

УДК 621.391.833

Нейромережева система діагностики гестозу вагітних

Мустецов М. П.¹, Баган С. О.²

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

²Харківський національний університет радіоелектроніки

E-mail: bagan.v.o@gmail.com

Робота присвячена підвищенню інформативності методів експрес-діагностики стану серцево-судинної системи вагітних та діагностики гестозу шляхом розробки діагностичної системи моніторингу і оцінки стану гемодинаміки вагітних в перинатальний період. Синтезована нейронна мережа, дозволяє оцінити стан гемодинаміки за традиційними діагностичними критеріями, класифікувати патології вагітних та своєчасно виявляти групу підвищеного ризику перинатальних ускладнень.

Ключові слова: серцево-судинна система; вагітність; гестоз; гемодинамічні параметри; мережі нейронні

Вступ

Сучасні дослідження стану здоров'я вагітних свідчать, що патології перебігу вагітності в 60-70% обумовлені прихованою або хронічною екстрагенітальною патологією. Екстрагенітальна патологія — захворювання і патологічні стани різного ступеня важкості, які піддаються терапії або корекції, або вимагають переривання вагітності. У пацієнок з екстрагенітальною патологією зустрічається 85% важких гестозів [1].

Поєднання порушень регіонарного кровотоку внаслідок основного екстрагенітального захворювання на фоні зниження загального периферичного судинного опору у зв'язку із збільшенням об'єму судинного русла, що характерно для вагітності, сприяє підвищенню прояв ознак органної ішемії — посилення гіпертензії або збільшення протейнурії, тобто клінічно важкого гестозу [2].

Своєчасна діагностика і профілактика функціональних порушень в діяльності серцево-судинної системи в перинатальний період приведе до зниження материнської летальності, перинатальної захворюваності і смертності при основних формах серцево-судинної патології у вагітних [3].

До теперішнього часу гестоз залишається найбільш загадковим ускладненням вагітності з невідомою етіологією, не до кінця вивченим патогенезом, при відсутності радикальних методів його лікування та профілактики. Діагностика гестозу, через невизначеність ознак, є дуже складною задачею, вирішення якої в значній мірі залежить від знань і досвіду лікаря. В той же час своєчасне виявлення ознак гестозу та адекватна терапія дозволяє зменшити ступінь його важкості і пролонгувати вагітність [4]. На сьогоднішній день діагностика гестозу полягає

в оцінці анамнестичних даних (даних про захворювання жінки, перебіг даної вагітності), скаргах пацієнтки, результатах клінічного об'єктивного дослідження і лабораторних даних. При підозрі на гестоз проводять додаткові дослідження (УЗ — дослідження, доплерометрію) [5]. Прикінцевий висновок залежить від лікаря, тобто діагноз в значній мірі, залежить від суб'єктивного фактору.

Новим, перспективним напрямом створення медичних діагностичних систем є розробка інтелектуальних систем, що дозволить підвищити об'єктивність медичних діагнозів. На теперішній час існує декілька напрямків створення систем медичної діагностики (експертні системи, діагностичні інформаційні системи, спеціалізовані системи, тощо). На жаль, засобами штучного інтелекту неможливо виключити лікаря від процесу діагностики. Це пов'язано з тим, що діагноз є результатом продуктивного, творчого мислення. Тому математичні методи в медичній діагностиці, як в неформалізованій області знань, застосовуються в якості допоміжних засобів. Це пояснює велику кількість різновидів інтелектуальних систем медичної діагностики.

Одним з перспективних підходів до створення діагностичних систем є використання теорії нечітких множин з використанням автоматичного формування баз знань експертних висновків [6]. Це можливо при використанні теорії нечітких мереж та нейромережевих технологій. Основна ідея, покладена в основу таких систем, полягає в тому, щоб на основі існуючих даних, про показники та діагнози реальних пацієнтів визначити параметри функцій належності, які дозволяють формувати діагноз в випадках неоднозначності зв'язків “параметри – діагноз” [7, 8].

Розглянемо можливості такого підходу для діагностики гестозу.

