

УДК 681.513:620.1

А.В. ТЕЛІШЕВСЬКА, аспірантка, НТУ "ХПИ",
А.І. ПОВОРОЗНЮК, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПИ"

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

В роботі розглядається формалізація вхідної інформації при діагностиці неврологічних захворювань. Проаналізовано можливість застосування методів нечіткої логіки і штучних нейронних мереж. Виконана структурна та параметрична ідентифікація моделі медичної системи на базі нечіткої логіки для побудови комп'ютерної системи підтримки прийняття рішення при діагностиці неврологічних захворювань. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: діагностика, неврологічне захворювання, ідентифікація, модель, нечітка логіка.

Постановка проблеми й аналіз літератури. Для діагностики неврологічних захворювань (НЗ) проводиться комплекс досліджень, які дозволяють оцінити збереженість чи порушення кровоплину головного мозку та визначити місця крововиливів (ультразвукове дослідження сонних артерій, ангиографія – рентгенологічне обстеження судин). Крім того, проводиться клінічний аналіз крові для визначення порушень здатності крові до згортання, що сприяють утворенню тромбів, або, навпаки, кровоточивості. Проводиться електрокардіографія (ЕКГ) або ультразвукове дослідження серця (ехокардіографія) для виявлення серцевих джерел тромбів, які можуть, відірвавшись, пересуватися в судини головного мозку [1]. Необхідним етапом побудови комп'ютерної системи підтримки прийняття рішення при діагностиці неврологічних захворювань є етап синтезу математичної моделі об'єкта діагностики та ідентифікація моделі медичної системи.

Найбільш вражаючою властивістю людського інтелекту є здатність приймати правильні рішення при неповній і нечіткій інформації [2]. Побудова моделей, наближених до роздумів людини, і використання їх у комп'ютерній системі (КС) представляє сьогодні одну з найважливіших проблем науки. Провідними компонентами концептуального підходу до прогнозування процесів, що відбуваються, під час застосування більшості методів стохастичного факторного аналізу є: об'єктивне визначення мети, головних завдань та об'єкта (об'єктів) моделювання, які враховують особливості функціонального стану організму і особливості умов перебування, передусім особливості впливу численних зовнішніх чинників; аналіз вихідних даних; вибір найбільш доцільних методів

© А.В. Телішевська, А.І. Поворознюк, 2013

прогнозування та, на цій підставі, математична формалізація моделі; ґрунтовна перевірка та верифікація адекватності побудованої моделі; аналіз та практична, передусім індивідуалізована, прогностично-змістовна інтерпретація одержаних результатів [3 – 5].

Однак такий підхід, незважаючи на його достатньо високу ефективність та адекватність поставленим задачам, на жаль, має і цілу низку недоліків, головними з яких слід вважати певну схематичність та однобічність, необхідність нагромадження великих масивів іноді зовсім непотрібної статистичної інформації, та складність змістовної інтерпретації кінцевих результатів, що отримані. Тому надзвичайно важливим завданням сучасної медичної інформатики є пошук адекватних, простих, зручних для широкого практичного використання і, разом з тим, інформативних методів [6, 7]. Саме такими слід визнати методи прогнозування на підставі створення експертних систем, в основі яких знаходяться фундаментальні положення нечіткої логіки (НЛ) і штучних нейронних мереж (ШНМ) [8, 9].

Метою роботи є структурна та параметрична ідентифікація моделі медичної системи на базі нечіткої логіки.

Порівняльний аналіз методів прогнозування на базі ШНМ та НЛ. В формалізованому виді структура причинно-наслідкових зв'язків, що мають місце при діагностиці неврологічних захворювань, може бути описана як наступна система співвідношень (1) – (4):

$$d_i = f_d(X_1, X_2, X_3), \quad i = \overline{1, 6}, \quad (1)$$

$$X_1 = f_{X_1}(X_1^1, X_1^2, \dots, X_1^8), \quad (2)$$

$$X_2 = f_{X_2}(X_2^1, X_2^2, \dots, X_2^8), \quad (3)$$

$$X_3 = f_{X_3}(X_3^1, X_3^2, \dots, X_3^5), \quad (4)$$

де d_i – певний діагноз (d_1 – геморагічний інсульт, d_2 – ішемічний інсульт, d_3 – епілепсія, d_4 – радикуліт, d_5 – енцефаліт, d_6 – мігрень); X_1 – множина діагностичних показників, які характеризують неврологічний стан пацієнта (X_1^1 – показники черепномозкових нервів, X_1^2 – показники рухової сфери, X_1^3 – показники менінгіальної контрактури, і т.д.), X_2 – множина показників, одержаних при лабораторних дослідженнях (X_2^1 – рівень глюкози в крові, X_2^2 – показники загального аналізу сечі, X_2^3 – показники загального аналізу

