

Проведене моделювання демонструє практичну корисність розробленого інструменту для дослідження систем акустичної локації. Модель дає змогу оцінювати вплив ключових параметрів системи на точність і ефективність локалізації, що є важливим для проєктування та оптимізації реальних систем. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення типів модельованих засобів протидії, вдосконалення алгоритмів обробки сигналів та врахування впливу факторів навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Сокольський С. О., Мовчанюк А. В. Електроакустичний тракт детектора для виявлення малих безпілотних літальних апаратів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2023. № 2. С. 135–144. URL: <https://surl.li/uhgwbf> (дата звернення: 16.05.2025).
2. Сокольський С. О., Мовчанюк А. В. Огляд методів виявлення та локалізації малих безпілотних літальних апаратів. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування*. 2021. № 87. С. 46–55. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/f49e2926-8e83-4fb7-80b2-21841787c88c/content> (дата звернення: 16.05.2025).
3. Comparison of acoustic localisation techniques for drone position estimation using real-world experimental data / A. Altena, S. Luesutthiviboon, G. de Croon, M. Snellen, M. Voskuil. *Proceedings of the 29th International Congress on Sound and Vibration (ICSV 2023)*. Crete, Greece, 9–13 July 2023.
4. Sound source localization for unmanned aerial vehicles in low signal-to-noise ratio environments / S. Wu, Y. Zheng, K. Ye, H. Cao, X. Zhang, H. Sun. *Remote Sens*. 2024. Vol. 16, № 11. P. 1847.

УДК 004.94:[617.5:355.1-056.266

*Левченко М. Р., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ ПОРАНЕНИХ У ПОЛЬОВИЙ ГОСПІТАЛЬ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах ведення бойових дій організація медичної допомоги є критично важливим складником збереження життів. Польові госпіталі, як елемент мобільної медичної інфраструктури, відіграють ключову роль у наданні допомоги пораненим. Їх робота відбувається в умовах обмежених ресурсів, підвищеного навантаження та постійного ризику. Саме тому моделювання таких систем дає змогу виявити «вузькі місця», оптимізувати розподіл медперсоналу та зменшити час очікування лікування. Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю прийняття ефективних рішень на основі об'єктивного аналізу, який можна отримати через комп'ютерне моделювання [1].

У цій роботі було створено імітаційну модель потоку поранених у польовий госпіталь з використанням засобів Python, зокрема бібліотек `simpy`, `matplotlib` та `streamlit`. В основу моделі покладено дискретно-подійну логіку: кожен пацієнт прибуває з випадковою затримкою, має певний ступінь тяжкості (легкий, серед-

ній, важкий) і потребує медичної допомоги. Для реалізації інтерфейсу було використано платформу Streamlit, яка дає змогу користувачу запускати симуляцію з різними параметрами через зручний вебінтерфейс [2; 3].

Основна логіка моделі реалізована у вигляді Python-скрипта. Створене інтерактивне середовище, де користувач задає кількість медиків, середній інтервал прибуття поранених і тривалість симуляції. Після натискання кнопки запускається симуляція, яка створює пацієнтів за розподілом ймовірностей. Важливим елементом є використання PreemptiveResource, що дає змогу моделювати пріоритети: важкі поранені можуть перервати лікування пацієнтів з меншою тяжкістю. Нижче наведено фрагмент коду, який відповідає за створення пацієнта, визначення його тяжкості та взаємодію з ресурсом (медичним персоналом):

```
def patient(env, name, hospital, stats, timeline):
    arrival_time = env.now
    severity = choose_severity()
    priority = {'важкий': 0, 'середній': 1, 'легкий': 2}[severity]

    with hospital.request(priority=priority, preempt=True) as req:
        yield req
        wait_time = env.now - arrival_time
        service_time = SERVICE_TIMES[severity]
        start_time = env.now

        try:
            yield env.timeout(service_time)
            end_time = env.now
            stats['wait_times'].append(wait_time)
            stats['service_times'].append(service_time)
            timeline.append((name, start_time, end_time, severity))
        except simpy.Interrupt:
            pass
```

Функція choose_severity() визначає тип травми пацієнта зі ймовірнісного розподілу:

```
def choose_severity():
    r = random.random()
    cumulative = 0
    for severity, prob in SEVERITY_DISTRIBUTION:
        cumulative += prob
        if r < cumulative:
            return severity
```

