

Технічні науки

УДК 004.02 + 616.1

Дидик Анастасія Петрівна

студентка

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дыдык Анастасия Петровна

студентка

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Dydyk Anastasiia

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Науковий керівник:

Носовець Олена Костянтинівна

кандидат технічних наук,

доцент кафедри біомедичної інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**СИСТЕМА АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ПІСЛЯ КОНСЕРВАТИВНОГО
ЛІКУВАННЯ У ПІЗНЬОМУ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ
СИСТЕМА АНАЛИЗА РИСКОВ ПОСЛЕ КОНСЕРВАТИВНОГО
ЛЕЧЕНИЯ В ПОЗДНЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ
SYSTEM OF RISK ANALYSIS AFTER CONSERVATIVE
TREATMENT IN LATE POSTOPERATIVE PERIOD**

Анотація. Дана стаття розглядає розробку програмного забезпечення для підбору оптимальної методики консервативного лікування, щоб запобігти виникненню ускладнень у віддаленому післяопераційному періоді. Був розроблений інтерфейс для користування медперсоналом та відображення результатів знаходження вірогідного лікування. Знаходження лікування відбувається за допомогою алгоритму, який поєднує у собі метод групового урахування аргументів, метод аналізу ієрархій та генетичний алгоритм.

Ключові слова: вроджені вади серця з єдиним шлуночком, програмне забезпечення, користувацький інтерфейс, метод групового урахування аргументів, метод аналізу ієрархій, генетичні алгоритми.

Аннотация. Данная статья рассматривает разработку программного обеспечения для подбора оптимальной методики консервативного лечения, чтобы предотвратить возникновение осложнений в отдаленном послеоперационном периоде. Был разработан интерфейс для использования медперсоналом и отображения результатов нахождения возможного лечения. Нахождение лечения происходит с помощью алгоритма, который сочетает в себе метод группового учета аргументов, метод анализа иерархий и генетический алгоритм.

Ключевые слова: врожденные пороки сердца с единственным желудочком, программное обеспечение, пользовательский интерфейс, метод группового учёта аргументов, метод анализу иерархий, генетические алгоритмы.

Summary. This article examines the development of software for selecting the best method of conservative treatment to prevent complications in remote postoperative period. An interface was developed for the use of medical staff and displaying the results of finding probable treatment. Finding treatment is by

means of an algorithm that combines group method of data handling, analytic hierarchy process and genetic algorithm.

Key words: *congenital heart defects with a single ventricle, software, user interface, group method of data handling, analytic hierarchy process, genetic algorithms.*

Постановка проблеми. Останнім часом з’явилася необхідність в створенні програмного забезпечення, яке може підбирати оптимальні методи консервативного лікування вроджених вад серця з єдиним шлуночком, щоб запобігти ускладнень та зменшити ймовірність впливу суб’єктивного фактору в процесі лікування. Таке програмне забезпечення повинне володіти зручним інтерфейсом для користування медперсоналом, а також вміщати в собі алгоритм знаходження вірогідного лікування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Програмування на *Java* описали В. Романчик і І. Блінов [5], на *Python* – Р. Кеннет і Т. Шлюссер [4]. Правильне створення користувацького інтерфейсу на *JavaFX* описане в роботі Л. ПремКумар і П. Мохан [1]. В роботі Томаса Л. Сааті [2] розглядався метод аналізу ієрархій. Генетичному алгоритму приділили увагу Л. Гладков, В. Курейчик і В. Курейчик [3].

Мета дослідження: розробити програмне забезпечення знаходження оптимальної методики консервативного лікування вроджених вад серця для зменшення ускладнень у віддаленому післяопераційному періоді.

Характеристика клінічного матеріалу. Для розробки програмного забезпечення було проаналізовано клінічні дані 128 пацієнтів з вродженими вадами серця. Використані клініко-морфологічні характеристики хворих, дані лабораторних та інструментальних досліджень, характеристики операційного та післяопераційного етапів. Всього проаналізовано 313 змінних, з яких відібрано значимі для поставленої мети дослідження: 9 змінних вхідних даних, 9 змінних управління та 9 змінних вихідних даних.

Під вхідними даними мається на увазі ускладнення пацієнта в ранньому післяопераційному періоді, які були взяті під час обстеження після хірургічного лікування, під змінними управління – ліки, які давали пацієнтам, під вихідними даними – ускладнення у віддаленому періоді.

