

УДК 004:4'2

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.2>

РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗТАШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІКАРНЯНОГО ФОНДУ

Гетьман І.А. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій
Донбаської державної машинобудівної академії
ORCID ID: 0000-0003-1835-4256
SCOPUS ID: 57208886868

Держевецька М.А. – кандидат економічних наук,
викладач кафедри медичної фізики та інформаційних технологій
Донецького національного медичного університету
ORCID ID: 0000-0002-9952-4992
SCOPUS ID: 57217993363

Несен Є.М. – магістр
Донбаської державної машинобудівної академії
ORCID ID: 0000-0003-3266-4496

У статті розкрито особливості розробки проєкту програмного комплексу для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду за допомогою математичних методів, що дозволяє своєчасно попередити користувача про можливість оптимізації схеми лікарняної палати, спостерігати за станом завантаженості лікарні загалом, надавати рекомендації у вигляді запропонованих варіантів розміщення елементів лікарняного фонду, виконувати аналіз показників. Програмний комплекс має функцію оповіщення користувача, що спрацьовує, коли схема потребує змін і додаток передає право на надання рекомендацій щодо розташування. Реалізовано спостереження лікарем за управлінням розміщення хворого відповідно до шаблону «Спостерігач» мовою програмування PHP. Також створено резервування за шаблоном «Будівник» мовою програмування PHP, що дозволило покращити ефективність роботи програми, її підтримку та перенесення програми на іншу платформу. В роботі були використані математичні методи для прогнозування оптимального розміщення елементів лікарняного фонду, що дає змогу одержувати прогнзовані схеми можливого розміщення елементів у палаті, отримувати рекомендації щодо покращення розташування. За допомогою математичних методів із оптимізації геометричних елементів можна розробляти та впроваджувати складні медичні процеси з використанням такого програмного забезпечення, як «AssemblyScript» (WebAssembly). Широкий функціонал бібліотеки дає можливість створити математичну модель будь-якої складності. Програмний комплекс можна використовувати не лише як помічника лікаря, а й як адміністратора та його заміну. В разі заміни існує ризик, що система може дати збій у прогнозуванні або неправильну рекомендаційну схему з невеликою часткою ймовірності. Тому вона має бути доведена до найбільш можливої точності для подальшого розгляду в якості заміни адміністратора лікарняної установи та частково лікаря.

Ключові слова: розташування, оптимізація, математичний метод, локальний оптимум, дискретно-логістична модель, оптимальне розміщення, прогнозування.

Getman I.A., Derzhevetska M.A., Nesen Ye.M. Development of the software complex project to optimize the location of the elements of the hospital fund

The project of the software complex was developed to optimize the location of the elements of the hospital fund with the help of mathematical methods, which allows to warn the user promptly about the possibility of optimizing the hospital ward scheme, observe the state of the hospital workload in general, provide recommendations in the form of proposed options for placing elements of the hospital fund, perform analysis of indicators. The software complex has the function of alerting the user when the scheme needs changes and the application transfers the right

to provide location recommendations. The doctor's supervision of the placement of the patient on the "Observer" template in the PHP programming language is implemented. The creation of a backup on the "Builder" template in the PHP programming language was implemented, which allowed to improve the efficiency of the program, improve the support of the program, and transfer the program to another platform. In this paper, mathematical methods were used to predict the optimal placement of elements of the hospital fund, which makes it possible to receive predicted schemes of the possible placement of elements in the chamber, to receive recommendations for improving the location. Using mathematical methods to optimize geometric elements, it is possible to develop and implement complex medical processes using software such as "AssemblyScript" (WebAssembly). The wide functionality of the library makes it possible to create a mathematical model of any complexity. The software and methodological complex can be used as a doctor's assistant, as well as an administrator and its replacement. As a replacement, there is a risk that the system may fail in forecasting or an incorrect recommendation scheme with little probability. The system should be brought to the most possible accuracy for further consideration as a replacement for the administrator of the hospital institution and a small part of the doctor.