Далі модель візуалізує результати у вигляді горизонтальної діаграми Ганта. Пацієнти, які пройшли лікування, відображаються смужками різного кольору: зелений для легких, жовтий для середніх і червоний для важких. Це дає змогу наочно оцінити, які категорії пацієнтів накопичуються, як працює черга, скільки часу триває обслуговування [2].

```
for i, (name, start, end, severity) in enumerate(timeline):
    ax.barh(i, end - start, left=start, color=colors[severity])
    y_labels.append(name)
    y_ticks.append(i)
```

Результатом симуляції є таймлайн (Gantt-діаграма), що показує, як відбувалося лікування кожного пацієнта в часі. Колірні позначення відповідають типу травми: зелений для легких, жовтий для середніх і червоний для важких. Окрім візуалізації, користувач отримує розрахунок середнього часу очікування та лікування, що дає змогу оцінити ефективність системи за різних параметрів [4].

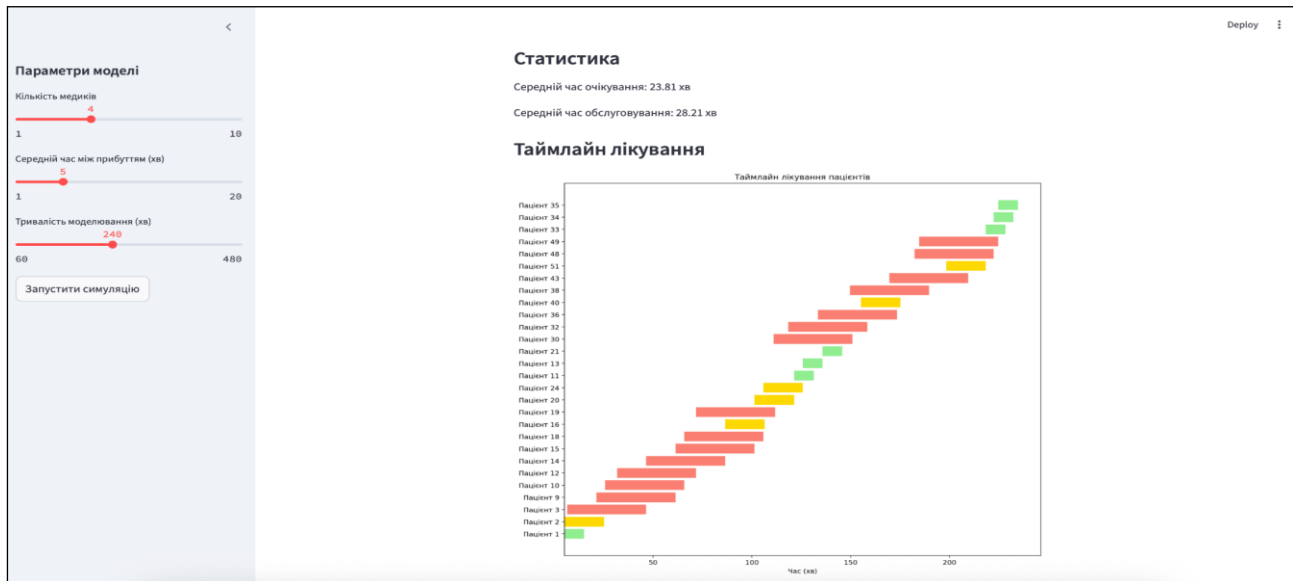


Рис. 1. Результат виконання програми

Наприклад, під час симуляції на 240 хвилин із трьома медиками та середнім інтервалом надходження поранених у 5 хвилин система обробила кілька десятків пацієнтів. Виявилось, що у разі зростання кількості важких випадків черги починають накопичуватись, а середній час очікування зростає. Це вказує на те, що у кризових ситуаціях варто збільшувати кількість медперсоналу або оптимізувати сортування поранених.

Отже, розроблена модель дає змогу гнучко й наочно аналізувати роботу польового госпіталю в умовах бойових дій. Завдяки інтерактивному інтерфейсу користувач має змогу досліджувати різні сценарії та оперативно реагувати на зміни. Такий підхід може бути використаний не лише для навчання, а й для прийняття рішень у реальних умовах обмежених ресурсів.

Список використаних джерел

1. Law A. M., Kelton W. D. Simulation Modeling and Analysis. 2007, McGraw-Hill Education.
2. Matloff N. Introduction to Discrete-Event Simulation and the SimPy Language. 2008.
3. Офіційна документація SimPy. URL: <https://simpy.readthedocs.io/>
4. Streamlit Docs. URL: <https://docs.streamlit.io/>