

Технічні науки

УДК 004.02 + 616.1

Дяк Андрій Ігорович

студент

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дяк Андрей Игоревич

студент

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Diak Andrii

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»

**ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ
ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ З ІШЕМІЧНОЮ ХВОРОБОЮ СЕРЦЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ
ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ
СЕРДЦА
USING A COMPLEX ALGORITHM TO TREAT PATIENTS WITH
CORONARY HEART DISEASE**

Анотація. Дана стаття розглядає доцільність використання комплексного алгоритму, який включає в собі метод аналізу ієрархій та генетичні алгоритми, для вирішення задачі оптимізації стану пацієнта з ішемічною хворобою серця після аорто-коронарного шунтування. Цей алгоритм носить в собі за мету прискорене знаходження оптимальної стратегії лікування, що є дуже важливим при лікуванні пацієнтів з таким типом хвороби.

Ключові слова: комплексний алгоритм, метод аналізу ієрархій, генетичні алгоритми, задача оптимізації, ішемічна хвороба серця, аорто-коронарне шунтування.

Аннотация. Данная статья рассматривает целесообразность использования комплексного алгоритма, который включает в себя метод анализа иерархий и генетические алгоритмы, для решения задачи оптимизации состояния пациента с ишемической болезнью сердца после аортокоронарного шунтирования. Этот алгоритм несет в себе за цель ускоренное нахождения оптимальной стратегии лечения, что является очень важным при лечении пациентов с таким типом болезни.

Ключевые слова: комплексный алгоритм, метод анализа иерархий, генетические алгоритмы, задача оптимизации, ишемическая болезнь сердца, аортокоронарное шунтирование.

Summary. The article examines the feasibility of using complex algorithm, which includes analytic hierarchy process and genetic algorithms, to solve the problem of optimizing the condition of patient with coronary heart disease after coronary artery bypass surgery. This algorithm carries the goal of accelerated finding the optimal treatment strategy, which is very important while treating patients with this type of disease.

Key words: *complex algorithm, analytic hierarchy process, genetic algorithms, optimization problem, coronary heart disease, coronary artery bypass surgery.*

Постановка проблеми. Необхідно перевірити можливість використання комплексного алгоритму, який включає в собі метод аналізу ієрархій та генетичні алгоритми, у вирішенні задачі оптимізації стану пацієнта після аорто-коронарного шунтування, оскільки даний алгоритм доволі швидко знаходить необхідне рішення, а також дозволяє вирішити проблему множинності критеріїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для ознайомлення з методом аналізу ієрархій був використаний матеріал Х. С. Алсамарая [1]. Генетичні алгоритми розглядались М. Мелані [2]. Задачі оптимізації приділяв увагу С. Янг [3]. Метод групового урахування аргументів описаний в роботі Є.А. Підшови і А.Б. Іващенко [4]. Комплексний алгоритм описав в своєму матеріалі В.О. Бабенко [5].

Мета дослідження: використати комплексний алгоритм для вирішення задачі оптимізації стану пацієнта з ішемічною хворобою серця після аорто-коронарного шунтування.

Характеристика клінічного матеріалу. В дослідженні була використана база даних пацієнтів з ішемічною хворобою серця (рис. 1), яким проводили аорто-коронарне шунтування. Всього база налічує 129 пацієнтів з 21 показником, серед яких: 12 показників, які були взяті до проведення шунтування, 5 показників, які відповідають за метод лікування пацієнта (серед них є такі, як кількість шунтів, тривалість прийому препаратів після операції, препарати ефедрин, фенамін та тирамін), та 4 показники післяопераційного стану пацієнта. Дані змінні представлені в табл. 1.