Виклад основного матеріалу. Інтерфейс програмного забезпечення був реалізований за допомогою мови програмування *Java* [5] версії 9.0.4 та платформи для створення користувацького інтерфейсу *JavaFX* [1] на базі середовища розробки *IntelliJ IDEA Community Edition 2017.3.3*. В програмі реалізований наступний функціонал:

1. Авторизація користувача.

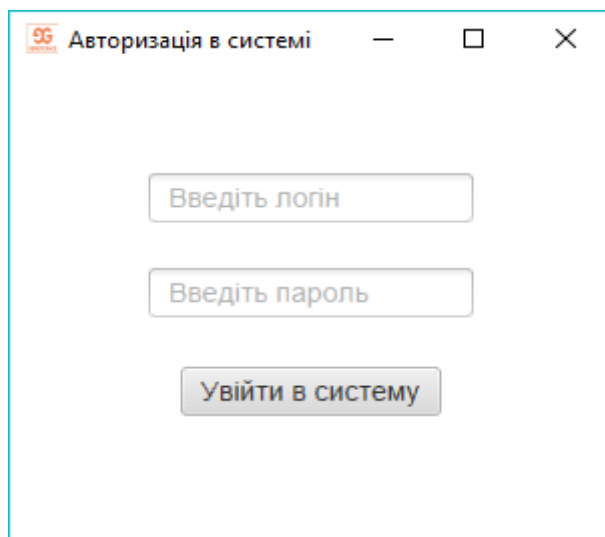


Рис. 1. Вікно авторизації

Увійти в систему можуть 2 типи користувачів: адміністратори та лікарі (тобто звичайні користувачі). Для кожного користувача доступний функціонал відрізняється.

2. Головне меню.

Для адміністратора воно виглядає наступним чином:

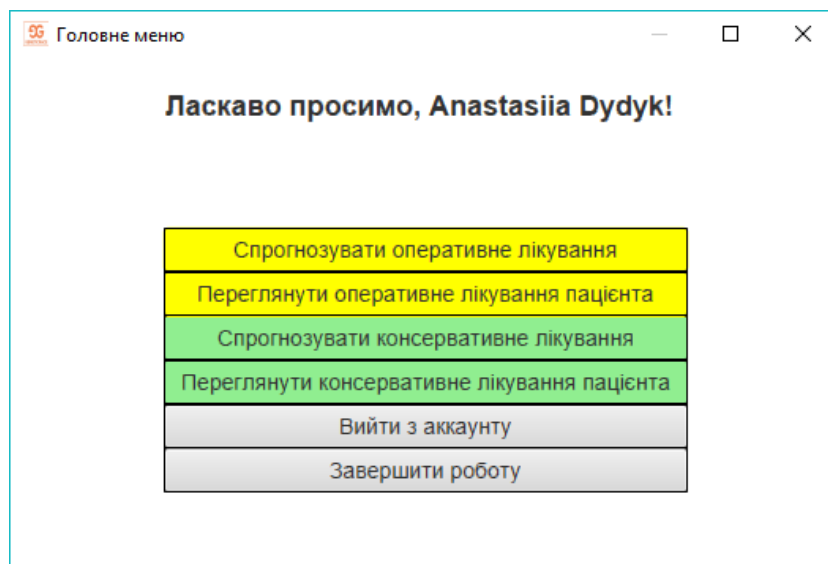


Рис. 2. Головне меню адміністратора

Йому доступні такі функції як прогнозування консервативного лікування для пацієнта, перегляд лікування, яке обрали для пацієнта, та завершення роботи програми.

В той же час для лікаря доступні ще 2 функції, а саме додавання нового пацієнта в базу даних, та додавання стану пацієнта після оперативного лікування.



Рис. 3. Головне меню лікаря

3. Додавання нового пацієнта.

Перед лікарем, який обрав дану функцію, відкривається вікно анкети нового пацієнта (рис. 4). В анкеті можна указати паспортні дані пацієнта, його показники, які були взяті до оперативного лікування, а також вказати прізвище другого лікаря, якщо такий є. Після заповнення усіх полів, пацієнт додається в базу даних, яка була реалізована використовуючи систему управління базами даних *SQLite* версії 3.

