

УДК 004.94

С.В. Голуб, к.т.н., доц.

Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького

В.М. Джолос, лікар кардіореаніматолог

Черкаська міська лікарня № 1

ВИКОРИСТАННЯ ЕВРИСТИЧНОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПІСЛЯІНФАРКТНИХ УСКЛАДНЕНЬ

В роботі описано використання технології індуктивного моделювання на основі методу групового врахування аргументів в медицині. Описані принципи проектування інформаційних систем забезпечення цих технологій. Подані результати використання спроектованих інформаційних систем у процесі визначення можливості летального розвитку стану хворих на інфаркт міокарда. Використання запропонованих інформаційних технологій і систем підвищує якість проведеної лікарем діагностики та вибору схеми лікування.

Постановка проблеми. Зростаючі обсяги інформації при застосуванні сучасних діагностичних та лікувальних технологій вимагають використання нових підходів до обробки та інтерпретації отриманих даних, перетворення їх в інформацію, накопичуючи та враховуючи при цьому досвід та знання кваліфікованих спеціалістів. Зростання кількості інформації вимагає врахування комплексного впливу багатьох факторів на стан хворого при його діагностуванні та лікуванні. Тому для обробки та аналізу зростаючої кількості інформації в діагностично-лікувальній практиці все ширше використовуються інформаційні технології та системи. Основною проблемою при використанні інформаційних систем в медицині є визначення адекватного способу моделювання об'єктів.

Мета і задачі роботи. Метою даної роботи є дослідження особливостей використання методології індуктивного моделювання для розпізнавання можливих ускладнень за початковим періодом протікання захворювання на інфаркт міокарда.

Аналіз досліджень та публікацій. Особливостями алгоритмів обробки інформації в медицині [1, 2, 3] є те, що для кожного реального об'єкта необхідно розробляти окрему унікальну технологію моделювання. Технологія, розроблена для моделювання одного об'єкта, при використанні в дослідженнях іншого дає неякісні моделі. [4]. Необхідно обробляти велику кількість різнорідних даних, які мають різну значимість [5]. Значимість даних визначається суб'єктивно та використовується інтегрально без врахування особливостей реального об'єкта та його стану. Медична діагностика часто не має чітких правил та визначених алгоритмів прийняття рішень. Використовується досвід та інтуїція лікаря.

Одним із підходів до моделювання складних систем в медицині є використання наявних адаптивних алгоритмів [6], які можуть працювати з мінімальною кількістю даних [7]. Інтенсивно розвивається на даний час тільки одна група таких алгоритмів — нейромережеві [8], [9]. Розроблений Д.А. Россієвим програмний комплекс AcceStat-2000 “NeuroMaster” може використовуватись не тільки при створенні експертних систем, але і дослідженні медико-біологічних даних [10]. Значимість цієї роботи в тому, що в ній запропоновано використати технології побудови нейромереж як загальні принципи моделювання в медицині, які можуть бути застосовані при проектуванні нового класу експертних систем. Але існує значна кількість завдань діагностично-лікувальних технологій, для вирішення яких використання нейромережевих технологій недостатньо. Закритість процесу побудови нейромережевих моделей не завжди в повній мірі задовольняє потреби лікаря-дослідника. Існує необхідність у порівнянні ваги впливаючих факторів, врахованих моделлю, із впливовістю цих факторів на процес протікання захворювання, отриманих на підставі досвіду. Ускладнено експериментальне підтвердження тих чи інших здогадів, вивчення протікання хвороби на її моделі, визначення характеру сукупного впливу шкідливих факторів та принципово можливих засобів захисту організму від них.

Крім того, інтеграція запропонованих принципів моделювання в структури експертних систем накладає на них ряд недоліків, притаманних традиційним експертним системам: громіздкість, необхідність певного рівня спеціальної підготовленості лікаря, складність процесу побудови експертної системи. © С.В. Голуб, В.М. Джолос, 2004

Існує потреба в подальшому розвитку та застосуванні інформаційних технологій в медицині на основі методів моделювання складних систем, побудованих за принципами масової селекції та евристичної самоорганізації.

