

МЕДИЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Н.С. МІРОШНИЧЕНКО, І.Г. ПЕРОВА

В роботі розглядається застосування для інтелектуального аналізу медичних даних методів обчислювального інтелекту, а саме нейронної мережі, побудованої на адаптивних лінійних елементах – Мадаліні. Розроблено алгоритм навчання нейронної мережі для ситуацій, коли інформація надходить на обробку в послідовному режимі. Робота нейронної мережі апробована на медичних даних пацієнтів з ішемічною хворобою серця і гіпертонічною хворобою.

Ключові слова: діагностування, адаптивний лінійний елемент, синаптична вага, мадаліна.

ВСТУП

На сьогодні у задачах інтелектуального аналізу медичних даних (Medical Data Mining) все частіше стали використовувати методи обчислювального інтелекту та, насамперед, штучні нейронні мережі, завдяки їх можливості навчання за експериментальними класифікованими даними [1, 2]. Поміж багатьох можливих задач, що виникають в рамках Medical Data Mining особливе місце займає проблема діагностування стану організму за багатьма показниками, які виміряні в тих чи інших шкалах [3].

Основною метою даної роботи є дослідження та застосування для інтелектуального аналізу даних методів теорії штучних нейронних мереж, а саме нейронної мережі, що складається з адаптивних лінійних елементів і має назву Мадаліна [3,4].

Актуальність даної роботи полягає в розробці алгоритму навчання мадаліни, завдяки якому ця нейронна мережа зможе проводити розподіл даних на декілька класів, які відповідають різним захворюванням, спираючись на велику кількість показників, а саме дані з анамнезу хворого, скарг пацієнта, результатів клінічного та біохімічного аналізів крові та сечі.

1. ПІДХОДИ ДО МЕДИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ГІПЕРТОНІЧНОЇ ХВОРОБИ ТА ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ

Як класи, в даній роботі виступають 3 класи: гіпертонічна, ішемічна хвороби серця, а також виділяється клас, який не відповідає ні одній з перерахованих хвороб (вважаємо цей клас класом умовно здорових пацієнтів).

Гіпертонічною хворобою називають захворювання, яке супроводжується тривалим підвищенням систолічного і діастолічного тиску крові і порушенням регуляції місцевого і загального кровообігу [5,6].

Причиною гіпертонії є часті, тривалі нервово-психічні навантаження, тривалі стресові ситуації, включаючи роботу, під час виконання якої людина знаходиться в постійному емоційному напруженні. Також велика ймовірність розвитку гіпертонії у людей, які перенесли струс мозку, які мають спадкову схильність, тобто якщо в роду хтось страждав таким

захворюванням, то ймовірність розвитку гіпертонії зростає в кілька разів.

Однією з головних причин гіпертонічної хвороби може бути гіподинамія. З віком, у літніх людей починають розвиватися атеросклероз і відбуваються вікові зміни судин, поява гіпертонії може посилити атеросклероз, змусивши його прогресувати. Це досить небезпечне явище, оскільки при сильному спазмі судин доступ крові до мозку, серця і нирок стає критично малим. Якщо на стінках кровоносних судин присутні бляшки, то при сильному спазмі судин кров може зовсім перестати надходити до життєво важливих органів і циркулювати по артеріях. У цьому випадку настає інфаркт міокарда чи інсульт. У жінок причиною гіпертонії може стати період перебудови організму при клімаксі.

Головним симптомом гіпертонії є головний біль, це відбувається через звуження, спазму судин головного мозку. Також часті симптоми гіпертонії – шум у вухах, літання «мушок» і завіса перед очима, загальна слабкість, порушення сну, запаморочення, відчуття тяжкості в голові, сильне серцебиття. Такі симптоми бувають на ранній стадії гіпертонічної хвороби і носять невротичний характер. При більш пізній стадії гіпертонії може виникнути серцева недостатність унаслідок постійної перевтоми серцевого м'яза через високий тиск крові.

Внаслідок прогресування хворобливого процесу можливе зниження гостроти зору, ураження судин в головному мозку від високого артеріального тиску, це може призвести в деяких випадках до паралічу, зниження чутливості кінцівок, що відбувається з причини спазму судин, крововиливу або тромбозу, саме тому, важливо вчасно діагностувати гіпертонічну хворобу.

