

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор

Національного аерокосмічного університету

ім. М.С. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»



## АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

### про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту із виконання наукових досліджень і розробок

«Розробка інтелектуальних технологій оцінки епідемічної ситуації для підтримки прийняття управлінських рішень у сфері біобезпеки населення»

**Назва конкурсу:** «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»

**Реєстраційний номер Проєкту:** 2020.02/0404

**Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок** (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0404 «Розробка інтелектуальних технологій оцінки епідемічної ситуації для підтримки прийняття управлінських рішень у сфері біобезпеки населення»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту:

Початок – 4 листопада 2020;

Закінчення – 2022 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн.

8 828 187 (вісім мільйонів вісімсот двадцять вісім тисяч сто вісімдесят сім) грн.

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 1 319 247 (один мільйон триста дев'ятнадцять тисяч двісті сорок сім) грн.

2-й рік 3 754 370 (три мільйони сімсот п'ятдесят чотири тисячі триста сімдесят) грн.

3-й рік 3 754 370 (три мільйони сімсот п'ятдесят чотири тисячі триста сімдесят) грн.

## 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 10 виконавців, з них:

доктори наук 3;

кандидати наук 3;

інші працівники 4.

**Інформація про виконавців (авторів) Проєкту** (ПІБ, основне місце роботи, посада, науковий ступінь).

1. Яковлев Сергій Всеволодович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», професор кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту, доктор фізико-математичних наук.
2. Чумаченко Тетяна Олександрівна, Харківський національний медичний університет, завідувач кафедри епідеміології, доктор медичних наук.
3. Гуляницький Леонід Федорович, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, завідувач відділу методів комбінаторної оптимізації та інтелектуальних інформаційних технологій, доктор технічних наук.
4. Чумаченко Дмитро Ігорович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», доцент кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту, кандидат технічних наук.
5. Базілевич Ксенія Олексіївна, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», доцент кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту, кандидат технічних наук.
6. Ткаченко Антон Сергійович, Харківський національний медичний університет, в.о. директора науково-дослідницького інституту експериментальної та клінічної медицини, кандидат медичних наук.
7. Меняйлов Євген Сергійович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», старший викладач кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту.
8. Кривцов Сергій Олегович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», здобувач третього (доктор філософії) ступеня вищої освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.
9. Пирогов Павло Андрійович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», здобувач другого ступеня вищої освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.
10. Бородай Руслан Русланович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», здобувач другого ступеня вищої освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

### **3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ СУБВИКОНАВЦЯ ПРОЄКТУ**

До проєкту субвиконавці не залучені.

### **4. ОПИС ПРОЄКТУ**

#### **4.1. Мета Проєкту (до 500 знаків)**

Підвищення ефективності прийняття управлінських рішень для забезпечення біобезпеки населення шляхом розробки інтелектуальних інформаційних технологій оцінки епідемічної ситуації.

#### **4.2. Основні завдання Проєкту (до 1000 знаків)**

1. Провести класифікацію та аналіз епідемічних загроз та їх впливу на біобезпеку суспільства.
2. Здійснити інтелектуальний аналіз та препроцесінг релевантних даних.
3. Розробити інфраструктури сховища даних та проєктування архітектури інформаційної системи епідеміологічної діагностики.
4. Розробити моделі машинного навчання для аналізу епідемічного процесу.
5. Розробити мультиагентні моделі епідемічних процесів.
6. Розробити методи інтелектуальної взаємодії агентів мультиагентних систем популяційної динаміки з епідемічним характером.
7. Створити банк моделей динаміки епідемічних процесів та методів епідеміологічної діагностики.
8. Здійснити верифікацію, дослідити адекватність моделей та ефективність методів епідеміологічної діагностики.
9. Обчислити прогнозу динаміку епідемічних процесів.

10. Проаналізувати фактори, що впливають на епідемічний процес, та оцінити їх інформативність.

11. Розробити функціональну модель системи підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки за методологією IDEF.

12. Розробити специфікацію інформаційної технології для підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки за допомогою мови UML.

13. Провести експериментальне дослідження та впровадити технологію для підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки.

