

Технічні науки

УДК 004.02 + 616.1

Бабенко Віталій Олегович

студент

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бабенко Виталий Олегович

студент

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Babenko Vitalii

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Науковий керівник:

Носовець Олена Костянтинівна

кандидат технічних наук,

доцент кафедри біомедичної кібернетики

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**КОМПЛЕКСНИЙ АЛГОРИТМ ВИРІШЕННЯ УМОВНОЇ
БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ
ЗНАХОДЖЕННЯ СТРАТЕГІЇ ЛІКУВАННЯ
КОМПЛЕКСНЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ УСЛОВНОЙ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ
НАХОЖДЕНИЯ СТРАТЕГИИ ЛЕЧЕНИЯ**

COMPLEX ALGORITHM FOR SOLVING CONDITIONAL MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF FINDING THE TREATMENT STRATEGY

Анотація. В статті розглянуто застосування комплексного алгоритму, який поєднує в собі метод аналізу ієрархій та генетичний алгоритм, для вирішення умовної багатокритеріальної задачі оптимізації знаходження стратегії лікування астми. Це допоможе знайти необхідне рішення при роботі з неперервними величинами, опираючись не на ідеальні значення критеріїв, а на певний заданий проміжок, в якому ці значення повинні знаходитись.

Ключові слова: умовна багатокритеріальна оптимізація, генетичні алгоритми, метод аналізу ієрархій, метод групового урахування аргументів, астма.

Аннотация. В статье рассмотрено применение комплексного алгоритма, который объединяет в себе метод анализа иерархий и генетический алгоритм, для решения условной многокритериальной задачи оптимизации нахождения стратегии лечения астмы. Это поможет найти необходимое решение при работе с непрерывными величинами, опираясь не на идеальные значения критериев, а на определенный промежуток, в которому эти значения должны находиться.

Ключевые слова: условная многокритериальная оптимизация, генетические алгоритмы, метод анализа иерархий, метод группового учета аргументов, астма.

Summary. Article discusses the use of complex algorithm that combines analytic hierarchy process and genetic algorithm to solve a conditional multi-objective optimization of finding an asthma treatment strategy. This will help to find the necessary solution while working with continuous values, relying not on

perfect values of the criteria, but on the specific interval in which these values should be.

Key words: conditional multiobjective optimization, group method of data handling, analytic hierarchy process, genetic algorithms, asthma.

Постановка проблеми. Необхідно модифікувати комплексний алгоритм знаходження оптимальної стратегії лікування для роботи з неперервними значеннями критеріїв. Дана проблема може бути вирішена за допомогою переходу з безумовної в умовну задачу багатокритеріальної оптимізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Матеріал В.О. Бабенка [1] був необхідний для використання комплексного алгоритму. Аналіз багатокритеріальної задачі оптимізації було проведено на основі роботи А.Е. Кононюка [2]. Генетичним алгоритмам приділили увагу Девід Е. Голдберг [3], Д. Рутковська, М. Пилинський і Л. Рутковський [4]. Метод аналізу ієрархій розглядався О.І. Ларічевим.

Мета дослідження: модифікувати комплексний алгоритм знаходження оптимальної стратегії лікування для вирішення умовної багатокритеріальної задачі оптимізації.

Характеристика клінічного матеріалу. Для даної роботи було використано базу даних із 247 пацієнтів, хворих на астму. Перелік змінних, що характеризують їх стан представлений в табл. 1.

Таблиця 1

Опис змінних, використаних для моделювання

Назва змінної	Назва в базі даних	Опис
U_1	Budesonide	Змінна, що описує дозування ліками будесонід
U_2	Nedocromil	Змінна, що описує дозування ліками недокроміл
X_1	Age	Вік пацієнта
X_2	Gender	Стать пацієнта
X_3	Ethnic	Расова приналежність пацієнта

Назва змінної	Назва в базі даних	Опис
X ₄	PREFEV	Об'єм форсованого видиху за 1 секунду до лікування
X ₅	PREFVC	Життєвий об'єм легенів до лікування
X ₆	PREFP	Значення максимального потоку на видиху до лікування
K ₁	POSFEV	Об'єм форсованого видиху за 1 секунду після лікування
K ₂	POSFVC	Життєвий об'єм легенів після лікування
K ₃	POSFP	Значення максимального потоку на видиху після лікування

База даних пацієнтів виглядає наступним чином:

Age	Gender	Ethnic	PREFEV	PREFVC	PREFP	Budesonide	Nedocromil	POSFEV	POSFVC	POSFP
9	Чоловічий	Європеєць	3,59	4,54	520	0,96964	3,2852	3,87	4,56	590
11	Чоловічий	Європеєць	3,47	4,77	750	3,18925	2,0294	3,76	4,79	750
7	Жіночий	Європеєць	3,64	4,29	380	0,78451	2,1294	3,78	3,97	420
5	Чоловічий	Інші	2,16	2,9	325	1,52434	3,7521	2,3	2,99	320
9	Чоловічий	Європеєць	1,75	2,42	300	1,2231	4,1536	1,88	2,4	300
11	Чоловічий	Африканець	1,78	2,49	310	1,08866	2,1902	2,11	2,57	350
7	Жіночий	Європеєць	2,72	3,06	350	1,07567	2,2812	2,76	3,04	370
8	Чоловічий	Європеєць	3,76	4,7	540	2,02923	3,368	4,1	4,84	620
12	Жіночий	Європеєць	1,51	2,04	285	0,9574	3,457	1,73	2,07	300
12	Жіночий	Європеєць	1,85	2,41	280	2,06971	2,936	1,93	2,32	300
5	Чоловічий	Латиноамериканець	1,58	2,11	295	2,76543	1,2608	1,82	2,18	330
9	Жіночий	Європеєць	4,96	6,27	830	2,26921	3,6302	5,24	6,27	850
9	Чоловічий	Європеєць	1,87	2,58	320	3,13337	1,9129	2,01	2,52	325
5	Чоловічий	Африканець	0,72	0,92	180	2,53515	2,635	0,93	1,04	205
9	Жіночий	Європеєць	2,62	3,21	325	1,0734	3,1581	2,75	3,19	325
5	Жіночий	Європеєць	1,17	1,32	225	0,78991	3,3118	1,3	1,41	280
11	Чоловічий	Африканець	2,96	3,6	520	0,90318	0,9003	2,93	3,57	550
9	Чоловічий	Європеєць	3,03	3,77	445	2,91991	3,4483	3,22	3,85	460
5	Чоловічий	Африканець	0,67	0,79	155	1,12437	2,5641	0,87	1	225
5	Чоловічий	Інші	3,86	4,95	455	1,49001	2,1648	4,06	5,07	540
5	Чоловічий	Європеєць	1,93	2,57	310	1,91694	4,2319	2,21	2,63	350
5	Чоловічий	Інші	1,11	1,43	135	0,83034	2,6138	1,3	1,49	140

Рис. 1. База даних хворих на астму

Виклад основного матеріалу. Перед початком роботи з базою даних, було закодовано якісні змінні, а саме стать (1 – чоловіча, 2 – жіноча) і расова приналежність пацієнтів (1 – європеєць, 2 – африканець, 3 – латиноамериканець, 4 – інші).

В якості критеріїв, які необхідно оптимізувати, виступають об'єм форсованого видиху за 1 секунду (оптимальні значення варіюються від 0.67 до 6.34), життєвий об'єм легенів (0.79 – 6.95) та значення максимального потоку на видиху (120 – 880), після лікування.

В ролі змінних управління, тобто ліків, які алгоритм буде підбирати для вирішення задачі оптимізації, виступають лікарські засоби будесонід та недокроміл (оптимальні значення кожного препарату варіюються від 0.4 до 2.6).

Перед модифікацією алгоритму було побудовано математичні моделі регресії за допомогою програмного інструменту на основі МГУА *GMDH Shell DS*. В якості алгоритму був обраний покроковий змішаний МГУА. Перед моделюванням вибірку було розбито на три вибірки: навчальну (70%), екзаменаційну (20%) та тестову (10%). Був отриманий наступний результат:

$$K_1 = -4.782 + 1.164X_4 + \frac{2.43U_1}{X_4} + \frac{2.153U_2}{X_5} + \frac{227.434}{X_5X_6} - \frac{187.535}{X_4X_6} - \frac{0.0001X_6}{X_2} - \frac{0.001X_6}{U_2} + \frac{0.186}{U_1} - 0.006U_2X_4 - \frac{0.256X_4}{U_2} \quad (1)$$

$$K_2 = -0.271 + 1.074X_5 + \frac{0.277}{U_2} - \frac{0.0003X_6}{X_1} - 0.006X_4X_5 + \frac{0.01}{U_1U_2} \quad (2)$$

$$K_3 = -15.79 + 1.072X_6 + \frac{73.69U_1}{U_2} + 0.036X_4X_6 - \frac{0.271X_6}{X_3} - 0.049X_3X_6 - \frac{21.235U_2}{X_1} \quad (3)$$

