

НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

На основі аналізу сучасних інформаційних систем діагностики та прогнозування стану серцево-судинної системи за біометричними характеристиками, виявлено тенденції розвитку цих систем та обґрунтовано напрями розвитку їх методологічного та програмного забезпечення, що дало змогу сформулювати цілий спектр вимог до нього.

Ключові слова: нейро мережа, експерт, діагностика, система, прогнозування, характеристики.

A.S. SVERSTUK, A.B. HORKUNENKO

I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University

NEURAL EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS AND FORECASTING FOR CYCLIC BIOMETRIC SIGNALS

Based on the analysis of modern information systems for diagnosis and prediction of the cardiovascular system with biometric characteristics, tendencies of development of these systems and reasonable directions of their methodological and software that made it possible to formulate a range of requirements it. The basic requirements to be met self-learning medical expert systems decision making, diagnosis, treatment and prevention of destination activities and predict the following: personalization, dynamical development, possibility to reconfigure the sudden change of conditions, such as when moving to another region, ability to extrapolate results, possibility of designing from scratch the end user, "Fuzzy" nature of the result, Expert system is only adviser doctor do not claim absolute accuracy of the decision. The expert neural network system must accumulate expertise and greatly speed up access to them, simulate result in a change of the problem. Thus the responsibility for the decision always rests with the doctor.

Keywords: neural network, expert, diagnosis, system, forecast, characteristics.

Вступ

Підвищення ефективності роботи лікувально-профілактичних установ, особливо в умовах медичного страхування, багато в чому пов'язано з перетворенням всіх аспектів діяльності і оформленням їх у вигляді чіткої і високопродуктивної діагностики стану серцево-судинної системи (ССС). При цьому повинна бути дотримана культура та кваліфікація медичного персоналу, інформаційне та технічне забезпечення кардіодіагностичних систем.

Останнім часом дуже сильно зростає значення інформаційного забезпечення. Воно стає критичним чинником розвитку технологій практично у всіх областях кардіодіагностики. Це пов'язано з наступними основними особливостями сучасних лікувально-профілактичних закладів: максимальний розподіл праці, особливо в складних наукоємких кардіодіагностичних процедурах; об'єми інформації, що постійно збільшуються, вимагають швидкої обробки біометричних сигналів; вимоги, що підвищуються, до якості прийняття рішень при використанні існуючих та розробці нових діагностичних комплексів стану ССС людини. Тому розробка і впровадження високопродуктивних діагностичних систем, зокрема кардіодіагностичних систем, є на сьогодні одним з актуальних завдань.

Усі завдання, вирішення яких актуально в системах для діагностики та прогнозування за циклічними біометричними сигналами, можна підрозділити на дві великі категорії.

1. Завдання, що вирішуються по чітких алгоритмах. До цієї категорії відносяться завдання діловодства, зберігання і обробки циклічних біометричних сигналів. Вони з успіхом вирішуються за допомогою стандартного програмного забезпечення, що швидко і широко розповсюджується.

2. Завдання прийняття рішень по досліджуванім біосигналам, діагностика по яких проводиться виходячи з досвіду і знань лікаря. Для цього класу завдань характерний дуже складний алгоритм, і найчастіше – повна неможливість його реалізувати.

Тому можна виділити два способи рішення задачі – логічний і інтуїтивний. Логічний метод оперує набором формальних правил [1], інтуїтивний – накопиченим досвідом. При вирішенні задачі першим способом вона зазвичай розбивається на підзадачі, кожна з яких, у свою чергу, розбивається на декілька елементарних функцій з відомим алгоритмом обчислень. Знаючи алгоритм кожної елементарної функції можна вирішувати складні завдання, сполучаючи елементарні функції в потрібній послідовності. Традиційне програмування якраз і забезпечує таку можливість. При спробі застосувати такий метод до розв'язку інтуїтивних завдань програміст може зіткнутися з неможливістю виділити алгоритм елементарної функції або взагалі розбити завдання на такі функції.

1. Можливості штучних нейронних мереж

Сучасний комп'ютер, обробляючи інформацію з великою швидкістю, робить це на основі алгоритмів, розроблених програмістом. Природно, що з ускладненням завдань різко зростає час, що витрачається на написання алгоритмів та їх рішення. Тому труднощі розробки експертних систем визначаються вже не технічними, а людськими чинниками.

Об'єми інформації, що ростуть, поява новітніх діагностичних і лікувальних технологій вимагають принципово інших підходів до обробки та інтерпретації медичних даних, можливості накопичення, зберігання і використання досвіду кваліфікованих фахівців. Аналогічно, для наукових досліджень в

медицині вже абсолютно недостатньо використовувати стандартні набори статистичних методів для обробки матеріалу. Потрібні універсальні інструменти з можливістю гнучкої постановки завдань, можна застосовувати до всіх областей біології і медицини, що володіє великою інформаційною ємкістю і завадостійкістю, що не потребують тривалого часу для розробки. Всім вищеперерахованим вимогам можуть відповідати системи, здатні самоналаштуватися на вирішення завдань. Створені тільки один раз, вони повинні навчатися вирішувати абсолютно різні завдання.