#### **4.3. Детальний зміст Проєкту:**

- Сучасний стан проблеми (до 2 сторінок)

Зростання біологічних загроз як в світі, так і в Україні є значним викликом для вчених, суспільства та влади. Існуючі біологічні загрози в першу чергу пов'язані з масовими спалахами особливо небезпечних інфекцій, нових та емерджентних інфекцій людини та тварин; активізацією природних осередків зоонозних хвороб, можливістю подолання міжвидового бар'єру збудниками інфекційних хвороб тварин; ризиком застосування патогенів як біологічної зброї; розвитком генно-інженерних технологій без відповідного контролю їх безпеки та належної експертизи; зростанням міграції населення, туризму тощо. Між тим, забезпечення біологічної безпеки є суттєвою складовою національної безпеки та запорукою сталого розвитку країни.

Для розв'язання проблеми біологічної безпеки необхідно чітко розуміти механізми розвитку епідемічного процесу певної інфекційної хвороби, оцінювати провідні фактори ризику його виникнення та інтенсифікації та мати адекватний інструмент прогнозування та контролю розповсюдження інфекцій серед громад, створюючи умови для своєчасного реагування, попередження і сповіщення населення, та втілення ефективних та дійових протиепідемічних і профілактичних заходів.

Незважаючи на розроблені міжнародні документи щодо системи заходів у відповідь на біологічні загрози, в тому числі в рамках програми боротьби з надзвичайними ситуаціями, наявність Міжнародних медико-санітарних правил (ММСП-2005) із захисту населення від розповсюдження інфекційних хвороб, остання пандемія коронавірусної інфекції COVID-19 показала неспроможність світової спільноти адекватно реагувати на біологічні загрози планетарного масштабу, протистояти епідемічним ускладненням і забезпечити біологічну безпеку населення. Країни світу для стримування поширення COVID-19 запровадили низку заходів, які включали санітарно-карантинні заходи, масштабні обмеження на пересування людей і міжнародного пасажирського сполучення тощо. Проте жодна країна світу не змогла передбачити розвиток епідемії на власній території та уникнути негативних економічних, медичних, соціальних та інших наслідків через відсутність потужного інструменту оцінки різних факторів формування епідемічної ситуації та її прогнозування.

З біоетичних міркувань експерименти з патогенами у людській популяції неможливі. В той же час, тільки випробування може оцінити дійсний вплив того чи іншого чинника на поліпшення або погіршення епідемічної ситуації. У цих випадках на допомогу може прийти математичне моделювання та обчислювальні експерименти. В охороні здоров'я і епідеміології такі моделі застосовуються для кількісної оцінки ефективності різних методів боротьби з хворобами та їх профілактики, таких як ізоляційно-обмежувальні заходи, проведення вакцинації і вибір контингентів для імунізації, виявлення груп ризику захворюваності, тощо. Це необхідно для того, щоб органи охорони здоров'я могли впровадити найбільш раціональні і дієві заходи в боротьбі з інфекціями. Тільки адекватно сформульовані математичні моделі дозволяють підійти до ретельного вивчення всіх аспектів цієї проблеми, незалежно від того, чи йде мова про епідеміологічну діагностику, оцінку ефективності існуючих профілактичних та протиепідемічних заходів або про заходи, що плануються органами охорони здоров'я та службами громадського здоров'я.

Ефективність застосування математичних методів в галузі охорони здоров'я обґрунтована науково. Наприклад, одним з головних висновків спільних зборів фахівців Національної інженерної академії США та Інституту медицини США була необхідність формувати сучасні

підходи до боротьби з захворюваністю на основі співпраці між інженерами та епідеміологами. Моделі та методи, що використовуються для моделювання епідемічного процесу, в своїй більшості, засновані на системах інтегро-диференціальних рівнянь та концепції використання станів SIR (Susceptible – Infected – Recovered), яка має безліч модифікацій для різних захворювань. Такі підходи мають низку обмежень та недоліків: моделювання динаміки великих популяцій потребує великих обчислювальних потужностей; неможливо враховувати гетерогенність популяції (вік, стать, професію, тощо); неможливо врахувати особливості територій, що досліджуються; для зміни процесу, що моделюється необхідно повністю перебудувувати модель, тощо.

Епідемічні процеси, що у високому ступені схожі з реальними, сьогодні моделюються за допомогою мультиагентних підходів. Серед таких моделей можна виділити таку, що реалізована Сасакі (недолік – вона підтримує тільки дискретно-подієві мультиагентні моделі з фіксованим кроком дискретизації), модель Джиндала і Рао (недолік – можливість моделювання захворюваності лише в дуже маленькій популяції), модель Хусейна та інших (недолік – не враховується гетерогенність популяції) та інші. Також останні роботи включають сучасні методи моделювання та аналізу поведінки суспільства, проте, поки не існує моделі розповсюдження епідемічного процесу, в якій були б повністю реалізовані усі можливості мультиагентного підходу.

