

ІНТЕГРОВАНА МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ МЕДИКО-ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

У статті представлено результати досліджень із визначення інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем.

Проаналізовано сучасні методології створення медико-діагностичних систем для клінічної діагностики патології організму людини на мікрорівні, зокрема томографічної діагностики онкологічних захворювань, патології головного мозку, та серцево-судинних патології організму людини. 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 контролю та діагностика.

Y.V. SAVENKO

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

INTEGRATED METHODOLOGY FOR CREATING THE MEDICAL-DIAGNOSTIC SYSTEMS

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

It has been analyzed the current state of clinical diagnostics of diseases of the human body at the microlevel, in particular by tomography diagnostics of cancer, diseases of the brain and cardiovascular pathology of the human body. 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, techniques of check and diagnostics.

Вступ

Методологія створення медико-діагностичних систем потребує інтегрування для задоволення потреб в галузі охорони здоров'я, зокрема діагностування захворювань на ранніх стадіях їх виникнення та їх профілактики.

Результати клінічної діагностики методами ультразвукової діагностики, комп'ютерної томографії, магнітно-резонансної томографії та позитронно-емісійної томографії містять інформацію про структурні та функціональні особливості біологічного об'єкту та відображають теперішні можливості діагностики організму людини на макрорівні [1-4].

Вивчення сучасного стану клінічної діагностики патології організму людини на мікрорівні, зокрема томографічної діагностики онкологічних захворювань, патології головного мозку, та серцево-судинних патології організму людини дозволяє стверджувати, що створення медико-діагностичних систем суттєво відстає від появи нових викликів в галузі охорони здоров'я.

Постановка задачі дослідження та шляхи вирішення проблеми

Пошук нових шляхів швидкого й ефективного забезпечення потреб охорони здоров'я медико-діагностичними системами приводить до необхідності критичного перегляду методологій їх створення.

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 інтегрованою методологією (Рис. 1).

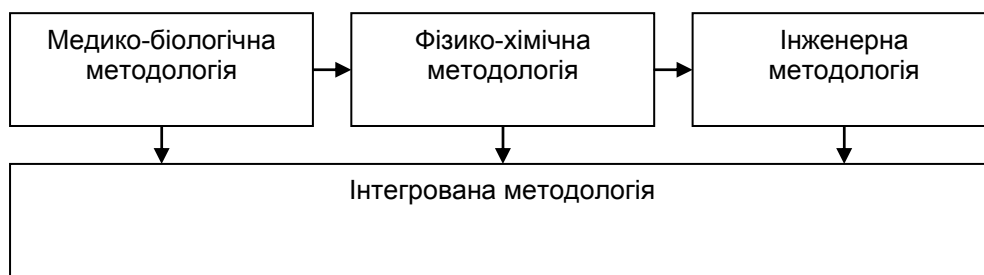


Рис. 1. Схема інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем

У випадку створення медико-діагностичних систем на основі радіотехнічних систем інженерний етап та методологія замінюються на радіотехнічний етап та методологію.

Метод контролю та діагностики інтегрованої методології

Важливою складовою інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем для забезпечення її нормальної реалізації є метод контролю та діагностики, який визначає стан виконання окремого етапу (медико-біологічного, фізико-хімічного та радіотехнічного) та інтегрованого створення медико-діагностичної системи і визначення причин невиконання інтегрованої методології з заданою глибиною.

Метод контролю та діагностики інтегрованої методології може бути функціональним чи тестовим, що визначається характером даних для перевірки. Функціональний метод контролю та діагностики використовує функціональні дані для перевірки, які отримані на певному етапі виконання інтегрованої методології. Тестовий метод контролю та діагностики використовує тестові дані для перевірки, які отримані як статистичні дані виконання інтегрованої методології.

Контроль і діагностика виконання етапів інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем припускає певну ідеалізацію, при якій виділяються деякі істотні (для контролю й діагностики) характеристики й відкидаються другорядні, тобто реальне створення медико-діагностичної системи замінюється моделлю.