Можливості налаштування нового класу експертних систем, які повинні розповсюджуватися аж до індивідуального користувача, наприклад до конкретного лікаря, що має можливість навчати експертну систему на своєму власному досвіді і тих даних, які доступні лікареві. Це означає, що необхідна докорінна зміна технології виробництва таких систем. Існуючі традиційні системи прийняття рішень, засновані на чітких правилах виводу, створюються, як правило групою фахівців серед яких – математики, програмісти і практичні фахівці, які ставлять певні завдання. Можливості налаштування таких систем на кінцевого споживача майже завжди зведені до мінімуму, і він, працюючи з такою системою, часто стикається з її непридатністю до конкретних умов його роботи (наприклад, інший спектр лабораторних аналізів або методів обстеження, прийнятих в даній клініці). Вихід – дати фахівцеві можливість самому конструювати експертну систему виходячи з конкретних умов власного досвіду і досвіду колег. Таке конструювання повинне проводитися без знання спеціалістом математичного апарату, вимагаючи тільки звичайних навиків роботи на персональному комп'ютері.

Крім того, в цій ситуації знімається психологічна проблема довіри до висновків експертної системи, яка працює, спираючись на досвід і знання того лікаря, який її сконструював, його колег, яким він довіряє, і реальні дані, які він сам отримав в результаті спостережень.

Аналіз існуючих методів обробки інформації і алгоритмів вирішення завдань показав, що вищеперераховані вимоги досить добре задовольняють нейроінформаційні технології на основі штучних нейронних мереж.

В основі функціонування нейронних мереж лежать алгоритми, що моделюють розповсюдження сигналів по нейронах і синапсах нервової системи. Існує достатньо великий набір архітектури і алгоритмів функціонування нейронних мереж, при цьому завдання, що вирішуються сучасною нейроінформатикою, в більшості випадків вимагають підлаштування архітектури і алгоритмів навчання нейромереж під певний клас завдань або навіть конкретне завдання. Тому, розробка універсальної технології створення медичних експертних систем, що включає оптимізацію архітектури і алгоритмів функціонування нейронних мереж, теоретичні і методологічні основи функціонування нейромереж при роботі з медико-біологічною інформацією, є актуальним завданням.

2. Нейромережеві комп'ютерні експертні системи в медицині

Розробка математичних методів вирішення медико-біологічних завдань ведеться вже не одну сотню років. Вченими запропонована величезна кількість способів перевірки гіпотез і прийняття рішень. В історії розробки цих методів простежуються два періоди найбільшого інтересу теоретиків і практиків. Перший період спостерігався в 60-ті роки, коли були розроблені методи аналізу, що отримали деяке розповсюдження і що викликали хвилю публікацій. Серед них аналіз Вальда [2], що застосовується до цього часу, матричні алгоритми, засновані на аналізі присутності або відсутності ознак [3], методи правдоподібності (аналіз частот тієї, що зустрічається ознак при двох або більш захворюваннях [4]), алгоритми, засновані на логіці фазового інтервалу (стан виражається у вигляді сукупності крапок в просторі ознак [3, 5]), вірогідні методи [6]. Досить широку популярність набули алгоритми, засновані на пошуку клінічного прецеденту [7]. Загальною ознакою, об'єднуючою всі ці і інші традиційні методи, не дивлячись на їх різноманітність, є наявність явних алгоритмів прийняття рішень [8]. "Діагностичний алгоритм включає в себе сукупність правил, що визначають порядок опрацювання медичної інформації з метою поставлення діагнозу" [9]. Не дивлячись на те, що найбільш популярні методи до цього часу активно використовуються в теоретичній біології і медицині [10], в практичній медицині вони не знайшли широкого застосування. Це зв'язано по-перше, з тим, що методи, орієнтовані на обробку групових даних, слабо застосовні до окремих об'єктів, а по-друге, з особливостями самої медико-біологічної інформації [11]. Рішення в медичних і біологічних завданнях залежать від величезної кількості неоднакових по значущості чинників [12].

Тому, навіть якщо вдається збудувати правила представлення, що зв'язують умови завдання з рішенням, метод, як правило, добре працює тільки на тій групі об'єктів, на якій проводилися дослідження. Природно створити універсальний алгоритм неможливо, і при використанні методу для іншої подібної групи об'єктів його доводиться повністю перекоструювати практично наново.

Багаторічні дослідження, що проводяться з самими різними явними алгоритмами, показали, що медичне завдання, які мають неявний характер, вирішуються явними методами з точністю і зручністю, зовсім недостатніми для широкого практичного використання в конкретних завданнях діагностики, прогнозування і прийняття рішень [13].