1 Можливості нейромережевих технологій для аналізу і обробки медичних даних

Існуючі комп'ютерні системи медичної діагностики ефективно працюють в областях медицини, де систематизовані знання про конкретне захворювання (його різновиди) та його симптоматику.

В нашому випадку жоден симптом (кількісний або якісний) стану вагітної ні сам по собі, ні в поєднанні з іншими симптомами не може забезпечити достовірне розпізнавання гестозу. Для перевірки перспектив використання нечітких множин для діагностики гестозу була синтезована штучна нейронна мережа, з використанням пакету прикладних програм Statistica. Завданням системи є визначення типу патології вагітних на базі гемодинамічних показників.

В якості вихідних даних були використані результати обстежень пацієнток пологового будинку, що представляють собою результати обстежень 147 породіль, для яких відомі 18 показників стану здоров'я. Така кількість показників обумовлена діагностичними можливостями відділення патології вагітних. Були враховані наступні показники гемодинаміки: частота пульсу, артеріальний тиск, ударний та хвилинний об'єми крові, ударний індекс, серцевий індекс, об'ємна швидкість кровотоку, лінійна швидкість кровотоку, потужність лівого шлуночка серця, реографічний систолічний та діастолічний індекси, загальний периферійний опір судин. Всі показники реєструвалися відповідно методами та засобами, що використовуються в вітчизняній медицині.

Пацієнтки були розбиті на сім груп відповідно до ступеню важкості захворювання:

- 1 група — гестоз важкого ступеня, що відповідає номінальному значенню «дуже високий» (4 пацієнтки);
- 2 група — гестоз легкого ступеня важкості, що відповідає номінальному значенню «дуже низький» (19 пацієнток);
- 3 група — гестоз середнього ступеня важкості, що відповідає номінальному значенню «середній» (39 пацієнток);
- 4 група — гестоз легкого ступеня важкості з тенденцією до середнього ступеня важкості, що відповідає номінальному значенню «низький» (20 пацієнток);
- 5 група — гестоз середнього ступеня важкості з тенденцією до високого ступеня важкості,

що відповідає номінальному значенню «вище середнього» (30 пацієнток);

- 6 група — гестоз середнього ступеня важкості з тенденцією до легкого ступеня важкості, що відповідає номінальному значенню «нижче середнього» (22 пацієнтки);
- 7 група — гестоз високого ступеня важкості з тенденцією до середнього ступеня важкості, що відповідає номінальному значенню «високий» (13 пацієнток).

Розподіл по групам було проведено на основі показників гемодинаміки з урахуванням типу гемодинаміки. Отримана модельна база показників була розбита на дві вибірки — навчальну та контрольну. В якості тестової множини до розгляду були вибрані дані 40 пацієнток, дані яких були закладені в основу генерації модельної бази.

Для вибору мінімального числа нейронів та визначення структури мережі використовували процедуру контрастування. При тестуванні в якості типу нейронної мережі було обрано тришаровий перцептрон і радіальна базисна функція (РБФ). Даний тип нейронної мережі обрано через наявність позитивних результатів при його використанні у схожих задачах прогнозування медико-технічного призначення та простоту реалізації алгоритму. Мережа РБФ являє собою спеціальний тип нейронних мереж з прямими зв'язками, основне призначення яких є апроксимація та інтерполяція багатовимірних функцій для вирішення, зокрема, задач прогнозування [7].

Радіальна базисна функція має один прихований нелінійний шар, і використовуючи функцію Гаусса, забезпечує локальну апроксимацію нелінійного відображення і навчається на порядок швидше, ніж нейронна мережа з використанням алгоритму зворотного поширення.

Виходячи з того, що ми маємо 18 показників стану вагітної, розмірність вхідного вектора $Nx = 18$, тому вхідний шар містить 18 нейронів. Число нейронів у вихідному шарі відповідає числу класів ($Ny = 7$), відповідно розбиттю вибірки даних.

Експериментуючи з кількістю елементів у прихованому шарі з отриманого діапазону значень, приходимо до висновку, що мінімальне значення квадратичної помилки на навчальній множині відповідає мережі РБФ з 60 елементами в прихованому шарі.

