

DOI: 10.21802/artm.2023.4.28.201  
УДК 377.031+372.851**ВИВЧЕННЯ ПОШИРЕННЯ ІНФЕКЦІЙ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ  
У ЗАКЛАДАХ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ**С.І. Яремій<sup>1</sup>, І.П. Яремій<sup>2</sup>, М.І. Мойсеєнко<sup>1</sup>, С.Г. Шулепа<sup>1</sup>, С.А. Лісовська<sup>1</sup><sup>1</sup>*Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра медичної інформатики, медичної та біологічної фізики, м.Івано-Франківськ, Україна,**ORCID ID: 0000-0001-6235-0370, e-mail: syaremiy@ifnmu.edu.ua**ORCID ID: 0000-0002-7579-5456, e-mail: mmoiseyenko@ifnmu.edu.ua**ORCID ID: 0000-0002-3310-4231, e-mail: sshulepa@ifnmu.edu.ua**ORCID ID: 0000-0002-8314-0564, e-mail: slisovska@ifnmu.edu.ua*<sup>2</sup>*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, кафедра матеріалознавства і новітніх технологій, м.Івано-Франківськ, Україна,**ORCID ID: 0000-0002-8549-1173, e-mail: yaremiyip@pnu.edu.ua*

**Резюме.** Підготовка молодшого медичного персоналу вимагає глибокого розуміння не лише основ своєї спеціальності, але й широкого спектра знань, пов'язаних з інфекційними захворюваннями та їх поширенням. Одним із ключових аспектів цієї підготовки є вивчення математичного моделювання поширення інфекцій, яке є важливим інструментом встановлення закономірностей та прогнозування розвитку захворювань. Тому, розгляд підходів до навчання студентів медичних коледжів моделюванню поширення епідемій, зокрема, аналізу процесів поширення вірусу у популяції та факторів, які впливають на швидкість і величину зони його поширення, є актуальною задачею. Дана стаття має за мету ознайомити майбутніх медичних працівників з основними принципами епідеміології та моделювання; допомогти зрозуміти, як вірус чи інфекційне захворювання поширюється всередині популяції; навчити аналізувати, критично оцінювати та інтерпретувати наукові дані та дослідження, не виходячи за рамки базових знань з математики.

У роботі проаналізовано особливості математичного моделювання у медицині та під час навчання майбутніх медичних працівників, та обґрунтовано, що для здобувачів фахової передвищої освіти при моделюванні поширення інфекцій оптимальним є використання найпростіших аналітичних моделей та дещо складнішого імітаційного моделювання за допомогою уже розробленого програмного забезпечення, що обумовлено певним рівнем математичних знань на даному освітньому рівні. Показано, що одним із підходів, які дають можливість досягнення вище вказаної мети, є використання міжнародної безкоштовної навчальної платформи Go-Lab при навчанні молодшого медичного персоналу моделюванню поширення інфекції. Зокрема, моделювання засобами навчальної платформи Go-Lab дає можливість встановити вплив стартових параметрів, що характеризують епідемію, на динаміку поширення вірусу та прогнозувати подальші параметри поширення епідемії і, відповідно, необхідні протиепідеміологічні заходи.

**Ключові слова:** математичне моделювання, поширення інфекцій, платформа Go-Lab.

**Вступ.** У світі, який час від часу охоплюють ті чи інші глобальні вірусні пандемії, математичне моделювання є невід'ємною складовою у розумінні та передбаченні динаміки їх поширення. Нові пандемії висувають нові виклики перед медичною спільнотою і обумовлюють важливість математичних інструментів для аналізу та стратегічного планування в умовах невизначеності. Математичне моделювання допомагає нам краще зрозуміти динаміку пандемії та проводити кількісні оцінки як процесів поширення захворюваності, так і ефективності громадських заходів.

Зростаюча загроза таких епідемій як COVID-19, вимагає від медичного персоналу вміння аналізувати та інтерпретувати динаміку зростання захворюваності, розраховувати навантаження на заклади охорони здоров'я та робити реалістичні прогнози. Математичне моделювання дозволяє прогнозувати тенденції розповсюдження, визначати вагу факторів, які впливають на швидкість і масштаби інфекції, та розробляти ефективні стратегії контролю. Все це вимагає від медичних працівників відповідних компетентностей, які проявляються в умінні користуватися розробленими

моделями та аналізувати можливий хід поширення інфекційних захворювань у часі та на території.

Тому, ознайомлення із процесом моделювання та різного роду моделями, зокрема, поширення епідемій, є актуальним при підготовці майбутніх медичних працівників.

У даній роботі розглянуто підходи до навчання студентів медичних коледжів моделюванню поширення епідемій, зокрема, аналізу процесів поширення вірусу у популяції та факторів, які впливають на швидкість і величину зони його поширення.

**Обґрунтування дослідження.** Пандемія COVID-19 зумовила різке зростання інтересу до моделювання процесів поширення захворювань. У світі за останні роки з'явилася величезна кількість різних моделей, які часто дають різні прогнози і рекомендації.

Так в роботі [1] описані типи моделей, які використовували дослідницькі групи в Ізраїлі, для аналізу пандемії та показано їх вплив на прийняття рішень.

В роботі [2] показано наскільки моделі передачі захворювання забезпечують надійні прогнози.