The image shows a screenshot of a web application window titled "Анкета" (Survey). The window contains a form with the following fields and controls:

- Прізвище (Surname): Text input field.
- Ім'я (Name): Text input field.
- По-батькові (Patronymic): Text input field.
- Стать (Sex): Dropdown menu with "Чоловіча" (Male) selected.
- Дата народження (Date of birth): Text input field.
- Прізвище другого лікаря (Surname of the second doctor): Text input field.
- Діаметр лівої легеневої артерії (Diameter of the left pulmonary artery): Text input field.
- Індекс Наката (Nakata index): Text input field.
- КДТ в загальному шлуночку (CCT in the ventricle): Text input field.
- Тиск в легеневій артерії (Pressure in the pulmonary artery): Text input field.
- КДІ (CCT): Text input field.
- Опір легеневих судин (Pulmonary vascular resistance): Text input field.
- Бали по шкалі факторів ризику для операції ТКПС (Points on the risk factor scale for TKPS operation): Text input field.
- z-score: Text input field.
- Наявність гіпертрофії (Presence of hypertrophy): Dropdown menu with "Так" (Yes) selected.
- Морфологія правого шлуночку (Morphology of the right ventricle): Dropdown menu with "Так" (Yes) selected.
- Після процедури Рашкінда (After Raskinda procedure): Dropdown menu with "Так" (Yes) selected.

At the bottom of the form, there are two buttons: "Додати в базу даних" (Add to database) and "Повернутися до головного меню" (Return to main menu).

Рис. 4. Анкета пацієнта

На рис. 7 показані дані пацієнта. На основі цих даних можна спрогнозувати вірогідне консервативне лікування. Це відбувається за допомогою алгоритму, який вміщує в собі: метод групового ураховання, метод аналізу ієрархій [2] та генетичний алгоритм [3].

Спочатку генерується перше покоління із 32 рішень, які представляють собою масиви із 9 змінних управління.

Прізвище	Ізотова
Ім'я	Татяна
По-батькові	Борисівна
Стать	Жіноча
Дата народження	20.09.1987
Ексудація більше 14 днів	Ні
Всі післяопераційні порушення ритму	Ні
Плеврит у ранньому періоді	Ні
Плікація діафрагми	Ні
Порушення мозкового кровообігу	Ні
Тромбоз	Ні
Хілоторакс	Ні
Повна АВ-блокада	Ні
Дисфункція синусового вузла	Ні

Додати в базу даних

Повернутися до головного меню

Рис. 6. Вказування стану пацієнта після хірургічного лікування

Кожне з цих рішень підставляється в математичні моделі (1-9) прогнозування ускладнень у віддаленому післяопераційному періоді, які були отримані за допомогою програмного інструменту на основі МГУА *GMDH Shell DS*. В якості алгоритму був обраний покроковий змішаний МГУА. Точності моделей вказані в табл. 2.

Отримавши післяопераційні ускладнення, які виступають в ролі критеріїв, йде розрахунок функції згортки (10) [2] для кожного із 32 рішень.