Проведені експериментальні дослідження показали, що навчання мережі є мінімізацією квадратичної помилки на навчальній множині з використанням градієнта оцінки. Градієнт оцінки обчислювали методом подвійності, а саме, методом зворотного поширення помилки, який є алгоритмом градієнтного спуску. В якості функції активації вибрано логістичну функцію, а функцією помилки — середньоквадратичну.

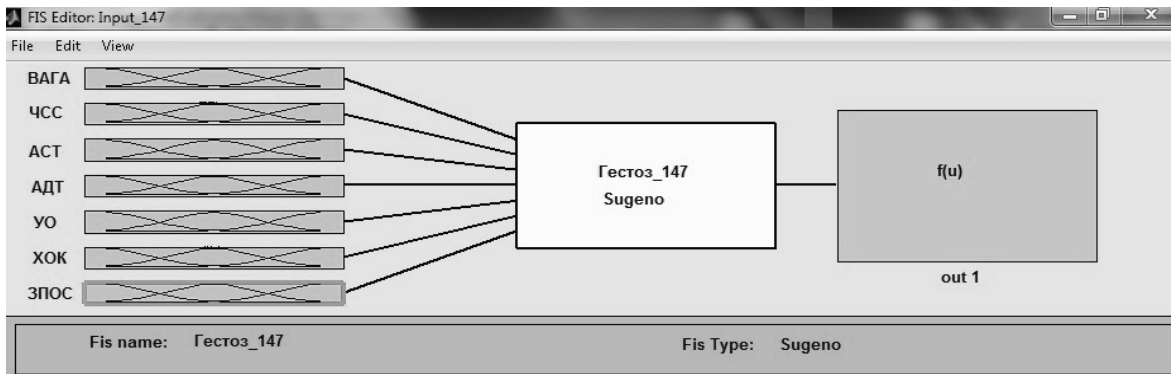


Рис. 1. Структура системи нечіткого логічного виведення на основі алгоритму Сугено

Результати класифікації представлені в табл. 1, де представлені сумарні статистичні дані (загальне число пацієнток в кожному класі, число класифікованих правильно та помилково), та крос-результати класифікації в % (який відсоток пацієнток з даного стовпця був віднесений до даного рядка).

Табл. 1 Результати класифікації

1. RBF 25-60-7	ГЕСТОЗ	1	2	3	4
	Всього	2	16	27	12
	Вірно	2	16	25	12
	Невірно	0	0	2	0
	Вірно (%)	100	100	92.6	100
	Невірно (%)	0	0	7.4	0
	ГЕСТОЗ	5	6	7	1-7
	Всього	23	13	11	147
	Вірно	22	13	8	142
	Невірно	1	0	3	5
	Вірно (%)	95.7	100	72.7	92.3
	Невірно (%)	4.3	0	27.3	7.69

Використання запропонованої системи діагностики гестозу на базі нейронної мережі з використанням показників гемодинаміки дозволило класифікувати пацієнток з патологією серцево-судинної системи з досить високим відсотком — відсоток вірно класифікованих склав 92,3 % (142 пацієнтки з 147). Відсоток невірно класифікованих склав всього 7,69 % (5 пацієнток з 147).

За результатами тестування модель пройшла перевірку, оскільки за теоретичним значенням помилка тестування повинна бути меншою за 18 %. В нашому випадку дана помилка складає 7,69 %, тобто модель з високим рівнем точності визначає ступінь важкості гестозу, а отже, може бути використана на практиці для визначення ступеня гестозу у вагітних жінок.

Таким чином показано, що діагностика гестозу вагітних в перинатальний період на базі нейронної мережі дозволяє визначити тип патогенетичного варіанту порушень системного кровообігу і встановити ступінь важкості гестозу.

2 Гібридна мережа як адаптивна система нейро-нечіткого виводу

В рамках даної роботи для побудови моделі було використано редактор ANFIS, що дозволило створювати або завантажувати конкретну модель адаптивної системи нейро-нечіткого виводу, виконувати її навчання, візуалізувати її структуру та використовувати налагоджену мережу для здобуття результатів нечіткого виводу.

