

Для третього наближення маємо:

$$\lambda_1 = 0.185; \lambda_2 = 2.227; \lambda_3 = 0.688.$$

Тому далі піде повне повторення другого наближення. Таким чином, з точністю до третього знака одержали розв'язок вже в другому наближенні.

Висновки. На розглянутих прикладах важливо було помітити те, що при моделюванні СМО ЗВТ виникає ряд проблем: а) моделювання СМО ЗВТ для визначення її завантаженості й часу відновлення ЗВТ в ремонті; б) вибір методів моделювання. Можливі шляхи розв'язання цих проблем були продемонстровані. Варто додати, що більш адекватно прогнозувати поведінку СМО ЗВТ в динаміці можна лише за допомогою методів імітаційного моделювання. Однак ці методи трудомісткі й вимагають розробки відповідних програмних засобів, використання ж проілюстрованих підходів із застосуванням адаптаційних алгоритмів корегування параметрів СМО ЗВТ дозволяє вирішувати багато задач планування і керування СМО ЗВТ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Игнаткин В.У. Автоматизация метрологического обслуживания средств измерений промышленного предприятия / Игнаткин В.У. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 208с.
2. Игнаткин В.У. Оценка, контроль и прогнозирование метрологической надежности средств измерений / Игнаткин В.У. – М: Изд-во стандартов, 1991. – 190с.
3. Віткін Л.М. Метрологічна надійність засобів виміральної техніки / Л.М.Віткін, В.У.Ігнаткін // Вимірвальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2008. – №69. – С.11-15.
4. Игнаткин В.У. Разработка и исследование вопросов построения подсистемы автоматизированного учета и планирования парка средств измерений в системе АСУ предприятия (на примере АСУП «Метролог»): автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. техн. наук / В.У.Игнаткин. – К.: ИК АН УССР, 1980. – 24с.

УДК 004.8+616.12

ТРИКІЛО А.І., к.т.н., доцент
МЕНЯЙЛО І.Ю., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ТА ПОБУДОВА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПРОГНОЗУЮЧОЇ СИСТЕМИ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ОЦІНКИ РИЗИКУ СМЕРТІ ВІД СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Вступ. У ХХ столітті серцево-судинні захворювання (ССЗ) переросли в епідемію, вони є причиною смерті 63% українців. Основною причиною ССЗ, окрім зовнішніх дій – екології і соціальних чинників (сюди ж відносяться чинники ризику – спадковість, стать і вік, на які ми не можемо впливати), є на 50% спосіб життя [1].

Гіподинамія, неправильне харчування, куріння, зловживання алкоголем вбиває більше половини наших співгромадян.

Але окрім здорового способу життя і нерегулярних відвідин лікаря необхідний індивідуальний моніторинг стану здоров'я.

Різні люди володіють різними здібностями пристосовуватися до умов зовнішнього середовища, праці, відпочинку. Від індивідуальних можливостей адаптаційних систем організму залежить рівень здоров'я. Головну роль тут грає, безумовно, серцево-

судинна система. Щоб оцінити адаптаційні можливості своєї серцево-судинної системи, можна скористатися простою класифікацією (Баєвський Р.М., 1987) [2].

У 2003 році Європейське суспільство кардіологів розробило і запустило в роботу універсальну шкалу під назвою SCORE (сумарна оцінка коронарного ризику) ССЗ. Її паперовий варіант представлено у вигляді кольорової таблиці 10-річного ризику розвитку фатальних серцево-судинних захворювань [3].

Електронним аналогом паперової версії SCORE є унікальний інтерактивний калькулятор, що дозволяє оцінювати 10-річний ризик смерті від ССЗ [4].

Адаптивний потенціал та Heartscore® призначений для оцінки ризику тих осіб, хто ще не хворі.

Постановка задачі. Основним завданням дослідження є побудова нейронної моделі визначення інтегральних показників стану серцево-судинної системи людини.

Адаптаційний потенціал серцево-судинної системи оцінюють по індивідуальним показникам: пульс, артеріальний тиск у спокою, вік, зріст та вага тіла.