Безумовно, математичне моделювання полягає в тому, що воно вимагає прозорості та точності щодо припущень, дозволяє перевірити розуміння епідеміології захворювання шляхом порівняння результатів моделі та спостережуваних закономірностей. Автори [3] опрацювали роботи науковців із різних континентів, що стосувалися моделювання та прогнозування поширення COVID-19 та показали, що більшість моделей, можуть бути неточними та не враховувати місцеві особливості, що частково може пояснити спостережені відхилення від реальності на місцях. Таким чином, математичне моделювання дозволяє створити прогнози стосовно тенденцій поширення вірусу, що є незамінним інструментом для попередження можливих пікових навантажень на медичну систему та розробки адекватних стратегій ліквідації зростання наслідків інфекції; оцінити ефективність різних громадських заходів (наприклад, карантинних обмежень, маскового режиму тощо) на зменшення поширення вірусу. За допомогою математичного моделювання можна спрогнозувати необхідні ресурси для боротьби з пандемією, такі як кількість ліжок у лікарнях, обсяги медичного обладнання, персонал тощо; визначити, які групи населення потребують пріоритетної вакцинації, що сприяє ефективнішому використанню обмежених ресурсів. Також математичні моделі допомагають досліджувати різні варіанти вірусу, їх вплив на поширення та ступінь захворюваності та взаємодію з іншими захворюваннями, що є важливим для розробки медичних стратегій та кращого розуміння ризиків для населення.

З огляду на вищесказане, важливим і актуальним є розуміння здобувачами фахової передвищої освіти медичних закладів освіти, що таке моделювання, які його можливості, зокрема, при прогнозуванні поширення епідемій та визначенні параметрів, що характеризують розвиток епідеміологічних ситуацій.

В Україні моделі поширення епідемій розробляються, зокрема, в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України, Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова та інших академічних та освітніх закладах.

Однак, для студентів фахової передвищої освіти дані моделі є занадто математизовані, враховуючи те, що студенти коледжів у більшості випадків не вивчають використаний при моделюванні математичний апарат. Тому, у даній роботі представлено підхід до вивчення моделювання поширення інфекційних захворювань із використанням методів та пояснень, доступних для розуміння на рівні медичних коледжів.

**Мета дослідження.** ознайомити майбутніх медичних працівників з основними принципами епідеміології та моделювання; допомогти зрозуміти, як вірус чи інфекційне захворювання поширюється всередині популяції; навчити аналізувати, критично оцінювати та інтерпретувати наукові дані та дослідження, не виходячи за рамки базових знань з математики.

**Методи дослідження.** Моделювання поширення Covid-19 здійснювалося засобами міжнародної безкоштовної навчальної платформи Go-Lab [4]. Мета ініціативи Go-Lab полягала в тому, щоб сприяти використанню інноваційних технологій навчання в освіті

STEM, з особливим акцентом на онлайн-лабораторіях (Labs) і додатках для вивчення запитів (Apps). Використовуючи екосистему Go-Lab, вчителі та викладачі можуть знаходити різні лабораторії та додатки, а також створювати налаштовані навчальні простори Inquiry Learning Space (ILS). Крім того, Go-Lab Initiative проводила тренінги для вчителів на теми наукової освіти, заснованої на дослідженнях (IBSE), розвитку навичок 21-го століття та використання ІКТ та екосистеми Go-Lab у класі.

Протягом багатьох років кілька проєктів сприяли розвитку екосистеми Go-Lab, яка складалася з платформи Go-Lab Sharing and Support (Golabz) і платформи Authoring and Learning (Graasp). У співпраці з багатьма партнерами, експертами та зовнішніми постачальниками онлайн-лабораторій екосистема Go-Lab має величезну колекцію лабораторій (віртуальних лабораторій, віддалених лабораторій і наборів даних), набори педагогічно розроблених додатків і більше тисячі ILS. Команда Go-Lab Initiative провела сотні навчальних заходів по всій Європі та Африці, охопивши тисячі вчителів, педагогів і керівників навчальних закладів. Ініціатива Go-Lab офіційно завершилася в червні 2023 року. Наразі екосистема Go-Lab підтримується як демонстраційна платформа Go-Lab, яка демонструє прогрес і досягнення ініціативи Go-Lab з 2012 по 2022 рік [5].

#### **Результати дослідження та їх обговорення. Математичне моделювання та його характеристика.**

У загальному випадку метою моделювання є здобуття, обробка, подання і використання інформації про об'єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем; а модель тут виступає як засіб пізнання властивостей і закономірностей поведінки об'єкта [6].

Одним із найбільш універсальних видів моделювання є математичне, що ставить у відповідність модельованому процесу систему математичних співвідношень, розв'язання якої дозволяє отримати відповідь на питання про поведінку об'єкта. По одній із класифікацій математичні моделі можна розділити на аналітичні і імітаційні (чи комп'ютерні).

Для аналітичних моделей (analytical models) властиво те, що процеси функціонування об'єкта подаються у вигляді аналітичних математичних залежностей: алгебраїчних, диференціальних, інтегральних рівнянь або їх систем, логічних умов.

Імітаційне моделювання (simulation) передбачає подання моделі у вигляді алгоритму та комп'ютерної програми, яка дозволяє відтворити поведінку об'єкта. Імітаційні моделі розглядаються як експерименти, що проводяться на комп'ютерах з математичними моделями, які імітують поведінку реальних об'єктів. При цьому імітуються елементарні явища, що складають процес, зі збереженням їх логічної структури та послідовності у часі, що дозволяє отримати відомості про стан системи у певний момент часу та оцінити характеристики системи. Імітаційні моделі дозволяють вирішувати більш складні задачі, ніж аналітичні. Наприклад, вони дозволяють досить легко враховувати вплив випадкових факторів.