При пошуку невиконання етапів інтегровану методологію представляють у вигляді функціональної моделі або функціонально-логічної схеми. Функціональна модель характеризується набором функціональних елементів та зв'язків. Під функціональним елементом розуміють частину інтегрованої методології (метод, методика, алгоритм, перетворення, функція, операція), що може перебувати тільки в одному із двох станів: виконано або не виконано. При побудові функціональної моделі виходять із заданої імовірності локалізації невиконання етапу інтегрованої методології з урахуванням конструктивних особливостей створення конкретної медико-діагностичної системи.

Вихідними даними для побудови функціональної моделі є: схема інтегрованої методології, схема контролю й діагностики інтегрованої моделі; опис методів, методик, алгоритмів на яких базується інтегральна методологія створення медико-діагностичних систем; задана глибина пошуку невиконання елементу інтегрованої методології.

При побудові функціональних моделей необхідно керуватися наступними правилами:

- у кожному функціональному елементі повинні бути відомі значення (номінальні, допуски) вхідних і вихідних параметрів, їхня функціональна залежність і спосіб контролю;
- при виході із припустимих меж хоча б одного із вхідних параметрів з'являється вихідний параметр, що також виходить із припустимих меж;
- функціональний елемент моделі інтегрованої методології вважається невиконаний, якщо при всіх вхідних параметрах, що лежать у припустимих межах, на його виході з'являється параметр, значення якого виходять із припустимих меж;
- значення зовнішніх вхідних параметрів завжди перебувають у межах допусків;
- якщо вихідний параметр функціонального елемента i є вхідним для функціонального елемента j , то значення цих параметрів збігаються;
- лінії зв'язку між функціональними елементами абсолютно надійні;
- будь-який первинний функціональний елемент моделі може мати тільки один вихідний параметр при довільному кінцевому числі вхідних параметрів.

Інтегрована методологія створення медико-діагностичних систем характеризується визначеною множиною параметрів. По ступеню узагальнення інформації про стан виконання елементу методології, що діагностується, параметри підрозділяють на первинні, вторинні і проміжні.

Первинні параметри мають самий низький ступінь узагальнення і є параметрами елементів інтегрованої методології, що діагностується. Вторинні параметри мають самий високий ступінь, узагальнення інформації про виконання елементу інтегрованої методології, що діагностується, і є вихідними параметрами інтегрованої методології – це визначальні параметри. Проміжні параметри дозволяють здійснювати зв'язок між вторинними і первинними параметрами. Кількість контрольованих параметрів визначається задачами контролю і діагностики.

Стан виконання інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем

характеризується декількома визначальними параметрами (вторинними і проміжними), по яких оцінюються її можливості виконувати інтегроване створення медико-діагностичних систем. Для виявлення визначальних параметрів часто необхідно виконати значні теоретичні дослідження варіанту інтегрованої методології, що діагностується.

При пошуку локального стану і причини не виконання інтегрованої методології необхідна детальна інформація про стан елементів інтегрованої методології, що вимагає контролю більшого числа параметрів, ніж при контролі стану виконання.

При прогнозуванні стану виконання необхідно мати ще більший обсяг інформації про стан інтегрованої методології. У цьому випадку потрібно знати не тільки стан елементів інтегрованої методології, значення їх параметрів, але і закони зміни параметрів, у тому числі і в часі. Тому при прогнозуванні контролюють ще більше параметрів і стежать за зміною їх у часі.

В якості методу контролю та діагностики стану виконання 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. Відповідно до методу проводиться аналіз виконання інтегрованої методології, що діагностується, на основі якого встановлюються вхідні і вихідні параметри і планується вихідна кількість параметрів.

Послідовність контролю параметрів встановлюється починаючи з максимального значення імовірності не виконання в порядку зменшення. Послідовність контролю параметрів варіанту інтегрованої методології, що діагностується, має особливо велике значення при створенні автоматизованих медико-діагностичних систем. При цьому вона визначає обсяг програми контролю, складність програмно-керуючих і комутуючих пристроїв, пристроїв пошуку несправностей і т.п.

При пошуку невиконання кожна доцільна перевірка подає визначену інформацію, що вказує на можливі причини невиконання, і обмежує область, у якій повинна проводитися наступна перевірка стану інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем.