Рис. 7. Початкове вікно прогнозування консервативного лікування

$$\begin{aligned}
 x_{501} = & 0.204 + \frac{0.911}{x_{301}x_{405}} + \frac{0.428x_{405}}{x_{404}} - \frac{3.253x_{403}}{x_{406}} + 4,303x_{301}x_{403} \\
 & - \frac{0.051x_{404}}{x_{405}} - 1.252x_{303}x_{403} - \frac{1.13}{x_{304}x_{405}} + \frac{0.013x_{401}}{x_{409}} \\
 & - \frac{0.382x_{308}}{x_{309}} - \frac{2.077}{x_{306}x_{404}} + \frac{1.052}{x_{409}} - \frac{19.254}{x_{402}x_{407}} \\
 & - 0.022x_{404}x_{409} - \frac{10.406}{x_{305}x_{401}} + \frac{0.102x_{404}}{x_{305}} + \frac{3.497}{x_{401}x_{405}} \\
 & + \frac{1.158}{x_{302}x_{405}} + 0.174 \frac{x_{302}x_{303}}{x_{401}x_{404}} - \frac{7.907}{x_{401}x_{404}} - 0.122x_{301}x_{407} \\
 & + \frac{5.839}{x_{402}} \frac{x_{308}}{x_{301}} - \frac{0.037}{x_{301}} \frac{x_{404}}{x_{401}x_{407}} + \frac{2.736}{x_{401}x_{407}}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 x_{502} = & -0.471431 - \frac{1.09482}{x_{305}x_{406}} - 3.062x_{403}x_{408} + 2.728x_{304}x_{403} \\
 & + \frac{2.925}{x_{302}x_{401}} + \frac{1.723}{x_{304}x_{307}} - \frac{5.419}{x_{402}x_{408}} - \frac{0.045x_{402}}{x_{404}} \\
 & - \frac{0.299x_{405}}{x_{407}} - \frac{1.36086}{x_{308}x_{405}} + \frac{1.09577}{x_{301}} - \frac{0.783x_{301}}{x_{405}} \\
 & - \frac{0.783x_{301}}{x_{407}} - \frac{0.494x_{404}}{x_{402}} + \frac{0.074x_{401}}{x_{405}} + \frac{0.265}{x_{406}} \\
 & + \frac{0.502x_{407}}{x_{406}} - \frac{0.362x_{409}}{x_{303}} + \frac{0.803}{x_{405}x_{407}} - \frac{1.038}{x_{304}x_{406}}
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 x_{503} = & 1.953 + \frac{0.325}{x_{408}x_{409}} + \frac{2.317}{x_{308}x_{404}} - 0.276x_{407}x_{408} - \frac{2.439}{x_{407}x_{408}} \\
 & - 0.112x_{304}x_{406} - \frac{0.031x_{404}}{x_{407}} + \frac{1.276}{x_{405}x_{408}} - \frac{0.061x_{401}}{x_{405}} \\
 & - \frac{1.099x_{409}}{x_{401}} + \frac{0.027x_{401}}{x_{303}}
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 x_{504} = & 1.067 + \frac{3.594}{x_{409}} - \frac{1.194}{x_{406}x_{407}} + 0.009x_{404}x_{405} - \frac{2.065}{x_{308}x_{407}} \\
 & - 0.151x_{401}x_{403} - \frac{0.012}{x_{402}} + \frac{0.621}{x_{301}} + \frac{0.024x_{401}}{x_{405}} \\
 & - \frac{0.014x_{401}}{x_{404}} + 0.136x_{301}x_{405} - 0.009x_{405}x_{407} \\
 & - 0.211x_{407}x_{408} + 0.00221758x_{404}x_{407} - \frac{1.333}{x_{303}x_{307}} \\
 & - \frac{1.01545}{x_{301}x_{308}} - \frac{0.206x_{405}}{x_{408}} - \frac{0.304x_{309}}{x_{305}} - \frac{1.841x_{409}}{x_{402}} \\
 & + \frac{0.514x_{301}}{x_{401}}
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 x_{505} = & 0.091 + \frac{1.155}{x_{308}x_{406}} - 0.235x_{304}x_{309} - \frac{0.468x_{303}}{x_{305}} \\
 & - 0.001x_{401}x_{402} + \frac{2.204}{x_{407}x_{408}} + 0.203x_{407}x_{408} - \frac{0.225}{x_{301}x_{408}} \\
