

Національна Академія наук України
Академія технологічних наук України
Інженерна академія України
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та
військової техніки, Україна
Університет Глїндор, м. Рексхем, Великобританія
Військова дослідницька лабораторія США, м. Аделфі, США
Інститут оборони ім. С. Лазарова, м. Софія, Болгарія
Технічний університет Лодзі, Польща
Технічний університет м. Рига, Латвія
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. І. Сікорського»
Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка
Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького
Чернігівський національний технологічний університет

П'ЯТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ МОДС 2020

Тези доповідей



Чернігів 2020

УДК 004.94(063)

М34

Друкується за рішенням вченої ради Чернігівського національного технологічного університету (протокол вченої ради Чернігівського національного технологічного університету № 5 від 30.06.2020).

Редакційна колегія:

Скітер І. С. к.фіз.-мат.н., доцент, ЧНТУ

Войцеховська М. М., аспірант, ЧНТУ

Нехай В. В., асистент, ЧНТУ

Математичне та імітаційне моделювання систем.
М34 МОДС 2020 : тези доповідей П'ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (29 червня – 01 липня 2020 р., м. Чернігів) / М-во освіти і науки України ; Нац. Акад. наук України ; Академія технологічних наук України ; Інженерна академія України та ін. – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – 370 с.

ISBN 978-617-7571-93-2

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2020”. В доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем з використанням математичних та імітаційних методів.

УДК 004.94(063)

ISBN 978-617-7571-93-2

© Чернігівський національний
технологічний університет, 2020

О.О. Кряжич, О.В. Коваленко ВИБІР ІНТЕРВАЛІВ АПРОКСИМАЦІЇ ФУНКЦІЇ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ОПISУ ЗАБРУДНЕНОЇ ТЕРИТОРІЇ	43
Д.В. Кушнір, Ю.С. Тучковенко МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК У ЛИМАНІ САСИК ЗА УМОВ ВІДНОВЛЕННЯ ВОДООБМІНУ З МОРЕМ	47
ТЕРЛЕЦЬКА К., МАДЕРИЧ В., БРОВЧЕНКО І. ТРАНСФОРМАЦІЯ ВНУТРІШНІХ УСАМІТНЕНИХ ХВИЛЬ НАД ПІДВОДНОЮ СХОДИНКОЮ У ТРИШАРОВІЙ СТРАТИФІКАЦІЇ.....	51
О. РYЛYРЕНКО, М. ZHELEZNYAK, М. SOROKIN, S. KIVVA МОДИФІКАЦІЯ ГІДРОЛОГІЧНОГО БЛОКУ СППР RODOS ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	54
М.В. Талах, С.В. Голуб ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КЛІМАТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ	56
С.О. Заїка, А.Т. Лобурець ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІКИ ЛАНЖЕВЕНА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ НА ПРИКЛАДІ COVID-19	60
В.В. Бєгун, Т.В. Полщук АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ КРИТИЧНО ВАЖЛИВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	64
С.Я. Майстренко, А.А. Полонский, А.В. Халченков, Т.А. Донцов-Загреба, К.В. Хурцилава, О.И. Удовенко, И.В. Ковалец ВЕБ-СЕРВИС МОДЕЛИРОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ.....	67

ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІКИ ЛАНЖЕВЕНА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ НА ПРИКЛАДІ COVID-19