Нейро-нечітку мережу можна розглядати як один з різновидів систем нечіткого логічного виведення типу Сугено [7]. Алгоритм Сугено має певну перевагу над іншими алгоритмами даної системи — в плані точності й простоти реалізації. При застосуванні системи нечіткого виводу типу Сугено загальний вихід є середнім зваженим усіх введених даних, оскільки вихідне значення є лінійною комбінацією вхідних значень плюс деяке постійне значення. При цьому функції належності синтезованих систем налагоджені так, щоб мінімізувати відхилення між результатами нечіткого моделювання і експериментальними даними.

Кількість параметрів гемодинаміки було зменшено до 7 з метою створення засобу експрес-діагностики стану вагітних.

Перед генерацією структури системи нечіткого виведення типу Сугено після виклику діалогового вікна властивостей було задано для кожної з вхідних змінних по 3 лінгвістичних терма, а в якості їх функцій приналежності вибрані трикутні функції.

На рис. 1 можна побачити вхідні та вихідні величини. У якості вхідних параметрів нейромережі виступають 7 показників гемодинаміки, натомість вихідним параметром є ступінь важкості гестозу.

В ході даного дослідження був обраний спосіб створення вихідної системи нечіткого логічного виводу “Sub. clustering” — генерування системи по методу субкластеризації.

Параметри методу субкластеризації наступні: рівень впливу вхідних змінних — 0,5; коефіцієнт придушення — 1.25; accept ratio 0,5 — коефіцієнт, що встановлює в скільки разів потенціал даної кра-

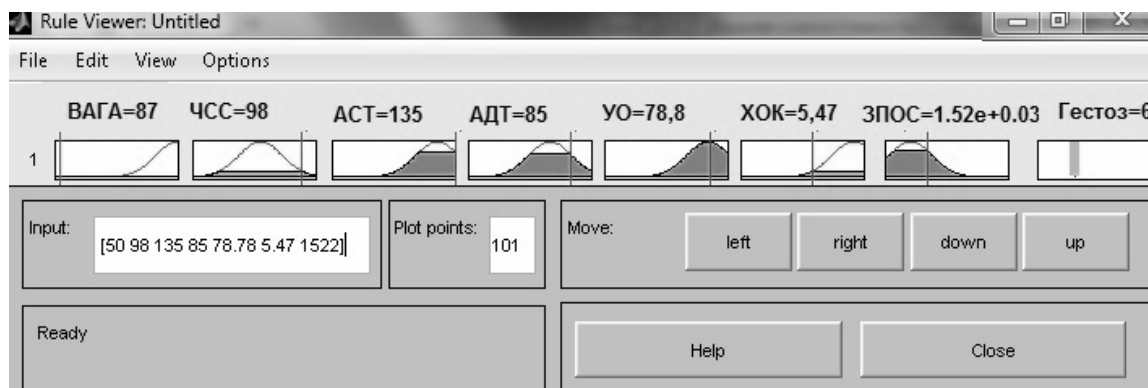


Рис. 2. Графічний інтерфейс перегляду правил згенерованої системи нечіткого виведення

пки має бути вище за потенціал центру першого кластера для того, щоб центром одного з кластерів була призначена дана крапка; reject ratio 0.15 — коефіцієнт, що встановлює в скільки разів потенціал даної крапки має бути нижче за потенціал центру першого кластера, щоб крапка, що розглядається була виключена з можливих центрів кластерів.

Метод навчання гібридної мережі — гібридний (hybrid), тобто є комбінацією методу найменших квадратів і методу зменшення зворотного градієнта, рівень помилки навчання (Error Tolerance) — 0, кількість циклів навчання (Epochs) — 40.

Подальше налаштування параметрів побудованої та навченої гібридної мережі виконувалося за допомогою стандартних графічних засобів пакету Fuzzy Logic Toolbox.

Результати досліджень показують, що при внесенні 7 основних параметрів, що характеризують стан вагітної жінки, ми отримуємо результат у вигляді визначення типу гемодинаміки та ступеню важкості гестозу (рис. 2).

За результатами навчання середня помилка складає 0.006, що свідчить про високу здатність системи оцінювати критичність стану вагітної на основі показників, які характеризують гемодинаміку.

