

## ІМОВІРНІСНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ІНТЕГРОВАНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ МЕДИКО-ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

*У статті представлено результати обґрунтування імовірного методу 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, імовірнісний метод.*

Y.V. SAVENKO

National technical university of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

### PROBABILITY METHOD FOR DEFINITION OF INTEGRATED METHODOLOGY FOR CREATING THE MEDICAL-DIAGNOSTIC SYSTEMS

*Abstract — The paper presents the results of investigation on determine the probability 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, probability 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 [1-4] 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 [5-7]. 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 методологій, а саме: медико-біологічної, фізико-хімічної та інженерної методологій. У випадку створення медико-діагностичних систем на основі радіотехнічних систем інженерний етап та методологія замінюються на радіотехнічний етап та методологію [8-10].

#### 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 [10].

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 [11-13]. 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 (ап'юріорної) інформації про інтегровану методологію створення медико-діагностичних систем.

### Математичний апарат імовірнісного методу визначення стану інтегрованої методології

Імовірнісний метод визначення стану виконання інтегрованої методології формулюється наступним чином. Інтегрована методологія створення медико-діагностичних систем знаходиться в одному з  $n$  випадкових станів  $S_i$ . Відома сукупність ознак  $z_j$  (або параметрів  $y_j$ ), кожний з яких з визначеною імовірністю характеризує відповідний стан інтегрованої методології. Необхідно побудувати правило прийняття рішення, за допомогою якого пред'явлена сукупність ознак була б віднесена до одного з можливих станів. При цьому бажано також оцінити достовірність прийнятого рішення та ступень ризику прийняття помилкового рішення.

Серед імовірнісних методів визначення стану виконання інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем найбільший інтерес представляє метод оснований на узагальненій формулі Байеса. Також може бути використаний метод послідовного аналізу, запропонований Вальдом.

Метод на узагальненій формулі Байеса має перевагу завдяки своїй простоті та ефективності. До найбільш суттєвих недоліків алгоритму слід віднести необхідність значного обсягу попередньої інформації та «пригнічення» станів, що зустрічаються рідко. Однак у випадках, коли обсяг статистичних даних дозволяє використання узагальненої формули Байеса, цей алгоритм виявляється найбільш надійним та ефективним.

Розглянемо стан  $S_i$  об'єкту діагностування і ознаку  $z_j$ , яка зустрічається при цьому стані.

Імовірність сумісної появи цих подій (тобто наявність стану  $S_i$  та ознаки  $z_j$ ) визначатиметься як

$$P(S_i, z_j) = P(S_i) / P(z_j / S_i) = P(z_j) / P(S_i / z_j)$$

Звідси випливає формула Байеса

$$P(S_i / z_j) = P(S_i) \frac{P(z_j / S_i)}{P(z_j)} \quad (1)$$

Визначимо зміст кожної з величин, що входять до формули (1).

$P(S_i)$  - імовірність стану  $S_i$ . Визначається за статистичними даними (ап'юріорна імовірність стану).

Так, якщо попередньо було обстежено  $N$  об'єктів і у  $N_i$  об'єктів спостерігався стан  $S_i$ , то  $P(S_i) = N_i / N$ .

$P(z_j / S_i)$  - імовірність появи ознаки  $z_j$  об'єктів, що знаходяться у стані  $S_i$ . Так, якщо серед  $N_i$  об'єктів, які знаходяться у стані  $S_i$ , у  $N_{ij}$  виявлено ознаку  $z_j$ , то  $P(z_j / S_i) = N_{ij} / N_i$ .

$P(z_j)$  - імовірність появи ознаки  $z_j$  у всіх об'єктів, незалежно від того, в якому стані вони перебувають. Так, якщо із загальної кількості  $N$  об'єктів ознака  $z_j$  виявлена  $N_j$  об'єктів, то  $P(z_j) = N_j / N$ .

Для прийняття рішення щодо стану  $S_i$  спеціальний розрахунок  $P(S_i)$  не потрібен. З подальшого буде зрозуміло, що при визначенні для всіх можливих станів величинах  $P(S_i)$  і величина  $P(z_j)$  визначається однозначно.

