

## ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ МЕТОДОМ ФУНКЦІЙ ПЕРЕВАГ

*У статті представлено результати обґрунтування методу функцій переваг для визначення стану інтегрованої методології створення радіотехнічних систем для медичних застосувань. Проаналізовано шляхи, які надають інтегрований характер методології створення радіотехнічних систем для медичних застосувань. Запропоновано інтегрувати етапи створення радіотехнічних систем для медичних застосувань у такій послідовності: медико-біологічний, фізико-хімічний та радіотехнічний. Запропоновано метод функцій переваг для дослідження інтегрованої методології з метою діагностики стану виконання етапів інтегрованого створення радіотехнічних систем для медичних застосувань і визначення причин невиконання інтегрованої методології.*

*Ключові слова: радіотехнічні системи, медичні застосування, медико-біологічна методологія, фізико-хімічна методологія, радіотехнічна методологія, інтегрована методологія, метод функцій переваг.*

Y.V. SAVENKO

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

## INVESTIGATION ON INTEGRATED METHODOLOGY FOR CREATING THE RADIO ENGINEERING SYSTEMS FOR MEDICAL APPLICATIONS BY ADVANTAGES FUNCTIONS METHOD

*Abstract — The paper presents the results on determine the advantages functions method for definition of integrated methodology for creating the radio engineering system for medical applications.*

*It has been analyzed ways, which give to methodology an integrated character for creating the radio engineering systems for medical applications. It has been proposed to integrate stages of creating the radio engineering systems for medical applications by such sequence: medical-biological stage, physical-chemical stage and radio engineering stage. It has been proposed the advantages function methods for diagnostics of completion state of stages for integrated creation the radio engineering systems for medical applications and determine the reason of non-completion integrated methodology.*

*Keywords: radio engineering systems, medical applications, medical-biological methodology, physical-chemical methodology, engineering methodology, radio engineering methodology, integrated methodology, advantages function method.*

### Вступ

Пошук нових шляхів швидкого й ефективного забезпечення потреб охорони здоров'я технічними системами, зокрема радіотехнічними системами, медичного призначення приводить до необхідності критичного перегляду методологій їх створення.

Вивчення сучасного стану клінічної діагностики патології організму людини на мікрорівні, зокрема томографічної діагностики онкологічних захворювань, патології головного мозку, та серцево-судинних патологій організму людини дозволяє стверджувати, що створення технічних (радіотехнічних) систем для медичних застосувань суттєво відстає від появи нових викликів в галузі охорони здоров'я.

Створення технічних систем для медичних застосувань відбувається на окремих етапах із відповідними для них методологіями [1]. Так можна виділити для технічних систем медичного призначення медико-біологічний, фізико-хімічний та інженерний етапи. Відповідно до таких етапів застосовують медико-біологічну, фізико-хімічну та інженерну методології. Виконання етапів характеризується високою ступеню розінтегрованості та специфічності методологій. Створення відбувається із невизначеністю порядку та слабкою узгодженістю результатів, що знижує рівень швидкого й ефективного забезпечення потреб охорони здоров'я технічними (радіотехнічними) системами для медичних застосувань.

Вирішення проблеми може бути шляхом інтегрування етапів із визначеною послідовністю та інтегрування методології, а саме: медико-біологічної, фізико-хімічної та інженерної методології. У випадку створення медико-діагностичних систем на основі радіотехнічних систем інженерний етап та методологія замінюються на радіотехнічний етап та методологію [2-4].

### Постановка задачі дослідження та шляхи вирішення проблеми

Важливою складовою інтегрованої методології створення радіотехнічних систем для медичних застосувань є метод визначення стану виконання окремого етапу (медико-біологічного, фізико-хімічного та радіотехнічного) та інтегрованого створення радіотехнічних систем для медичних застосувань і визначення причин невиконання інтегрованої методології з заданою глибиною [4].