Класифікація алгоритмів визначення стану виконання інтегрованої методології

В задачах технічної діагностики визначення (розпізнавання) стану об'єкту зводиться до вирішення задачі віднесення цього стану до одного з можливих класів (типових станів, діагнозів) [8-10]. Кількість таких класів визначається особливостями конкретної задачі та цілями дослідження (цілями діагностування). Інтегрована методологія для створення медико-діагностичних систем є об'єктом діагностування. В одних випадках здійснюється дослідження з метою визначення стану виконання інтегрованої методології, тобто вибору (розпізнавання) одного з двох можливих станів: "виконано" або "не виконано". Такий процес називається диференціальною діагностикою. В інших випадках слід більш детально охарактеризувати непрацездатний стан невиконання інтегрованої методології, наприклад при прогнозуванні стану виконання в наступний період часу. Для діагностики стану виконання інтегрованої методології вказані класи встановлюються заздалегідь. При цьому задачу розпізнавання називають задачею класифікації.

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.

Імовірнісний метод визначення стану виконання 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 Байєса. Також може бути використаний метод послідовного аналізу, запропонований Вальдом.

Метод на узагальненій формулі Байєса 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 Байєса, 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 Байєса

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

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

$P(S_i)$ - імовірність стану S_i . Визначається за статистичними даними (апріорна 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 Байєса відноситься до випадку, коли дослідження ведуться по комплексу ознак Z , що включає ознаки z_1, z_2, \dots, z_n . 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 $m = 2$:

$$z_1 = 1 \text{ (стан виконання), } z_2 = 0 \text{ (стан не виконання).}$$

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

Формула Байєса 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.

Висновки

Інтегрований характер методології створення медико-діагностичних систем досягається завдяки запропонованому інтегруванню у визначеній послідовності медико-біологічної, фізико-хімічної та інженерної (радіотехнічної) методологій, що характеризується єдністю методологічної мети та дозволяє швидко й ефективно забезпечення потреб охорони здоров'я медико-діагностичними системами.

Метод контролю та діагностики стану виконання інтегрованої методології створення медико-діагностичних систем характеризується єдністю 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.

Досягнення позитивного ефекту можливо лише при комплексному використанні запропонованої інтегрованої методології з урахуванням особливостей конкретної медико-діагностичної системи та конкретного варіанту інтегрування медико-біологічної, фізико-хімічної та інженерної (радіотехнічної) методологій.

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 / В.М. Ахутин. – 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. Сеницын, А. В. Потемкин. – М.:Изд-во "Рудомино". – 312 с.
8. Леонов А.И.. Основы технической эксплуатации бытовой радиоэлектронной аппаратуры / А.И. Леонов, Н.Ф. Дубровский. – М.: Легпромиздат, 1991. – 272 с.
9. Мірських Г.О. Контроль параметрів під час проектування, виробництва та експлуатації радіоелектронної апаратури. Навчальний посібник / Г.О. Мірських, Н.М. Руденко. – К., НТУУ "КПІ", 2009, - 140 с.
10. Федоров В.К. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств / В.К. Федоров, Н.П. Сергеев, А.А. Кондрашин. – 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. – M.: "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. Sinitsin, A. V. Potemkin. – M.: "Rudomino". – 312 s.
8. Leonov A. I., Dubrovskiy N. F. Osnovy tehicheskoy ekspluatatsii bytovoy radioelektronnoy apparatury.– M.: Legpromizdat, 1991. – 272 s.
9. Mirskiyh G. O., Rudenko N. M. Kontrol parametrov pid chas proektuvannya, vyrobnystva ta ekspluatatsii radioelektronnoji aparatury. Navchalnyi posibnyk. – K., NTUU"KPI", 2009, - 140 s.
10. Fedorov V. K., Sergeev N. P., Kondrashin A.A. Kontrol I ispytaniya v proektirovanii I proizvodstve radioelektronnyh sredstv. – M.: "Tehnosfera", 2005, – 504 s.

Рецензія/Peer review : 22.11.2015 р.

Надрукована/Printed : 19.12.2015 р.