Розвиток технологій штучного інтелекту, та різноманітність і доступність даних дозволяють досягти нових наукових результатів у моделювання епідемічних процесів, які будуть провідними не тільки для України, але й для усього світу.

- Новизна Проєкту (до 1 сторінки )

Поява нових патогенів та стрімке розповсюдження нових емерджентних захворювань ставить перед світовим суспільством серйозні виклики, що потребують адекватних методів та засобів контролю епідемічного процесу. З одного боку, при стрімкому розвитку епідемічного процесу небезпечних хвороб, епідемії являють собою дуже значну загрозу для життя і здоров'я людей. З іншого боку, введення довготермінового карантину та обмежувальних заходів спричиняє колосальні економічні збитки, зупиняючи економічне життя країн та континентів. Тому рішення по контролю за розповсюдженням хвороби потребують особливої виваженості, адже з одного боку терезів стоїть життя і здоров'я великої кількості людей, з іншого – дуже значні економічні втрати та потенційне зубожіння населення.

В таких умовах зростає необхідність в засобах моделювання і підтримки прийняття рішень, що спираються на математичні обрахунки їх наслідків. Такі засоби повинні включати різноманітні моделі по оцінці епідемічної ситуації і обсягу потреб щодо медичної допомоги населенню, моделі прогнозування епідемічних процесів, оцінку факторів, що впливають на розвиток інфекційної захворюваності, тощо. Також необхідно враховувати різноманітні ризики та невизначеності, що виникають при моделюванні подібних складних процесів зі стохастичною невизначеною природою їх компонент. Таке моделювання потребує використання відповідного математичного апарату, зокрема, випадкових процесів і полів, методів машинного навчання, нечіткої логіки, теорії ігор, методів оптимізації тощо.

В результаті реалізації проєкту вперше буде розроблено математичні моделі, методи та інформаційну технологію оцінки епідемічної ситуації, що дозволить усунути наявні обмеження та недоліки існуючих підходів. Це дозволить підвищити точність прогнозу динаміки епідемічного процесу.

Розроблена інтелектуальна інформаційна технологія для підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки дозволить розробити науково-обґрунтовану базу для запровадження ефективних профілактичних та протиепідемічних заходів МОЗ України, лікарями-епідеміологами та спеціалістами з громадського здоров'я. Впровадження науково-прикладних результатів проєкту у вищі органи державної влади, Центри громадського здоров'я України та лікувально-профілактичні заклади дозволить забезпечити прийняття ефективних превентивних рішень, що зменшить негативний економічний, медичний та соціальний вплив на суспільство та державу.

- Методологія дослідження (до 2 сторінок)

Розробка моделей та методів оцінки епідемічного процесу базується на концепції епідемічного процесу Л.В. Громашевського, згідно з якою епідемічний процес існує при безперервній взаємодії трьох основних компонентів: джерела інфекції, механізму передачі та сприйнятливості організму.

Для досягнення мети проєкту та вирішення усіх поставлених завдань пропонується така методологія дослідження.

Попередня підготовка до моделювання включає в себе детальний системний аналіз та класифікацію епідемічних загроз і проблем біобезпеки суспільства. Розробка моделей машинного навчання потребує підготовки даних, для чого необхідно здійснити їх аналіз та систематизувати за типами даних. Заплановано використання даних реальної захворюваності на інфекційні хвороби в Україні, отримані з Державної установи «Центр громадського здоров'я при Міністерстві охорони здоров'я України» та Лабораторних центрів різних міст та областей країни. Ці дані мають різну структуру, розподілення та детермінованість для різних хвороб, що обумовлює необхідність їх детального аналізу, а також розробку інфраструктури, сховища даних та проектування архітектури інформаційної системи епідеміологічної діагностики.

Для досягнення високої точності побудови прогнозів динаміки епідемічних процесів доцільно використовувати методи машинного навчання. Для цього заплановано розробку та порівняльний аналіз низки методів машинного навчання для прогнозування часових рядів. Моделі епідемічних процесів, засновані на машинному навчанні, не дозволяють виявити фактори, що впливають на епідемічний процес, проте високоточні прогнози, отримані за допомогою таких моделей знадобляться на подальших етапах для оцінки адекватності мультиагентних моделей.