Возраст	NYHA	Время наблюдения	КСО госпит	КСР госпит	К-во КА	Жизнеспособный миокард	Лактат	ИСЛС	САД1	SvO2(1)	KyO2(1)	К-во шунтов	Длительность	Эфедрин	Фенанин
72	4	30	171	5,9	2	22	4,3	1108,421053	65	0,46	52,08333	2	58	0	0
66	3	36	104,28	4,7	3	27	2	864,372093	65	0,48	51,02041	3	51	0	0
75	3	31	107,44	4,8	2	26	2,9	960	52	0,45	53,125	1	10	0	0
69	3	36	102,7	4,7	2	65	2,4	385,7142857	75	0,52	43,47826	3	50	0	0
65	3	36	97,68	4,5	2	68	2,4	672,3076923	74	0,54	43,15789	3	60	0	0
70	3	31	133,2	5	2	20	2,5	1150	60	0,5	47,91667	3	90	0	80
55	2	31	149,5	5,6	4	45	2,4	686,1016949	70	0,42	54,34783	3	56	0	0
64	4	36	118,32	5	3	26	2,3	837,2	68	0,38	61,22449	2	52	0	0
71	3	31	94,25	4,7	3	45	2,7	458,6666667	60	0,56	43,43434	3	50	0	0
64	2	36	99,16	4,6	4	68	2,1	620,4081633	68	0,6	37,5	2	28	0	0
59	3	36	108,9	4,5	3	68	2,6	606	65	0,52	44,68085	3	60	0	0
75	4	31	155,8	5,1	4	77	2,3	1158,26087	72	0,6	39,39394	3	51	0	0
68	3	36	147,4	5,6	4	45	2,4	506,6666667	64	0,48	49,47368	3	52	0	0
73	4	36	151,2	5,5	4	85	1,2	420	78	0,62	37,37374	4	70	0	0
71	3	31	102,96	4,3	3	85	1,2	425,2698413	68	0,62	38	3	118	24	48
69	4	36	151,7	5,2	4	45	2,8	412,4444444	55	0,54	46	3	53	0	0
65	3	31	110,22	4,8	3	58	2,6	745,4117647	54	0,55	43,87755	2	64	0	0
65	3	36	99,83	4,8	2	60	2,8	518,4	70	0,58	41,41414	4	55	0	0
69	3	36	118,8	5,1	5	60	3,5	640	68	0,5	47,36842	4	61	0	0
66	3	31	104	4,8	3	65	3,2	536,4705882	75	0,6	37,5	4	86	0	48
71	3	28	130,68	5,7	4	20	1,9	484,6153846	68	0,55	44,44444	3	50	0	0
71	4	32	112,2	5,1	4	35	2,6	486,9565217	55	0,42	54,34783	2	63	0	0

Рис. 1. База даних пацієнтів з ішемічною хворобою серця

Таблиця 1

Опис атрибутів

Змінна	Позначення	Опис змінної
Вік	X_1	Вік пацієнта
NYHA	X_2	Функціональний клас хворого на серцеву недостатність
Час спостереження	X_3	Час, який пацієнт провів під лікарським наглядом
КСО госпіт	X_4	Кінцевий систолічний об'єм при госпіталізації пацієнта
КСР госпіт	X_5	Кінцевий систолічний розмір при госпіталізації пацієнта
Кількість КА	X_6	Кількість коарктованих артерій
Життєздатний міокард	X_7	Відсоток життєздатних тканин міокарду
Лактат	X_8	Частка солей молочної кислоти у крові пацієнта при госпіталізації
ІСЛС	X_9	Індекс супротиву легеневих судин
САД1	X_{10}	Систолічний тиск при госпіталізації
SvO2(1)	X_{11}	Сатурація гемоглобіну змішаної венозної крові киснем при госпіталізації
KyO2(1)	X_{12}	Коефіцієнт утилізації кисню при госпіталізації
Кількість шунтів	$X_{13} (u_1)$	Кількість аортокоронарних шунтів, що були імплантовані пацієнтові під час операції

Продовж. табл. 1

Змінна	Позначення	Опис змінної
Тривалість	$x_{14} (u_2)$	Час прийому препаратів після операції
Ефедрин	$x_{15} (u_3)$	Доза ефедрину
Фенамін	$x_{16} (u_4)$	Доза фенаміну
Тирамін	$x_{17} (u_5)$	Доза тираміну
Тривалість життя	x_{18}	Тривалість життя після операції та подальшого лікування (місяці)
САД4	x_{19}	Систолічний тиск після операції
SvO2(4)	x_{20}	Сатурація гемоглобіну змішаної венозної крові киснем після операції
KyO2(4)	x_{21}	Коефіцієнт утилізації кисню після операції