Виходячи із вище сказаного, для студентів коледжів оптимальним є використання найпростіших аналітичних моделей та дещо складнішого

імітаційного моделювання за допомогою уже розробленого програмного забезпечення.

Найпростіша та найпоширеніша модель для опису поширення хвороб, епідемії або еволюції популяції полягає у наступному:

- кількість інфікованих осіб (величина популяції)  $N$  збільшиться з часом.
- швидкість зростання кількості інфікованих (величини популяції)  $\frac{dN}{dt}$  пропорційна кількості уже інфікованих осіб (величині популяції)  $N$ .

У міру зростання кількості інфікованих (чи популяції) з часом все більше і більше особин буде інфіковано (утворюється), і загальна швидкість цього процесу весь час зростає. На цьому ґрунтується експонентна модель поширення інфекції (зростання популяції). Математично це виражається диференціальним рівнянням:

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N.$$

Тут  $r$  – коефіцієнт, який визначає швидкість зростання кількості інфікованих осіб на одну інфіковану особу (швидкість зростання популяції на одну особину в популяції) і відображає ступінь, в якій конкретна інфікована особа впливає на поширення інфекції;  $t$  – час.

Розв'язок цього диференціального рівняння має вигляд:

$$N(t) = N_0 e^{rt}.$$

При експонентному зростанні кількість інфікованих осіб (розмір популяції) зростає до нескінченності. В реальності спалахи інфекцій з часом затухають, а популяції в кінцевому підсумку досягають

«несучої здатності» (наприклад, обмежені ресурсами) і їх експонентне зростання не продовжується.

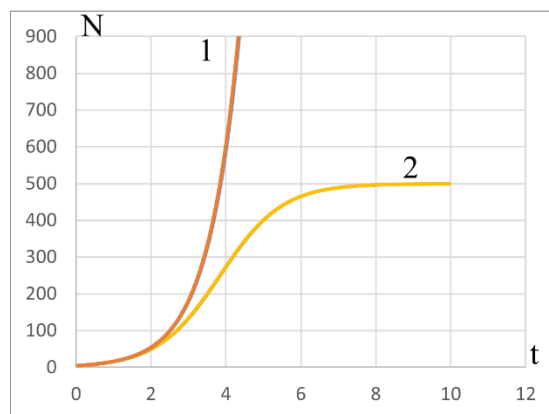
Математичний вираз такої моделі (логістичної) описується рівнянням:

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N \left( 1 - \frac{N}{K} \right),$$

де  $K$  – «рівень насичення»,

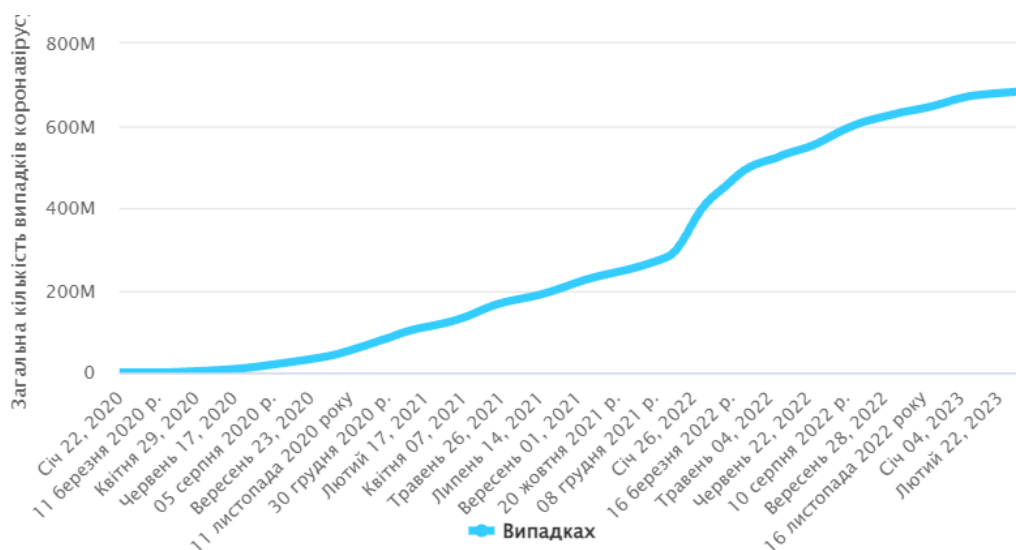
тобто максимальна кількість інфікованих осіб чи кількість особин, які можуть існувати стабільно у популяції.

Приклади залежності кількості особин у популяції від часу за обома моделями представлено на рис. 1.