Визначення типу гемодинаміки і ступеня важкості гестозу дозволяє лікарю-діагносту та акушеру-гінекологу оцінити наскільки критичний стан вагітної на момент дослідження і прийняти необхідні заходи лікування.

Висновки

З метою діагностики гестозу, була синтезована нейронна мережа, що дозволяє класифікувати патології вагітних з використанням нейро-нечіткого моделювання в середовищі Matlab.

Результати досліджень, показали, що при внесенні 7 основних параметрів, що характеризують стан вагітної жінки, ми отримуємо результат у вигляді визначення ступеню важкості гестозу.

Використання запропонованого підходу системи дозволило скоротити кількість показників необхідних для діагностики гестозу з 18 до 7 показників. Застосування запропонованої системи дозволяє вибирати тактику ведення пацієток з гестозом з індивідуально підбраною терапією і контролем її ефективності та виключити необґрунтоване використання медикаментозних засобів.

Система діагностики гестозу на базі нейронної мережі з використанням 7 показників гемодинаміки дозволила класифікувати пацієток з патологією серцево-судинної системи з досить високим відсотком (92,3%) вірно класифікованих пацієнтів.

Перелік посилань

1. Медведь В.И. Основные вопросы экстрагенитальной патологии / В.И. Медведь // Медицинские аспекты здоровья женщины. — 2011. — № 6. — с. 5-11.
2. Карпов А.Ю. Экспертная скрининг система: Экспресс-оценка системы кровообращения у беременных / А.Ю. Карпов, М.Б. Охалкин, В.И. Шмелев // Всероссийский форум: Интеллектуальные ресурсы регионов России на рубеже тысячелетий. — Ярославль. — 2000. — с. 70-72.
3. Киселева Н. И. Актуальные проблемы гестоза (патогенез, диагностика, профилактика и лечение) / Н. И. Киселева, С. Н. Занько, А. П. Солодков. — Витебск : ВГМУ, 2007. — 196 с.
4. Охалкин М. Б. Преэклампсия: гемодинамический адаптационный синдром / М.Б. Охалкин, В.Н. Серов, В.О. Лопухин // АГ-инфо. — 2002. — № 3. — С. 9-12.
5. Глухова Т. Н. Патогенетическое обоснование принципов диагностики, прогнозирования и комплексной терапии гестоза / Т.Н. Глухова, И.А. Салов, Н.П. Чеснокова. — Саратов : СарГМУ, 2005. — 47 с.
6. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафян. — М. : Бином-Пресс, 2007. — 512 с.
7. Боровиков В. П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных / В.П. Боровиков. — М. : Горячая линия — Телеком, 2008. — 392 с.
8. Mustetsov N. P. The possibilities of neural network technologies in solving medical problems // N.P.

Mustetsov, S.A. Bahan / European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences, Vienna, Austria, 20 July 2017. – pp. 111-116.

Neural Network of the gestosis diagnosis system

Mustetsov, M. P., Bahan, S. O.

Introduction. The work is devoted to the increase of the information content of the methods of express diagnostics of the state of the cardiovascular system of pregnant women by developing a diagnostic monitoring system and assessment of the state of hemodynamics of pregnant women due to the use of neural network technologies. Currently, gestosis is one of the most urgent problems of modern obstetrics due to the prevalence and complexity of etiopathogenesis, the absence of early and reliable diagnostic criteria, effective prevention and treatment measures, high maternal and perinatal morbidity and mortality, as well as large economic costs of intensive care for patients. The proposed approach to optimization of the diagnosis of preeclampsia using registration key hemodynamic parameters, which allows to objectively evaluate the hemodynamics in pregnant women with preeclampsia, to determine the type of hemodynamics in pregnant women and to monitor the effectiveness of the therapy.

Neural network technologies for the analysis and processing of medical data. The synthetic structure of the artificial neural network has shown the effectiveness of its use for diagnosis of gestation, using real clinical data. The basis of the diagnostic system was the artificial neural network, using the application package Statistica.

