

УДК 004:4'2

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2022-1-2>

Ірина Анатоліївна ГЕТЬМАН,

к.т.н., доцент, (доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій Донбаської державної машинобудівної академії)
ORCID ID: 0000-0003-1835-4256

Марина Анатоліївна ДЕРЖЕВЕЦЬКА,

к.е.н. (викладач кафедри медичної фізики та інформаційних технологій
Донецького національного медичного університету)
ORCID ID: 0000-0002-9952-4992

Тетяна Володимирівна БАУЛІНА,

д-р е.н., професор, (професор кафедри менеджменту
Міжнародного науково-технічного університету
ім. академіка Ю. Бугая)
ORCID ID: 0000-0002-0110-849X

Тамара Василівна КУХТІК,

д-р т.н., професор, (професор кафедри комп'ютерних наук
Міжнародного науково-технічного університету
ім. академіка Ю. Бугая)
ORCID ID: 0000-0002-2000-3669

Микита Сергійович ЖУКОВ,

(магістр кафедри комп'ютерних інформаційних технологій
Донбаської державної машинобудівної академії)
ORCID ID: 0000-0003-3630-0462

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КОРИГУВАННЯ ВАГИ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ З ЛОГІСТИЧНОЮ РЕГРЕСІЄЮ

У результаті аналізу області прогнозування цукрового діабету виділено основні фактори: спадковість, спосіб життя, вага, фактори навколишнього середовища, вік. Виділено існуючі методи в прогнозуванні цукрового діабету: data mining, логістичний регресійний аналіз, нейронна мережа. Обрано основний функціонал в розглянутих додатках. Розроблено глосарій предметної області. Обрані математичні моделі функцій активації нейронних мереж: relu, softmax, sigmoid, linear. Математичною моделлю для розрахунку вагів нейронної мережі є логістич-

на регресія, яка підвищує точність прогнозування. Створено модель бізнес-процесу використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет. Розроблено ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі, що дозволяє своєчасно попередити користувача о підвищенні рівня цукру в крові, спостерігати за станом хворого, надання рекомендацій в вигляді меню на день, виконувати аналіз показників. Реалізовано використання шаблонів проектування «Спостерігач» для спостереження лікаря за станом користувача, та «Будівник» для створення медкартки користувача. Досліджено роботу нейронних мереж «Tensorflow.js» «Brain.js», які здатні забезпечити задовільну якість прогнозу рівня цукру в крові та ваги. Досліджені чотири функції активації (*relu, softmax, sigmoid, linear*) при навчанні та виконанні тестових прогнозів нейронних мереж. Розроблена гібридна модель в парі з логістичною регресією, яка дозволила досягти точності прогнозування 94% рівня цукру в крові на наступні 3 - 9 годин, а також ваги на 3 - 7 днів наперед за рахунок «Tensorflow.js». У більшості випадків нейронна мережа прогнозує рівень цукру на 3 години, що є достатнім для хворої на діабет людини, щоб вжити заходів для недопущення зниження або підвищення рівня цукру.

Ключові слова: діабет, діагностування, штучна нейронна мережа, логістична регресія, прогнозування, алгоритм, Data mining, LaraVel, MySQLR.

Iryna GETMAN,

Candidate of Technical Sciences, Docent

Maryna DERZHEVETSKA,

Candidate of Economic Sciences

Tetyana BAULINA,

Doctor of of Economic Sciences, Professor

Tamara KUKHTYK,

Doctor of of Technical Sciences, Professor

Mykyta ZHUKOV,

master

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR CORRECTING THE WEIGHT OF DIABETES PATIENTS BASED ON THE USE OF A NEURAL NETWORK WITH LOGISTIC REGRESSION