Виклад основної частини. Для розширення можливостей індуктивних технологій моделювання [11] при їх використанні в діагностично-лікувальному процесі пропонується поєднати в рамках однієї оболонки кілька алгоритмів, побудованих за принципами розвитку природних систем: метод групового врахування аргументів (МГУА) та МГУА–подібні алгоритми, генетичні алгоритми, інструментарій нейромереж, метод потенційних функцій, алгоритми еволюційного моделювання.

Розроблені спільні стандарти подання первинної інформації, визначення показників якості отриманих моделей, спільний інструментарій їх дослідження та використання. Розроблені правила послідовного та паралельного застосування, в рамках однієї технології генерації інформаційної моделі, кількох видів алгоритмів та їх окремих функціональних модулів.

Для автоматизації отриманих технологій розроблені принципи проектування інформаційних систем, які отримали назву „Евристичні системи спостережень” (ЕСС) [12]. ЕСС виконує функції розпізнавання образів, визначення аналітичних залежностей та прогнозування стану об’єкта в процесі багаторівневого моніторингу об’єктів різних предметних областей.

На відміну від експертних систем, де дослідження об’єкта організовується як процес забезпечення роботи інформаційної системи, ЕСС пристосована для автоматизації обслуговування технології дослідження об’єкта. Завдання на моделювання ставляться таким чином, щоб надати в розпорядження лікаря додаткову інформацію, яка полегшує постановку діагнозу та вибір схеми лікування. Допустимими є також прогнозування впливу вибраної схеми лікування на стан хворого на основі моніторингу за протіканням хвороби на початковій стадії. Результати моделювання при таких постановках завдань підсилюють інформаційну забезпеченість лікаря в процесі навчання його інтуїції та збільшення досвіду. Підвищується якість прийнятих рішень.

Принциповою помилкою автори вважають визначення мети моделювання для ЕСС як розпізнавання діагнозу та вибір системою схеми лікування, тобто прийняття остаточного рішення. Інтуїція та досвід лікаря таким чином протиставляються інформаційній системі у випадку неспівпадання висновків. Крім того, це призводить до зменшення необхідності самовдосконалення лікаря та зниження ролі накопичення знань. Ця функція перекладається на інформаційну систему.

Модель будь-якої системи перш за все відображає зв’язки між параметрами, які характеризують стан об’єкта. Для виявлення цих зв’язків експертом визначається мета моделювання, модельована функція та фактори, які, на його думку, впливають на протікання захворювання. В результаті моделювання отримуємо залежність модельованої функції від впливаючих факторів у вигляді формули або програми (навченої нейромережі) та вагові коефіцієнти впливу врахованих факторів на стан визначеної модельованої функції. Визначається також перелік факторів, які реально впливають на стан хворого.

Для використання ЕСС запропоновано виділяти три рівні моніторингу: мікро-, макро- та метарівні.

На мікрорівні вирішуються завдання отримання числових значень характеристик стану хворого: результати обробки електрокардіограми (ЕКГ), тиску, температури, аналізів крові, УЗД (ультразвукових досліджень) та інші результати застосування лабораторних методів, вимірвальних та дослідницьких приладів. Результати проведених вимірювань залежать від якості моделі об’єкта вимірювання (ОВ). У багатьох випадках похибки таких вимірювань перевищують 25 %, в окремих випадках результатами аналізу є якісні характеристики – є чи немає, низький чи високий рівень. За експериментальними даними застосування технологій ЕСС для моделювання ОВ дозволяє в кілька разів знизити похибку вимірювань [12].

На макрорівні моніторингу визначаються залежності стану хворого від кількісних та якісних результатів лабораторних досліджень.