SCORE-дозволяє приблизно оцінити 10-ти річний ризик фатальних захворювань і можливості його корекції. Оцінка ризику смерті від серцево-судинної системи визначається за статтю, віком, звичкою паління, артеріальним тиском, кількістю загального холестерину у крові.

Наведені вище чинники, що впливають на адаптаційний потенціал та оцінку ризику смерті від ССЗ у наступні 10 років, зведені у табл.1.

Таблиця 1 – Чинники, що впливають на розвиток серцево-судинних захворювань

Показник	Стать	Звичка палити	Загальний холестерин у крові	Вік	Артеріальний тиск		Частота пульсу	Вага	Зріст
					Систо-лічний	Діасто-лічний			
АП				0,27	0,83	0,26	0,41	0,27	-0,05
ССЗ	0,38	-0,24	0,12	0,57	0,35				
ІМТ				0,76				-0,22	-0,45

Адаптаційний потенціал показує, які адаптаційні можливості серцево-судинної системи має людина. Чим він вищий, тим слабші ваші адаптаційні можливості, а показник ССЗ показує відсоток можливості людині померти від серцево-судинного захворювання у наступні 10 років.

Із табл.1 видно, що не всі наведені чинники входять у обидва показники стану здоров'я, і вони поділяються на некеровані, керовані та контрольовані (табл.2).

Таблиця 2 – Класифікація чинників, що впливають на розвиток серцево-судинних захворювань

Стать	Вік	Зріст	Вага	Звичка палити	Артеріальний тиск		Частота пульсу	Загальний холестерин у крові
					Систо-лічний	Діасто-лічний		
Некеровані			Керовані		Контрольовані			

Некеровані показники не залежать від людини, керовані показники підвласні бажанню людини кинути курити та стежити за своєю вагою, контрольовані показники можуть бути змінені лише за допомогою призначень лікаря.

Таким чином, знання адаптаційного потенціалу дозволяє підібрати людині відповідні види фізичного навантаження як засобу оздоровлення, а показник ССЗ вказує на необхідність людині звертатись до лікаря.

Отож знання людиною свого адаптаційного потенціалу та показника ССЗ є необхідним і воно повинно бути регулярним, доступним, без постійного звертання до лікаря.

Таким чином портативний, особистий пристрій визначення адаптаційного потенціалу та показника ССЗ на базі мобільного телефона-комунікатора дуже необхідний людям з серцево-судинними захворюваннями.

Результати роботи. Адаптаційний потенціал визначають за формулою [5]:

$$\hat{A}I = 0,011 \cdot \times I + 0,14 \cdot \hat{N} \hat{A} \hat{O} + 0,008 \cdot \hat{A} \hat{A} \hat{O} + 0,009 \cdot \hat{A} \hat{E} - 0,009 \cdot \hat{C} \hat{E} + 0,014 \cdot \hat{A} - 0,273, \quad (1)$$

де *АП* – адаптаційний потенціал системи кровообігу, бали (від 0 до 4);

ЧП – частота пульсу, уд./хв.;

САТ, ДАТ – систолічний (верхній) та діастолічний (нижній) артеріальний тиск мм.рт.ст.;

ЗЛ – зріст людини, см;

ВЛ – вага людини, кг;

В – вік, років.

Щоб оцінити отриманий результат, його потрібно зіставити з наведеними в табл.3 даними.

Чим більший отриманий показник, тим вищий клас і тим слабкіша адаптаційна можливість серцево-судинної системи.

Таблиця 3 – Значення класів адаптаційного потенціалу

АП	Бали	Менше 2,6	2,60-3,09	3,10-3,49	3,5 та більше
	Класи		1	2	3

Як видно з табл.1, при визначенні АП не враховуються стать, звичка палити та загальний холестерин у крові, а показник SCORE не враховує діастолічний тиск, частоту пульсу, зріст та вагу людини.