В якості методу визначення стану інтегрованої методології створення радіотехнічних систем для медичних застосувань використано метод функцій переваг. Цей метод дозволяє оптимізувати кількість контрольованих параметрів і установити черговість їхнього контролю [5].

### Метод функцій переваг визначення стану інтегрованої методології

Метод функцій переваг базується на послідовному аналізі деякої *функції переваги*, зміст якої обумовлений характером і обсягом наявної інформації про інтегровану методологію. Метод, побудований на

такій основі буде відрізнятися простотою і чіткістю з точки зору врахування інформації, на основі якої певна функція переваги побудована. Крім того метод функцій переваг може бути використано для інтегрованої методології з довільною структурою функціональної схеми та надає можливість розширення класу таких методів за рахунок утворення нових функцій переваги.

Кількість можливих станів інтегрованої методології буде дорівнювати кількості елементів і модель інтегрованої методології можна надати в математичному вигляді, як таблицю станів інтегрованої методології (цю таблицю називають також матрицею станів). Кількість строк таблиці дорівнює кількості контрольних точок інтегрованої методології, за звичай, кількість контрольних точок і кількість елементів схеми співпадають, що відповідає глибині діагностування до відповідного функціонального елемента. Кількість стовпців таблиці відповідає кількості можливих станів інтегрованої методології і за умови (неможливості одночасного не виконання двох і більше функціональних елементів) дорівнює  $N + 1$ , причому один з цих станів (з умовним номером 0) відповідатиме відсутності не виконання.

Для пошуку невиконаного елемента інтегрованої методології без оцінки виконання інтегрованої методології максимальну кількість інформації дає контроль параметру, який розділяє всі можливі стани на дві рівні частини. Тоді функція переваги має вигляд:

$$W_4(z_i) = \min_{i \in N} \left| \sum_{j=1}^N S_0(ij) - \sum_{j=1}^N S_1(ij) \right| \quad (1)$$

де  $S_1(ij) = 1$ , якщо величина  $ij$ -го елемента таблиці дорівнює 1, і  $S_0(ij) = 0$ , якщо ця величина дорівнює 0. Першим для контролю вибирають параметр  $z_i$ , для якого функція  $W_4(z_i)$  має мінімальне значення. В результаті контролю даного параметра таблиця станів ділиться на дві частини. До однієї частини входять стани, для яких результати контролю вибраного параметра позитивні, а до другої – негативні. Подальші дії по вибору чергового параметра аналогічні.

Для випадку, коли відомі імовірності станів елементів інтегрованої методології, функція переваги має вигляд:

$$W_5(z_i) = \min_{i \in N} \left| \sum_{j=1}^N P(S_i)S_0(ij) - \sum_{j=1}^N P(S_i)S_1(ij) \right| \quad (2)$$

Для випадку, коли відомі імовірності станів елементів інтегрованої методології та вартість (або час) контролю параметру, функція переваги має вигляд:

$$W_6(z_i) = \min_{i \in N} C(z_i) \left| \sum_{j=1}^N P(S_i)S_0(ij) - \sum_{j=1}^N P(S_i)S_1(ij) \right| \quad (3)$$

#### Функціонально-логічна модель і функціонально-логічна схема інтегрованої методології

Функціонально-логічна схема інтегрованої методології виконується у графічному вигляді і складається з функціонально-логічних елементів, які відображаються прямокутниками. Функціонально-логічних елементи при побудові Функціонально-логічної схеми з'єднуються один з одним, відповідно до функціональної схеми інтегрованої методології, з урахуванням того, що вихід будь-якого функціонально-логічного елемента може бути з'єднаний з будь-яким числом входів інших функціонально-логічних елементів, в той час, як вхід будь-якого функціонально-логічного елемента може бути з'єднаний лише з одним виходом одного іншого функціонально-логічного елемента (див. рис. 1).