Key words: location, optimization, mathematical method, local optimum, discrete-logistics model, optimal location, forecasting.

Розміщення медичних ліжок, медичного обладнання та інших елементів лікарняного фонду є дуже важливим під час лікування пацієнтів та в разі виникнення надзвичайних ситуацій у відділеннях лікарні. Оптимальне розташування таких елементів дозволить швидко реагувати на погіршення стану пацієнта та оперативно перевезти його до місця надання екстреної допомоги (операційного блоку, реанімації тощо) або, навпаки, дасть змогу вчасно доставити необхідне обладнання до пацієнта. Найбільш актуальним це стало за епідемічної ситуації, пов'язаної з COVID-19. За останні п'ять років захворюваність у світі зросла в декілька разів. Людина тривалий час страждає від різних захворювань, а зараз, у час пандемії, поширена ситуація, коли хворий потрапляє в лікарню та через неправильне розміщення дістає нову хворобу від іншого пацієнта, що може загрожувати його життю. Тому запропонована модель може бути корисною для оптимізації використання лікарняного фонду в медичній установі.

Проблема, для вирішення якої розробляється проєкт, полягає в тому, що лікарні наразі розміщують чималу кількість пацієнтів, але при цьому не орієнтуються на оптимізацію палат та на хвороби, які зосереджені у різних палатах і відділеннях. Актуальним є те, що сучасні аналоги не мають функціоналу щодо надання рекомендацій із розміщення місць, лікарняного фонду та не мають можливості відстежувати наповненість лікарень в реальному часі. Метою роботи є оптимізація використання лікарняного фонду в медичній установі за різних епідемічних обставин та для різних відділень.

Аналіз літератури показав наявність взаємозв'язку між розміщенням та експлуатацією обладнання в медичній установі. Відповідно до цього було проведено низку досліджень у галузі прогнозування розташування місць та елементів лікарняного фонду з метою одержання користі від моделей підтримки прийняття рішень і розумних методів прогнозування [1; 2].

В результаті аналізу сфери прогнозування оптимального розміщення виокремлено основні фактори: кількість елементів лікарняного фонду, кількість елементів на схемі з мінімумом точок перетину, спосіб життя, фактори навколишнього середовища, тип захворювання. Визначено наявні методи прогнозування оптимального розміщення елементів лікарняного фонду, зокрема: метод нерегулярного та почергового розміщення плоских геометричних об'єктів; пошук глобальних екстремумів, локального оптимуму академіка Ю.Г. Стояна, методи на основі комбінаторної оптимізації під час навчання та здійснення тестових прогнозів

системи. Обрано основний функціонал у розглянутих додатках [3]. Реалізовано гібридну модель в парі з дискретно-логістичною моделлю, яка дозволила досягти найвищої точності прогнозування оптимального розміщення елементів на схемі з мінімумом точок перетину завдяки методу пошуку локального оптимуму.

Розроблена модель бізнес-процесу використання проєкту оптимізації елементів лікарняного фонду медичної установи виглядає таким чином. Під час запуску програми користувач повинен авторизуватися, якщо користувач ще не має акаунта в системі, він повинен пройти процес реєстрації. Авторизований користувач може виконувати такі дії: створювати медичні палати, схеми для них із зазначенням різноманітних елементів (у разі, якщо користувач має права адміністратора); надавати підказки щодо оптимізації розміщення обладнання та місць; прогнозувати наповненість місць у палатах на підставі динаміки резервування місць (періодична фіксація динаміки наповненості палат у програмному медичному комплексі (далі – ПМК)); резервувати місця та вносити дані про пацієнта; складати схеми і списки резервувань, формувати їх у PDF; висувати необхідні вимоги до елементів лікарняного фонду для розміщення в розподілених приміщеннях; проводити розрахунки для розміщення елементів лікарняного фонду у розподілених приміщеннях; аналізувати оптимальність розташування.