У свою чергу відношення ваги людини до квадрату його зросту утворюють так званий індекс маси тіла *ІМТ*, який вимірюється в $\text{кг}/\text{м}^2$ і розраховується за формулою [6]:

$$I \hat{M} T = \hat{V} L / \hat{C} L^2, \quad (2)$$

де *ВЛ* – вага людини, кг; *ЗЛ* – зріст людини, м.

Індекс Кетле визначається за цією ж формулою, але клас ожиріння класифіковано на три ступеня [7].

Ці показники мають відомі недоліки. Взагалі *ІМТ* є маленьким для худеньких людей і великим для товстих людей. Люди з *ІМТ* 25 або більше вважаються людьми з надлишковою вагою, якщо їх тіло не дуже м'язисте. *ІМТ* не розрізняє кількість жиру та мускулатуру тіла. *ІМТ* може класифікувати тонку м'язисту людину як людину з надлишковою вагою, цей недолік частково врахований індексом Кетле. Обидві шкали індексу маси та ризик супутніх захворювань наведені в табл.4.

Таблиця 4 – Класифікація індексу маси тіла та індексу Кетле

Шкали	Шкала індексу маси тіла					
	Шкала індексу Кетле					
	Менше 18,5	18,5–24,9	25,0-29,9	30,0–34,9	35,0–39,9	40 та більше
Класифікація	Дефіцит маси тіла	Нормальна маса тіла	Надлишкова маса тіла	Ожиріння I ступеня	Ожиріння II ступеня	Ожиріння III ступеня
Ризик супутніх захворювань	Низький (підвищений ризик інших захворювань)	Звичайний	Підвищений	Високий	Дуже високий	Надзвичайно високий

Індекси Кетле та маси тіла визначають тип статури людини.

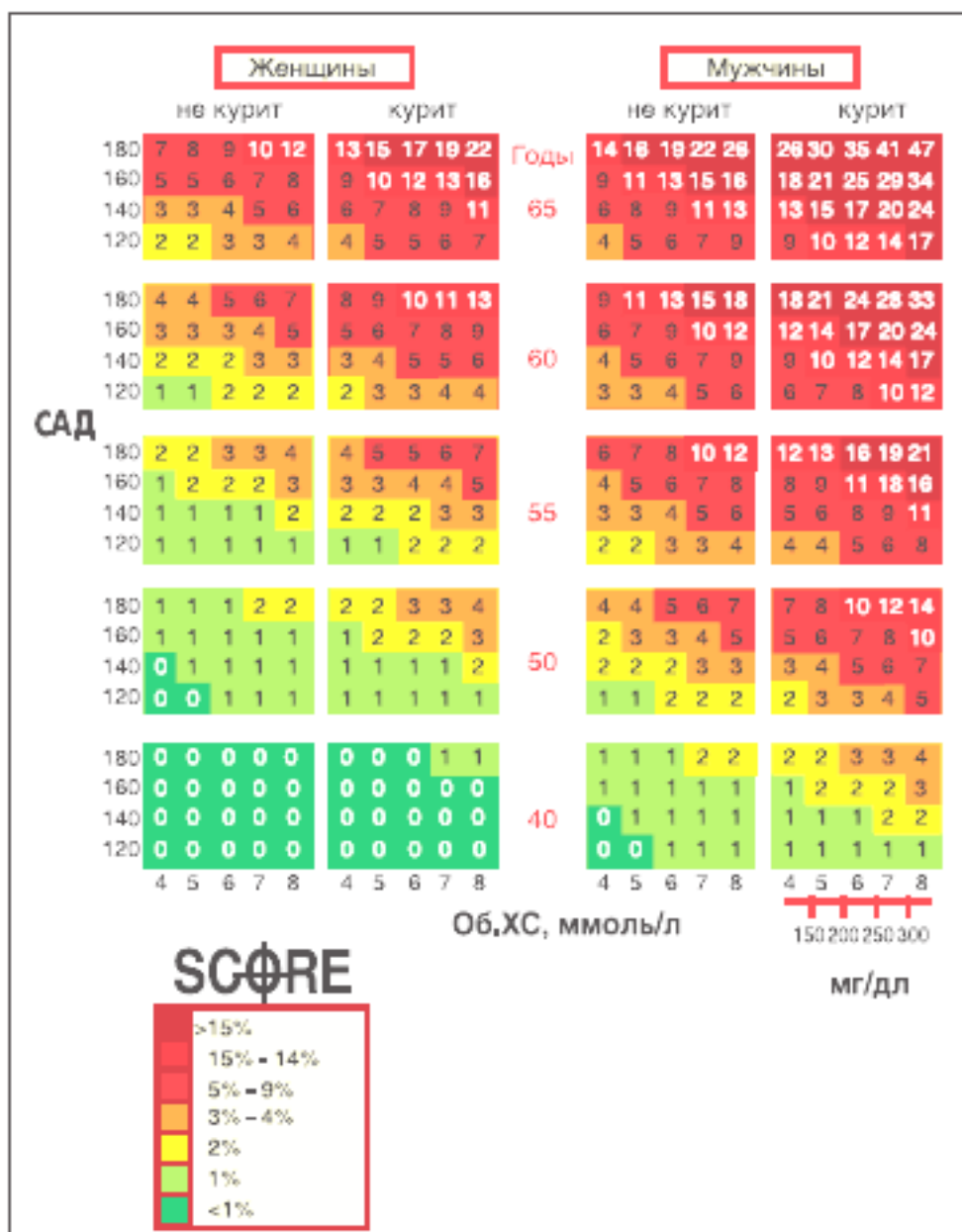
Із наведеного вище випливає, що вага людини є одним із впливових показників стану її здоров'я. Але слід відмітити, що вага людини залежить не тільки від фізичного навантаження та типу харчування, але й від його віку, який є некерованим показником. Відомо, що вага чоловіків та жінок з віком поступово збільшується – це є нормальним фізіологічним процесом. З урахуванням висловленого для визначення оптимальної ваги використовують формулу, до якої входять зріст та вік людини [7]:

$$\hat{E} = 50 + 0,75 \cdot (\hat{C} - 150) + 0,25 \cdot (\hat{A} - 20). \quad (3)$$

Європейська сумарна оцінка коронарного ризику SCORE визначається за допомогою паперового варіанту (табл.5) [3] з використанням 2-х показників: артеріального систолічного тиску та загального холестерину у крові окремо для чоловіків та жінок, що палять або не палять.

У табл.5 наведена шкала визначення ризику у пацієнтів із регіону Європи із високим ризиком розвитку серцево-судинного захворювання.

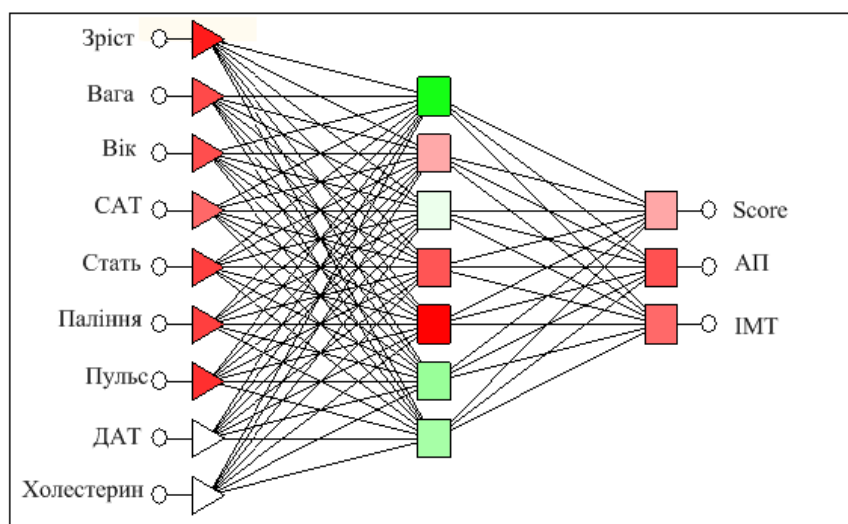
Таблиця 5 – Паперова версія SCORE [3]



За допомогою інтерактивного калькулятора, що розташований в Internetі [4], внівши до відповідних віконців показники статі, дати народження, систолічного артеріального тиску, загального холестерину у крові та вказавши палите ви чи ні, ви одержуєте прогнозований ризик смерті від серцево-судинного захворювання у продовж наступних 10-ти років.

