

МЕТОД ФУНКЦІЙ ПЕРЕВАГ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ІНТЕГРОВАНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ МЕДИКО-ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

У статті представлено результати обґрунтування методу функцій переваг для визначення стану інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем.

Проаналізовано шляхи, які надають інтегрований характер методології створення медико-діагностичних систем. Запропоновано інтегрувати у такій послідовності етапи створення медико-діагностичних систем: медико-біологічний, фізико-хімічний та інженерний. Запропоновано інтегровану методологію, в основу якої покладено метод контролю та діагностики стану виконання етапів та інтегрованого створення медико-діагностичної системи і визначення причин невиконання інтегрованої методології.

Ключові слова: методологія, медико-діагностичні системи, медико-біологічна методологія, фізико-хімічна методологія, інженерна методологія, радіотехнічна методологія, інтегрована методологія, метод функцій переваг.

Y.V. SAVENKO

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

ADVANTAGES FUNCTIONS METHOD FOR DEFINITION OF INTEGRATED METHODOLOGY FOR CREATING THE MEDICAL-DIAGNOSTIC SYSTEMS

Abstract — The paper presents the results of investigation on determine the advantages functions method for definition of integrated methodology for creating the medical-diagnostic system.

It has been analyzed ways, which give to methodology an integrated character for creating the medical-diagnostic systems. It has been proposed to integrate stages of creating the medical-diagnostics systems by such sequence: medical-biological stage, physical-chemical stage, engineering stage. It has been proposed the integrated methodology based on techniques of check and diagnostics of completion state of stages and an integrated creation the medical-diagnostic systems and determine the reason of non-completion integrated methodology.

Keywords: methodology, medical-diagnostic systems, 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 медико-діагностичними системами 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 медико-діагностичних систем суттєво відрізняється від появи нових викликів в галузі охорони здоров'я.

Створення медико-діагностичних систем відбувається на окремих етапах із відповідними для них методологіями [1]. Так можна виділити для створення медико-діагностичних систем 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 паралельно або послідовно із невизначеністю порядку та слабкою узгодженістю результатів, що знижує рівень швидкого й ефективного забезпечення потреб охорони здоров'я медико-діагностичними системами

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 медико-діагностичних систем для забезпечення її нормальної реалізації є метод визначення стану виконання окремого етапу (медико-біологічного, фізико-хімічного та радіотехнічного) та інтегрованого створення медико-діагностичної системи і визначення причин невиконання інтегрованої методології з заданою глибиною [4].

В якості методу визначення стану інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем використано метод статистичної оптимізації за критерієм максимальної імовірності відмови (не виконання) параметра із сукупності обраних для контролю параметрів об'єкта діагностування. Цей метод дозволяє оптимізувати кількість контрольованих параметрів і установити черговість їхнього контролю [5]. Відповідно до методу проводиться аналіз виконання інтегрованої методології, що діагностується, на основі якого встановлюються вхідні і вихідні параметри і планується вихідна кількість параметрів.

Сукупність методик (дій) для розпізнавання називають методом розпізнавання. Існує два основних класи таких методів – імовірнісні і детерміністські. Використання того чи іншого класу методів визначається конкретними умовами діагностування, варіантом інтегрованої методології. Імовірнісні методи є більш загальні, більш повно відображають реальну ситуацію, пов'язану з необхідністю вибору в умовах

обмеженого обсягу інформації, але для їх реалізації необхідно мати значно більше (ніж при використанні детерміністських методів) попередньої (апріорної) інформації про інтегровану методологію створення медико-діагностичних систем.

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 елементів при побудові Функціонально-логічна 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).

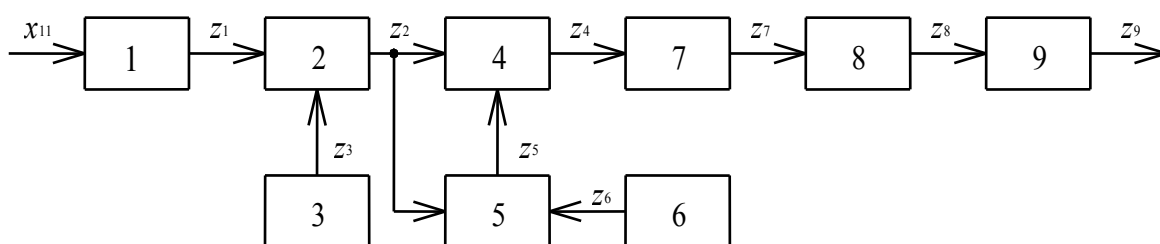


Рис. 1. Функціонально-логічна схема інтегрованої методології

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.