крові і т.д.), а X_3 – множина показників нейровізуальних досліджень (X_3^1 – показники ЕКГ, X_3^2 – показники УЗД, X_3^3 – показники ЕХО-ЕЕС, X_3^4 – показники МРТ головного мозку, X_3^5 – показники КТ) [10].

Прогнозування на базі ШНМ. Використання ШНМ надає можливість моделювати стан об'єкта, на який впливає велика кількість чинників, які визначають прогноз (діагноз) для певного об'єкта. Виходом нейрону в ШНМ є стан його активності, рівень якого визначається за формулою (5):

$$Y_i(t+1) = f_i\left(\sum_{j=1}^m w_{ji}[x_j(t) + \varepsilon_j(t)]\right), \quad (5)$$

де $Y_i(t+1)$ – стан активності вихідного нейрона; $i = \overline{1, n}$; n – число нейронів вихідного шару; f_i – функція активації нейрона; w_{ji} – вага зв'язку j -го нейрона вхідного шару з i -м нейроном вихідного шару; $x_j(t)$ – стан активності j -го вхідного нейрона, $j = \overline{1, m}$; $\varepsilon_j(t)$ – довільний зовнішній чинник.

Вхідні сигнали надходять до нейронів першого шару, які після обробки даних передають інформацію на наступний шар. Нейрони останнього шару спрямовують інформацію на виходи мережі. В результаті роботи ШНМ створюється певна математична модель досліджуваного об'єкта, яку достатньо важко чітко описати, завдяки тому, що вона "закодована" у зв'язках між нейронами мережі. Разом з тим розроблена модель надзвичайно ефективно функціонує і реально моделює результати дуже близькі до тих, які отримано експериментально. Для задачі, що розглядається, застосування ШНМ пов'язане з труднощами формування вектору вхідних сигналів при різнотипних множинах вхідних показників згідно (2) – (4).

Прогнозування на базі НЛ дозволяє здійснити опис причинно-наслідкових зв'язків між вхідними показниками та конкретним прогнозом або діагнозом у вигляді висловлювань природною мовою, і отже, надає можливість провести логічну формалізацію експертного висновку. Прогностична оцінка стану здоров'я на основі НЛ включає наступні етапи: здійснення експертної оцінки ступеня взаємозалежності результуючих ознак, і вхідних діагностичних показників (1 етап); визначення меж мінливості кожної з ознак, (2 етап); створення спеціальної бази знань (БЗ), головними компонентами якої є нечіткі множини параметрів стану конкретного індивідууму та нечіткі ієрархічно побудовані логічні висловлення типу "якщо – то" (3 етап); здійснення

прогнозування стану здоров'я з використанням універсальної оболонки нечіткої експертної системи (4 етап); перевірка ступеня адекватності отриманого прогнозу шляхом його порівняння з верифікованими варіантами практичних спостережень або супутнім прогнозом кваліфікованих фахівців–експертів (5 етап).

Структурна і параметрична ідентифікація моделі системи.

Задача побудови математичної моделі медичної системи за результатами спостережень (задача ідентифікації) вирішується в два етапи. Перший етап – структурна ідентифікація – являє собою формування нечіткої БЗ, що відображає зв'язок між входами і виходом моделі за допомогою k лінгвістичних правил (ЛП) типу "ЯКЩО-ТО". Також визначаються типи функцій належності (ФН) $\mu^{jp}(X_i)$ ($j = \overline{1, k}, p = \overline{1, r_j}, i = \overline{1, n}$, де r_j – кількість термів вхідних змінних в j -му ЛП, n – розмірність вхідного вектора X) та задаються початкові значення їх параметрів.