На підставі цих вимог та аналізу предметної ділянки «Розташування елементів лікарняного фонду» була розроблена діаграма діяльності програмного комплексу (далі – ПК) (див. рис. 1). Вхідними параметрами стали показники елементів схеми, які будуть оброблятися. Приховані дані: функція цих даних визначається введеними показниками, вагою та співвідношенням між ними і прихованими елементами. Ваги між вхідними та прихованими одиницями показують, коли прихований блок буде активовано. За розрахунок ваг відповідає логістична регресія [4]. Вихідний рівень: функція блоку виходу, залежно від активності та ваги прихованого блоку, і з'єднання між прихованими одиницями та виходом, що є нашим прогнозом для оптимізації схеми палати, тобто розташування елементів лікарняного фонду в медичній установі. Для того щоб отримати прогноз оптимізації (рекомендації щодо покращення розміщення, варіант запропонованої схеми), необхідно ввести показники на схемі та розмістити бажані елементи (розмір, стіни, апарати, місця).

Після того як показники були введені, відбувається їх аналіз, якщо аналіз показників не був виконаний, то він відбувається знову. Якщо показники були проаналізовані відповідним чином, формується прогноз оптимізації схеми за допомогою математичних моделей і методів, якщо є помилки, то формування прогнозу відбувається знову. Коли прогноз було сформовано, формуються рекомендації щодо покращення схеми, звіт тощо. Далі відбувається отримання прогнозу показників, які описують всі необхідні рекомендації. Для відображення того, що робить система, була побудована діаграма діяльності, яка зображена на рис. 2.

Також розроблена логічна модель програмного комплексу використання математичних моделей і методів для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду. Діаграма діяльності – в UML, візуальне представлення графу діяльностей. Граф діяльностей є різновидом графу станів скінченного автомата, вершинами якого є певні дії, а переходи відбуваються після завершення дій [5]. Спеціаліст із проведення дослідження оптимального розміщення елементів лікарняного фонду медичної установи повинен: а) створювати палату, враховуючи такі параметри: геометрію приміщення; тип медичної установи; тип приміщення; перелік обладнання, рекомендованого та необхідного у приміщенні; санітарні норми й епідемічну ситуацію; б) рекомендувати найбільш оптимальне розташування (навіть

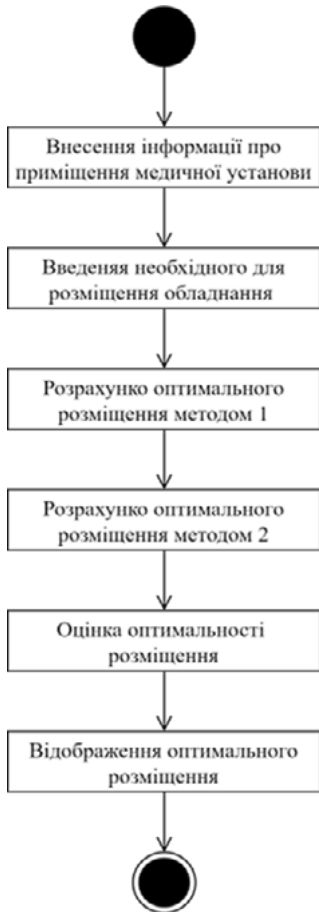


Рис. 1. Діаграма діяльності для процесу оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи (Створювач палат)

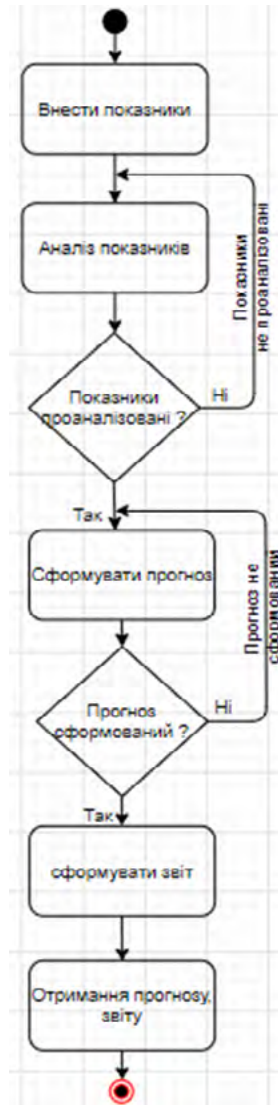


Рис. 2. Діаграма діяльності використання математичних моделей і методів для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду

розроблене іншим методом); в) висувати необхідні вимоги до елементів лікарняного фонду для розміщення в розподілених приміщеннях; г) проводити розрахунки для розміщення елементів лікарняного фонду у розподілених приміщеннях; г) аналізувати оптимальність розташування. На підставі цих вимог та аналізу предметної ділянки «Розташування елементів лікарняного фонду» була розроблена діаграма діяльності для процесу оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи (рис. 3).

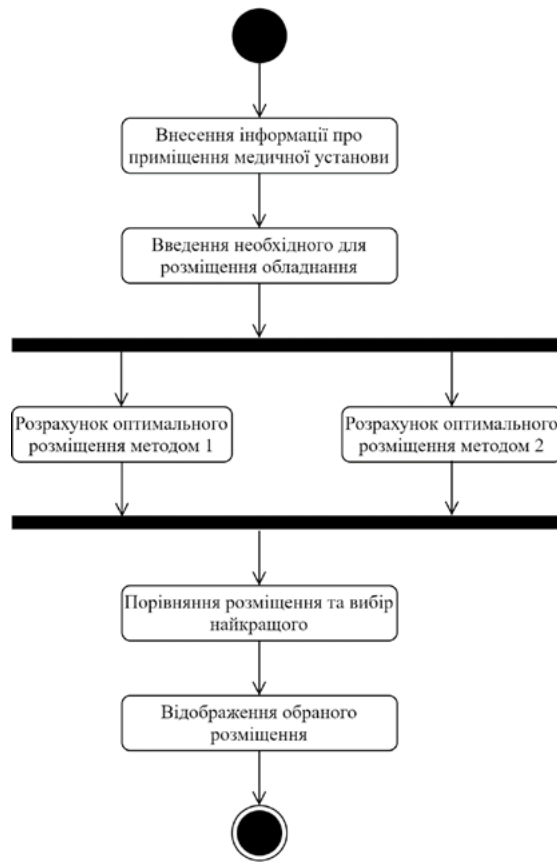


Рис. 3. Діаграма діяльності для процесу оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи (Створювач палат)

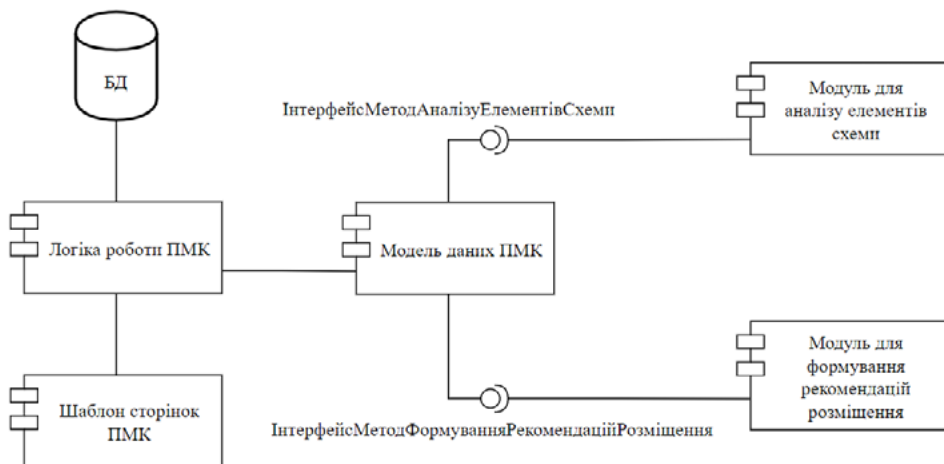


Рис. 4. Діаграма компонентів програмного комплексу для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду

Було розроблено діаграму компонентів, яка відображає фізичну модель системи (рис. 4).

У табл. 1 наведено опис компонентів та їхнє функціональне призначення.