На підставі рівнянь (1)-(3) та паперового і інтерактивного калькулятора створено обчислювальну математичну модель для визначення індексу маси тіла, адаптаційного потенціалу та прогнозованого ризику смерті від ССЗ. За допомогою отриманої математичної моделі створено базу даних, яка лягла в основу побудови нейронної мережі для розрахунків прогнозованого ризику смерті від ССЗ у наступні 10 років, адаптаційного потенціалу та індексу маси тіла.

База даних має 9 вхідних показників, що наведені у табл.2, та 3 вихідних, що визначаються рівняннями (1), (2) та інтерактивним калькулятором розрахунку SCORE. Об'єм бази складає 583 записи. На основі цих даних побудовано нейромережу інформаційно-прогнозуючу систему архітектури MLP 9:9-7-3:3, яка зображена на рис.1.



Архітектура MLP:9-9-7-3:3

Продуктивність вчення = 0,071635

Контрольна продуктивність = 0,100576

Тестована продуктивність = 0,196048

Рисунок 1 – Структура тришарового перцептрона з 9-ма входами і 3-ма виходами

Коефіцієнти парної кореляції між показниками серцево-судинного захворювання та чинниками впливу на них наведені в табл.1. Коефіцієнт кореляції між АП і зростом незначний. Значними коефіцієнтами парної кореляції між показниками серцево-судинних захворювань виявились:

$$\text{Score/АП} = 0,47; \quad \text{Score/ІМТ} = 0,46 \quad \text{та} \quad \text{ІМТ/АП} = 0,28.$$

Чутливість та ранги вхідних показників зведені у табл.6.

Таблиця 6 – Аналіз чутливості моделі

	Зріст	Вага	Вік	САТ	Стать	Паління	Пульс	ДАТ	Холестерин
Відношення	11,17	9,19	3,81	3,79	2,49	2,04	1,71	1,30	1,18
Ранг	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Як видно із табл.6, серцево-судинна система людини найбільш чутлива до ваги, віку, статі, систолічного тиску та паління.

У табл.7 зведені основні статистичні показники результатів нейромережевого моделювання показників серцево-судинного захворювання та наведені відносні похибки.

Таблиця 7 – Данні регресії

	Score.10	АП.10	ІМТ.10
Середнє значення даних	3,11	3,10	25,03
Ст. відхилення даних	3,30	0,41	0,74
Середнє похибки	-0,05	-0,04	0,03
Ст. відхилення похибки	0,47	0,10	0,12
Середнє абсолютної похибки	0,23	0,11	0,03
Відношення ст. відхилення	0,11	0,03	0,17
Відносна похибка, %	12,9	3,24	3,11
Кореляція	0,99	0,99	0,99

Висновки:

- досліджено методи виявлення стадій серцево-судинних захворювань;
- проаналізовано та систематизовано чинники, які впливають на розвиток серцево-судинних захворювань;
- здійснено аналіз паперової та електронної версій універсальної шкали SCORE (сумарна оцінка коронарного ризику – ССЗ): електронна версія має меншу похибку;
- проаналізовано велику базу даних (583 записи) показників серцево-судинних захворювань: індекс маси тіла, адаптаційний потенціал та прогнозований ризик смерті від ССЗ;
- побудовано нейромережеву інформаційно-прогнозуючу систему визначення індексу маси тіла, адаптаційного потенціалу та прогнозованого ризику смерті від ССЗ;
- визначено коефіцієнти парної кореляції між прогнозованим ризиком смерті від ССЗ та адаптаційним потенціалом і прогнозованим ризиком смерті від ССЗ та індексом маси тіла.