Тому в даний час спостерігається друга хвиля актуальності до діагностичних систем. Вона направлена на принципово нове покоління вирішальних алгоритмів, що є неявними і що володіють здатністю до самонастроювання [14], що може здійснюватися на мінімальній кількості даних.

Основною групою таких алгоритмів, що розвиваються зараз найінтенсивніше, є нейромережеві методи [15]. Пошуки і вивчення неявних алгоритмів, що дозволяють автоматично накопичувати і потім використовувати досвід при навчанні [16], продовжуються вже більше 100 років [17]. Проте перші серйозні

спроби створення нейронних мереж були зроблені в середині минулого століття, коли У.Маккалох і У.Піттс висунули основні положення теорії роботи головного мозку.

Неявні завдання діагностики стану ССС з'явилися ідеальним полем для застосування нейромережових технологій, і саме в цій області спостерігається найбільш яскравий практичний успіх нейроінформаційних методів [18]. Перейдемо тепер до розгляду нейромережових застосувань для діагностики стану ССС, створених особистими авторами. Загальна межа, об'єднуюча приклади, що наводяться нижче, відсутність єдиної універсальної технології створення таких застосувань. У публікованих розробках використовуються найрізноманітніші архітектури [19] і алгоритми функціонування нейронних мереж. Це приводить до того, що для майже для кожного завдання розробляється своя власна архітектура, і часто унікальний алгоритм або унікальна модифікація, що вже існує. З погляду практичного застосування такі експертні системи майже не відрізняються від традиційних програм прийняття рішень; запропоновані навіть методи перетворення традиційних експертних систем в нейромережіві [20]. Їх розробка вимагає участі фахівців з нейроінформатики, а можливості конструювання користувачем практично відсутні. Це робить такі системи надзвичайно дорогими і не дуже зручними для практичного застосування, тому в публікаціях автори в основному порівнюють якість роботи нейромережових алгоритмів і традиційних систем, що працюють по правилам виводу.

Найбільший інтерес для практичної охорони здоров'я представляють системи для діагностики і диференційованої діагностики ССС захворювань [21]. При цьому для прийняття рішень можуть використовуватися самі різноманітні дані анамнезу, клінічний огляд (створюються експертні системи діагностики, які обмежуються тільки цим набором [22]), результати лабораторних тестів і складних функціональних методів.

У Італії розроблена надзвичайно цікава експертна система для діагностики і лікування артеріальної гіпертонії [23]. Система включає в себе три нейромережових модулів, причому відповіді одні є вхідними даними для інших.

У роботі [24] описується нейронна мережа для діагностики коронарного атеросклерозу на ранніх стадіях. Діагноз виставляється на підставі таких параметрів, як стать, вік, вага, зростання, курильні звички; 10 даних сімейного анамнезу, наявності у обстежуваного діабету, показників систоли і діастоли артеріального тиску, рівня холестерину і ліпопротеїдів різних класів в крові.

Велика увага приділяється застосуванню нейромереж для діагностики атеросклерозу [25].

Нейромережі можуть проводити діагностику і визначення стадії атеросклерозу по рентгенологічним [26] і по акустичним сигналах [27]. У одній з робіт приводиться метод виявлення атеросклерозних бляшок в артеріях [28]. Для цього застосовується нейромережа, що інтерпретує флюоресцентні спектри, що отримуються при дослідженні тканини з допомогою лазера.

Аналогічним чином проводиться діагностика захворювань периферичних судин [29], наприклад визначення форм артеріїту [30]. Описується нейромережева діагностика захворювань м'язів по м'язовій біопсії [31]

У роботі [32] автори використовували завдання діагностики нижніх інфарктів міокарду для перевірки гіпотез про вплив карти синапсів і випадково відібраних прикладів, що випадково згенерувала, на якість і стабільність навчання нейронних мереж.

3. Загальні аспекти створення медичних нейромережових експертних систем

Будь-яка експертна система повинна складатися умовно з чотирьох блоків [33]: інтерфейс з користувачем, база знань, обчислювальний блок, блок пояснень, що дозволяє користувачеві прослідкувати "послідовність роздумів" системи в конкретному випадку. Елементом, що пов'язує, між цими блоками є метод, з допомогою якого експертна система у відповідь на запит користувача видає результат (висновок). У роботі [34] пропонується класифікація таких методів на три основні групи - методи логічних правил "в чистому вигляді" коли формалізація правил отримання результату здійснюється фахівцем; ті ж методи, проте формалізація правил здійснюється дослідником, що спостерігає за роботою фахівця з боку, і методи, основані на принципі "дивися і вчися".

Створення навіть простих експертних систем, заснованих на методах 1 і 2, є нелегким завданням, перш за все тому, що вимагає спільної роботи фахівців різного профілю. Традиційні експертні системи, засновані на базах знань і логічних правилах, вимагають для створення досить більшого часу і засобів. Створення традиційної експертної системи можна умовно розділити на декілька етапів.