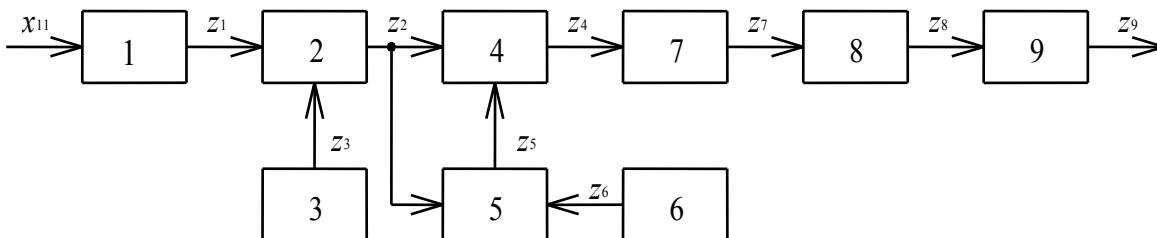


Рис. 1. Функціонально-логічна схема інтегрованої методології

На підставі побудованої функціонально-логічної схеми визначають множину всіх можливих станів інтегрованої методології. Загальна їх кількість дорівнює  $2^N - 1$ , де  $N$  - кількість елементів функціонально-логічної схеми. Однак, за умови високої надійності складових частин інтегрованої методології та дотримання відповідних правил під час її виконання одночасна поява двох незалежних невиконаних окремих методологій малоімовірна.

#### Аналіз інтегрованої методології методом функцій переваги

Спираючись на означені вище положення, побудуємо таблицю станів для об'єкту діагностування, функціонально-логічної схеми якого наведена на рис. 1.

При побудові таблиці станів вважаємо, що стану  $S_1$  відповідає ситуація, при якій не виконаний елемент з номером 1, стану  $S_2$  - ситуація, при якій не виконаний елемент з номером 2 і т.д. Припустимо, що не виконаним може бути лише один елемент інтегрованої методології, не виконання елемента з номером 1 означає, що  $z_1 = 0$  і, відповідно:  $z_2 = 0, z_4 = 0, z_5 = 0, z_7 = 0, z_8 = 0, z_9 = 0$ , тоді як  $z_1 = 1, z_6 = 1$ . Аналогічно для стану  $S_2$ :  $z_2 = 0, z_1 = 1, z_3 = 1, z_4 = 0, z_5 = 0, z_6 = 1, z_7 = 0, z_8 = 0, z_9 = 0$ .

Продовжуючи перебирання станів, отримуємо таблицю станів. Для аналізу таблиці станів інтегрованої методології методом функцій переваг використаємо функцію переваги  $W_4$ . Згідно припущення працездатний стан  $S_0$  не відображається у таблиці станів, а останній стовпець таблиці відображає значення функції переваги  $W_4$  (Таблиця 1).

Першим для контролю вибирають параметр  $z_5$ , для якого функція  $W_4(z_i)$  має мінімальне значення. В результаті контролю даного параметра таблиця станів ділиться на дві частини. До однієї частини входять стани, для яких результати контролю вибраного параметра позитивні, а до другої – негативні.

Таблиця 1

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$W_4$
$z_1$	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
$z_2$	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6
$z_3$	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
$z_4$	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
<b><math>z_5</math></b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$z_6$	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
$z_7$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7
$z_8$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8
$z_9$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9

До таблиці (Табл. 2) станів, для яких результати контролю параметру  $z_5$  негативні обираються стани  $S_1, S_2, S_3, S_5, S_6$ . До таблиці (Табл. 3) станів, для яких результати контролю параметру  $z_5$  позитивні обираються стани  $S_4, S_7, S_8, S_9$ . Для таблиць 2 і 3 аналогічно таблиці 1 визначається функція переваги та для кожної з них виконується розділ на дві частини.