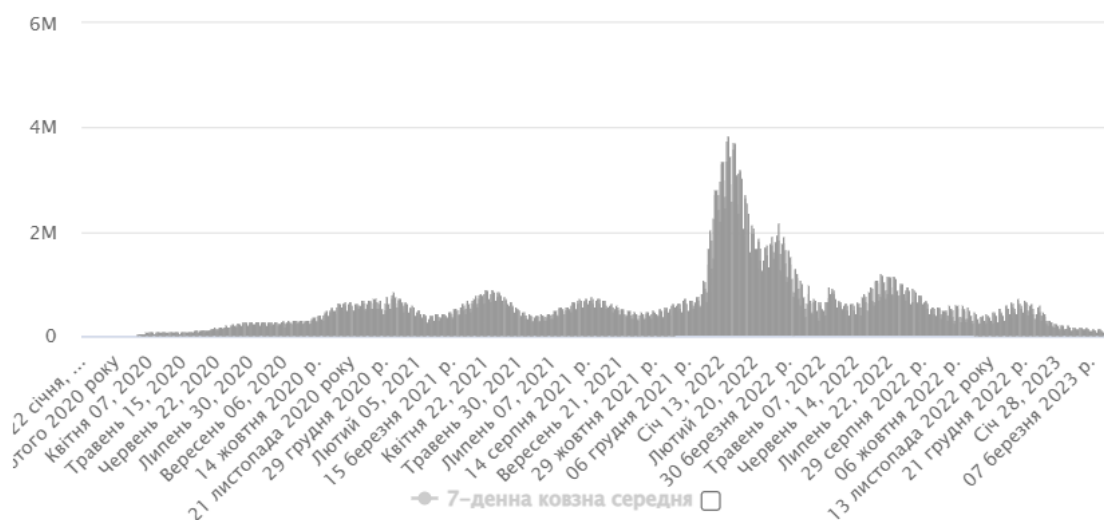


**Рис. 1. Моделі поширення інфекції: 1 – експонентна модель; 2 – логістична модель.**

Як вже було сказано, вище вказані моделі можна застосовувати для опису поширення хвороб, епідемії або еволюції популяцій. Використаємо їх для аналізу епідемії Covid-19, а для цього спочатку приведемо статистичні дані з сайту [7], рис. 2:



а



б

**Рис. 2. Динаміка захворюваності на коронавірус:**  
а – загальна кількість тих, хто захворів; б – щоденні нові випадки захворювання.

Як видно з рис. 2, а, у випадку Covid-19 параметри, що характеризують поширення інфекції, спочатку зростають експонентно протягом деякого часу, але в кінцевому підсумку будуть обмежені нашими власними діями та нашою власною обережністю.

З рис. 2, б чітко видно хвилеподібність у кількості заражених людей та летальних випадків, що відображає етапи боротьби з епідемією в різних країнах та частинах світу, однак на графіках із сумарною кількістю бачимо в тій чи іншій мірі виконання логістичної математичної моделі з рис. 1, тобто модель з обмеженістю ресурсу. Тому, опускаючи тонкощі і особливості реального проходження інфекції Covid-19, розглянемо висновки, які можна зробити із вище вказаної моделі та вивчити вплив різних параметрів моделі на характеристики змодельованого поширення вірусу з часом.

В даній роботі ми скористалися онлайн лабораторіями в середовищі Go-Lab. Однією з них для вивчення Covid-19 є Mathematical Approach Covid-19 Into Global Community, зокрема, застосунок, представлений в пункті «Experiment-Test hypotheses» [8]. Використовуючи цей застосунок можна дослідити, як різні параметри впливають на вибрану модель поширення інфекційного захворювання (у даному випадку на прикладі розвитку популяції). Для цього розроблено інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з графічним представленням.

Модель складається з двох популяцій (червоної і синьої) і відповідних бігунків по кожному з параметрів. У моделі можна спостерігати за особинами в популяціях, які народжуються (білі точки) і вмирають (білі хрестики) з часом за відповідних обставин, а також за допомогою відповідних числових і графічних представлень популяцій.

Щоб вивчити ефект і роль кожного параметра, потрібно спочатку налаштувати їх на однакові значення для червоної і синьої популяцій. Потім, збільшуючи чи зменшуючи певний параметр в одній із них, спостерігати відповідні зміни з часом в іншій популяції.

На перший погляд може здатися, що дана віртуальна лабораторія не пов'язана з випадком Covid-19, оскільки там не враховується смерть від вірусу, однак, вона допомагає зрозуміти вплив швидкості зростання популяції, рівня насичення та початкового розміру популяції на швидкість передачі вірусу.

Приклад стартових умов показано на рис. 3. В подальших дослідженнях будемо спостерігати зміни синьої популяції відносно червоної.

Як видно з рис. 2, а, у випадку Covid-19 параметри, що характеризують поширення інфекції, спочатку зростають експонентно протягом деякого часу, але в кінцевому підсумку будуть обмежені нашими власними діями та нашою власною обережністю.

З рис. 2, б чітко видно хвилеподібність у кількості заражених людей та летальних випадків, що відображає етапи боротьби з епідемією в різних країнах та частинах світу, однак на графіках із сумарною кількістю бачимо в тій чи іншій мірі виконання логістичної математичної моделі з рис. 1, тобто модель з обмеженістю ресурсу. Тому, опускаючи тонкощі і особливості реального проходження інфекції Covid-19, розглянемо висновки, які можна зробити із вище вказаної моделі та вивчити вплив різних параметрів моделі на характеристики змодельованого поширення вірусу з часом.

В даній роботі ми скористалися онлайн лабораторіями в середовищі Go-Lab. Однією з них для вивчення Covid-19 є Mathematical Approach Covid-19 Into Global Community, зокрема, застосунок, представлений в пункті «Experiment-Test hypotheses» [8]. Використовуючи цей застосунок можна дослідити, як різні параметри впливають на вибрану модель поширення інфекційного захворювання (у даному випадку на прикладі розвитку популяції). Для цього розроблено інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з графічним представленням.