Таблиця 1

Компоненти програмного комплексу для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду

Назва компонента	Функції компонента
Логіка роботи ПМК	Модуль, який відповідає за логіку роботи з елементами інтерфейсу ПМК для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду, відповідає за відображення сторінок сайту, взаємодію з БД і моделлю даних
Шаблони сторінок ПМК	Модуль, який зберігає шаблони для всіх сторінок сайту ПМК для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду
База даних (БД)	База даних сайту ПМК для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду
Модель даних ПМК	Модуль, який зберігає класи для зберігання даних
Модуль для аналізу елементів схеми	Модуль, який реалізує алгоритми для аналізу елементів схеми
Модуль для формування рекомендацій із розміщення	Модуль, який реалізує алгоритми для формування рекомендацій із розміщення

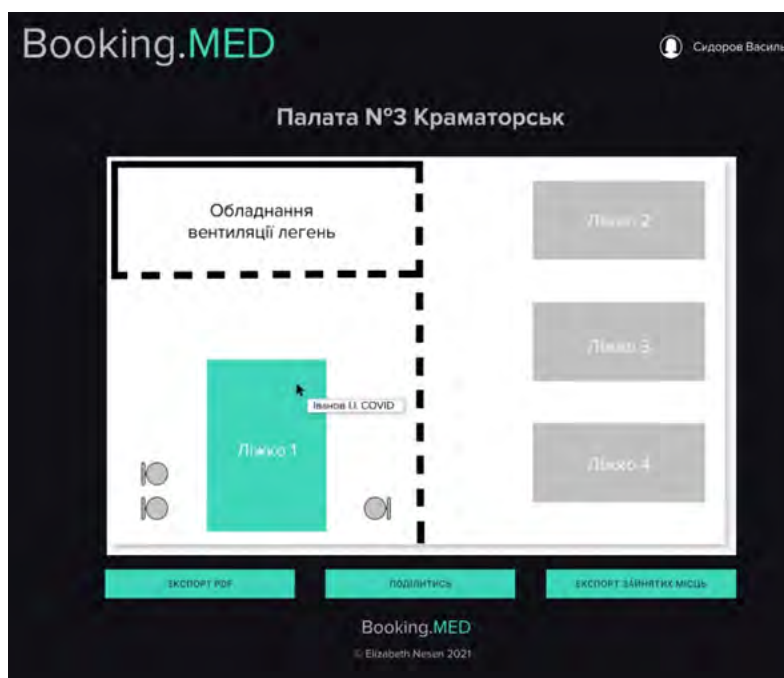


Рис. 5. Сторінка резервування місць

Програмне забезпечення ведення бази даних та реалізації алгоритмів обробки даних утворює систему оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи. Реєстрація в системі оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи відбувається за допомогою сервісу Google.

На рис. 5 наведена одна з реалізованих функцій комплексу – сторінка резервування місць. Тут користувач має змогу переглянути схему палати, назву, місто, адресу, ім'я власників заброньованих місць та діагноз, зробити резервування або відредагувати вже наявне власне резервування. Якщо цю сторінку переглядає власник заходу, він також бачить кнопки редагування всіх резервувань, експорту у вигляді PDF схеми палати або списку зайнятих місць.

Висновки. У роботі були використані математичні методи для прогнозування оптимального розміщення елементів лікарняного фонду, що дає змогу отримувати прогнозовані схеми можливого розміщення елементів у палаті, рекомендації щодо покращення розташування. За допомогою математичних методів із оптимізації геометричних елементів можна розробляти та впроваджувати складні медичні процеси з використанням такого програмного забезпечення, як «AssemblyScript» (WebAssembly), що дозволяє досить швидко та легко створити геометричну структуру схеми, навчити її знаходити об'єкти та впроваджувати в будь-який проєкт. Широкий функціонал бібліотеки дає можливість створити математичну модель будь-якої складності.