Виклад основного матеріалу. Задача полягає в підборі комбінації змінних лікування $u_1, \dots, u_5$, яка після операції оптимальний стан пацієнта, тобто оптимізує змінні $x_{18}, \dots, x_{21}$ [3, 5]. При цьому, серед вихідних змінних є так звані змінні стані, які мають лежати в наступних проміжках:

$$60 < x_{19} < 120,$$

$$0.5 < x_{20} < 1,$$

$$21 < x_{21} < 50.$$

Тривалість життя (x_{18}) необхідно максимізувати. Також, змінні управління (методи лікування) повинні лежати в наступних проміжках:

$$0 \leq x_{14},$$

$$0 \leq x_{15} \leq 300,$$

$$0 \leq x_{16} \leq 200,$$

$$0 \leq x_{17} \leq 250.$$

Для задачі були використанні наступні математичні моделі, побудовані в SPSS Statistics з допомогою однієї з версій модифікованого алгоритму МГУА з комбінаторною селекцією і ортогоналізацією змінних [4]:

$$\begin{aligned}
 x_{18} = & 14.586 + 0.122x_3^2 - 0.018x_7^2 + 0.009u_1x_1x_6 \\
 & + 0.0007u_2x_3x_6 - 0.00126u_3x_{11}x_4 - 0.0003u_4x_3x_9 \quad (1) \\
 & + u_5(0.00104x_3x_{11} + 0.0001x_8x_9)
 \end{aligned}$$

$$x_{19} = 66.524 - 2.566x_2 + 14.42 \frac{x_3}{x_{10}} + 9.015 \frac{x_{12}}{x_{10}} - 4.231 \frac{x_{12}}{x_4} - 0.246x_3x_{11} + 1.982u_1 + 12.615u_2 \frac{x_{11}}{x_1} \quad (2)$$

$$- 0.0056u_3 \frac{x_4}{x_1} - 0.002u_4x_1x_{11} - 0.0007u_5 \frac{x_3}{x_1}$$

$$x_{20} = 0.805 - 0.033x_2 + 0.065 \frac{x_3}{x_{10}} - 0.001x_{10} + 0.006u_1 + 0.0005u_2 \frac{x_{12}}{x_1} - 0.0001u_3 \frac{x_4}{x_{12}} - 0.0004u_4 \frac{x_{11}}{x_4} - 0.0001u_5 \frac{x_3}{x_1} \quad (3)$$

$$x_{21} = 12.987 - 12.3 \frac{x_3}{x_{10}} + 3.179x_2 + 0.148x_{10} + 5.668 \frac{x_1}{x_{10}} + 0.118x_3x_{11} - 0.782u_1 - 0.035u_2 \frac{x_1}{x_{10}} + 0.01u_3 \frac{x_4}{x_{12}} + 0.034u_4 \frac{x_1}{x_4} - 0.002u_5 \quad (4)$$

Необхідно знайти функцію згортки критеріїв стану, використовуючи метод аналізу ієрархій [1]. Ієрархія даних критеріїв буде наступною:

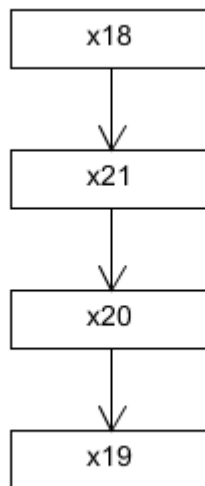


Рис. 2. Ієрархія критеріїв

Дана ієрархія необхідна, для попарного порівняння критеріїв (порівняння буде чисто суб'єктивним), та знаходження вагових коефіцієнтів кожного критерію, які будуть використані в функції згортки.

В результаті отримано:

Таблиця 2

Попарне порівняння критеріїв

	X ₁₈	X ₂₁	X ₂₀	X ₁₉
X ₁₈	1	3	5	7
X ₂₁	0,33	1	1,67	2,33
X ₂₀	0,2	0,6	1	1,4
X ₁₉	0,143	0,429	0,714	1

Таблиця 3

Власні вектори критеріїв

Змінна	Середні геометричні	Вектор пріоритетів
X ₁₈	3,201	0,597
X ₂₁	1,067	0,199
X ₂₀	0,64	0,119
X ₁₉	0,457	0,085

$$\Phi_{\text{згортки}} = 0.597x_{18} + 0.085x_{19} + 0.119x_{20} + 0.199x_{21} \quad (5)$$