Ішемічна хвороба серця (ІХС) - захворювання, що характеризується ураженням міокарда, викликане нестачею або повним припиненням кровопостачання серцевого м'яза [7 - 9]. Проявлятися ІХС може хронічними (серцевою недостатністю, стенокардією) і гострими (інфарктом міокарда, зупинкою серця) станами. При цьому клінічні симптоми ішемічної хвороби серця залежать від конкретної форми захворювання.

Ішемічна хвороба – найпоширеніша у світі причина раптової смерті (близько 70% випадків).

Причиною ішемічної хвороби серця в 95% випадків є атеросклероз коронарних артерій. При підвищеному вмісті в крові холестерину, він відкладається в стінках судин. Потім ці ділянки обростають сполучною тканиною, і утворюється атеросклеротична бляшка. Вона звужує просвіт судини і перешкоджає нормальному кровотоку. Значущим вважається зменшення діаметра артерії більш ніж на 70%.

У деяких випадках на внутрішній поверхні судин можуть утворюватися тромби, які повністю перекривають доступ крові до певної області серця. Якщо протягом півгодини не відновити кровопостачання по судині, то м'язові клітини почнуть гинути, а через 4 - 6 годин процес стає незворотним.

Звуження просвіту судини може бути і при спазмі коронарної артерії, викликаній підвищенням синтезом деяких гормонів і зміненою чутливістю до них внутрішньої оболонки.

Основною і найбільш частою ознакою ІХС є біль, пов'язана з ішемією міокарда. У неї є кілька відмінних рис:

- виникає під час або відразу після емоційного або фізичного навантаження;
- локалізується за грудиною або в лівій половині грудної клітини;
- віддає в нижню щелепу, ліву руку і лопатку, спину;
- іноді носить хвилеподібний характер;
- описується пацієнтом як стискаючий або пекучий;
- зменшується або проходить після припинення навантаження;
- супроводжується вегетативними проявами (холодний піт, нудота);
- не змінюється при зміні положення тіла, кашлі, глибокому диханні.

Ішемічна хвороба серця може з'являтися внаслідок аритмії або хронічної недостатності кровообігу. Всім хворим з ІХС в обов'язковому порядку беруть загальний і біохімічний аналіз крові. У них часто виявляють підвищення рівня холестерину і кардіоспецифічних ферментів.

Обстеження включає в себе обов'язкові дослідження, які проводяться для кожного хворого при виявленні однієї з вищезазначених хвороб. Цей етап включає в себе оцінку ураження органів, діагностику супутніх клінічних станів, що впливають на ризик серцево-судинних ускладнень.

1. Збір анамнезу.
2. Об'єктивне дослідження.
3. Лабораторні та інструментальні дослідження:

- загальний аналіз сечі;
- визначення в крові рівнів гемоглобіну, гематокриту, калію, кальцію, глюкози, креатиніну;

- визначення ліпідного спектра крові, включаючи рівень холестерину і тригліцеридів (ТГ);
- електрокардіограма (ЕКГ);
- рентгенографія грудної клітини;
- огляд очного дна;
- ультразвукове дослідження (УЗД) органів черевної порожнини.

Якщо на даному етапі обстеження у лікаря немає підстав підозрювати вторинний характер гіпертонії і наявних даних досить для чіткого визначення групи ризику пацієнта і, відповідно, тактики лікування, то на цьому обстеження може бути закінчено.

Саме зазначені дані використовувались як вхідні в ході моделювання роботи нейронної мережі.

2. РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

На входи нейронної мережі подаються ознаки, в кількості 51, до яких належать антропометричні, такі, як: зріст, вага, індекс маси тіла, а також скарги пацієнта, такі, як: задишка, головний біль, втома, запаморочення і т.д, а також діагностичні ознаки підвищені значення АТ. Значення показань клінічного аналізу - це ШОЕ, кількість тромбоцитів, моноцитів, еритроцитів і т.д і біохімічного аналізу крові значення загального білка, загального холестерину, сечовини, альбуміну і т.д, для 95 пацієнтів.

