування нейронної мережі типу «прямого перцептрона» для прогнозування динаміки смертності в Україні

Оскільки криві інтерполяції досить плавні, помилка MAPE (середня помилка у відсотках) для тестової вибірки на кривій добової смертності становила 4,18%. Це відносно висока точність прогнозу (рис. 3.12, де фактичні значення позначені синім кольором, а прогнозовані значення на тестовому зразку - червоним).

ВИСНОВОК

Пандемія COVID-19 викликала інтерес до модельного бізнесу. За останній рік у світі з'явилася величезна кількість різноманітних моделей, які часто дають різні прогнози та рекомендації. Проблеми, з якими стикаються дослідники, багато в чому пов'язані зі складністю соціально-економічної дійсності. Різні моделі намагаються підкреслити різні аспекти соціальної складності. Епідеміологічні моделі особливо придатні для прогнозування нових випадків, оцінки ефективності заходів, вжитих для пом'якшення зростання пандемії, але вони не придатні для розробки стратегічних рішень і оцінки соціально-економічних наслідків вжитих заходів. Вони не можуть сказати, як невеликі зміни в поведінці та взаємодії людей можуть вплинути на результати на рівні населення. Іншими словами, різні рішення вимагають різних моделей. Вони не замінюють один одного, а доповнюють один одного.

За словами дослідників, зараз існує дефіцит розробників моделей. Щоб відповісти на питання, пов'язані з епідемією та її наслідками в майбутньому, пропонується створити репозиторій моделей [1] разом із сховищем даних для академічної спільноти для швидкого доступу до існуючих моделей та об'єднання зусиль різних дослідників.

Крім того, враховуючи, що результати моделювання використовуються для прийняття рішень, які можуть вплинути на життя людей, наукове співтовариство вказує на необхідність підвищення прозорості, доступності та точності моделей.

Враховуючи, що поведінка людей, характер їх взаємодії суттєво впливає на сценарій розвитку пандемії, популяризація ідей моделювання, залучення звичайних людей до дискусії та моделювання комп'ютерних моделей могли б сприяти зростанню громадськості, обізнаність і відповідальність. Проблеми довіри до дій влади щодо подолання пандемії, участі населення у вакцинації та проведенні людьми профілактичних протиепідемічних заходів – завдання, без вирішення яких жодна протиепідемічна політика не буде ефективною. Агентне моделювання могло б не лише підказати, як знизити ризики під час

пандемії, але й змодельовати, як може змінитися поведінка людей після пандемії, що не менш важливо для соціально-економічного розвитку країни в майбутньому.

В Україні поширення пандемії вивчають за допомогою компартментних моделей (наприклад, модель Інституту проблем математичних машин і систем НАН України, модель Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова), модель Київської школи економіки). Водночас виникає проблема своєчасності та точності введених у модель даних. На жаль, агентно-орієнтованих моделей, які б допомогли виробити більш послідовну та ефективну політику та знизити витрати в економічній сфері, практично немає. Звуження різноманітності моделей, обмежена комунікація між творцями моделей та всіма зацікавленими сторонами, проблема недостовірності емпіричних даних, звуження статистичних даних до статево-вікових категорій, недостатня популяризація модельного мислення, на жаль, обмежують можливості моделювання в розвитку практичних рекомендацій, обмежити пандемію та пом'якшити її наслідки. Актуальним завданням є підготовка до можливих майбутніх епідемій, що вимагає багато роботи для подолання проблем моделювання, виявлених під час пандемії коронавірусу, та використання результатів у прийнятті рішень.

Створення інформаційної панелі на платформі Power BI дозволяє інтерактивно візуалізувати вплив різних факторів на якісний аналіз статистичної ситуації, додатково висвітлюючи важливі умови впливу.