С.О. Заїка, А.Т. Лобурець

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка», м. Полтава*

Середовище існування людини за останню сотню років було зруйновано в результаті безрозсудної і хижацької практичної діяльності людини на всіх можливих рівнях, в тому числі в мікросвіті. Динамічної рівноваги, яка формувалася у біосфері протягом останніх принаймні десятків тисячоліть, більше не існує. Людство змушене боротися за своє існування, реалізуючи нові засоби направлено впливу на навколишнє середовище (пестициди, фунгіциди, інсектициди, гербіциди, антибактеріальні лікарські препарати, щеплення та інше) і все більше віддаляючись від стану рівноваги. Зруйновані екологічні ніші не можуть залишатися порожніми. Людина вже спровокувала жорстоку боротьбу всього живого проти живого. Щось має загинути і бути заміненим чимсь іншим, більш живучим, агресивним і здатним швидше за інших адаптуватися до нових умов. І не обов'язково це вдасться зробити саме людині. Поява COVID-19 є лише одним із підтверджень сказаному вище. Незалежно від того, де вірус народився, джин вийшов з пляшки (чи пробірки) на свободу і впевнено заявляє світові, хто тут хазяїн. Хочеться вірити, що на цей раз на нього управа знайдеться. Але завтра нас чекатимуть нові випробування. На жаль, є багато підстав стверджувати, що світ до них явно не готовий і готуватися навіть не збирається. А потім може бути пізно. Урбанізація завжди означає виникнення великих скупчень людей на певним чином обмежених територіях. До цього часу грип та гострі респіраторні вірусні інфекції (ГРВІ – це в тому числі і коронавірусні інфекції) займали перше місце за частотою й кількістю випадків у світі. Раніше грип був головною складовою інфекційної захворюваності і смертності. Зараз ситуація змінюється і пандемія COVID-19 потіснила вже звичні людству і вийшла на перше місце по смертності. До появи нового коронавірусу значна частина населення нашої держави мала досить слабе уявлення про профілактику вірусних інфекцій та застосування особистих засобів захисту. Все це практично ігнорувалося на всіх рівнях, наприклад, під час епідемії грипу. Носіння маски вважалося майже ознакою поганого тону, що сприяло швидкому

поширенню інфекцій. За таких умов надзвичайно важливо вміти, враховуючи основні параметри захворюваності, сприяти згасанню локальних проявів інфекції і перешкоджати виникненню епідемії чи пандемії. Тому важливим інструментом сучасної епідеміології, який може допомогти краще зрозуміти фундаментальні механізми поширення інфекційних захворювань, особливо нових, є математичне моделювання.

Епідемія чи пандемія є масовим, прогресуючим у часі й просторі розповсюдженням інфекції серед людей, що значно перевищує звичайно зареєстрований на даній території рівень захворюваності. Ендемія – постійне існування на будь-якій території певного (частіше всього, інфекційного) захворювання. Як відомо, епідемія з часом згасає або досягне стійкого ендемічного стану. Це залежить від цілого ряду факторів, зокрема вірулентності збудника та методу його передачі. Можливість інфікування через повітряне середовище зростає в умовах великої щільності. Репродукція вірусів грипу та ГРЗ відбувається дуже швидко з коротким інкубаційним періодом – 1-2 доби [1–3]. Для COVID-19 це 5-14 діб, а в деяких випадках навіть більше. При цьому заражати інших людина починає раніше, ніж сама починає хворіти. Ще одна відмінність – хвороба триває у кілька разів довше.

Кілька років тому ми проводили вивчення процесів самоорганізації у двовимірних адсорбційних системах шляхом побудови відповідних математичних моделей взаємоузгодженого хаотичного руху частинок. Такий рух дуже нагадував переміщення людей на території ринку чи на вулиці. На перший погляд, він здається хаотичним, але в дійсності у кожної людини є якась своя мета. У системі адсорбованих частинок теж є «мета». За даних термодинамічних умов вони здійснюють свої переміщення так, щоб енергія системи стала мінімальною, а ентропія максимальною, тобто, щоб система прямувала до хаосу. Але у відкритих, нелінійних, нерівноважних системах може відбуватися їхня структуризація (самоорганізація). Це можуть бути якісь примітивні форми упорядкованості, але вони впливатимуть на характер протікання процесу. Формально переміщення адсорбованих частинок і частинок-агентів у моделі (людей) дуже схожі. Математична модель руху частинок уже була створена нами і ми вирішили цю модель застосувати для вивчення поширення вірусних інфекцій в урбоекосистемах. Така робота виявилася успішною. Результати доповідались на наукових конференціях. Але для верифікації моделі не вистачало доступних нам результатів кількісних досліджень. Нині ж у зв'язку з пандемією COVID-19 ми змогли знайти дуже багато цінних матеріалів на сайтах [1 – 3] не тільки у світі та по різних країнах, а й по окремих регіонах чи навіть містах. У нас з'явилася

хороша можливість проаналізувати і порівняти з реальністю наші давні результати та одержати нові яскраві результати по коронавірусу COVID-19.