Оскільки деякі змінні лежать в проміжках, оптимальні значення функції згортки також лежать в проміжках. Необхідно також задати граничні значення для тривалості життя (x₁₈). Нехай мінімальне значення буде 1 місяць, а максимальне – 30 років (360 місяців). Маємо:

$$\Phi_{\text{згортки}}^{\min} = 0.597 * 1 + 0.085 * 60 + 0.119 * 0.5 + 0.199 * 21 = 9.946$$

$$\Phi_{\text{згортки}}^{\max} = 0.597 * 360 + 0.085 * 120 + 0.119 + 0.199 * 50 = 235.063$$

Отримавши все необхідне, а саме, математичні моделі, функцію згортки, та її граничні значення, можна приступати до використання комплексного алгоритму [5].

Для приклада були взяті дані наступного пацієнта:

Таблиця 4

Дані пацієнта

Змінна	Значення
Вік	62
NYHA	4
Час спостереження	36
КСО госпіт	183,3

Продовж. табл. 4

Змінна	Значення
КСР госпіт	6,1
Кількість КА	3
Життєздатний міокард	86
Лактат	2,4
ІСЛС	750,6173
САД1	72
SvO2(1)	0,64
KyO2(1)	36

Використовуючи поєднання методу аналізу ієрархій та генетичних алгоритмів [2], було знайдено наступне рішення:

Таблиця 5

Результат та порівняння реальних та розрахункових рішень

Змінна	Розрахункове значення	Реальне значення	Розрахункове значення, знайдене через лінійне програмування
Тривалість життя	101	17	72
Тривалість прийому ліків	224	63	200
Кількість шунків	5	3	5
Доза препарату тирамін	220	48	240
Доза препарату фенамін	0	0	0
Доза препарату ефедрин	23	0	2,36
САД4	100	90	96
SvO2(4)	0,7	0,73	1
KyO2(4)	27,88	27,51	27,51

Висновки. Отже, використавши комплексний алгоритм, який поєднує метод аналізу ієрархій та генетичні алгоритми, було доведено доцільність застосування даного алгоритму, а також показано, що даний алгоритм є навіть кращим за деякі існуючі (наприклад лінійне програмування), оскільки результат було знайдено доволі швидко, та є кращим ніж результат, знайдений через лінійне програмування, а саме, критерій тривалості життя, знайдений через комплексний алгоритм, на 29 місяців більше (майже 2,5 роки).

Література

1. Alsamaray H. S. AHP as multi-criteria decision making technique, empirical study in cooperative learning at gulf university / H. S. Alsamaray // European Scientific Journal, ESJ. 2017. Vol. 13, No. 13. P. 272–289.
2. Melanie M. An introduction to genetic algorithms / M. Melanie. 1999. 162 p.
3. Yang X.-S. Introduction to mathematical optimization / X.-S. Yang. Cambridge International Science Publishing, 2008. 150 p.
4. Пидошва Е. А. Основные принципы метода группового учета аргументов и его перспективы / Е. А. Пидошва, А. Б. Иващенко // Р. 4.
5. Бабенко В.О. Система аналізу ризиків після хірургічного лікування у ранньому післяопераційному періоді / В.О. Бабенко // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Київ. Україна. 2019. №8. 12 с. (стаття).

References

1. Alsamaray H. S. AHP as multi-criteria decision making technique, empirical study in cooperative learning at gulf university / H. S. Alsamaray // European Scientific Journal, ESJ. 2017. Vol. 13, No. 13. P. 272–289.
2. Melanie M. An introduction to genetic algorithms / M. Melanie. 1999. 162 p.
3. Yang X.-S. Introduction to mathematical optimization / X.-S. Yang. — Cambridge International Science Publishing, 2008. 150 p.
4. Pidoshva E. A. Osnovnie principii metoda grupovogo ucheta argumentov i ego perspektivi / E. A. Pidoshva, A. B. Ivaschenko // P. 4.
5. Babenko V.O Sistema analiza rizikov pislia hirurgichnogo likuvannia u ranniomu pisliaoperaciynomu periodi / V.O. Babenko // Mizhnarodniy naukoviyy jurnal "Internauka" Kyiv. Ukraina. 2019. №8. 12 p. (stattia).