1. Постановка завдання: визначення цілей роботи експертної системи, набору вхідних даних і форми представлення відповіді.

2. Збір даних: набір репрезентативного матеріалу для статистичних досліджень і його структуризація розділення на підгрупи по різноманітних ознаках.

3. Статистична обробка: виявлення закономірностей, що пов'язують вхідні дані з відповіддю, розрахунок середніх і відносних величин, їх порівняння, кореляційний, регресійний, факторний аналізи і так далі.

4. Створення бази знань: оформлення логічних правил, по яких повинна працювати експертна система.

5. Програмування алгоритмів: перенесення логічних правил на мову програмування.

6. Створення інтерфейсу системи: розробка засобів взаємодії системи з користувачем - форми введення даних, виведення відповіді і тому подібне.

7. Відладка і тестування: перевірка роботи програми і випробування в реальних умовах.

При створенні логічних експертних систем найбільшу частину часу займають 3, 4 і 5 етапи, що потрібна спільна робота як наочних фахівців, так і програмістів і математиків. Не дивлячись на появу комп'ютерних засобів проектування експертних систем, основна робота все одно покладена на спеціалістів. При цьому виникають відразу декілька серйозних проблем.

Перша з них полягає в тому, що при вирішенні складних реальних завдань (економіка, проектування інженерія, біологія) число логічних правил значно збільшується. Часто виникає настільки складна система взаємозв'язків між ними, що її просто не вдається осмислити. Розбиття завдання на блоки також не завжди допомагає: по-перше, це теж не завжди просто зробити, по-друге, при розбитті іноді можуть втрачатися деякі взаємозв'язки.

Друга, ще серйозніша проблема полягає в тому, що далеко не завжди вдається виразити обчислювальний процес логічними правилами. Це може бути пов'язано як з складністю самого завдання, так і з особливостями діяльності наочного фахівця. Особливо яскраво це виявляється в медицині, де процесу ухвалення рішення багато в чому спирається на інтуїцію і досвід лікаря, що не є експертом в області власного мислення. У всіх цих випадках говорять, що завдання не піддається алгоритмуванню. Крім того навіть якщо творцям вдається розробити алгоритм, ніколи немає достатньої гарантії, що він буде коректний працювати в реальних умовах, а це можна перевірити тільки після закінчення всіх робіт із створення системи.

У створенні самонавчальної системи також можна виділити декілька етапів, частина з яких співпадає з етапами створення традиційних систем.

1. Постановка завдання. Те ж, що і для традиційних систем плюс вибір оптимальної структури нейронної мережі і методів навчання (для більшості завдань структура і методи стандартні).

2. Збір навчальних даних. Набір прикладів для навчання мережі, кожен з яких представляє масив вхідних даних і відповідна йому заздалегідь відома відповідь.

3. Створення і навчання нейромережі. Даний етап не вимагає проведення статистичних обчислень, а якщо задача вкладається в стандартну схему (в більшості випадків), то і роботи програміста. Якщо завдання нестандартна, потрібна адаптація структури нейромережі і методу обчислення оцінки при навчанні. Навчання нейромережі в більшості стандартних випадків є автоматичним процесом, який тільки після його закінчення потребує участі фахівця для оцінки результатів. Природно, часто може вимагатися коректування, створення додаткових мереж з іншими параметрами і так далі, проте завжди є можливість оцінити роботу системи на будь-якому етапі навчання, протестувавши контрольну вибірку. Розробляючи методологію створення нейромережеских експертних систем, ми виходили з можливості розробки найбільш індивідуалізованих (розрахованих на одного конкретного користувача-фахівця) систем самим цим фахівцем. Звичайно, ніщо не заважає об'єднувати в одній системі індивідуальний досвід декількох фахівців. Відсутність "математичних" етапів реалізує такі можливості. Наочний спеціаліст в стані самостійного поставити завдання, більш того, ніхто, окрім нього, не зможе зробити це краще. Збір матеріалу також повинен здійснювати наочний фахівець. Схеми постановки завдань, способи представлення даних і способи продукції відповіді нейромережею розроблені таким чином, що більшість завдань в багатьох областях укладаються в ці стандартні схеми. Тому за наявності добре продуманих інструментальних програмних засобів роботи з нейронними мережами і документації до них більшість фахівців здатні самостійно розробляти не дуже складні нейромережескі застосування.

4. Створення інтерфейсу. Те ж, що і для традиційних експертних систем.

5. Відладка і тестування. Етап включає в основному відладку роботи програми, оскільки тестування часто проводиться в процесі навчання мереж.

6. Доучування. Етап, характерний тільки для систем, що навчаються. При створенні нейроекспертних програм досить рідко можливо відразу зібрати достатню кількість даних для хорошого навчання мережі. Тому, створюючи нейромережу, дослідники визначають якнайкращі параметри мереж і проводять стартові навчання. У подальшому користувачі доучують систему в умовах реальної роботи і реальних даних, передаючи їй досвід. Більш того, корінна відмінність методології створення нейромережеских систем від традиційних полягає саме в тому, що система ніколи не створюється відразу готовою, і більш того, ніколи не буває повністю закінченою, продовжуючи накопичувати досвід в процесі експлуатації.