На основі викладеного вище можна зробити висновки про доцільність використання для попередньої діагностики серцево-судинних захворювань за допомогою нейромережевої інформаційно-прогнозуючої системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сердечно-сосудистые заболевания, Информационный бюллетень №317, январь 2011г., <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html>.
2. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Баевский Р.М. – М.: Медицина, 1979. – 294с.
3. Европейские рекомендации по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в клинической практике 2003 года, http://www.athero.ru/esc_recoms.htm.
4. HeartScore® – электронный аналог бумажной версии SCORE, http://www.heartscore.org/Ru/Documents/HeartScoreUserGuide2008_RU.pdf.
5. Богдановська Н. Про інформативність деяких методичних підходів до оцінки адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму дітей молодшого шкільного віку / Н.Богдановська // Вісник ЛЬВІВ. УН-ТУ VISNYK OF L'VIV UNIV. Серія

- біологічна. 2002. Вип.31. С.249-255. – <http://www.franko.lviv.ua/faculty/biologh/wis/31/08-Human%20and%20animal%20physiology/10/10.pdf>
6. Диетический Калькулятор, Процент жира в организме, Индекс Массы Тела (ИМТ), <http://www.scientificpsychic.com/fitness/diet-calculator-ru.html>.
7. О соотношении роста и веса, http://kouzma.ru/carcas_propotion.php.

УДК 535.41, 535.39.01

ТРИКИЛО А.И., к.т.н., доцент
ДУБОВИК И.С., магистр

Днепродзержинский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ НЕИНВАЗИВНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ САХАРА В КРОВИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Введение. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) утверждает, что в настоящее время на земном шаре проживает более 180 миллионов больных диабетом, а к 2030 году ожидается удвоение этой цифры. В 2005 году от осложнений сахарного диабета умерло более миллиона человек, что вполне соответствует проценту заболеваемости, но ВОЗ прогнозирует неумолимый рост и этой цифры, особенно в странах с низким и средним доходом населения.

Основной причиной смерти больных сахарным диабетом служат осложнения. Около половины больных диабетом умирает от сердечно-сосудистых осложнений, 10-20% – от почечной недостаточности (следствия нефропатии, поражения почек). Поражение сетчатки глаза при диабете – распространенная причина потери зрения. Около 2% больных диабетом слепнут, а 10% сталкиваются с серьезными проблемами со зрением. Периферические нервы поражаются более чем у половины больных, что является ведущим фактором развития синдрома диабетической стопы. Ампутация нижних конечностей у больных сахарным диабетом проводится в 15 раз чаще, чем у людей, не страдающих этим заболеванием [1].

Различают заболевание диабетом первого и второго типа. Основную роль в вероятности развития диабетом первого типа играют наследственные факторы – 5% в случае болезни матери и 6%, если болен отец. Диабет второго типа передается с вероятностью около 50%.

Симптомы диабета 2-го типа менее выражены, и поэтому часто этот тип диабета считается «более легким», чем диабет 1-го типа. Однако именно поэтому серьезность диабета 2-го типа недооценивается, и больные долгое время живут, не подозревая о наличии у них этого коварного заболевания.

Постановка задачи. Задача работы состоит в выборе и обосновании неинвазивного метода определения сахара в крови человека.

Известно, что своевременный контроль уровня сахара в крови помогает замедлить развитие так называемых «поздних осложнений» диабета, и в большинстве случаев каждый человек в силах предупредить развитие заболевания [2].

Для уточнения диагноза часто назначается тест на толерантность к глюкозе. Диагностическая ценность теста заключается в том, что с его помощью можно диагностировать не только сахарный диабет, но и нарушение толерантности к глюкозе (латентный диабет), при котором сахар в крови не повышается натощак, нет глюкозы в моче, и отсутствуют клинические проявления. В таком случае уровень сахара измеряется дважды: натощак и после приема 75 грамм глюкозы (1,75 мг/кг для детей). Критерии диагностики заболевания диабетом представлены в табл.1 [1].