Модель складається з двох популяцій (червоної і синьої) і відповідних бігунків по кожному з параметрів. У моделі можна спостерігати за особинами в популяціях, які народжуються (білі точки) і вмирають

(білі хрестики) з часом за відповідних обставин, а також за допомогою відповідних числових і графічних представлень популяцій.

Щоб вивчити ефект і роль кожного параметра, потрібно спочатку налаштувати їх на однакові значення для червоної і синьої популяцій. Потім, збільшуючи чи зменшуючи певний параметр в одній із них, спостерігати відповідні зміни з часом в іншій популяції.

На перший погляд може здатися, що дана віртуальна лабораторія не пов'язана з випадком Covid-19, оскільки там не враховується смерть від вірусу, однак, вона допомагає зрозуміти вплив швидкості зростання популяції, рівня насичення та початкового розміру популяції на швидкість передачі вірусу.

Приклад стартових умов показано на рис. 3. В подальших дослідженнях будемо спостерігати зміни синьої популяції відносно червоної.

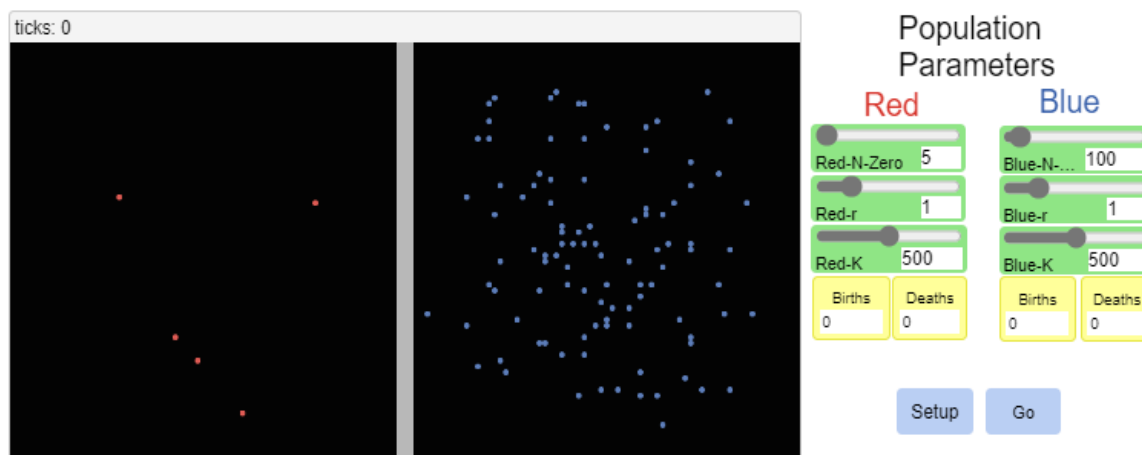


Рис. 3. Інтерфейс програми з середовища Go-Lab.

Вплив початкового розміру популяції на динаміку її розвитку показано рис. 4 (для червоної популяції 5 особин, для синьої – 100). Як бачимо, зростання початкового розміру популяції приводить до

швидшого виходу на насичення. Це означає, що при більшій кількості стартово інфікованих осіб різке зростання захворюваності відбудеться швидше після початку епідемії.

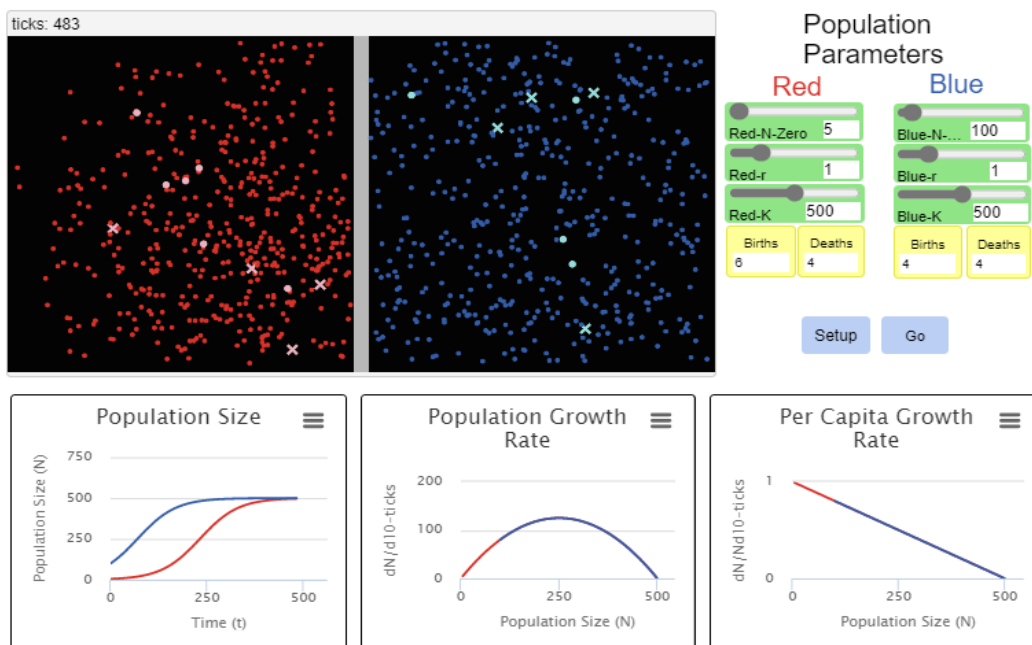


Рис. 4. Вплив початкового розміру популяції на динаміку її розвитку.