Резюмуємо наявні переваги нейромережеских експертних систем перед звичайними, які, як вже було сказано, виявляються тільки при вирішенні важко алгоритмуючих завдань.

1. Нейромережі ухвалюють рішення на основі досвіду, що набувається ними самостійно. "Самостійно" в даному випадку означає те, що творцеві експертної системи не потрібно встановлювати взаємозв'язку між вхідними даними і необхідним рішенням, витрачаючи час на різноманітну статистичну обробку, підбір математичного апарату, створення і перевірку математичних моделей.

2. Рішення, нейромережею, що приймається, не є категоричним. Мережу видає рішення разом із ступенем вірогідності, що залишає користувачеві можливість критично оцінювати її відповідь.

3. Нейромережа дозволяє моделювати ситуацію ухвалення рішення.

4. Нейромережі дають відповідь дуже швидко (долі секунди), що дозволяє використовувати їх в різних динамічних системах, що вимагають негайного ухвалення рішення.

5. Можливість нейромереж (корекція класифікаційної моделі, мінімізація навчальних параметрів і

ін.) дозволяють спрощувати процес створення експертних систем, визначати напрями наукового пошуку.

Головним критерієм роботи нейромережових експертних систем повинна бути практика - багатократні випробування і перевірки в самих різних умовах.

Певною перешкодою використання нейромереж є деяка обмеженість завдань, що вирішуються ними. Іноді в блоці важко алгоритмуючих завдань, що вирішуються за допомогою самонавчаючої експертної системи, можуть бути присутніми елементи чітких правил. У такому разі абсолютно логічно комбінувати в одній експертній системі декілька нейромереж або навіть звичайні математичні методи і будувати з них ієрархічні блоки, одні з яких використовують для своїх дій результати роботи інших. Варто підкреслити, що застосування неявних алгоритмів не заперечують і не відмінюють використання формальних методів, а можуть доповнюватися ними при необхідності. Наприклад, якщо за допомогою нейромережі визначається оптимальна комбінація лікарських препаратів для лікування пацієнта, і є абсолютно чітке протипоказання до призначення певного препарату, в експертну систему може бути введений просто логічний блок, що перешкоджає призначенню цих ліків незалежно від вирішення нейромереж.

Висновки

За даними переважного числа робіт, в яких проводилося порівняння нейромережових методів прийняття рішень і інтерпретації даних з традиційними алгоритмами, нейромережі володіють більшою швидкістю точністю, гнучкістю і інформативністю при діагностиці стану ССС.

Практично відсутні які-небудь методології розробки нейромережових медичних систем, про що свідчить як відсутність робіт такого профілю, так і величезна різноманітність підходів до нейромережових алгоритмів навчання і архітектури нейронних мереж. Це підтверджує те, що медична нейроінформатика як наука знаходиться ще, в основному, на стадії накопичення фактичного матеріалу.

Всі медичні застосування нейронних мереж для практичної охорони здоров'я (діагностика, лікування, прогнозування) створені закордонними авторами. Більшість вітчизняних робіт направлена на дослідження самих нейронних мереж і моделювання з їх допомогою деяких біологічних процесів (в основному, функцій нервової системи).

У роботі [35] створений програмний інструментарій програма AcceStat 2000 "NeuroMaster", призначена для створення медичними фахівцями експертних систем, що накопичують індивідуальний і колективний досвід і /або що навчаються на реальних даних, отриманих шляхом вимірювань і спостережень. Однак даний комплекс не має можливості проводити комплексну сумісну діагностику стану ССС людини за сукупністю синхронно зареєстрованих кардіосигналів, як однієї так і різної фізичної природи.

Отже, основні вимоги, яким повинні задовольняти самонавчаючі медичні експертні системи прийняття рішень, діагностики, призначення лікувально-профілактичних заходів і прогнозування наступні:

1. Індивідуалізація (настройка на традиції клінічних шкіл, геосоціальні особливості регіону застосування, набори медико-біологічних даних, особливості лікувально-діагностичних технологій, індивідуальний досвід і знання лікаря).

2. Динамічний розвиток (накопичення досвіду системи в процесі функціонування, згідно змін, які перераховані в попередньому пункті).

3. Можливість переналаштування при різкій зміні умов, наприклад, при перенесенні в інший регіон.

4. Здатність до екстраполяції результату. Вимога, зворотна індивідуальності. Система не повинна різко втрачати якість роботи при зміні умов.

5. Можливість конструювання з нуля кінцевим користувачем (фахівець повинен мати можливість придумати абсолютно нову експертну систему і мати можливість просто і швидко створити її).