 & + \frac{1.754}{x_{403}x_{407}} + \frac{0.052x_{402}}{x_{404}} + \frac{0.019x_{401}}{x_{408}} - \frac{3.104x_{403}}{x_{306}} \\
 & + 0.027x_{404}x_{408} - 0.143x_{302}x_{407} - \frac{0.655}{x_{302}x_{407}} + \frac{3.615x_{403}}{x_{409}} \quad (5) \\
 & - \frac{4.821x_{403}}{x_{408}} - \frac{0.222x_{404}}{x_{401}} + \frac{1.686}{x_{401}x_{405}} + 0.154x_{403}x_{404} \\
 & + \frac{1.941x_{406}}{x_{404}} + 0.012x_{401}x_{407} - \frac{1.725}{x_{404}x_{407}} - \frac{0.303x_{406}}{x_{304}} \\
 & - \frac{0.769x_{306}}{x_{404}} + \frac{6.711}{x_{303}x_{402}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_{506} = & 1.223 + 0.640x_{403}x_{406} + \frac{1.928x_{404}}{x_{402}} + 0.187x_{305}x_{307} \\
 & - 0.205x_{403}x_{404} + \frac{12.113}{x_{401}x_{408}} - \frac{7.876}{x_{304}x_{401}} - \frac{2.695x_{408}}{x_{309}} \\
 & - \frac{0.874263x_{302}}{x_{304}} + \frac{0.114x_{402}}{x_{401}} + \frac{58.37}{x_{303}x_{402}} - \frac{8.912}{x_{303}x_{401}} \quad (6) \\
 & - \frac{57.1008x_{309}}{x_{402}} + \frac{12.969}{x_{301}x_{402}} + \frac{11.804x_{409}}{x_{402}} + \frac{1.052x_{408}}{x_{409}} \\
 & - \frac{0.054x_{404}}{x_{308}} + \frac{2.984x_{403}}{x_{305}} - \frac{1.118x_{302}}{x_{409}} + \frac{25.759x_{304}}{x_{402}} \\
 & + \frac{0.086x_{407}}{x_{405}} - \frac{5.31789}{x_{401}x_{409}} - 0.007x_{401}x_{409}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_{507} = & 2.702 + 0.388x_{301}^2 - 0.085x_{305}x_{308} - 0.233x_{306}x_{307} \\
 & + 0.066x_{302}x_{409} + 0.209x_{303}x_{408} - 2.589x_{403}x_{407} \\
 & + 2.539x_{403}x_{405} - 0.205x_{402}x_{403} - 0.625x_{301}x_{408} \\
 & - 0.004x_{401}x_{404} + 0.015x_{301}x_{401} + 0.001x_{402}x_{404} \\
 & - 0.018x_{302}x_{401} + 3.38x_{403}x_{409} - 4.605x_{302}x_{403} \quad (7) \\
 & + 8.303x_{304}x_{403} - 0.193x_{303}x_{304} + 0.224x_{407}x_{408} \\
 & - 0.16x_{407}x_{409} - 0.118x_{302}x_{309} - 7.863x_{301}x_{403} \\
 & - 0.052x_{406}x_{407} - 10.664x_{403}^2 + 3.475x_{403}x_{408} \\
 & - 1.309x_{403}x_{406} + 0.0008x_{401}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_{508} = & 0.492 + 0.293x_{302}x_{408} - 0.001x_{402}x_{407} - 0.103x_{403}x_{403} \\
 & + 0.103x_{405}x_{406} + 0.15x_{301}x_{304} - 0.028x_{401}x_{408} \\
 & - 0.008x_{404}x_{408} + 0.012x_{404}x_{409} - 0.454x_{308}x_{406} \quad (8) \\
 & + 0.44x_{304}x_{406} - 0.154x_{304}x_{306} + 0.041x_{305}x_{401} \\
 & - 0.017x_{401}x_{407} - 0.0004x_{401}x_{402} - 0.143x_{304}x_{305}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_{509} = & 2.25 - 0.184x_{307}x_{308} - \frac{0.149x_{404}}{x_{401}} - 0.012x_{302}x_{404} - \frac{8.197}{x_{402}x_{407}} \\
 & - \frac{6.104x_{403}}{x_{405}} + 3.467x_{403}x_{409} - \frac{0.351x_{409}}{x_{408}} \\
 & + 0.039x_{301}x_{401} - 0.031x_{306}x_{401} - \frac{0.23x_{302}}{x_{303}} \\
 & - 0.021x_{405}x_{407} - 0.109x_{301}x_{408} - \frac{2.452x_{403}}{x_{306}} + \frac{0.715}{x_{304}x_{306}}
 \end{aligned} \tag{9}$$