Завданням метарівня є визначення залежності зміни стану хворого від впливу зовнішніх факторів – застосування медичних препаратів та лікувальних процедур.

На всіх трьох рівнях моніторингу використання технологій індуктивного моделювання за допомогою ЕСС призводить до підвищення якості діагностування та вдалого вибору лікувальних схем.

Структура ЕСС містить 3 підсистеми:

1. Людина — експерт та інженер знань.
2. Комп’ютерна підсистема.
3. Методика використання ЕСС.

Структура комп’ютерної підсистеми ЕСС подана на рис. 1.

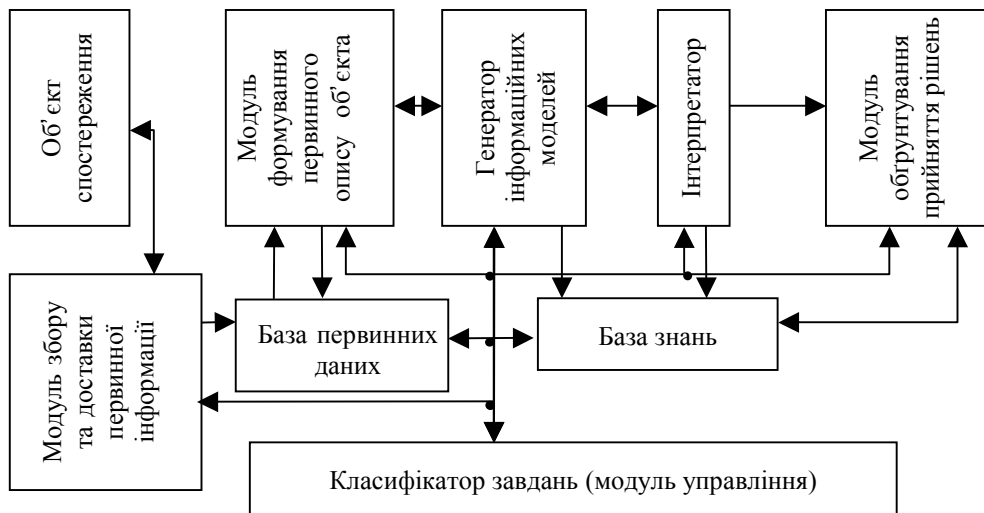


Рис. 1. Комп'ютерна підсистема ЕСС

Основною функцією комп'ютерної підсистеми є автоматизація процесу збору, обробки, зберігання та аналізу первинних даних, побудова моделей об'єктів та перетворення результатів моделювання у вигляді, зручний для прийняття рішення лікарем.

Модуль збору та доставки первинної інформації містить технічні засоби забезпечення лабораторних досліджень, вимірювальні та дослідницькі прилади, а також засоби оформлення та доставки первинних даних. На першому етапі запровадження ЕСС доцільно скористатись існуючою системою моніторингу стану хворого. В подальшому необхідно організувати процес багаторівневого моніторингу з використанням локальних та глобальних телемедичних комп'ютерних мереж, сучасних засобів первинної обробки інформації, формування розподілених баз первинних даних (БПД) з використанням інформації про стан навколишнього середовища, фази місяця та інших факторів, які повинні враховуватись у процесі моделювання.

Після формування **бази первинних даних** визначається їх інформативність, тобто оцінюються зв'язки між параметрами, чисельні характеристики яких занесені до БПД. Відбираються параметри із сильними зв'язками та **формується таблиця первинного опису об'єкта моделювання**.

Генерація інформаційної моделі є багатоетапним евристичним процесом. На основі відомих властивостей індуктивних методів, генетичних алгоритмів, нейромереж та інших методів, які реалізовані в **генераторі інформаційних моделей**, та використовуючи результати модельних експериментів, формується остаточний алгоритм генерації моделі та оцінюються адекватність та точність моделювання, розраховуються вагові коефіцієнти параметрів. Згенеровані моделі із прийнятними характеристиками заносяться до **бази знань**.