Для виявлення управляючих впливів на динаміку епідемічного процесу доцільно використовувати мультиагентний підхід. Але для врахування складного характеру популяції, детермінованості населення та стохастичного характеру розповсюдження інфекційної захворюваності необхідно розробити методи інтелектуальної взаємодії агентів, які є об'єктами мультиагентних систем. Для вирішення цієї проблеми планується використання теорії ігор, зокрема методів Байеса для частково спостережувальних систем, а також нечіткої логіки.

Наступним кроком буде розробка комплексної універсальної мультиагентної моделі епідемічного процесу. Розробка моделі окрім створення правил взаємодії агентів та розповсюдження епідемічного процесу включає в себе ще низку великих етапів:

- визначення коефіцієнту летальності від інфекційних хвороб (аналізується інформація Держстату України щодо загальної летальності, статистика в інших країнах, тощо);
- оцінка кількості безсимптомних інфікованих (аналізується кореляція тестувань та кількості хворих в Україні та в інших країнах, типи тестів та методів проведення тестування);
- розрахунок базового репродуктивного числа (порівнюються сценарії розвитку епідемій в різних країнах, визначаються зміни вірулентності та швидкість мутації збудника);
- розрахунок індексу одужання (визначається статистичними методами на основі статистики щодо захворюваності);
- розрахунок відсотку виявлення випадків (визначається шляхом порівняльного аналізу статистичних даних по захворюваності в Україні та інших країнах з урахуванням методів тестувань).

Налаштування, верифікація та перевірка розроблених мультиагентних моделей на адекватність буде здійснюватись на основі реальних статистичних даних по захворюваності в Україні. За допомогою розроблених моделей будуються прогнози захворюваності та проводяться експериментальні дослідження, що дозволять виявити фактори, які впливають на розвиток епідемічного процесу.

Використовуючи методологію IDEF планується функціональне моделювання системи підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки. Використовуючи мову UML розробляється специфікація інформаційної технології для підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки.

Для зручного використання інтелектуальної технології підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки планується її програмна реалізація у вигляді web-додатку. Для можливості використання користувачами, що не мають спеціальної математичної підготовки розробляється дружній інтерфейс та документація програмного продукту.

- Інформація про наявну матеріально-технічну базу, обладнання та устаткування, необхідні для виконання Проєкту (до 1 сторінки)

Організація-учасник конкурсу ХАІ має всю необхідну матеріально-технічну базу, обладнання та устаткування, необхідні для виконання проєкту, проте для досягнення результатів світового рівня вважаємо бажаним використання спеціального устаткування для паралельних та розподілених обчислень.

Основне призначення обчислювального кластера – виконання великого обсягу розрахунків, з яким не справляються сучасні персональні комп'ютери. За типом архітектури кластер відноситься до систем з розподіленою пам'яттю («пам'ять розподілена по вузлах»), при цьому кожен вузол кластера окремо являє собою систему із загальною (розділеною) пам'яттю.

- Очікувані результати виконання Проєкту (до 1 сторінки):

а) Опис наукової або науково-технічної продукції (за її наявності), яка буде створена в результаті виконання Проєкту (із зазначенням її очікуваних якісних та кількісних (технічних) характеристик).

В результаті виконання проєкту буде створена наступна наукова (пп. 1-7) та науково-технічна (пп. 8-12) продукція:

1. Моделі і методи машинного навчання для аналізу епідемічних процесів.
2. Мультиагентні моделі епідемічних процесів.
3. Методи інтелектуальної взаємодії агентів мультиагентних систем популяційної динаміки з епідемічним характером.
4. Моделі і методи прогнозування динаміки інфекційної захворюваності.
5. Банк моделей динаміки епідемічних процесів та методів епідеміологічної діагностики.
6. Методи оцінки інформативності факторів, що впливають на епідемічний процес.
7. Методи оцінки ефективності стратегій управління епідемічними процесами.
8. Інфраструктура та архітектура сховищ епідеміологічних даних.
9. Функціональна модель системи підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки.
10. Специфікація інтелектуальної інформаційної системи підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки.
11. Інтелектуальна інформаційна система підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки.
12. Документація інтелектуальної інформаційної системи підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки.

б) Обґрунтування переваг очікуваної наукової або науково-технічної продукції (за її наявності) у порівнянні з існуючими аналогами на підставі порівняльного аналізу.

Наукова та науково-технічна продукція, що буде створена за проєктом, це комплексна інтелектуальна система підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки, що, на відміну від існуючих, дозволить виявити фактори, які впливають на епідемічний процес, оперативно адаптуються до емерджентних захворювань та розповсюдження нових небезпечних патогенів. На відміну від існуючих, нові моделі епідемічних процесів та методи епідеміологічної діагностики дозволять розробити ефективні науково-обґрунтовані стратегії профілактики захворюваності та протидії епідемічній динаміці.