6. "Нечіткий" характер результату. Важлива вимога, мається на увазі, що рішення, яке видане системою не повинно бути остаточним. Воно може бути, наприклад, імовірнісним, або пропонувати відразу декілька варіантів на вибір. Це дає можливість фахівцеві критично оцінювати рішення системи і не позбавляє його ініціативи в ухваленні остаточного рішення.

7. Експертна система є тільки порадином лікаря, не претендуючи на абсолютну точність прийняття рішення.

Вона повинна накопичувати досвід і знання і значно прискорювати доступ до них, моделювати результат при зміні умов завдання. При цьому відповідальність за рішення завжди лежить на лікареві.

У подальших дослідженнях необхідно виконати:

1. Вивчити властивості і поведінку нейронних мереж при вирішенні завдань, пов'язаних з прийняттям рішень про стан ССС людини.

2. Оптимізувати структуру і параметри нейронних мереж для вирішення завдань кардіодіагностики і прогнозування.

3. Розробити методи оцінки інформативності медико-біологічних параметрів при діагностиці захворювань ССС нейронними мережами.

4. Розробити універсальне комп'ютерне програмне середовище (інструментарій) для розробки самонавчаючої медичної експертної системи.

5. Розробити і впровадити нейромережову експертну систему медичної діагностики, прогнозування і прийняття рішень про стан ССС людини за сукупністю синхронно зареєстрованих кардіосигналів, як однієї так і різної фізичної природи.

Література

1. Amari S.I. The Brain and Computer // Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks Nagoya, Japan, October 25-29, 1993.- Nagoya, 1993.- V.1.- P.7-8.
2. Вальд А. Последовательный анализ. М.: Физматгиз, 1960.- 76 с.
3. Биховський М.Л., Вішневський А.А., Харнас С.Ш. Питання побудови діагностичного процесу при допомозі математичних машин // Експериментальна хірургія і анестезіологія.- 1961.- N.4.- С.3-15.
4. Lipkin M. The likelihood concept in differential diagnosis // Perspect. Biol. Med.- 1964.- N.7.- P.485-497.
5. Биховський М.Л. Метод фазового інтервалу в проблемі діагностики // Експериментальна хірургія і анестезіологія.- 1962.- N.2.- С.16-19.
6. Todd B.S., Stamper R., Macpherson P. A probabilistic rule-based expert system // Int. J. Biomed. Comput.- 1993.-V.33, N.2.- P.129-148.
7. Артобольовський І.І., Вішневський А.А., Биховський М.Л. Інформаційно-пошукові системи в медицині // Машинна діагностика і інформаційний пошук в медицині.- М.: Наука, 1969.- С.19-34.
8. Гублер В.В. Обчислювальні методи аналізу і розпізнавання патологічних процесів. Л.: Медицина 1978.- 294 с.
9. Парін В.В., Баєвський Р.М. Медицина і техніка.- М.: Знання, 1968.- С.36-49.
10. Марасанов В.В. Математичні моделі диференціальної діагностики захворювань. Кишинів: Штіїнца 1973.- 62 с.
11. Baxt W.G. Complexity, chaos and human physiology: the justification for non-linear neural computational analysis // Cancer Lett.- 1994.- V.77, N.2-3.- P.85-93.
12. Постнова Т.Б. інформаційно-діагностичні системи в медицині. М.: Наука, 1972.- 233 с.
13. Переверзев-Орлов В.С. Порадник фахівця. Досвід розробки партнерської системи // М.: Наука, 1990.- 133 с.
14. 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, N.3-4.- P.195-214.
15. Barreto J.M., De-Azevedo F.M. Connectionist expert systems as medical decision aid // Artif. Intell. Med.- 1993.- V.5, N.6.- P.515-523.
16. Fu H.C., Shann J.J. A fuzzy neural network for knowledge learning // Int. J. Neural Syst.- 1994.- V.5, N.1.- P.13-22.
17. Масаловіч А.І. Від нейрона до нейрокомп'ютера // Журнал доктора Добба.- 1992.- N.1.- С.20-24.
18. Becraft W.R. Diagnostic applications of artificial neural networks // Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks, Nagoya, Japan, October 25-29, 1993.- Nagoya, 1993.- V.2.- P.2807-2810.
19. Hsu W., Hsu L.S., Tenorio M.F. The ClusNet algorithm and time series prediction // Int. J. Neural Syst.- 1993.- V.4 N.3.- P.247-255.
20. Korver M., Lucas P.J. Converting a rule-based expert system into a belief network // Med. Inf. Lond.- 1993.- V.18 N.3.- P.219-241.
21. Jamieson P.W. A computational model of levodopa pharmacodynamics in Parkinson's disease // Clin. Neuropharmacol.- 1991.- V.14, N.6.- P.498-513.
22. Rozenbojm J., Palladino E., Azevedo A.C. An expert clinical diagnosis system for the support of the primary consultation // Salud. Publica Mex.- 1993.- V.35, N.3.- P.321-325.
23. Cagnoni S., Coppini G., Rucci M. et al. Neural network segmentation of magnetic resonance spin echo images of the brain // J. Biomed. Eng.- 1993.- V.15, N.5.- P.355-362.
24. Bertolucci E., Mariotti R., Biadi O. et al. Two different neural network models for coronary artery disease classification // Eur. Heart J.- 1993.- V.14.- Abstr. Supplement XVth Congress of the European Society of Cardiology August, 1993.- (348).- P.23.
25. Fujita H., Katafuchi T., Uehara T. et al. Application of artificial neural network to computer-aided diagnosis of coronary artery disease in myocardial SPECT bull's-eye images // J. Nucl. Med.- 1992.- V.33, N.2.- P.272-276.
26. Fujita H., Katafuchi T., Uehara T. et al. Application of artificial neural network to computer-aided diagnosis of coronary artery disease in myocardial SPECT bull's-eye images // J. Nucl. Med.- 1992.- V.33, N.2.- P.272-276.
27. Akay M., Welkowitz W. Acoustical detection of coronary occlusions using neural networks // J. Biomed. Eng.-1993.- V.15, N.6.- P.469-473.
28. Gindi G.R., Darken C.J., O'Brien K.M. et al. Neural network and conventional classifiers for fluorescence-guided laser angioplasty // IEEE Trans. Biomed. Eng.- 1991.- V.38, N.3.- P.246-252.
29. Allen J., Murray A.. Development of a neural network screening aid for diagnosing lower limb peripheral vascular disease from photoelectric plethysmography pulse waveforms // Physiol. Meas.- 1993.- V.14, N.1.- P.13-22.
30. Котелянський е.О. Внутрішньоочні пухлини.- М.: Медицина, 1974.- 223 с.
31. Astion M.L., Wener M.H., Thomas R.G., Hunder G.G., Bloch D.A. Application of neural networks to the classification of giant cell arteritis // Arthritis Reum.- 1994.- V.37, N.5.- P.760-770.
32. Gabriel G., Schizas C.N., Pattichis C.S. et al. Qualitative Morphological Analysis of Muscle Biopsies Using Neural Networks // Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks, Nagoya, Japan, October 25-29 1993.- Nagoya, 1993.- V.1.- P.943-946.
32. Dassen W., Mulleneers R., Den Dulk K. Does randomization influence the interpretation of the