За допомогою інтерпретатора результати моделювання перетворюються до вигляду, зручного для подальшого їх використання.

Модуль обґрунтування прийняття рішень надає інструментарій для наступного використання отриманих моделей на інших рівнях моніторингу при прийнятті остаточних рішень. Є можливість також використання моделей бази знань як складових опису інших об'єктів та надсистем.

Нова технологія моделювання застосовувалась для отримання додаткової інформації при лікуванні хворих на інфаркт міокарда. **Завданням моделювання** було визначення можливості летального наслідку зміни стану хворого за результатами моніторингу початкового періоду протікання захворювання.

Об'єктом моделювання визначено процес захворювання на інфаркт міокарда, який протікає під впливами стандартної схеми лікування.

Моделювання здійснювалось за інформацією, яка надана науковцями Красноярської медичної академії [13].

База первинних даних містила 118 характеристик стану 326 хворих протягом перших двох діб після звернення до лікаря та лікувальних дій — введення ліків, проведення процедур та ін.

Моделювання виконувалось за технологією розпізнавання образів на основі МГУА–подібного алгоритму із генерацією моделей кількох виглядів на кожному ряді селекції. Розпізнавалась подія летального наслідку. Модельована функція набувала значення „-10” при відсутності летального наслідку, та „+10” при його наявності. Селекція моделі відбувалась за індивідуальним критерієм регулярності – за мінімумом середньоквадратичної похибки моделювання [14].

Інформативність параметрів визначалась за ознакою їх врахування в моделі оптимальної складності, отриманої за багаторядним алгоритмом МГУА.

У таблицю первинного опису занесено 16 показників: стать; функціональний клас стенокардії за останній рік; ожиріння в анамнезі; повна блокада правої гілки пучка Гіса на ЕКГ при надходженні до стаціонару; застосування ненаркотичних анальгетиків у відділенні реанімації та інтенсивної терапії (ВРІТ) протягом 2-х діб; систолічний артеріальний тиск за даними кардіобригади; діастолічний артеріальний тиск за даними кардіобригади; систолічний артеріальний тиск за даними ВРІТ; діастолічний артеріальний тиск за даними ВРІТ; вміст К⁺ в сировотці крові; вміст Na в сировотці крові; вміст АлАТ у крові; вміст АсАТ у крові; вміст лейкоцитів у крові; швидкість осідання еритроцитів; час, що пройшов від початку ангінозного приступу до надходження в стаціонар.

Модель оптимальної складності отримана на 7 ряді селекції. З метою економії місця в даній роботі не наводиться повного вигляду отриманої моделі (повна модель займає майже дві сторінки). Модель на останньому ряді селекції має вигляд:

$$Y_{7_1} = 0.9684 + 1.0672y_{6_7} + 0.0012y_{6_7}^2, \quad (1)$$

де Y_{7_1} – модель вигляду „1” на сьомому ряді селекції;

y_{6_7} – модель вигляду „7” на шостому ряді селекції.

Вагові коефіцієнти параметрів визначались за формулою:

$$k = \frac{\Delta_i}{\Sigma \Delta}, \quad (2)$$

де Δ_i – зміна значення модельованої функції при зміні даного параметра на 1 при однаковому значенні інших параметрів;

$\Sigma \Delta$ – сума змін модельованої функції від зміни кожного з параметрів.

В табл. 1 поданий перелік параметрів моделювання, які ввійшли до складу моделі об'єкта спостереження, та значення вагових коефіцієнтів.