Вплив швидкості зміни популяції на одну особину показано на рис. 5. Як бачимо, швидкості зміни популяції на одну особину теж приводить до швидшого виходу на насичення, а швидкість росту всієї популяції зростає.

Зміна рівня насичення впливає на швидкість зростання популяції (рис. 6).

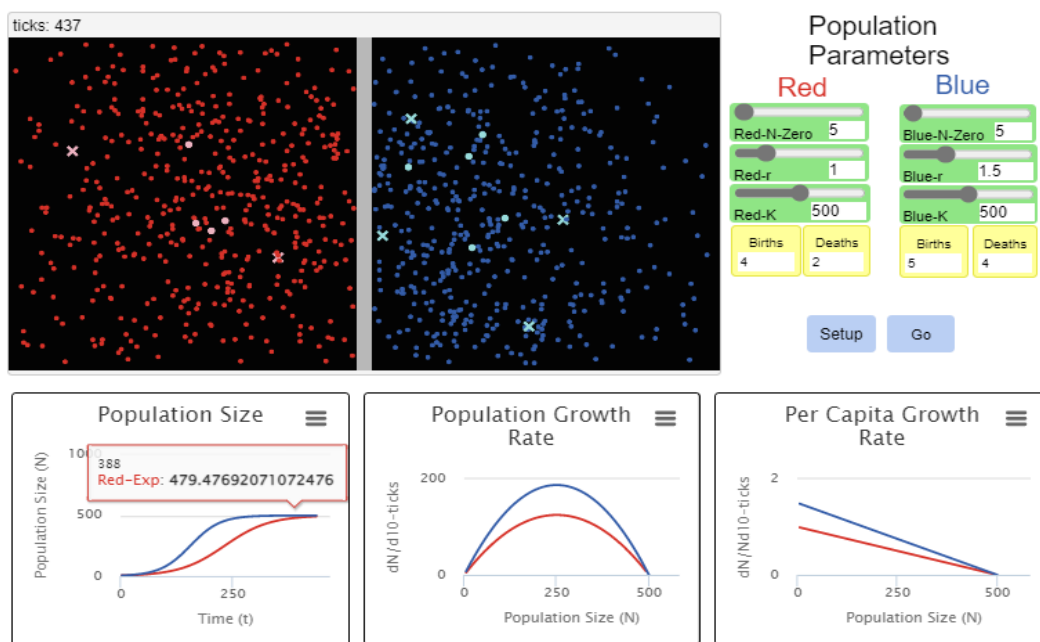


Рис. 5. Вплив швидкості зміни популяції на одну особину.

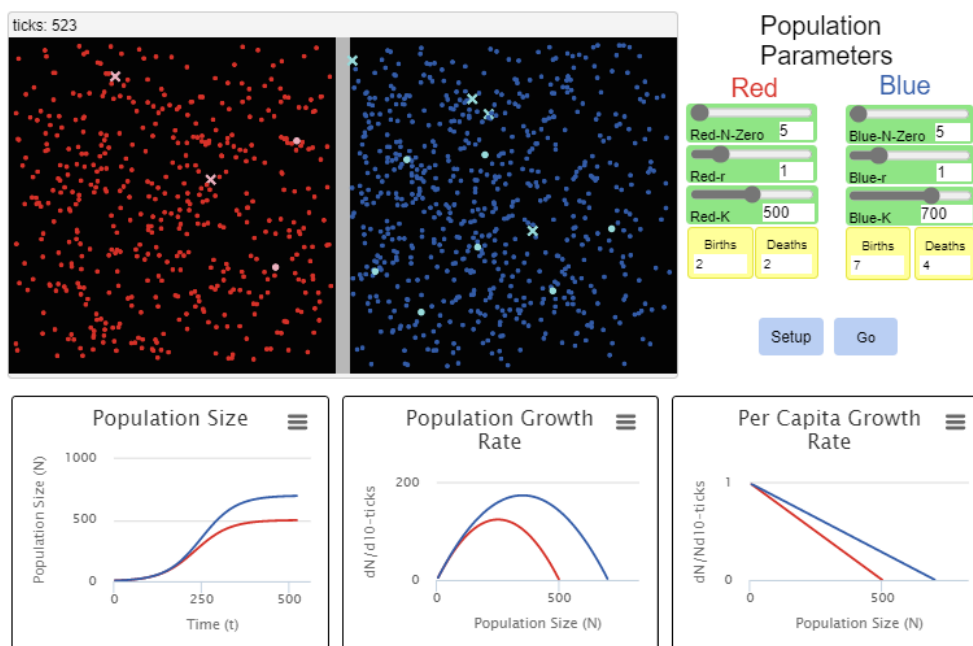


Рис. 6. Вплив рівня насичення на швидкість зростання популяції.

Зміна всіх параметрів у сторону збільшення приводить швидшого і більш бурхливого розвитку популяції (рис. 7), що може бути корисним при описі розведення корисних бактерій. Однак, для Covid-19 потрібно старатися, щоб дані параметри були якомога меншими.

Для практичного використання особливе значення має швидкість зростання популяції, тобто захворювання у випадку Covid-19. Вважаючи, що вірус не мутує у сторону зменшення вірулентності та летальності, завдання протиковідних карантинних заходів – розтягнути в часі протікання епідемії. Це дає можливість утримати на відповідному рівні медичну систему

(уникнути напливу хворих, який може привести до колапсу роботи медичних закладів) та надіятися на розробку нових ліків та протоколів лікування.