де (табл. 1):

Таблиця 1

Післяопераційні ускладнення

Назва змінної	Позначення
MD <50	X501
Ускладнення загалом з MD	X502
Fenestr open	X503
NYHA	X504
EDD п/о	X505
п/о Nakata	X506
п/о VEDP	X507
п/оTPG	X508
AoV z-score nadir	X509

Таблиця 2

Точності класифікаційних моделей

Модель	Точність		Чутливість		Специфічність	
	Навчання	Екзамен	Навчання	Екзамен	Навчання	Екзамен
X501	85,9%	86,2%	0,821	0,826	1	1
X502	83,1%	81%	0,841	0,814	0,806	0,8
X503	84,7%	82,8%	0,848	0,837	0,848	0,8
X504	86,2%	84,5%	0,901	0,875	0,818	0,808
X505	80,4%	75,9%	0,898	0,871	0,704	0,73
X506	88,3%	82,8%	0,866	0,826	0,903	0,829
X507	79,8%	79,3%	0,937	0,833	0,726	0,783
X508	84,0%	86,2%	0,9	1	0,827	0,837
X509	85%	86,2%	0,941	0,875	0,839	0,86

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{згортки}} = & -0,353x_{501} - 0,177x_{502} - 0,118x_{503} - 0,088x_{504} \\ & - 0,071x_{505} - 0,059x_{506} - 0,05x_{507} - 0,044x_{508} \\ & - 0,039x_{509} \end{aligned} \quad (10)$$

Після отримання функції згортки, перевіряється умова закінчення алгоритму, а саме, чи дає одне із рішень максимально можливу функцію згортки. В позитивному випадку, дане рішення вибирається як найкраще, і алгоритм зупиняє свою роботу. В інакшому випадку алгоритм переходить до селекції, яка відбувається за допомогою методу турнірного відбору [3].

Отримавши пари батьків наступного покоління після селекції, алгоритм переходить до використання генетичних операторів, а саме схрещування та мутації, щоб сформувану нове покоління рішень. Після цього алгоритм переходить знову до обчислення функцій згортки, і продовжується до тих пір, поки не буде виконана умова закінчення алгоритму.

На рис. 9 зображено результат виконання даного алгоритму.

The screenshot shows a web application window titled "Прогнозування консервативного лікування". The interface is divided into several sections:

- Personal Data:** Fields for surname (Кривченкова), name (Альона), father's name (Анатоліївна), gender (Жіноча), date of birth (05.07.2004), and various medical history items like "Ексудація більше 14 днів" (Так), "Всі післяопераційні порушення ритму" (Ні), etc.
- Treatment Options:** Five radio buttons for different treatment variants, with the first one selected. To the right, there are input fields for parameters like "Тривалість прийому нітро" (32.45), "Дози каптопрілу" (0.09), etc.
- Medical Conditions:** A list of conditions with checkboxes for "Так" or "Ні", including "Дисфункція міокарда", "Ускладнення загалом з дисфункцією міокарда", "Стан фенестрації", "NYHA", "Кінцеводіастолічний розмір в нормі", etc.
- Buttons:** "Спрогнозувати лікування" and "Додати лікування в базу даних".
- Footer:** "Повернутися до головного меню".

Рис. 9. Вікно прогнозування лікування після виконання алгоритму

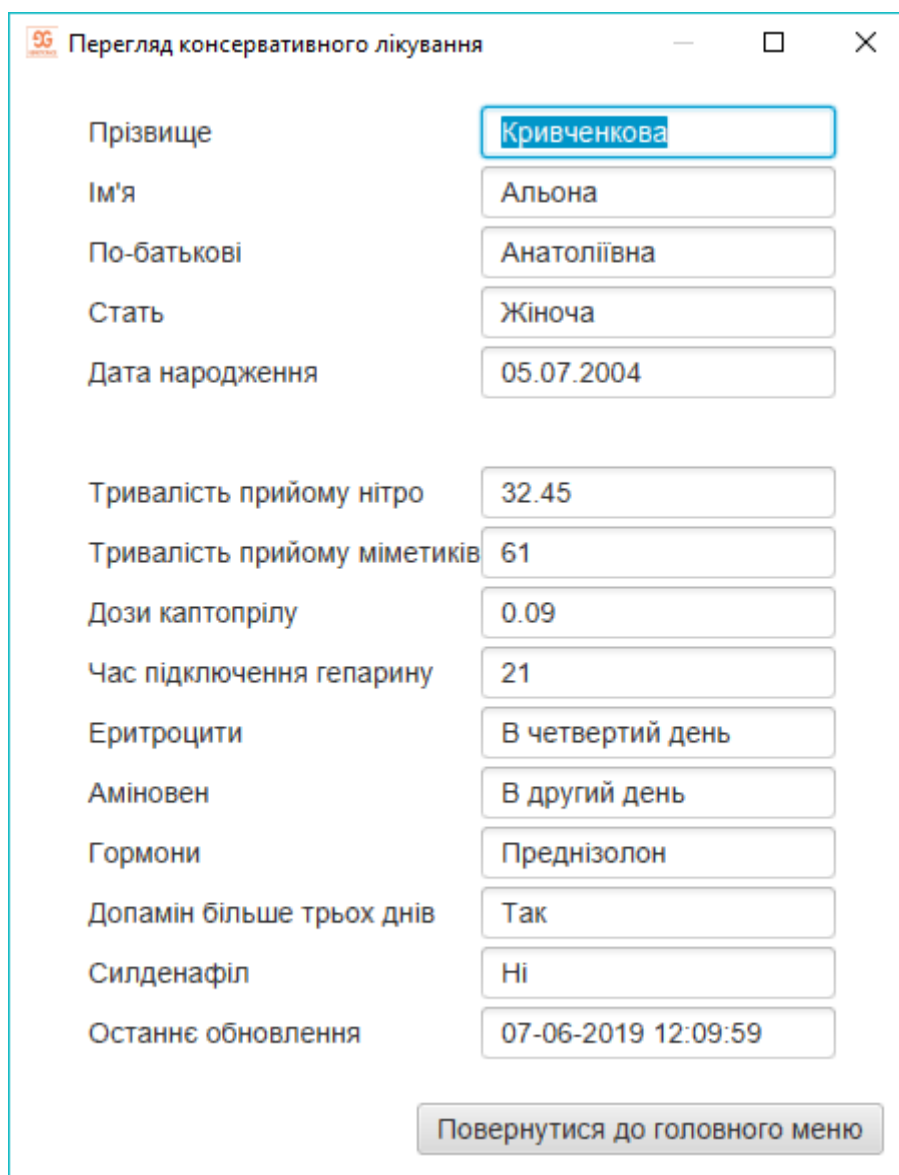
Алгоритм виводить п'ять різних варіантів лікування, кожен з яких лікар може обрати для збереження в базі даних (адміністратор не володіє