В виразі (1)  $P(S_i / z_j)$  - імовірність стану  $S_i$  після того, як стало відомо про наявність у об'єкта ознаки  $z_j$  (апостеріорна імовірність стану).

Узагальнена формула Байеса відноситься до випадку, коли дослідження ведуться по комплексу ознак  $Z$ , що включає ознаки  $z_1, z_2, \dots, z_v$ . Кожна з ознак  $z_j$  має  $m_j$  розрядів  $(z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{js}, \dots, z_{jm})$ .

Наприклад, для випадку, коли мова йде про стан виконання або не виконання елемента інтегрованої методології для всіх ознак  $m = 2$ :  $z_1 = 1$  (стан виконання),  $z_2 = 0$  (стан не виконання).

В результаті дослідження об'єкту стає відомою реалізація ознаки  $Z_j^* = Z_{js}$  і усього комплексу ознак  $Z^*$  (індексом \* позначена конкретна реалізація ознаки). Формула Байеса для комплексу ознак набуває вигляду

$$P(S_i / Z^*) = P(S_i) \frac{P(Z^* / S_i)}{P(Z^*)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

де  $P(S_i / Z^*)$  - імовірність стану  $S_i$  після того, як стали відомі результати дослідження об'єкту за комплексом ознак  $Z$ ;  $P(S_i)$  - отримана за результатами попередніх досліджень об'єкту (попередньої статистики) імовірність стану  $S_i$ .

Формула (2) відноситься до будь-якого з  $n$  можливих станів об'єкту. Якщо припустити, що об'єкт знаходиться лише в одному з вказаних станів, отримуємо:

$$\sum_{s=1}^n P(S_s) = 1$$

Відмітимо, що в деяких задачах діагностики допускають існування об'єкту в кількох станах одночасно. Це ускладнює задачу, бо необхідно розглядати кожну з комбінацій окремих станів об'єкту.

Визначимо величину  $P(Z^* / S_i)$ , тобто імовірність того, що при спостереженні стану  $S_i$  існуватиме реалізація ознаки  $Z^*$ . Якщо комплекс ознак  $Z$  складається з  $n$  незалежних ознак, то

$$P(Z^* / S_i) = \prod_{j=1}^n P(z_j / S_i), \tag{3}$$

Відмітимо, що в більшості практичних задач, особливо при великій кількості ознак, можна приймати умову незалежності ознак навіть при наявності між ними суттєвих кореляційних зв'язків.

Імовірність появи комплексу ознак  $P(Z^*) = \sum_{s=1}^n P(S_s) / P(Z^* / S_s)$ . Узагальнена формула Байеса може бути подана як

$$P(S_i / Z^*) = \frac{P(S_i)P(Z^* / S_i)}{\sum_{s=1}^n P(S_s) / P(Z^* / S_s)}, \tag{4}$$

де  $P(Z^* / S_i)$  визначається виразом (3). З (4) безпосередньо випливає  $\sum_{i=1}^n P(S_i / Z^*) = 1$ , що є істотним, бо інтегрована методологія має перебувати в якомусь зі станів, що розглядаються, а перебування інтегрованої методології одночасно в двох (чи більше) станах неможливо. Звернемо увагу на те, що знаменник у формулі (4) однаковий для всіх станів інтегрованої методології. Це дозволяє спочатку визначити імовірність сумісної появи  $i$ -го стану і даної реалізації комплексу ознак

$$P(S_i / Z^*) = P(S_i)P(Z^* / S_i), \text{ а потому - апостеріорну імовірність стану } P(S_i / Z^*) = \frac{P(S_i, Z^*)}{\sum_{s=1}^n P(S_s, Z^*)}.$$

Для визначення імовірності станів за формулою Байеса необхідно на підставі наявного статистичного (ап'юріорного) матеріалу скласти діагностичну матрицю. Елементами цієї матриці є імовірності розрядів ознак при різних станах інтегрованої методології.