В основу нашої моделі покладено визначення поведінки і властивостей окремих агентів та їхньої взаємодії між собою з урахуванням можливих змін умов функціонування [4]. Керуючим параметром є ймовірність інфікування при випадковій зустрічі здатного заразити та здатного сприйняти інфекцію агентів. Розподіли випадкових зустрічей агентів та процесів передачі інфекції є нормальним. На основі цього знаходиться інтегральна характеристика стану модельованої системи. Математична модель розповсюдження респіраторно-вірусної інфекції адекватно відображає основні просторово-часові складові урбоєкосистеми з урахуванням загальних ритмів життя основних соціальних груп суспільства в реальних просторово-часових координатах. Реалізовано рух елементів системи на основі динаміки Ланжевена в середині контактних груп. Інтерфейс програми дозволяє змінювати параметри задачі з урахуванням властивостей конкретної інфекції. Невелика кількість регулюючих параметрів робить програму універсальною, що дозволяє легко її налаштовувати відповідно до потреб. Розмір резервуара подій задається у метрах, враховуються власні розміри агентів, представлених у моделі дисками. Дискретний час для розрахунків дорівнює одній хвилині, а результат записується у файл щоденно. Дискамі заборонено перекривати один одного. Модель ми застосовували для прогнозування ситуації у окремих невеликих населених пунктах з чисельністю населення у кілька тисяч чоловік. У напрямку зростання числа жителів жодних обмежень немає. Модель дозволяє враховувати різними способами раптово переміщення інфікованих агентів на великі віддалі – польоти Леві. Показано, що на епідемічні процеси можна ефективно впливати за допомогою найпростіших засобів – спеціальних пов'язок, які знижують ймовірність зараження повітряно-крапельним способом. Масове використання таких засобів у передепідемічний період здатне відвернути інфекцію або ж у разі її виникнення знизити число інфікованих. Очевидно, що порівнювати ситуацію з коронавірусом у різних країнах є сенс лише тоді, коли характеристики подаються в однакових системах координат. Не зрозуміло, чому на сайтах [1 – 3] подаються щоденні значення загальної кількості хворих, а не відношення числа хворих до загальної кількості населення у країні. Адже немає ніякого сенсу порівнювати загальну кількість хворих у країнах - гігантах і країнах – карликах. Якщо розглянути щоденні відсотки хворих, то на сьогоднішній день це буде: у США – 0,49; Іспанії – 0,5; Англії – 0,46; Італії – 0,38; Білорусії – 0,36; Німеччині – 0,3; Україні – 0,05; Індії – 0,009; Китаї – 0,006, а Бразилії, де зараз щоденний приріст хворих найвищий у світі, це буде лише 0,16%. Ясно,

що і швидкості росту необхідно порівнювати у відносних одиницях. Цей показник може характеризувати ефективність карантинних заходів у кожній з країн. Наприклад, у Німеччині він наближається до нуля при 0,3% хворих. Це найкращий результат серед всіх перелічених вище країн. Найбільш цікавими є показники у Китаї, Індії та Україні. На жаль, всі результати [1 – 3] залежать від кількості і якості тестування у кожній з країн. Наприклад, у Москві відсоток хворих вже досяг значення 1,33, а у самій Росії лише 0,38. До речі, 1,33% це найвищий показник у світі. Важливо було б знати, як змінюється з часом кількість тих, що уже перехворів на COVID-19. Ми здійснили серію комп'ютерних експериментів по впливу карантинних заходів на ріст кількості хворих. Суть експерименту полягала в тому, що спочатку вірус поширювався безперешкодно, а потім через 30-50 днів вводився карантин. Це означало, що знижувалася ймовірність інфікування. Виявилось, що результат сильно залежить від моменту введення карантину і чіткості його реалізації, що було відомо і до нас. Ми показали, що будь-які випадкові процеси, які впливають на ймовірність інфікування (наприклад, погодні умови, які впливають не тільки на вірус, а й на поведінку людей) здатні істотно змінювати перебіг процесів поширення інфекції, зумовлюють виникнення у системі взаємодіючих флуктуацій та елементів структуризації системи. До речі. У високоорганізованому і проінформованому суспільстві проблеми карантину можна успішно вирішувати і без надмірних зусиль держави, якщо не ігнорувати елементарного (державою і її населенням). Приклади можна знайти за адресою [3].

Література

1. <https://covid19.rnbo.gov.ua/>
2. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19_pandemic
4. Заїка С.О. Агентне моделювання циркуляції респіраторних вірусів у міських екосистемах / С.О. Заїка, О.Л. Ляхов, А.Т. Лобурець, Ю.В. Величко // МОДС 2013: Восьма міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей (Чернігів-Жукин, 24-28 червня 2013р.). - Чернігів, Черніг. держ. технол. ун.-т, 2013. – 2013. – С. 38-41.