Таблиця 1

Характеристичні параметри моделі та оцінка їх значимості

	Параметр	Вага параметра в моделі
1	Функціональний клас стенокардії за останній рік	32,63%
2	Ожиріння в анамнезі	31,21%
3	Повна блокада правої гілки пучка Гіса на ЕКГ при надходженні до стаціонару	2,55%
4	Застосування ненаркотичних анальгетиків у ВРІТ за 2 доби	18,40%
5	Діастолічний артеріальний тиск за даними кардіобригади	7,79%
6	Час, що пройшов від початку ангінозного приступу до надходження в стаціонар	7,42%

Для визначення адекватності отриманої моделі використано 10 спостережень хворих, які не використовувались при моделюванні. Образ вважався розпізнаним і результат позначався „1”, коли розраховане значення функції та задане значення образу мали один знак. У протилежному випадку образ вважався розпізнаним неправильно і результат позначався „0”. В табл. 2 подані результати тестування.

Таблиця 2

Результати тестування моделі

Значення образу	Розраховане значення функції	Результат
10	0,317504294	1
10	2,415453967	1
10	-6,533477317	0
-10	-205,8880626	1
-10	-2,174832074	1
-10	-5,287141099	1
-10	-8,236959318	1
-10	-1,932886794	1
-10	-5,686097202	1
-10	-5,686097202	1

Якість моделі оцінювалась за критерієм корисності [15]. Модель вважається корисною, коли критерій наближається до одиниці. Критерій корисності D має вигляд:

$$D = \frac{k_0}{k_1}, \quad (3)$$

де k_0 – кількість правильно розпізнаних образів;

k_1 — загальна кількість розпізнаваних образів.

Для тестованої моделі критерій корисності набуває значення 0,9. Це дає можливість оцінити її якість достатньою.

Висновки. Таким чином, в роботі подані результати застосування індуктивних принципів моделювання в діагностично-лікувальній практиці. Описана евристична система спостереження та наведені результати її застосування при прогнозуванні можливості летального наслідку розвитку стану хворого на інфаркт міокарда. Результати тестування показали, що отримана модель у 90 % випадків правильно розпізнала стан хворого. Стверджується доцільність та ефективність застосування евристичної системи спостереження для організації багаторівневого моніторингу стану хворих.

Автори висловлюють вдячність С.Є. Головенкіну, А.Н. Горбаню, В.А. Шульману, Д.А. Россієву, Б.В. Назарову, В.А. Мосіній, О.П. Зінченку, Е.М. Міркес, Г.В. Матюшину, Н.Н. Бугаську за надану інформацію для моделювання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Марасанов В.В.* Математические модели дифференциальной диагностики заболеваний. – Кишинев: Штиинца, 1973. – 62 с.
2. *Мышкин К.И.* Математическое моделирование в обучении клинической хирургии // Математическое моделирование в клинической хирургии. – Саратов, 1969. – С. 108–111.
3. *Гублер Е.В.* Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. – Л.: Медицина, 1978. – 294 с.
4. *Baxt W.G.* Complexity, chaos and human physiology: the justification for non-linear neural computational analysis // *Cancer Lett.* – 1994. – V. 77. – № 2–3. – P. 85–93.
5. *Постнова Т.Б.* Информационно-диагностические системы в медицине. – М.: Наука, 1972. – 233 с. / Г. Фурно, Д. Дас, Г. Спенгер и др. Микрокомпьютерные медицинские системы: проектирование и применение: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 541 с.
6. *Parks R.W., Long D.L., Levine D.S.* et al. Parallel distributed processing and neural networks: origins, methodology and cognitive functions // *Int. J. Neurosci.* – 1991. – V. 60. – № 3–4. – P. 195–214.
7. *Harvey R.M.* Nursing diagnosis by computers: an application of neural networks // *Nurs. Diagn.* – 1993. – V. 4. – № 1. – P. 26–34.
8. *Barreto J.M., De-Azevedo F.M.* Connectionist expert systems as medical decision aid // *Artif. Intell. Med.* – 1993. – V. 5. – № 6. – P. 515–523.
9. *Shufflebarger C.M.* What is neural network? // *Ann. Emerg. Med.* – 1992. – V. 21. – № 12. – P. 1461–1462
10. *Россиєв Д.А.* Самообучающиеся нейросетевые экспертные системы в медицине: теория, методология, инструментарий, внедрение: Диссертация та соискание ученой степени доктора медицинских наук. – Красноярск, 1999. – 123 с.
11. *Ивахненко А.Г.* Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. – Киев: Наук. думка, 1981. – 296 с.
12. *Голуб С.В.* Евристична система спостережень. Аерокосмічні системи моніторингу та керування: Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції „АВІА–2003”. –Т. 2. – К.: НАУ, 2003. – С. 90–93.
13. *Головенкин С.Е., Горбань А.Н., Шульман В.А., Россієв Д.А., Назаров Б.В., Мосина В.А., Зінченко О.П., Міркес Е.М., Матюшин Г.В., Бугаєнко Н.Н.* Осложнения инфаркта миокарда: база данных для апробации систем распознавания и прогноза / Препринт № 6, Вычислительный центр СО РАН в г. Красноярске, 1997. – С. 14.
14. *Ивахненко А.Г.* Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. – Киев: Техніка., 1975. – С. 20.
15. *Француз А.Г.* О влиянии корреляции между признаками на информативность для распознавания образов. – Изв. АН СССР. Сер. Техн. кибернетика. – 1964. – № 4. – С. 68–77.