в) Обґрунтування практичної цінності запланованих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок).

Практична цінність результатів проєкту складається не тільки із соціальної та медичної складової, обумовленої зниженням епідемічної захворюваності, але й важливої економічної складової, обумовленої науковим обґрунтуванням протиепідемічних заходів, зокрема обмежувальних та ізоляційних, що дозволить значно зменшити економічні втрати в наслідок епідемій інфекційних хвороб.

- Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проекту в суспільній практиці (до 1 сторінки).

Подальше використання результатів виконання проекту в суспільній практиці можливо різними шляхами та способами:

1. Впровадження розробленої інтелектуальної інформаційної технології підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки на національному рівні

2. Впровадження розробленої інтелектуальної інформаційної технології підтримки прийняття рішень у сфері біобезпеки на регіональному або місцевому рівні

Результати виконання проекту можуть бути використані:

– для наукового обґрунтування комплексу профілактичних та протиепідемічних заходів щодо емерджентних та інших інфекцій з урахуванням поточної соціально-економічної, екологічної та епідеміологічної ситуації

– для створення національної системи епідеміологічного нагляду за емерджентними інфекційними хворобами, які створюють загрозу для біобезпеки населення;

– для підвищення ефективності управлінських рішень щодо запровадження профілактичних та протиепідемічних заходів;

– для забезпечення оперативності проведення превентивних заходів службами охорони здоров'я;

– для підвищення рівня біобезпеки населення та країни щодо епідемічної захворюваності;

– для зменшення економічних витрат на епідемічну захворюваність та її наслідки.

– для підвищення ефективності управлінських рішень щодо політики уряду у сфері забезпечення біобезпеки України

– як складова (або підсистема) системи біобезпеки України.

## **5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проекту, зокрема:**

### **5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проекту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)**

Проведено класифікацію та аналіз епідемічних загроз і проблем біобезпеки суспільства, здійснено інтелектуальний аналіз та препроцесінг релевантних даних, сформовані структури даних, розроблено інфраструктуру сховища даних, запроєктовано архітектуру інформаційної системи епідеміологічної діагностики.

Опубліковано статтю «The Concept of Developing a Decision Support System for the Epidemic Morbidity Control» у періодичному виданні «CEUR Workshop Proceedings» (Scopus, Web of Science, dblp). Підготовлено та подано оглядову статтю «Biosafety in a globalized world: challenges to the public health with a focus on the COVID-19 pandemic» в науковому журналі «Globalization and Health» в науковий журнал «Globalization and Health» (Scopus, Q1). Зроблено доповіді на конференціях 3rd International Conference “Informatics and Data-Driven Medicine (IDDM-2020)” (м. Vaxjo, Швеція), International Webinar: World-Wide Experience on COVID-19 (м. Yazd, Іран), Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Мечниковські читання - 2020» (Харків, Україна), III Міжнародній науково-практичній конференції ІТ-професіоналів та аналітиків комп'ютерних систем «ProfIT Conference» (м. Харків, Україна), Young Scientists School 3.0 (м. Полтава, Україна). Підготовлено два розділи монографії: «Класифікація епідемічних загроз і проблем біобезпеки» та «Детерміновані моделі та методи прогнозування епідемічних процесів».

Показано необхідність постійного розвитку системи біологічної безпеки населення в сучасних умовах. Для ефективної боротьби з новими та існуючими актуальними інфекціями надзвичайно важливим є міждисциплінарний підхід для розв'язання проблеми і створення умов для прийняття раціональних та ефективних управлінських рішень урядом та органами охорони здоров'я в тісній співпраці.

Проведена класифікація епідемічних загроз дозволила обґрунтовано обрати низку захворювань, що є проблемами біобезпеки в Україні для подальшого дослідження. Зокрема:

COVID-19 (група інфекцій з аерозольним механізмом передачі, що не контролюються засобами імунопрофілактики, зооантропонози), грип та ГРВІ (група інфекцій з аерозольним механізмом передачі, що не контролюються засобами імунопрофілактики, антропонози), кір (група інфекцій з аерозольним механізмом передачі, що контролюються засобами імунопрофілактики), гастроентероколіти, зокрема сальмонельози (група інфекцій з фекально-оральним механізмом передачі), Лайм-бореліоз (група інфекцій з трансмісивним механізмом передачі), ВІЛ/СНІД (група інфекцій з контактним механізмом передачі). Такий вибір охоплює інфекційні захворювання всіх типів, що дозволить легко адаптувати розроблені моделі динаміки епідемічних процесів та методи епідеміологічної діагностики для інших захворювань, та адаптувати і масштабувати їх на нові території. Висвітлено можливість появи принципово нових загроз, що пов'язані з передовими біотехнологіями (геномними, післягеномними).