Слід зазначити необхідність провести нормування та кодування вхідних даних, бо усі вищезазначені показники вимірюються у різних шкалах. Таке нормування можна зробити за допомогою процедури:

$$x_{norm_i}(k) = x_i(k) - \bar{x}_i, \quad (1.1)$$

де \bar{x}_i – значення медіани для кожної з ознак, яке можна визначити в послідовному режимі завдяки співвідношенню:

$$\bar{x}_i(k) = \bar{x}_i(k-1) + \eta_m(k) \text{sign}(x_i(k) - \bar{x}_i(k-1)), \quad (1.2)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$ – номер ознаки;

$\eta_m(k)$ – параметр швидкості навчання, який слід обирати відповідно до умов Дворецького [10].

Кодування даних в інтервал $[-1; 1]^n$ проводиться згідно із процедурою:

$$\tilde{x}_i(k) = \frac{2 \cdot x_{norm_i}(k) - x_{i\max} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}. \quad (1.3)$$

В результаті роботи нейронної мережі необхідно отримати діагноз для кожного пацієнта і, оскільки кількість діагнозів дорівнює трьом, то система повинна мати три виходи.

У більшості задач, діагностуюча система має відображати багато факторів-ознак $x(k) \in R^n$ у безліч діагнозів, $y(k) \in R^m$, де

$$y(k) = (y_1(k), \dots, y_j(k), \dots, y_m(k))^T. \quad (1.4)$$

Такою системою є Мадаліна (MADALINE). Вона становить собою декілька паралельно підключених адалін [4]. На рис. 1 наведена її структурна схема.

Мадаліна має кількість входів, що дорівнює $n+1$, на які надходять нормований та кодований вектор медичних ознак $\tilde{x}(k) = (\tilde{x}_1(k), \tilde{x}_2(k), \dots, \tilde{x}_n(k))^T \in R^n$ (тут $k=1, 2, \dots$ – поточний дискретний час) і виходи: аналоговий $u(k)$ і бінарний $y(k)$. Крім того є додатковий вхід, на який подається навчальний сигнал $d(k) \in \{-1, 1\}$, що визначає якою має бути бажана реакція системи на кожен конкретний набір вхідних векторів ознак $x(k)$.

Значення вектора $d(k)$, як і значення виходів $y(k)$ відповідають конкретному захворюванні, виходячи з того, що:

- 1 -1 -1 – відповідає ІХС (30 пацієнтів), тобто активується перший вихід;
- 1 1 -1 – гіпертонічної хвороби (40 пацієнтів), активується другий вихід;
- 1 -1 1 – пацієнт не хворий жодним з вищеперахованих захворювань (умовно здоровий) (25 пацієнтів), активується третій вихід.

Для j -го входу мадаліни можна записати:

$$u_j(k) = w_j^T(k)x(k), \quad (1.5)$$

$$y_j(k) = \text{sign } u_j(k) \quad \forall j = 1, 2, \dots, m, \quad (1.6)$$

де $w_j(k) = (w_{j0}(k), w_{j1}(k), \dots, w_{jn}(k))^T$ – синаптичні ваги, які мають бути налаштовані в процесі навчання.