Таблиця 1

Стан $S_i$	Ознака $z_j$						$P(S_i)$
	$z_1$		$z_2$		$z_3$		
	$P(z_{11} / S_i)$	$P(z_{12} / S_i)$	$P(z_{21} / S_i)$	$P(z_{22} / S_i)$	$P(z_{31} / S_i)$	$P(z_{32} / S_i)$	
$S_1$	0,8	0,2	0,1	0,9	0,3	0,7	0,3
$S_2$	0,4	0,6	0,3	0,7	0,5	0,5	0,1
...	...	...	...	...	...	...	...

В табл. 1 наведена діагностична матриця для дворозрядних ознак, що приймають значення «так» чи «ні». При цьому прийнято:  $P(z_j / S_i) = P(z_{j1} / S_i)$ ,  $P(\bar{z}_j / S_i) = P(z_{j2} / S_i)$ ,  $P(z_{j1} / S_i) + P(z_{j2} / S_i) = 1$ .

Оскільки в діагностичну матрицю включені ап'юріорні імовірності перебування методологій в тому чи іншому стані, важливо передбачити можливість уточнення елементів цієї матриці в процесі діагностування цієї методології. Для цього алгоритмом формування діагностичної матриці має бути передбачено зберігання в пам'яті комп'ютера додаткової інформації, а саме:  $N$  – загальна кількість

методологій, що використані для побудови діагностичної матриці;  $N_i$  – кількість методологій, для яких встановлено перебування у стані  $S_i$ ;  $N_{ij}$  – кількість методологій, що перебували у стані  $S_i$  і були обстежені за ознакою  $z_j$ .

Якщо на діагностування поступає черговий об'єкт у стані  $S_\mu$ , то здійснюється корекція попередніх апіорних імовірностей станів методологій:

$$P(S_i) = \begin{cases} \frac{N_i}{N+1} = P(S_i) \frac{N}{N+1}; i = 1, 2, \dots, n; i \neq \mu \\ \frac{N_\mu + 1}{N+1} = P(S_\mu) \frac{N}{N+1}; i = \mu \end{cases}$$

Далі слід ввести поправки до значень імовірностей ознак, що відповідають тим чи іншим станам методологій. Нехай у черговій методології, що перебуває у стані  $S_\mu$ , виявлено розряд  $r$  ознаки  $z_j$ . Тоді для подальшого діагностування приймають нові значення імовірності появи ознаки  $z_j$  при перебування методології у стані  $S_\mu$ . Звичайно, що умовні імовірності ознак при виявленні інших станів корекції не потребують.

$$P(z_{js} / S_\mu) = \begin{cases} P(z_{js} / S_\mu) \frac{N_{\mu i}}{N_{\mu i} + 1}; s \neq r \\ P(z_{jr} / S_\mu) \frac{N_{\mu i} + 1}{N_{\mu i} + 1} + \frac{1}{N_{\mu i} + 1}; s = r \end{cases}$$

Правило прийняття рішення – правило, згідно якому приймається рішення щодо стану методології. В розглянутому методі методології з комплексом ознак  $Z^*$  вважаються такими, що перебувають у стані з найбільшою апостеріорною імовірністю

$$Z^* \in S_i, \text{ якщо } P(S_i / Z^*) > P(S_j / Z^*), j = 1, 2, \dots, n; i \neq j. \quad (5)$$

Умова (5) показує, що реалізація комплексу ознак  $Z^*$  визначає перебування методології у стані  $S_i$ . Це правило, за звичай, уточнюється введенням порогового значення для імовірності перебування методології в визначеному стані, а саме  $P(S_i / Z^*) \geq P_i$ , де  $P_i$  – заздалегідь вибраний рівень розпізнавання перебування методології у стані  $S_i$ . При цьому імовірність перебування методології в найближчому стані не перевищує  $1 - P_i$ . За звичай приймається  $P_i \geq 0,9$ . За умови, що  $P(S_i / Z^*) < P_i$  рішення про перебування методології у стані  $S_i$  не приймається – необхідно отримання додаткової інформації.