За допомогою методів технічного аналізу було виявлено циклічність перебігу пандемічного процесу COVID-19 у часовому періоді (січень 2020 року – вересень 2021 року), протягом якого виявлено чотири хвилі поширення захворювання. Отримані результати демонструють значно нижчий рівень кількості нових випадків захворювань і смертей під час нинішньої четвертої хвилі пандемічного процесу порівняно з другою та третьою хвилями в країнах, що характеризуються високим відсотком вакцинованого населення[11-12].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [О. М. Мацуга, В. С. Шеремет. Кластеризація даних з пропусками методом k-середніх](#)
2. Самойленко О. А. ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗСЛІДУВАННЯ КІБЕРЗЛОЧИНІВ, Навчально –методичний посібник – Одеса, 2020.
<http://dspace.onua.edu.ua/bitstream/handle/11300/12612/%D0%9D%D0%9C%D0%9F%20%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81%20%D0%BA%D1%96%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B8.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. [Система моніторингу поширення пандемії коронавірусу](#)
4. <https://www.amnesty.org.ua/koronavirus-i-prava-lyudyny/>
5. <https://www.bbc.com/news/technology-52560602>
6. [Binding and Neutralization Antibody Titers After a Single Vaccine Dose in Health Care Workers Previously Infected With SARS-CoV-2](#)
7. Currie, C. M., Fowler, J. W., Kotiadis, K., Monks, T., Onggo, B. S., Robertson, D. A., & Tako, A. A. (2020). How simulation modelling can help reduce the impact of COVID-19. *Journal of Simulation*
8. <https://edition.cnn.com/2020/03/19/tech/netflix-internet-overload/index.html>
9. Edmonds, B. (2020, April 13). Good Modelling Takes a Lot of Time and Many Eyes. *Review of Artificial Societies and Social Simulation*.
10. Edmonds, B., Le Page, C., Bithell, M., Chattoe-Brown, E., Grimm, V., Meyer, R., Montañola-Sales, C., Ormerod, P., Root, H., & Squazzoni, F. (2019). Different Modelling Purposes. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 22(3), 6.
<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/22/3/6.html>
11. Epstein, J. M. (2009). Modelling to contain pandemics. *Nature*, 460(7256), 687. <https://doi.org/10.1038/460687a>
12. Ferguson, N., Laydon, D., Nedjati Gilani, G., et al. (2020). Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial->

college/medicine/sph/ide/gidafellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf

13. Gaudou, B., Huynh, N. D., Philippon, D., Brugière, A., Chapuis, K., Taillandier, P., Larmande, P., & Drogoul, A. (2020). COMOKIT: a modeling kit to understand, analyze and compare the impacts of mitigation policies against the COVID-19 epidemic at the scale of a city. *Front. Public Health*.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.563247>
14. Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and organizations: Software of the mind*. McGraw-Hill.
15. <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/coronavirus/ukraine/>
16. Manzo, G. (2020). Complex Social Networks are Missing in the Dominant COVID-19 Epidemic Models. *Sociologica*, 14(1), 31–49.
<https://doi.org/10.6092/issn.1971-8853/10839>
17. [Python module for analysing random walks and evaluating the Hurst exponent](#)
18. Page, S. E. (2018). *The Model Thinker: What You Need to Know to Make Data Work For You*. Basic Books.
19. Page, S. E. (2020, May 7). Which pandemic model should you trust? Here's how to evaluate them. *The Washington Post*.
<https://www.washingtonpost.com/politics/2020/05/07/whichpandemic-model-should-you-trust-heres-how-evaluate-them/>
20. <https://rofasss.org/2020/04/13/a-lot-of-time-and-many-eyes/>
21. Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural networks*
22. Steinmann, P., Wang, J. R., van Voorn, G. A. K., & Kwakkel, J. H. (2020, April 17). Don't try to predict COVID-19. If you must, use Deep Uncertainty methods. *Review of Artificial Societies and Social Simulation*.
<https://rofasss.org/2020/04/17/deepuncertainty.>