electrocardiogram by an artificial neural network? // Eur. Heart J. - 1993. - V.14. - Abstr. Supplement XVth Congress of the European Society of Cardiology, August, 1993. - (P952). - P.159.

33. Савушкин С.А. Нейросетевые экспертные системы // Нейрокомп'ютер. - 1992. - N.2. - С.29-36.

34. Galushkin A.I., Savushkin S.A. Neural network expert system // The RNNS/IEEE Symposium on Neuroinformatics and Neurocomputers, Rostov-on-Don, Russia, October 7-10, 1992. - Rostov/Don, 1992. - V.2. - P.1116-1123.

35. Россиев Д.А. Самообучающиеся нейросетевые экспертные системы в медицине: теория, методология, инструментарий. Дис. ... д.м.н. - Красноярск. - 1996. - 379с.

References

1. Amari S.I. The Brain and Computer // Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks Nagoya, Japan, October 25-29, 1993. - Nagoya, 1993. - V.1. - P.7-8.
2. Wald consistently analysis. Moscow: Fizmatgiz, 1960. - 76 p.
3. Bykhovskaya M.L. Vishnevskyy AA, SS Harnas The issue of constructing the diagnostic process in aid of Mathematical Machines // Experimental Surgery and Anaesthesiology. - 1961. - N.4. - P.3-15.
4. Lipkin M. The likelihood concept in differential diagnosis // Perspect. Biol. Med. - 1964. - N.7. - P.485-497.
5. Bykhovskaya M.L. The method of the phase problem in diagnosis interval // Experimental Surgery and Anaesthesiology. - 1962. - N.2. - P.16-19.
6. Todd BS, Stamper R., Macpherson P. A. probabilistic rule-based expert system // Int. J. Biomed. Comput. - 1993. - V.33, N.2. - P.129-148.
7. Artobolovskyy I.I, Vishnevskyy A.A Bykhovskaya M.L. Information retrieval systems in medicine // Machine diagnosis and information retrieval in medicine. - Moscow: Nauka, 1969. - P.19-34.
8. Gubler V. Computational methods of analysis and recognition of pathological processes. L.: Medicine 1978. - 294 p.
9. Parin V.V., Baevsky R.M. Medicine and technology. - M.: Knowledge, 1968. - P.36-49.
10. Marasanov V. Mathematical models of the differential diagnosis of diseases. Chisinau: Shtiyntsa 1973. - 62 p.
11. Baxt W.G. Complexity, chaos and human physiology: the justification for non-linear neural computational analysis // Cancer Lett. - 1994. - V.77, N.2-3. - P.85-93.
12. Postnova T.B. information and diagnostic systems in medicine. Moscow: Nauka, 1972. - 233 p.
13. Pereversev-Eagles VS Professional advisor. Experience in development of partner // Moscow: Nauka, 1990. - 133 p.
14. 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, N.3-4. - P.195-214.
15. Barreto J.M., De-Azevedo F.M. Connectionist expert systems as medical decision aid // Artif. Intell. Med. - 1993. - V.5, N.6. - P.515-523.
16. Fu H.C., Shann J.J. A fuzzy neural network for knowledge learning // Int. J. Neural Syst. - 1994. - V.5, N.1. - P.13-22.
17. Masalovich A.I. From neuron to neural computer // Journal Dr. Dobby. - 1992. - N.1. - P.20-24.
18. Becraft W.R. Diagnostic applications of artificial neural networks // Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks, Nagoya, Japan, October 25-29, 1993. - Nagoya, 1993. - V.2. - P.2807-2810.
19. Hsu W., Hsu L.S., Tenorio M.F. The ClusNet algorithm and time series prediction // Int. J. Neural Syst. - 1993. - V.4 N.3. - P.247-255.
20. Korver M., Lucas P.J. Converting a rule-based expert system into a belief network // Med. Inf. Lond. - 1993. - V.18 N.3. - P.219-241.