As a result of the analysis of the field of diabetes prediction, the main factors are identified: heredity, lifestyle, weight, environmental factors, age. The existing methods in diabetes prediction are highlighted: data

mining, logistic regression analysis, neural network. The main functionality in the considered applications is chosen. Subject area glossary developed. Mathematical models of neural network activation functions are selected: relu, softmax, sigmoid, linear. The mathematical model for calculating the weights of the neural network is logistic regression, which increases the accuracy of forecasting. A model of the business process of using an artificial neural network to adjust the weight of patients with diabetes, resulting in a technical task for application. Application has been developed to adjust the weight of patients with diabetes using a neural network, which allows you to timely warn the user about high blood sugar, monitor the patient's condition, provide recommendations in the form of a menu for the day, perform analysis of indicators. The use of design templates "Observer" to monitor the doctor's condition of the user, and "Builder" to create a medical card of the user. The work of neural networks "Tensorflow.js" "Brain.js", which are able to provide satisfactory quality of blood sugar and weight forecast, has been studied. Four activation functions (relu, softmax, sigmoid, linear) during training and test predictions of neural networks were studied. It was found that for neural network on the basis of "Tensorflow.js" it is better to apply "relu" to the input neuron, and "softmax" to the output and logistic regression, their combination gives a prediction accuracy of 94%. It was found that for neural network based on "Brain.js" it is better to apply "Linear" activation function, and the accuracy of the forecast is 93%. The average value of the forecast error in the study of neural network "Tensorflow.js" did not exceed - 0.006, and in "Brain.js" - 0.00693. The effectiveness of the use of trained neural networks of direct propagation and recurrent networks to predict blood sugar and weight values is tested. Developed a hybrid model paired with logistic regression, which allowed to achieve accurate prediction of 94% blood sugar for the next 3 - 9 hours, and also scales for 3 - 7 days in advance at the expense of "Tensorflow.js". In most cases, the neural network predicts a sugar level of 3 hours, which is sufficient for a diabetic to take steps to prevent the sugar level from falling or rising.

Keywords: Diabetes, diagnosis, artificial neural network, logistic regression, forecasting, algorithm, Data mining, LaraVel, MySQL.

Постановка проблеми. За останні десять років захворюваність на діабет у світі подвоїлася. Близько 200 мільйонів людей інфіковані і приблизно на шість відсотків зростає щорічна поширеність діабету у світі. Людина тривалий час страждала від

різних захворювань, які в деяких випадках змогли діагностувати хвороби та запропонувати рішення з метою її поліпшення, але, на жаль, часом, через відсутність діагностики, на протязі тривалого часу хвороба залишається безсимптомною у пацієнтів і може загрожувати життю пацієнта.

Тому, вивчення взаємозв'язку між ускладненнями у хворих на діабет та їх властивостями, такими як глюкоза в крові, артеріальний тиск, зріст, вага та показник гемоглобіну є дуже важливим. Також важливим є аналіз досліджень у галузі прогнозування різних захворювань настільки, наскільки на сьогоднішній день люди мають користь від моделей підтримки прийняття рішень та розумні методи прогнозування [1].

Проблемою, для якої розробляється рішення є те що, сучасні додатки мають добре розвинені нейронні мережі, але не формують рекомендаційне меню з вхідних даних.

Актуальність роботи у тому, що сучасні аналоги не мають функціоналу в наданні рекомендаційного меню та прогнозуванні таких показників, як рівень цукру в крові та вагу. Наявність бібліотек «Tensorflow.js» та «Brain.js» надають можливість розробляти нейронні мережі, які прогнозують з точністю в 94%.

Метою роботи є підвищення точності прогнозування рівня цукру в крові, показників здоров'я за допомогою нейронної мережі в парі з логістичною регресією до 94%. Для цього необхідно зробити аналіз факторів діабету таких як глюкоза в крові, артеріальний тиск, зріст, вага та показник гемоглобіну; аналіз штучних нейронних мереж; аналіз методів розрахунку та прогнозування для коригування ваги хворих на цукровий діабет; вибрати математичні моделі та алгоритми для розрахунку та прогнозування рівня цукру в крові хворих на діабет; навчити та протестувати штучну нейронну мережу в парі з логістичною регресією та провести аналіз результатів точності прогнозування.

Практичним значенням отриманих результатів є реалізація програмного засобу, за допомогою якого можна отримати прогнозовані показники рівня цукру та ваги з високою точністю.