Математичний апарат методу функцій переваг визначення стану інтегрованої методології

Ця група методів 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.

Побудова функцій переваги базується на таблиці станів інтегрованої методології. Таблиця станів інтегрованої методології описує можливі стани елементів та інтегрованої методології в цілому і показує взаємну залежність функціонально-логічних елементів. Рівняння ij -го елементу таблиці нулю означає, що відмова i -го функціонального елемента впливає на вихідний параметр j -го функціонального елемента, тобто контролюючи параметр z_j , можна визначити стан i -го функціонального елемента. Таким чином, чим більше нулів в рядку z_j таблиці станів, тим більшу інформацію несе даний параметр про стан інтегрованої методології. Вказані особливості таблиці станів дають підстави для визначення функції переваги:

$$W_1 = \max_{i \in N} W_1(z_i); \quad W_1(z_i) = \sum_{j=1}^N S_0(ij), \tag{1}$$

де $S_0(ij) = 1$, якщо величина ij -го елементу таблиці дорівнює 0, і $S_0(ij) = 0$, якщо ця величина дорівнює 1. Першим для контролю вибирають параметр z_i , для якого функція $W_1(z_i)$ має максимальне 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:

$$W_2 = \max_{i \in N} W_2(z_i); \quad W_2(z_i) = \sum_{i=1}^N P(S_j) S_0(ij) \quad (2)$$

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

$$W_3(z_i) = \frac{\sum_{i=1}^N P(S_j) S_0(ij)}{C(z_i)} \quad (3)$$

Для пошуку не виконаного 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:

$$W_4(z_i) = \min_{i \in N} \left| \sum_{j=1}^N S_0(ij) - \sum_{j=1}^N S_1(ij) \right| \quad (4)$$

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:

$$W_5(z_i) = \min_{i \in N} \left| \sum_{j=1}^N P(S_i) S_0(ij) - \sum_{j=1}^N P(S_i) S_1(ij) \right| \quad (5)$$

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

$$W_6(z_i) = \min_{i \in N} C(z_i) \left| \sum_{j=1}^N P(S_i) S_0(ij) - \sum_{j=1}^N P(S_i) S_1(ij) \right| \quad (6)$$

Аналіз інтегрованої методології методом функції переваги

Спираючись на означені вище положення, побудуємо таблицю станів для об'єкту діагностування, функціонально-логічної схема 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:

	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
z_1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
z_2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
z_3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
z_4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
z_5	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
z_6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
z_7	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
z_8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
z_9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Працездатний стан S_0 не відобразатиметься у таблиці станів за умови, що мова йде про пошук не виконаного елемента для завідомо не виконаної методології.

Проаналізуємо таблицю станів інтегрованої методології методом функцій переваг. При цьому використаємо функцію переваги W_4 . Згідно припущення працездатний стан S_0 не відобразатиметься у таблиці станів, а останній стовпець таблиці відображає значення функції переваги W_4 .

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
z_5	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
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

Проаналізуємо таблицю станів інтегрованої методології методом функцій переваг. При цьому використаємо функцію переваги W_4 . Згідно припущення працездатний стан S_0 не відобразатиметься у таблиці станів, а останній стовпець таблиці відображає значення функції переваги W_4 .

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.

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. Для таблиці 2 для контролю обираємо параметр z_2 . До таблиці станів, для яких результати контролю параметру z_2 негативні обираються стани S_1, S_2, S_3 . До таблиці станів, 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, для яких результати контролю параметру z_7 негативні обираються стани S_4, S_7 . До таблиці станів, для яких результати контролю параметру z_7 позитивні обираються стани S_8, S_9 .

Таблиця 2

	S_1	S_2	S_3	S_5	S_6	W_4
z_1	0	1	1	1	1	5
z_2	0	0	0	1	1	1
z_3	1	1	0	1	1	4
z_5	0	0	0	0	0	5
z_6	1	1	1	1	0	4

Сукупність параметрів та послідовність їх контролю обираються до тих пір, доки множина N можливих станів елементів інтегрованої методології не буде розділено на окремі розрізнені стани із

відповідною глибиною пошуку стану не виконання.

Таблиця 3

	S_4	S_7	S_8	S_9	W_4
z_4	0	1	1	1	2
z_7	0	0	1	1	0
z_8	0	0	0	1	2
z_9	0	0	0	0	4

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, vyrobnyctva ta ekspluatatsii radioelektronnoji aparatury. Navchalnyi posibnyk. – K., NTUU "KPI", 2009, - 140 s.

Рецензія/Peer review : 17.5.2016 р.

Надрукована/Printed : 4.7.2016 р.

Стаття рецензована редакційною колегією