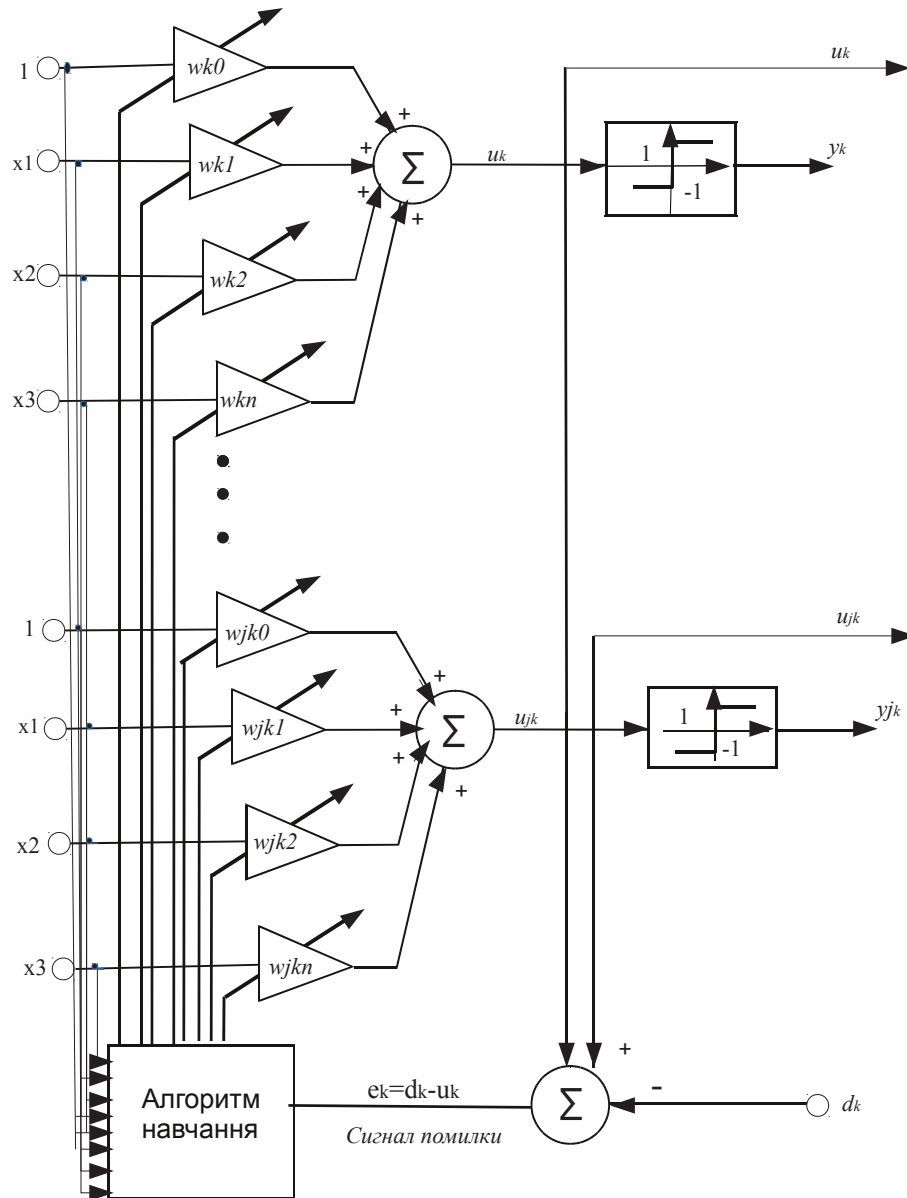


Рис. 1. Структурна схема нейронної мережі MADALINE

Сигнал помилки навчання записуємо за допомогою співвідношення:

$$e_j(k) = d_j(k) - u_j(k). \quad (1.7)$$

Також необхідно записати алгоритм навчання для налаштування всіх синаптичних ваг мадаліни в цілому. Для цього, треба ввести загальний критерій навчання:

$$E_j(k) = \sum_{j=1}^m E_j(k) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m e_j^2(k), \quad (1.8)$$

або

$$E_j(k) = \sum_{j=1}^m E_j(k) = \sum_{j=1}^m e_j(k) u_j(k) \quad (1.9)$$

Далі у якості процедури налаштування синаптичних ваг, можна записати багатовимірну модифікацію алгоритму Уидроу-Хоффа:

$$W(k+1) = W(k) + \frac{d(k) - W(k)x(k)}{\|x(k)\|^2} x^T(k) = W(k) + (d(k) - W(k)x(k))x^+(k). \quad (1.10)$$

Ця процедура є рекурентною, тобто надає можливість обробляти медичні дані послідовно. Також ця процедура є градієнтною, тобто вона забезпечує велику швидкодію.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Таким чином, вихідні дані розподілили на навчальну (80 пацієнтів) і тестову (15 пацієнтів) частини. Пронормований та закодований згідно з (1.1 - 1.3) вектор вхідних значень поступив на вхід нейронної мережі. Навчання синаптичних ваг здійснювалось згідно з (1.10). В таблиці 1 наведено відсоток помилки класифікації в ході навчання нейронної мережі, а в таблиці 2 – відсоток помилки класифікації в ході тестування Мадаліни.