Загалом, створення математичних моделей є процесом з багатьма обмеженнями і жодним чином не може замінити природну еволюцію хвороб, епідемій або еволюцію популяції. Приведені результати моделювання можуть бути першим етапом у розумінні студентами коледжів основних закономірностей поширення інфекційних захворювань та можливості їх прогнозування за допомогою математичних засобів.

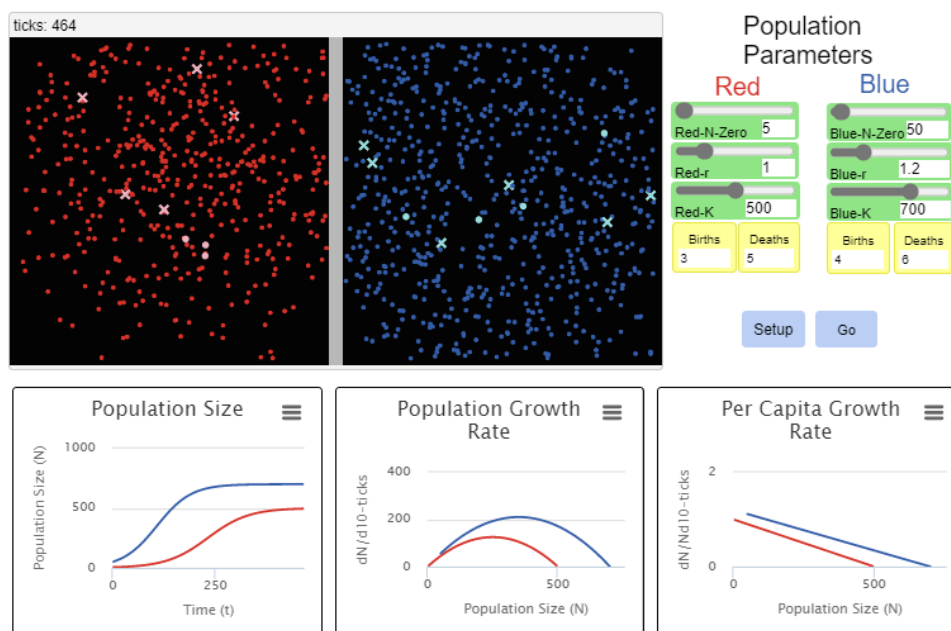


Рис. 7. Вплив збільшення всіх параметрів швидкості зростання популяції.

Підсумовуючи отримані результати, можна сформулювати ряд позитивних характеристик, які дає математичне моделювання поширення інфекцій та епідемії при навчанні майбутнього молодшого лікарського персоналу:

- математичне моделювання допомагає студентам зрозуміти основні концепції епідеміології, такі як швидкість передачі інфекції, ризику зараження, тривалість захворювання та формування імунітету, що сприяє кращому розумінню динаміки захворювань;
- студенти, навчені математично моделювати поширення інфекції, зможуть більш ефективно розробляти та реалізовувати стратегії контролю захворювань, зможуть передбачити можливі наслідки різних заходів та визначити оптимальний підхід до управління епідемією;
- глибине розуміння поширення інфекцій дозволить майбутнім лікарям в подальшому прогнозувати поширення хвороб на основі наявних даних, планувати медичні ресурси, вакцинаційні кампанії, розробляти стратегії з обмеження поширення захворювань та збереження здоров'я громадян;
- математичне моделювання вимагає аналізу та інтерпретації даних. Студенти навчаються критично оцінювати інформацію, визначати тенденції та робити обґрунтовані висновки;
- математичне моделювання поєднує знання з математики, статистики, епідеміології та медицини. Це допомагає студентам розвивати міждисциплінарний підхід до вирішення проблем здоров'я.

Таким чином, розуміння закономірностей поширення інфекцій через математичне моделювання є важливою складовою підготовки молодшого медичного персоналу. Це не лише допомагає зрозуміти динаміку захворювань, але й дозволяє приймати обґрунтовані рішення в умовах критичних ситуацій з пандеміями та іншими інфекційними загрозами.

### Висновки.

1. Для студентів медичних закладів освіти важливими є навички моделювання процесів поширення вірусних захворювань та аналізу параметрів моделей для прогнозування та відповідного реагування при різних епідеміологічних ситуаціях.
2. Для здобувачів фахової передвищої освіти при моделюванні поширення інфекцій оптимальним є використання найпростіших аналітичних моделей та дещо складнішого імітаційного моделювання за допомогою уже розробленого програмного забезпечення, що обумовлено певним рівнем математичних знань на даному освітньому рівні.
3. При навчанні молодшого медичного персоналу, моделювання поширення інфекції можна здійснювати засобами міжнародної безкоштовної навчальної платформи Go-Lab, яка є унікальним освітнім середовищем, що забезпечує багато можливостей не лише для здобувачів освіти, але й тих хто навчає та пересічних громадян.
4. Моделювання засобами навчальної платформи Go-Lab дає можливість встановити вплив стартових параметрів, що характеризують епідемію, на динаміку поширення вірусу та прогнозувати подальші параметри поширення епідемії і, відповідно, необхідні протиепідеміологічні заходи.