21. Jamieson P.W. A computational model of levodopa pharmacodynamics in Parkinson's disease // Clin. Neuropharmacol. - 1991. - V.14, N.6. - P.498-513.
22. Rozenbojm J., Palladino E., Azevedo A.C. An expert clinical diagnosis system for the support of the primary consultation // Salud. Publica Mex. - 1993. - V.35, N.3. - P.321-325.
23. Cagnoni S., Coppini G., Rucci M. et al. Neural network segmentation of magnetic resonance spin echo images of the brain // J. Biomed. Eng. - 1993. - V.15, N.5. - P.355-362.
24. Bertolucci E., Mariotti R., Biadi O. et al. Two different neural network models for coronary artery disease classification // Eur. Heart J. - 1993. - V.14. - Abstr. Supplement XVth Congress of the European Society of Cardiology August, 1993. - (348). - P.23.
25. Fujita H., Katafuchi T., Uehara T. et al. Application of artificial neural network to computer-aided diagnosis of coronary artery disease in myocardial SPECT bull's-eye images // J. Nucl. Med. - 1992. - V.33, N.2. - P.272-276.
26. Fujita H., Katafuchi T., Uehara T. et al. Application of artificial neural network to computer-aided diagnosis of coronary artery disease in myocardial SPECT bull's-eye images // J. Nucl. Med. - 1992. - V.33, N.2. - P.272-276.
27. Akay M., Welkowitz W. Acoustical detection of coronary occlusions using neural networks // J. Biomed. Eng. - 1993. - V.15, N.6. - P.469-473.
28. Gindi G.R., Darken C.J., O'Brien K.M. et al. Neural network and conventional classifiers for fluorescence-guided laser angioplasty // IEEE Trans. Biomed. Eng. - 1991. - V.38, N.3. - P.246-252.
29. Allen J., Murray A.. Development of a neural network screening aid for diagnosing lower limb peripheral vascular disease from photoelectric plethysmography pulse waveforms // Physiol. Meas. - 1993. - V.14, N.1. - P.13-22.
30. Astion M.L., Wener M.H., Thomas R.G., Hunder G.G, Bloch D.A Application of neural networks to the classification of giant cell arteritis // Arthritis Reum. - 1994. - V.37, N.5. - P.760-770.
31. Gabriel G., Schizas C.N., Pattichis C.S. et al. Qualitative Morphological Analysis of Muscle Biopsies Using Neural Networks // Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks, Nagoya, Japan, October 25-29 1993. - Nagoya, 1993. - V.1. - P.943-946.
32. Dassen W., Mulleneers R., Den Dulk K. Does randomization influence the interpretation of the electrocardiogram by an artificial neural network? // Eur. Heart J. - 1993. - V.14. - Abstr. Supplement XVth Congress of the European Society of Cardiology, August, 1993. - (P952). - P.159.
33. Savushkina S.A. Neural network expert systems // Neurocomputers. - 1992. - N.2. - P.29-36.
34. Galushkin A.I., Savushkin S.A. Neural network expert system // The RNNS / IEEE Symposium on Neuroinformatics and Neurocomputers, Rostov-on-Don, Russia, October 7-10, 1992. - Rostov / Don, 1992. - V.2. - P.1116-1123.
35. Rossyev D.A. Self-learned neural expert systems in medicine: Theory, Methodology, ynstrumentary. Dis. Krasnoyarsk-... MD. - 1996. -P.379.

Рецензія/Peer review : 08.7.2014 р.

Надрукована/Printed :13.7.2014 р.

Рецензент: доц., кафедри медичної інформатики,

Тернопільський медичний університет ім. І.Я. Горбачевського Вакуленко В.О.