ГОЛУБ Сергій Васильович – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького.

Наукові інтереси:

– комп’ютерно-інформаційні технології в медицині.

Тел. р.: 38/0472-45-12-53.

E-mail: fpkpk@edu.edu.ua

ДЖОЛОС Вадим Миколайович – лікар-кардіореаніматолог інфарктного відділення Черкаської міської лікарні №1.

Наукові інтереси:

– проблеми кардіології та реаніматології.

Подано 11.11.2004

Голуб С.В., Джолос В.М. Використання евристичної системи спостереження для прогнозування післяінфарктних ускладнен

Голуб С.В., Джолос В.М. Использование эвристической системы наблюдения для прогнозирования послеинфарктного осложнения

Golub S.V., Dgolos V.M. The application of observation heuristic system for the forecast of post-infarct complications

УДК 004.94

Використання евристичної системи спостереження для прогнозування післяінфарктних ускладнен / С.В. Голуб, В.М. Джолос

В роботі описано використання технології індуктивного моделювання на основі методу групового врахування аргументів в медицині. Описані принципи проектування інформаційних систем забезпечення цих технологій. Подані результати використання спроектованих інформаційних систем в процесі визначення можливості летального розвитку стану хворих на інфаркт міокарда. Використання запропонованих інформаційних технологій і систем підвищує якість проведеної лікарем діагностики та вибору схеми лікування.

УДК 004.94

Использование эвристической системы наблюдения для прогнозирования послеинфарктных осложнений / С.В. Голуб, В.М. Джолос // Вісник ЖДТУ / Технічні Науки. – 2004. - №4 (31). – ТОМ 1.

В работе описано использование технологии индуктивного моделирования на основе метода группового учета аргументов в медицине. описаны принципы проектирования информационных систем обеспечения этих технологий. поданы результаты использования спроектированных информационных систем в процессе определения возможности летального развития состояния больных инфарктом миокарда. использование предложенных информационных технологий и систем повышает качество диагностики, проведенной врачом, и выбора схемы лечения.

УДК 004.94

The application of observation heuristic system for the forecast of post-infarct complications./ S.V. Golub, V.M. Dgolos

The application of inductive modeling technology on the basis of group stocktaking arguments method in medicine is described in the given paper. the principles of information system design of these technologies are described. the result of application of designed information systems for the determination of lethal state development of patients suffering from infarct are given. the application of proposed information technologies and system makes the diagnostics qualities increase which is held by a doctor and the choosing of treatment scheme.