### References:

1. Steinberg D, Balicer R, Benjamini Y, De-Leon H, Gazit D, Rossmann H, Sprecher E. The role of models in the covid-19 pandemic. *Isr J Health Policy Res.* 2022;11(36). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13584-022-00546-5>.
2. Huppert A, Katriel G. Mathematical modelling and prediction in infectious disease epidemiology. *Clin Microbiol Infect.* 2013;19(11):999-1005. DOI: <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12308>.
3. Ojokoh B, Sarumi O, Salako K, Gabriel A, Taiwo A, Johnson O, Adegun I, Babalola O. 16 - Modeling and predicting the spread of COVID-19: a continental

- analysis. *Data Sci COVID 19*. 2022;2:299-317. DOI: 10.1016/B978-0-323-90769-9.00039-6.
4. Home | Golabz [Internet]. Home | Golabz; [tsytovano 27 veres. 2023]. Dostupno na: <https://www.golabz.eu>
  5. Go-Lab Ecosystem | Go-Lab [Internet]. Go-Lab Initiative | Go-Lab; [tsytovano 27 veres. 2023]. Dostupno na: <https://premium.golabz.eu/about/go-lab-initiative>.
  6. Kvietyni R, Bohach I, Boiko O, Sofina O, Shushura O. Komputerne modeliuвання system ta protsesiv. *Metody obchyslen*. Vinnytsia: VNTU; 2012. 193 s.
  7. Worldometer - real time world statistics [Internet]. COVID - Coronavirus Statistics - Worldometer; [tsytovano 27 veres. 2023]. Dostupno na: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>.
  8. Home | Golabz [Internet]. Mathematical Approach Covid-19 Into Global Community | Golabz; [tsytovano 27 veres. 2023]. Dostupno na: <https://www.golabz.eu/ils/mathematical-approach-covid-19-into-global-community>

UDC 377.031+372.851

### STUDY OF THE INFECTION SPREAD USING MATHEMATICAL MODELING IN PROFESSIONAL HIGHER MEDICAL EDUCATIONAL INSTITUTIONS

S.I. Yaremiy<sup>1</sup>, I.P. Yaremiy<sup>2</sup>, M.I. Moysenko<sup>1</sup>,  
S.G. Shulepa<sup>1</sup>, S.A. Lisovska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ivano-Frankivsk national medical university, Department of Medical Informatics, Medical and Biological Physics, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

*ORCID ID: 0000-0001-6235-0370,*

*e-mail: syaremiy@ifnmu.edu.ua*

*ORCID ID: 0000-0002-7579-5456,*

*e-mail: mmoiseyenko@ifnmu.edu.ua*

*ORCID ID: 0000-0002-3310-4231,*

*e-mail: sshulepa@ifnmu.edu.ua*

*ORCID ID: 0000-0002-8314-0564,*

*e-mail: slisovska@ifnmu.edu.ua*

<sup>2</sup>*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,*

*Department of Materials Science and Emerging Technologies, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

*ORCID ID: 0000-0002-8549-1173,*

*e-mail: yaremiyip@pnu.edu.ua*

**Abstract.** The teaching of junior medical personnel requires a profound understanding not only of the fundamentals of their specialty but also a broad spectrum of knowledge related to infectious diseases and their spread. One of the key aspects of this preparation involves the study of mathematical modeling of infection spread, which is an essential tool for establishing patterns and predicting the development of diseases. Therefore, examining approaches to teaching students in medical colleges about

epidemic modeling, including the analysis of virus spread within populations and the factors influencing the speed and extent of its spread, is a relevant task. This article aims to acquaint future medical professionals with the fundamental principles of epidemiology and modeling, help them comprehend how viruses or infectious diseases spread within populations, and teach them to analyze, critically evaluate, and interpret scientific data and research, without exceeding the boundaries of basic mathematical knowledge.

The paper examines the specifics of mathematical modeling in medicine and during the teaching future healthcare professionals. It argues that for students pursuing advanced medical education, the optimal approach to modeling the spread of infections involves using the simplest analytical models and somewhat more complex simulation modeling with the help of pre-existing software. This choice is justified by a certain level of mathematical knowledge at this educational level. As an example, an analysis of the simplest analytical models, comparing them with real-world relationships characterizing the spread of Covid-19, analyzing the reasons for the differences between them, and justifying the possibility of using simplified models for educational purposes are provided.

It is shown that one of the approaches that allows achieving the aforementioned goal is the use of the international free educational platform Go-Lab while teaching junior medical personnel the infection spread modeling. In particular, modeling using the Go-Lab educational platform enables the determination of the impact of initial parameters characterizing an epidemic on the dynamics of virus spread and the prediction of further epidemic spread parameters. The paper describes one of the online laboratories for investigating Covid-19 - "Mathematical Approach Covid-19 Into the Global Community," particularly the application presented in the "Experiment-Test Hypotheses" section. Provided modeling results can be the first step in helping college students understand the fundamental principles of infectious disease spread and the possibilities of predicting them through mathematical means.

Additionally, the article outlines a series of positive characteristics that mathematical modeling of infection and epidemic spread provides in the education of future junior medical personnel. Among these characteristics, we can highlight: understanding the fundamental principles of epidemiology and parameters characterizing the process of infection spread; the ability to plan and implement control measures; the capability to forecast disease spread based on available data; the capacity to analyze and interpret data, critically evaluate information, identify trends, and draw informed conclusions; the development of an interdisciplinary approach to addressing healthcare issues; preparedness for pandemics and crisis situations.

**Keywords:** mathematical modeling, infection spread, Go-Lab platform.

Стаття надійшла в редакцію 15.09.2023 р.

Стаття прийнята до друку 09.11.2023 р.