даною функцією), а також результат, який може виникнути при цих варіантах лікування.

Алгоритм було реалізовано на мові програмування *Python* [4] версії 3.

6. Перегляд консервативного лікування.

Обравши дану функцію, та обравши пацієнта (рис. 5) лікар може переглянути лікування, яке він обрав для пацієнта після виконаного алгоритму (рис. 10), а також дату та час, коли це лікування було збережено.



Field	Value
Прізвище	Кривченкова
Ім'я	Альона
По-батькові	Анатоліївна
Стать	Жіноча
Дата народження	05.07.2004
Тривалість прийому нітро	32.45
Тривалість прийому міметиків	61
Дози каптопрілу	0.09
Час підключення гепарину	21
Еритроцити	В четвертий день
Аміновен	В другий день
Гормони	Преднізолон
Допамін більше трьох днів	Так
Силденафіл	Ні
Останнє оновлення	07-06-2019 12:09:59

Повернутися до головного меню

Рис. 10. Перегляд обраного консервативного лікування

Висновки. Було реалізовано програмне забезпечення для аналізу ризиків після консервативного лікування у віддаленому післяопераційному

періоді. Дане програмне забезпечення може використовуватись лікарями як система для додавання нових пацієнтів та знаходження для них вірогідного консервативного лікування вроджених вад серця. В якості технологій для створення програмного забезпечення були використані мови програмування *Java* та *Python* та платформа для створення інтерфейсу *JavaFX*.

Література

1. PremKumar L. Beginning javafx / L. PremKumar, P. Mohan. — Apress, 2010. — 336 p.
2. Saaty T. L. Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world / T. L. Saaty. — RWS Publications, 1990. — 292 p.
3. Гладков Л. Генетические алгоритмы / Л. Гладков, В. Курейчик, В. Курейчик. — Litres, 2018. — 303 p.
4. Кеннет Р. Автостопом по python / Р. Кеннет, Т. Шлюссер. — Издательский дом «Питер», 2017. — 336 p.
5. Романчик В. Java. методы программирования / В. Романчик, И. Блинов. — Litres, 2017. — 895 p.

References

1. PremKumar L. Beginning javafx / L. PremKumar, P. Mohan. — Apress, 2010. — 336 p.
2. Saaty T. L. Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world / T. L. Saaty. — RWS Publications, 1990. — 292 p.
3. Gladkov L. Geneticheskie algoritmi / L. Gladkov, V. Kureychik, V. Kureychik. — Litres, 2018. — 303 p.
4. Кеннет Р. Avtostopov po python / R. Kennet, T. Shlusser. — Izdatelskiy dom «Piter», 2017. — 336 p.

5. Romanchik V. Java. Metodi programirovaniya / V. Romanchik, I. Blinov.
— Litres, 2017. — 895 p.