Таблиця 2

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_5$	$S_6$	$W_4$
$z_1$	0	1	1	1	1	5
<b><math>z_2</math></b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$z_3$	1	1	0	1	1	4
$z_5$	0	0	0	0	0	5
$z_6$	1	1	1	1	0	4

Для таблиці 2 для контролю обираємо параметр  $z_2$ . До таблиці станів (Табл. 4), для яких результати контролю параметру  $z_2$  негативні обираються стани  $S_1, S_2, S_3$ . До таблиці станів (Табл 5), для яких результати контролю параметру  $z_2$  позитивні обираються стани  $S_5, S_6$ .

Для таблиці 3 для контролю обираємо параметр  $z_7$ . До таблиці станів (Табл. 6), для яких результати контролю параметру  $z_7$  негативні обираються стани  $S_4, S_7$ . До таблиці станів (Табл. 7), для

яких результати контролю параметру  $z_7$  позитивні обираються стани  $S_8, S_9$ .

Таблиця 3

	$S_4$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$W_4$
$z_4$	0	1	1	1	2
$z_7$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
$z_8$	0	0	0	1	2
$z_9$	0	0	0	0	4

Таблиця 4

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$W_4$
$z_1$	0	1	1	1
$z_2$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
$z_3$	1	1	0	1

Таблиця 5

	$S_5$	$S_6$	$W_4$
$z_5$	0	0	2
$z_6$	1	0	0

Таблиця 6

	$S_4$	$S_7$	$W_4$
$z_4$	0	1	0
$z_7$	0	0	2

Таблиця 7

	$S_8$	$S_9$	$W_4$
$z_8$	0	1	0
$z_9$	0	0	2

Для таблиці 4 для контролю обираємо параметр  $z_1$  або  $z_3$ , які є рівноцінні. До станів для яких результат контролю параметру  $z_1$  негативні обирається однозначний стан  $S_1$ . До таблиці станів (Табл. 8), для яких результати контролю параметру  $z_1$  позитивні обираються стани  $S_2, S_3$ .

Таблиця 8

	$S_2$	$S_3$	$W_4$
$z_2$	0	0	2
$z_3$	1	0	0

Для таблиць 5, 6, 7, 8, обираються для контролю параметри відповідно  $z_6, z_4, z_8, z_3$ . До станів для яких результат контролю параметрів  $z_6, z_4, z_8, z_3$  негативні обираються однозначні стани відповідно  $S_6, S_4, S_8, S_3$ . До станів для яких результат контролю параметрів  $z_6, z_4, z_8, z_3$  позитивні обираються однозначні стани відповідно  $S_5, S_7, S_9, S_2$ .

За результатом аналізу таблиці станів методом функції переваги  $W_4$  отримаємо алгоритм пошуку

невиконання критичного етапу інтегрованої методології (рис. 2).