Як було зазначено, методу оснований на теоремі Байєса, притаманний недолік, що полягає в збільшенні похибки визначення тих станів, в яких методології перебувають рідко (у порівнянні з іншими станами). Тому на практиці доцільно додатково провести визначення стану методології у припущенні, що імовірність її перебування у всіх станах однакова, тобто за умови, що  $P(S_i) = 1/n$ . За цієї умови найбільше значення апостеріорної імовірності буде відповідати стану  $S_i$ , для якого  $P(Z^* / S_i) = \max$ , тобто  $Z^* \in S_i$  якщо  $P(Z^* / S_i) > P(Z^* / S_j), i = 1, 2, \dots, n; i \neq j$ .

Таким чином, вважається що методологія перебуває у стані  $S_i$ , якщо дана сукупність ознак частіше зустрічається при перебуванні методології саме у стані  $S_i$ , а не в інших станах. Таке правило прийняття рішення зветься правилом максимальної правдоподібності.

#### 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-логічна схеми з'єднуються один з одним, відповідно до функціональної схеми інтегрованої методології, з урахуванням того, що вихід будь-якого функціонально-логічних елемента може бути з'єднаний з будь-яким числом входів інших функціонально-логічних елементів, в той час, як вхід будь-якого функціонально-логічних елемента може бути з'єднаний лише з одним виходом одного іншого функціонально-логічних елемента (див. рис. 1).

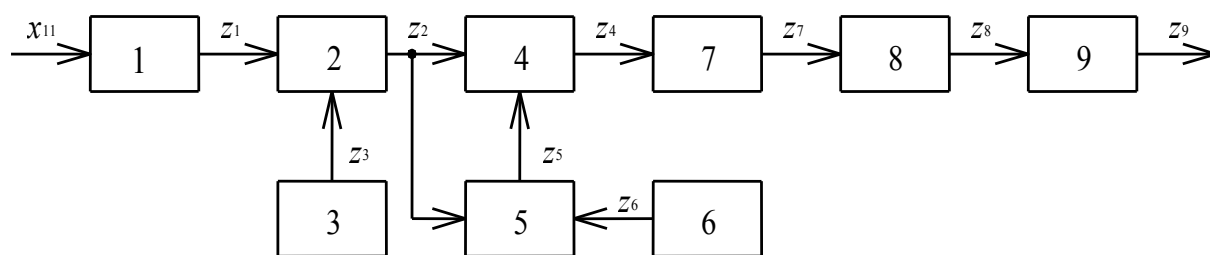


Рис. 1. Функціонально-логічна схема інтегрованої методології

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 малоймовірна. Тоді 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.

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

При побудові таблиці станів вважають, 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. Згідно припущень, 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 відобразиться у таблиці станів за умови, що мова йде про пошук місця відмови для завідомо не виконаної методології.

### Висновки

Імовірнісний метод 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 виконання (не виконання) окремих елементів та інтегрованої методології в цілому. Метод дозволяє досягти швидкого й ефективного забезпечення потреб охорони здоров'я медико-діагностичними системами.

Визначення стану інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем для

запропонованого інтегрування у визначеній послідовності медико-біологічної, фізико-хімічної та інженерної (радіотехнічної) методологій дозволяє забезпечити єдність методологічної мети та дозволяє швидко й ефективно забезпечення потреб охорони здоров'я медико-діагностичними системами.