Hybrid network as an adaptive system of neuro-fuzzy output system. In order to diagnose gestosis, we synthesized a neural network that allowed us to classify the pathologies of pregnant women on the basis of oscillometric data, using neural-fuzzy modeling in the Matlab environment. In the framework of this work, the ANFIS editor was used to build the model that would help create or load a specific model of the adaptive neuro-fuzzy inference system, perform its training, visualize its structure, change and adjust its parameters, and use the configured network to obtain the results of fuzzy inference. The findings of the tests, show that with the introduction of 7 basic parameters characterizing the state of a pregnant woman, the produced result is in the form of a definition of the type of hemodynamics and the degree of gestosis. The determination of the type of hemodynamics and the degree of gestosis allows the diagnostician and the obstetrician-gynecologist to assess the critical state of the pregnant woman at the time of the study and to take the necessary treatment measures.

Conclusion. In order to diagnose gestosis, a neural network was synthesized, which allowed classifying the pathology of pregnant women using neuro-fuzzy simulation in a Matlab environment. The application of the proposed system helps choose the tactics of treating a patient diagnosed with gestosis according to individually selected therapy, monitoring its effectiveness, which will have a positive effect on the course and outcome of pregnancy; most importantly, controlling the state of maternal hemodynamics will eliminate the unreasonable use of medications.

Key words: pregnancy; cardio-vascular system; preeclampsia; the hemodynamic parameters; neural network

References

- [1] Medved' V.I. (2011) Osnovnye voprosy ekstragenital'noi patologii [The main issues of extragenital pathology]. *Medychni aspekty zdorov'ia zhinky*, No 6, pp. 5-11.
- [2] Karpov A. U., Shmelev V. I. and Okhapkin M. B. (2000) Ekspertnaya skrining sistema: Ekspress-otsenka sistemy krovoobrashcheniya u beremennykh [Expert screening system: Rapid assessment of the circulatory system in pregnant women]. *Materialy II Rossiiskogo foruma: Mat' i ditya*, pp.70-72.
- [3] Kiseleva N. I., Zan'ko S. N. and Solodkov A. P. (2007) *Aktual'nye problemy gestoza (patogenez, diagnostika, profilaktika i lechenie)* [Actual problems of gestosis (pathogenesis, diagnosis, prevention and treatment)]. Vittebsk, VGMU, 196 p.
- [4] Okhapkin M. B., Serov V.N. and Lopukhin V.O. (2002) *Preeklampsiya: gemodinamicheskii adaptatsionnyi sindrom* [Preeclampsia: hemodynamic adaptation syndrome]. *AG-info*, No 3, pp. 9-12.
- [5] Glukhova T.N., Salov I. A. and Chesnokova N. P. (2005) *Patogeneticheskoe obosnovanie printsipov diagnostiki, prognozirovaniya i kompleksnoi terapii gestoza* [Pathogenetic substantiation of the principles of diagnosis, prognosis and complex therapy of gestosis], Saratov, SarGMU, 47 p.
- [6] Khalafyan A.A. (2007) *STATISTICA 6. Statisticheskii analiz dannykh* [STATISTICA 6. Statistical data analysis], Moscow, Binom-Press, 512 p.
- [7] Borovikov V.P. (2008) *Neironnye seti. Statistica Neural Networks. Metodologiya i tekhnologii sovremennogo analiza dannykh* [STATISTICA Neural Networks: Methodology and technology of modern data analysis]. Moscow, Goryachaya liniya, 392 p.
- [8] Mustetsov N.P. and Bahan S.A. (2017) The possibilities of neural network technologies in solving medical problems. *European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences*, p.111-116.

Нейросетевая система диагностики гестоза беременных

Мустецов Н. П., Баган С. А.

Работа посвящена повышению информативности методов экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы беременных путем разработки диагностической системы мониторинга и оценки состояния гемодинамики беременных за счет применения нейросетевых технологий. Разработанная методика экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы во время беременности позволяет оценить состояние гемодинамики по основным 7 диагностическим показателям и своевременно обнаружить группу повышенного риска перинатальных осложнений.

Ключевые слова: беременность; система сердечно-сосудистая; гестоз; гемодинамические параметры; нейронные сети