Таблиця 1

Відсоток помилки класифікації під час навчання нейронної мережі

ІХС	Гіпертонічна хвороба	Умовно здорові пацієнти
3 пацієнти (8,5%)	2 пацієнти (5,7%)	1 пацієнт (5%)

Таблиця 2

Відсоток помилки класифікації під час тестування нейронної мережі

ІХС	Гіпертонічна хвороба	Умовно здорові пацієнти
12,2%	10,3%	9,7%

Таким чином, з таблиць добре видно, що відсоток помилки класифікації при навчанні не перевищує 10%, а при тестуванні 13%, що за наявності невеликої кількості пацієнтів є прийнятним результатом.

ВИСНОВКИ

Використавши систему розподілу даних мадаліну, була досягнута мета роботи. На відміну від адаліни така система здатна розподілити дані на більш ніж 2 класи. Нейронна мережа мадаліна була навчена, а потім протестована на реальних медичних даних і продемонструвала задовільний відсоток правильно класифікованих пацієнтів.

Література

- [1] Rizzo R. Computational Intelligence Methods for Bioinformatics and Biostatistics / Rizzo R. - In Lecture Notes in Bioinformatics (7th International Meeting, CIBIB 2010, Palermo, Italy, September 16-18, 2010). - Springer. - 2011. - 301 p.
- [2] Kountchev R. Advances in Intelligent Analysis of Medical Data and Decision Support Systems (Studies in Computational Intelligence) / Kountchev R. and etc - Springer. - 2013. - 246 p.
- [3] Бражнікова Е.Н., Перова І.Г., Плисс І.П. Нео-фаззи поход в задач online медико-біологической діагностики / Прикладная радиоэлектроника. - 2016.
- [4] Мірошниченко Н.С., Бражнікова Є.М. Медичне діагностування на основі нейронної мережі MADALINE / Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. - 2017. - 177 с.
- [5] Свищенко Е.П. Гипертоническая болезнь. Вторичные гипертензии / Е.П. Свищенко, В.Н. Коваленко - 2002. - 127 с.
- [6] Кушаковский М.С. Гипертоническая болезнь и вторичные артериальные гипертензии / М.С. Кушаковский - Л.: Медицина, 1983. - 193 с.
- [7] Горбачев В.В. Ишемическая болезнь сердца / В.В. Горбачев - М.: Вышэйшая школа, 2008. - 314 с.
- [8] Багрий А.Э. Ишемическая болезнь сердца / А.Э. Багрий, А.И. Дядык - Владимир - 2006. - 234 с.
- [9] Захаров В.Н. Ишемическая болезнь сердца. Классификация, факторы риска, профилактика, лечение, реабилитация / В.Н. Захаров - М.: Наука, 2001. - 288 с.
- [10] Вазан, М. Стохастическая аппроксимация. Москва: Мир. - 1972.

Надійшла до редколегії 15.06.2017



Перова Ірина Геннадіївна, к.т.н., с.н.с., доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки. Галузь наукових інтересів: гібридні нейрон-фаззи системи обчислювального інтелекту під час інтелектуальної обробки даних медико-біологічних досліджень.



Мірошниченко Неля Сергіївна, студент кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки. Галузь наукових інтересів: інтелектуальна обробка даних медико-біологічних досліджень (Medical Data Mining).

УДК 519.7:004.8

Медицинское диагностирование на основе нейросетевых технологий / Н.С. Мирошниченко, И.Г. Перова // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. – 2017. – Том 16, № 1, 2. – С. 46 – 50.

В статье рассмотрено применение для интеллектуального анализа медицинских данных методов вычислительного интеллекта, а именно нейронной сети, построенной на адаптивных линейных элементах – мадалины, которая работает в условиях, когда информация поступает на обработку в последовательном режиме.

Ключевые слова: диагностирование, адаптивный линейный элемент, синаптический вес, мадалина.

Табл.: 02. Ил.: 01. Библиогр.: 10 назв.

UDC 519.7:004.8

Medical diagnostics based on neural network approach / N.S. Miroshnychenko, I.G. Perova // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2017. – Vol. 16, № 1, 2. – P. 46 – 50.

In this paper the application of computational intelligence approaches to an intellectual analysis of medical data sets is considered. A neural network built on adaptive linear elements – madaline and training algorithms for its learning was elaborated, which operates in conditions when information is fed for processing in a sequential mode.

Keywords: diagnostic, adaptive linear element, synaptic weight, madaline.

Tab.: 02. Fig.: 01. Ref.: 10 items.