На другому етапі проводиться параметрична ідентифікація досліджуваної залежності шляхом знаходження таких параметрів нечіткої БЗ, які мінімізують відхилення модельних та експериментальних даних (навчання з учителем). Налаштованими параметрами є ФН $\mu^{jp}(X_i)$ нечітких термів і ваги правил ω_j . Налаштування нечіткої БЗ здійснюється наступним чином. Нехай модель залежності $Y = f(X)$ задана нечіткою БЗ. Також нехай існує навчальна вибірка з M пар навчальних даних, що зв'язують входи з виходом досліджуваної залежності $Y_k = f(X_k)$, $k = \overline{1, M}$, де $X_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn})$ – вхідний вектор в k -й парі навчальної вибірки, Y_k – відповідний вихід.

Позначимо: P – вектор параметрів функцій належності термів вхідних і вихідних змінних; W – вектор вагових коефіцієнтів правил БЗ; $F(P, W, X_k)$ – результат виведення з нечіткою БЗ з параметрами P і W при значенні входів X_k . Згідно методу найменших квадратів, настройка нечіткої БЗ зводиться до задачі математичного програмування: знайти такий вектор (P, W) , щоб нев'язка

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M (Y_k - F(P, W, X_k))^2} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Дана задача відноситься до класу знаходження мінімуму функції декількох змінних з обмеженнями і може бути вирішена різними технологіями оптимізації, серед яких часто застосовується метод найшвидшого спуску, квазіньютонівські методи або генетичні алгоритми.

Висновки. В даній роботі проведена структурна та параметрична ідентифікація моделі медичної системи. Для інтерпретації результату необхідно отриману сукупність оцінок розбити на групи, відповідні деяким множинам вхідних ознак неврологічного захворювання.

Список літератури: 1. Нервові хвороби / С.М. Віничук, Є.Г. Дубенко, Є.Л. Мачерет та ін. / За ред. С.М. Віничука, Є.Г. Дубенка. – К.: Здоров'я, 2001. – 696 с. 2. Ластед Л. Введение в проблему принятия решений в медицине / Л. Ластед. – М.: Мир, 1971. – 284 с. 3. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голушь. – М.: Физматлит, 2001. – 221 с. 4. Блюмин С.Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с. 5. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизнюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: Научно-исследовательский центр вооруженных сил Украины "Государственный океанариум", 2004. – 320 с. 6. Штовба С.Д. Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB / С.Д. Штовба // Exponenta Pro. Математика в приложениях. – М.: Softline, 2003. – № 2. – С. 9–15. 7. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с. 8. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с. 9. Асаи К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др. / Под ред. Тэрано Т. – М.: Мир, 1993. – 368 с. 10. Телишевська А.В. Формалізація вхідної інформації для діагностики неврологічних захворювань / А.В. Телишевська, А.І. Поворознюк // Матеріали науково-практичної конференції "MicroCad 2011". – Харків. – 2011. – С. 162 – 167.

Надійшла до редакції 25.03.2013

УДК 681.513:620.1

Идентификация модели медицинской системы на базе нечеткой логики / Телишевская А.В., Поворознюк А.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2013. – № 39 (1012). – С. 177 – 181.

В работе рассматривается формализация исходной информации при диагностике неврологических заболеваний. Проанализирована возможность применения методов нечеткой логики и искусственных нейронных сетей. Выполнена структурная и параметрическая идентификация модели медицинской системы на базе нечеткой логики для построения компьютерной системы поддержки принятия решения при диагностике неврологических заболеваний. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: диагностика, неврологическое заболевание, идентификация, модель, нечеткая логика.

UDC 681.513:620.1

Model identification system based on fuzzy data / Telishevskaya A.V., Povoroznyuk A.I. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2013. – №. 39 (1012). – P. 177 – 181.

In this paper we consider the formalization of the initial information for the diagnosis of neurological diseases. The possibility of application of fuzzy logic and artificial neural networks. Performed structural and parametric identification of a model of health systems based on fuzzy logic to build a computer decision support system for the diagnosis of neurological diseases. Refs.: 10 titles.

Keywords: diagnosis, neurological disease, identification, model, fuzzy logic.