Показано, що епідеміологічна діагностика пов'язана з багатьма труднощами під час прийняття рішень лікарями-епідеміологами та спеціалістами з громадського здоров'я. Представлені основні фактори, що визначають необхідність підтримки прийняття рішень у епідеміологічній діагностиці, що в свою чергу накладає додаткові умови на розробку інтелектуальної інформаційної системи. Встановлено, що інтелектуальна інформаційна система епідеміологічної діагностики має містити у своєму складі модуль з рекомендаціями для осіб, що приймають рішення, заснований на інтелектуальному аналізі даних. Проведено аналіз особливостей сучасних інтелектуальних інформаційних систем та виявлені характеристики, які мають бути в них.

На основі проведеного аналізу розроблено концепцію інтелектуальної інформаційної системи епідеміологічної діагностики та встановлено які саме рішення зможе приймати особа, що приймає рішення за допомогою інтелектуальної інформаційної системи та яку інформацію буде отримувати. Визначено та формалізовано етапи обробки даних для інтелектуальної інформаційної системи епідеміологічної діагностики, а також представлено відповідні моделі та методи для кожного етапу. Розроблено системну модель інформаційно-аналітичного забезпечення процесу прийняття рішень у епідеміологічній діагностиці.

Запроектована архітектура інформаційної системи епідеміологічної діагностики, представлено компоненти архітектури. Пропонується використання архітектури системи обробки великих обсягів даних, яка дозволяє приймати, обробляти і аналізувати дані, що є занадто об'ємними або занадто складними для традиційних систем баз даних. Представлено діаграму взаємодії логічних компонентів інтелектуальної інформаційної системи епідеміологічної діагностики.

## **5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами**

Перевагою створеної інфраструктури та архітектури сховищ епідеміологічних даних є можливість зберігання даних про епідемічну захворюваність різних інфекційних хвороб, дані про які реєструються у різний спосіб.

## **5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проекту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)**

Практична цінність результатів, отриманих у етапі 1 полягає у можливості ефективно вирішити завдання, що поставлені у наступних етапах, що складаються не тільки із соціальної та медичної складової, обумовленої зниженням епідемічної захворюваності, але й важливої економічної складової, обумовленої науковим обґрунтуванням протиепідемічних заходів, зокрема обмежувальних та ізоляційних, що дозволить значно зменшити економічні втрати в наслідок епідемії інфекційних хвороб.

Показана необхідність прийняття управлінських рішень урядом та органами охорони здоров'я в тісній співпраці сприятиме мінімізації ризиків виникнення біологічних загроз,



підвищенню ефективності протиепідемічного захисту населення і забезпеченню біобезпеки країни.

#### **5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.**

Вирішенні у етапі 1 завдання дозволяють перейти до ефективного вирішення задач, поставлених у наступних етапах проєкту, зокрема, до розробки моделей і методів машинного навчання для аналізу епідемічних процесів, мультиагентних моделей епідемічних процесів, моделей і методів прогнозування динаміки інфекційної захворюваності, створення банку моделей динаміки епідемічних процесів та методів епідеміологічної діагностики, тощо.

Розробка та впровадження в Міністерство охорони здоров'я, Центри громадського здоров'я, регіональні лабораторні центри нових методологічних підходів на підставі інтелектуальної моделі, створення якої розпочато, дозволить виявити якісні і кількісні особливості епідемічних процесів актуальних інфекцій, характерні для конкретних умов території та часу, та розробити ефективні та раціональні профілактичні та/або протиепідемічні заходи, спрямовані на усунення біологічних загроз та забезпечення біологічної безпеки населення.

Своєчасна та відповідна оцінка ризиків біологічних загроз дасть можливість здійснення та впровадження відповідних механізмів та заходів для попередження та правильного реагування на можливі загрози біобезпеці країни.

Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування

#### **Науковий керівник Проєкту**

Професор кафедри математичного моделювання  
та штучного інтелекту  
Національного аерокосмічного університету  
ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
Яковлев Сергій Всеволодович

\_\_\_\_\_  
(підпис)