Таблиця 2

Точність регресійних моделей

Модель	Коефіцієнт детермінації (R ²)		
	Навчання	Екзамен	Тест
K ₁	0,916	0,914	0,902
K ₂	0,921	0,915	0,899
K ₃	0,895	0,878	0,855

Отримані моделі мають доволі високу точність за рахунок використання нелінійних функцій.

За допомогою метода аналізу ієрархій [5] була розрахована функція згортки, використовуючи наступну ієрархію:

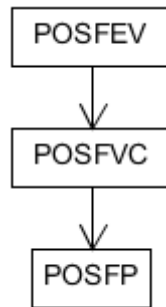


Рис. 2. Ієрархія критеріїв

Результати представлені нижче:

Таблиця 2

Попарне порівняння критеріїв

	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	1	3	5
K ₂	0,33	1	1,66
K ₃	0,2	0,6	1

Таблиця 3

Власні вектори критеріїв

Середні геометричні	Вектор пріоритетів
2,466	0,653
0,818	0,217
0,493	0,131

$$\Phi_{\text{згортки}} = 0,653K_1 + 0,217K_2 + 0,131K_3 \quad (4)$$

«Плюси» біля вагових коефіцієнтів, оскільки кожен критерій необхідно максимізувати.

Оскільки необхідно вирішити умовну задачу оптимізації [2], необхідно задати мінімальне та максимальне значення для функції згортки. Підставивши граничні можливі значення критеріїв, отримано:

$$\Phi_{\text{згортки}}^{\min} = 0,653 * 0,67 + 0,217 * 0,79 + 0,131 * 120 = 16,277$$

$$\Phi_{\text{згортки}}^{\text{max}} = 0,653 * 6.34 + 0,217 * 6.95 + 0,131 * 880 = 120.544$$

Тобто, оптимальні значення функції згортки лежать в проміжку від 16,277 до 120,544. Тому, при використанні генетичних алгоритмів [4-5], необхідно зупиняти роботу, коли комбінація ліків дає саме такі результати.

Висновки. Проаналізувавши поставлену проблему, було вирішено задачу умовної багатокритеріальної задачі оптимізації для знаходження стратегії лікування астми. Були побудовані доволі точні математичні моделі регресії для кожного критерію, використовуючи метод групового урахування аргументів, а також знайдена функція згортки за методом аналізу ієрархій та її оптимальні граничні значення. Таким чином було модифіковано комплексний алгоритм, що дозволить працювати не лише з бінарними значеннями критеріїв, а й з неперервними.

Література

1. Бабенко В.О. Система аналізу ризиків після хірургічного лікування у ранньому післяопераційному періоді / В.О. Бабенко // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". 2019. №8. С. 12. (стаття).
2. Кононюк А. Е. Основы теории оптимизации / А. Е. Кононюк. Киев : Освіта України, 2011.
3. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization & machine learning / D. E. Goldberg. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинський, Л. Рутковский. Москва: Горячая линия - Телеком, 2013. 385 с.
5. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах / О. И. Ларичев. Москва : Логос, 2002. 393 с.

References

1. Babenko V.O Sistema analiza rizikov pislia hirurgichnogo likuvannia u ranniomu pisliaoperaciynomu periodi / V.O. Babenko // Mizhnarodniy naukoviy jurnal “Internauka”. 2019. №8. P. 12. (stattia).
2. Kononuk A.E. Osnovi teoriiy optimizaciyi / A.E. Kononuk. – Kiev: Osvita Ukraini, 2011.
3. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization & machine learning / D. E. Goldberg. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
4. Rutkovskaya D. Neyronnie seti, geneticheskie algoritmi i nechetkie sistemi / D. Rutkovskaya, M. Pilinskiy, L. Rutkovskiy. Москва : Горячая линия - Телеком, 2013. 385 p.
5. Larichev O. I. Teoriya i metodi priniatiya resheniy, a takje hronika sobitiy v volshebniy stranah / O. I. Larichev. — Москва : Логос, 2002. 393 p.