Розроблений проєкт програмного комплексу можна використовувати не лише як помічника лікаря, а й як адміністратора та його заміну. В разі заміни існує ризик, що система може дати збій у прогнозуванні або неправильну рекомендаційну схему з невеликою часткою ймовірності. Тому вона має бути доведена до найбільш можливої точності для подальшого розгляду в якості заміни адміністратора лікарняної установи та частково лікаря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стоян Ю.Г., Новожилова М.В., Карташов А.В. Математическая модель и оптимизация линейных $E_k(R^2)$ задач размещения: препринт / АН УССР. Институт проблем машиностроения: № 353. Харьков, 1991. 44 с.
2. Daniels K., Milenkovic V. Multiple translational containment, part I: an approximation algorithm: *Algorithmica special issue on Computational geometry in manufacturing*, 1994. 46 p.
3. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования : Київ : Наукова думка, 1986. 268 с.
4. Rumbaugh J., Jacobson I., Booch Gr. The unified modeling language reference manual. Addison Wesley Longman Inc., 1999.
5. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development. Москва : Вильямс, 2006. 736 с.
6. Васильева Л.В., Гетьман І.А. Використання комп'ютерних технологій для розв'язання оптимізаційних завдань в економіці : навчальний посібник. Краматорськ : ДДМА, 2011. 200 с.
7. Несен Є.М., Гетьман І.А. Дослідження методів оптимізації під час проектування ПМК «Використання лікарняного фонду в медичній установі». *Інформаційні технології й автоматизація-2021* : матер. XIV міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 21–22 жовтня 2021 р. Одеса, 2021. С. 236–238.
8. Васильева Л.В., Гетьман І.А. Автоматизовані системи наукових досліджень : посібник для студентів вищих навчальних закладів спеціальності «Інформаційні технології проектування». Краматорськ : ДДМА, 2016. 114 с.

REFERENCES:

1. Stoyan Y.G., Novozhilova M.V., Kartashov A.V. (1991) Matematicheskaya model i optimizatsiya lineynykh Ek(R2) – zadach razmescheniya [Mathematical model and optimization of linear Ek (R2) – tasks of placing]. Harkov. (in Ukrainian)
 2. Daniels K., Milenkovic V. (1994) Multiple translational containment, part I: an approximation algorithm. Algorithmica special issue on Computational geometry in manufacturing.
 3. Stoyan Y.G., Yakovlev S.V. (1986) Matematicheskie modeli i optimizatsionnyie metodyi geometricheskogo proektirovaniya [Mathematical models and optimization methods of the geometrical planning]. Kyiv : Naukova dumka. (in Ukrainian)
 4. Rumbaugh J., Jacobson I., Booch Gr. (1999) The unified modeling language reference manual. Addison Wesley Longman Inc.
 5. Larman Kr. (2006) Primenenie UML 2.0 i shablonov [Applying UML and Patterns]: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development. Moscow : Williams. (in Russian)
 6. Vasileva L.V., Getman I.A. (2011) Viktoristannya kompyuternih tehnologiy dlya rozvyazannya optimizatsiynih zadach v ekonomitsi : navch. posibnik [The use of computer technologies is for the decision of optimization tasks in an economy]. Kramatorsk, DDMA. (in Ukrainian)
 7. Nesen E.M., Getman I.A. (2021) Doslidzhennya metodiv optimizatsty pri proektuvanni PMK “Vikorisannya likarnyanogo fondu v medichniy ustanovi” [Research of methods of optimization at planning of the CC “Use of hospital fund in medical establishment”]. *Proceedings of the Informacijni tekhnologhiji i avtomatyzacija-2021 : XIV mizhnarodna naukovo-praktychna konferencija* (Ukraine, Odessa, October 21–22, 2021). Odessa : ONACHT, pp. 236–238. (in Ukrainian)
 8. Getman I.A., Vasileva L.V. (2016) Avtomatizovani sistemi naukovih doslidzhen: posibnik dlya studentiv vischih navchalnih zakladiv spetsialnosti “Informatsiyni tehnologiyi proektuvannya” [Automated research systems: a guide for students of higher education institutions majoring in “Information Technology Design”]. Kramatorsk : DDMA. (in Ukrainian)
-