### Література

1. Rao SM, Binder JR, Hammeke TA, et al. Somatotopic mapping of the human primary motor cortex with functional magnetic resonance imaging. *Neurology* 1995;45:919-24.
2. Friston KJ, Fletcher P, Josephs O, Holmes A, Rugg MD, Turner R. Event-related fMRI: characterizing differential responses. *Neuroimage* 1998;7:30-40.
3. Van der Linden A, Verhoye M, Van Audekerke J, et al. Non invasive in vivo anatomical studies of the oscine brain by high resolution MRI microscopy. *J Neurosci Methods* 1998;81:45-52.
4. Flitman S, O'Grady J, Cooper V, Grafman J. PET imaging of maze processing. *Neuropsychologia* 1997;35:409-420.
5. Ахутин В.М. Биотехнические системы: теория и проектирование. – Л., 1981. – 220 с.
6. Разработка, производство и техническое обслуживание медицинской техники. Часть 1. Приборы, аппараты, оборудование и технологии для исследования физиологических и биохимических параметров организма / Ю. Г. Герцик, С. А. Кайдалов, Г. Я. Герцик. – М.:Изд-во "Рудомино". – 284 с.
7. Разработка, производство и техническое обслуживание медицинской техники. Часть 2. Приборы, аппараты, оборудование и технологии для визуализации органов и тканей / Е. Г. Амброзевич, Ю. Г. Герцик, В. Е. Синецын, А. В. Потемкин. – М.:Изд-во "Рудомино". – 312 с.
8. F. Töpfer, J. Oberhammer. Millimeter-wave tissue diagnostics // *IEEE Microwave Mag.*, vol. 16, no. 4, pp. 97-113, May 2015
9. 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
10. Y. Savenko. Integrated methodology for creating the medical-diagnostic systems // *Measuring and Calculating Equipment in Technological Process*. Vol. 4, pp.162-166, 2015.
11. Леонов А.И., Дубровский Н.Ф. Основы технической эксплуатации бытовой радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Легпромиздат, 1991. – 272 с.
12. Мірських Г.О., Руденко Н.М. Контроль параметрів під час проектування, виробництва та експлуатації радіоелектронної апаратури. Навчальний посібник. – К., НТУУ "КПІ", 2009, - 140 с.
13. Федоров В.К., Сергеев Н.П., Кондрашин А.А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств – М.: Издательство "Техносфера", 2005, – 504 с.

### References

1. Rao SM, Binder JR, Hammeke TA, et al. Somatotopic mapping of the human primary motor cortex with functional magnetic resonance imaging. *Neurology* 1995;45:919-24.
2. Friston KJ, Fletcher P, Josephs O, Holmes A, Rugg MD, Turner R. Event-related fMRI: characterizing differential responses. *Neuroimage* 1998;7:30-40.
3. Van der Linden A, Verhoye M, Van Audekerke J, et al. Non invasive in vivo anatomical studies of the oscine brain by high resolution MRI microscopy. *J Neurosci Methods* 1998;81:45-52.
4. Flitman S, O'Grady J, Cooper V, Grafman J. PET imaging of maze processing. *Neuropsychologia* 1997;35:409-420.
5. Akhutin V. M. Biotechnical systems: theory and design. – L., 1981. – 220 s.
6. Razrabotka, proizvodstvo I tehicheskoe obsluzhivanie meditsinskoj tehniki. Chast 1. Pribory, apparaty, oborudovanie i tehnologii dlja issledovaniya fiziologicheskix I biohimicheskix parametrov organizma / Y. G. Gertsik, S. A. Kaidalov, G. Y. Gertsik. – М.: "Rudomino". – 284 s.
7. Razrabotka, proizvodstvo I tehicheskoe obsluzhivanie meditsinskoj tehniki. Chast 2. Pribory, apparaty, oborudovanie i tehnologii dlja vizualizatsii organov I tkaney / E. G. Ambrozevich, Y. G. Gertsik, V. E. Sinitin, A. V. Potemkin. – М.: "Rudomino". – 312 s.
8. F. Töpfer, J. Oberhammer. Millimeter-wave tissue diagnostics // *IEEE Microwave Mag.*, vol. 16, no. 4, pp. 97-113, May 2015
9. 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
10. Y. Savenko. Integrated methodology for creating the medical-diagnostic systems // *Measuring and Calculating Equipment in Technological Process*. Vol. 4, pp.162-166, 2015.
11. Leonov A. I., Dubrovskiy N. F. Osnovy tehicheskoy ekspluatatsii bytovoy radioelektronnoy apparatury.– М.: Legpromizdat, 1991. – 272 s.
12. Mirskiy G. O., Rudenko N. M. Kontrol parametrov pid chas proektuvannja, vyrobnystva ta ekspluatatsii radioelektronnoj aparatury. Navchalnyi posibnyk. – К., NTUU"KPI", 2009, - 140 s.
13. Fedorov V. K., Sergeev N. P., Kondrashin A.A. Kontrol I ispytaniya v proektirovanii I proizvodstve radioelektronnyh sredstv. – М.: "Tehnosfera", 2005, – 504 s.

Рецензія/Peer review : 27.11.2015 р.

Надрукована/Printed :3.4.2016 р.