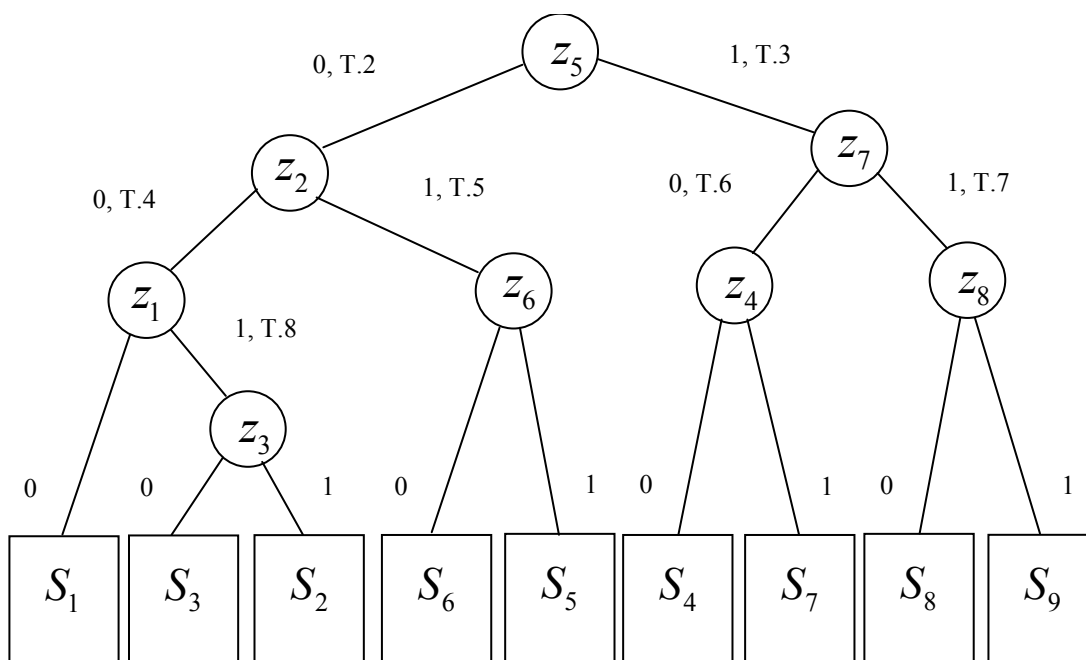


Рис. 2. Алгоритм пошуку невиконання критичного етапу інтегрованої методології.

### Висновки

Метод функцій переваг визначення стану інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем характеризується універсальністю математичного апарату для всіх складових (медико-біологічної, фізико-хімічної та інженерної) інтегрованої методології, що дозволяє визначити стан та причини не виконання окремих елементів інтегрованої методології.

Метод функцій переваг характеризується простотою і чіткістю з точки зору врахування інформації, на основі якої певна функція переваги побудована, що дозволяє аналізувати інтегровані методології з довільною структурою функціональної схеми та надає можливість розширення класу таких методів за рахунок утворення нових функцій переваги.

### Література

1. Ахутин В.М. Биотехнические системы: теория и проектирование. – Л.,1981.- 220 с.
2. F. Töpfer, J. Oberhammer. Millimeter-wave tissue diagnostics // IEEE Microwave Mag., vol. 16, no. 4, pp. 97-113, May 2015
3. Y. Savenko, E. Nelin, F. Repa. Millimeter-Wave System for Medical Diagnostics // Proc. International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science”, Lviv – Slavske (Ukraine), February 2016, pp. 311-314
4. Y. Savenko. Integrated methodology for creating the medical-diagnostic systems // Measuring and Calculating Equipment in Technological Process. Vol. 4, pp.162-166, 2015.
5. Мірських Г.О., Руденко Н.М. Контроль параметрів під час проектування, виробництва та експлуатації радіоелектронної апаратури. Навчальний посібник. – К., НТУУ "КПІ", 2009, - 140 с.

### References

1. Akhutin V. M. Biotechnical systems: theory and design. – L., 1981. – 220 s.
2. F. Töpfer, J. Oberhammer. Millimeter-wave tissue diagnostics // IEEE Microwave Mag., vol. 16, no. 4, pp. 97-113, May 2015
3. Y. Savenko, E. Nelin, F. Repa. Millimeter-Wave System for Medical Diagnostics // Proc. International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science”, Lviv – Slavske (Ukraine), February 2016, pp. 311-314
4. Y. Savenko. Integrated methodology for creating the medical-diagnostic systems // Measuring and Calculating Equipment in Technological Process. Vol. 4, pp.162-166, 2015.
5. Mirskiyh G. O., Rudenko N. M. Kontrol parametriv pid chas proektuvannja, vyrobnytstva ta ekspluatatsii radioelektronnoji aparatury. Navchalnyi posibnyk. – K., NTUU“KPI”, 2009, - 140 s.

Рецензія/Peer review : 8.1.2017 р. Надрукована/Printed :22.3.2017 р.  
Стаття рецензована редакційною колегією