Виклад основного матеріалу дослідження. Діабет це порушення обміну речовин в організмі. Це захворювання руйнує здатність виробляти інсулін в організмі пацієнта або в організмі розвивається резистентність до інсуліну, отже, вироблений інсулін не може досягти своєї нормальної роботи [2]. Незважаючи

на те, що точна причина цукрового діабету I типу не визначена, проблеми, які можуть свідчити про більший ризик, містять наступні фактори: історія сім'ї (ризик може підвищуватися, якщо у батька чи рідного брата є діабет I типу); фактори навколишнього середовища (ситуації, наприклад, контакт з вірусною хворобою, ймовірно, грають певну роль при діабеті I типу); географія (у деяких країнах, наприклад у Швеції, спостерігаються більші показники діабету I типу); вага (чим більше жирової тканини у людини, тим більш стійкі клітини до інсуліну); бездіяльність (чим менше енергійна людина, тим більше у людини ризик., фізичні навантаження допомагають людині контролювати свою вагу, споживання глюкози, як енергія і робить клітини людини більш чутливими до інсуліну); вік (людина ризикує захворіти, коли дорослішає, це може бути тому, що людина має звичку менше займатися фізичними справами, втрачає м'язову масу та додає в вазі, коли старіє) [1].

Системи виявлення та прогнозування діабету мають великий науковий інтерес у світі, щоб зменшити появу нових хворих шляхом контролю рівню цукру в крові та ваги. Вони базуються на нейроаналізі та біофіксації. За їх допомогою можна точно оцінити схильність людини до діабету, та провести необхідні заходи для поліпшення та підтримання стану хворого.

Перш за все проведено аналіз існуючих гібридних штучних нейронних мереж та Data Mining для прогнозування рівня цукру в крові наступні. Майкл Дж. Серняк використовував логістичний регресійний аналіз, щоб обчислити коефіцієнт шансів на неврологічну незвичну версію та діагноз діабету в кожній з вікових груп, контролювати вплив населення та діагноз [3]. Міфілі Тірун'янам покращив прогнозування діабету за допомогою нечітких нейронних мереж [4]. Хамід Р. Маратеб та інші запропонували гібридні інтелектуальні системи для виявлення мікроальбумінурії у хворих на діабет 2 типу без вимірювання альбуміну сечі [5]. Джавад Акбарі Торкестані та інші запропонували метод, заснований на автоматичному навчанні діабету II типу для регулювання цукру в крові [6]. Найбільш точними показали себе логістичний регресійний аналіз та гібридні інтелектуальні системи.

Проаналізуємо додатки, які допомагають стежити за рівнем цукру в крові і дотримуватися правильної дієти. Всі додатки доступні для завантаження на мобільні пристрої (Android та iOS).

Додаток «Diabetes:M» одна з найбільш функціональних програм, що дозволяє тримати діабет під контролем. З його допомогою можна відстежувати рівень інсуліну, роблячи записи про прийом їжі і фіксувати дані з глюкометрів та інсулінових помп. На основі вашого щоденника Diabetes:M формує докладні звіти, графіки і статистику, якими можна поділитися з вашим лікарем. У платній версії програми також є калькулятор розрахунку значення короткого і пролонгованого болюсного інсуліну.

Не менш зручний додаток для ведення записів про рівень цукру «DiaMeter», кількості з'їдених вами хлібних одиниць, ін'єкцій короткого і продовженого інсуліну, а також про самопочуття в цілому. Є наочна статистика і можливість синхронізації всіх даних в «хмарі». Додатково DiaMeter пропонує ряд інтерактивних статей, в яких можна знайти чимало корисної інформації про правильне харчування при діабеті, фізичних навантаженнях, вплив алкоголю та інше.

Також використовують додаток «Діабет», який також дозволяє вести облік рівня глюкози в крові і фіксувати вживання вуглеводомістких продуктів. Для кожного прийому їжі необхідно вказувати не тільки що ви їли, а й скільки, щоб розрахунок дози інсуліну був максимально точним. Дані з додатка можна скачати в форматі PDF або XLS (Excel), щоб їх зручніше було надавати лікарю в друкованому або електронному варіанті. У iOS-версії передбачена інтеграція з сервісом «Здоров'я» від Apple.

Проаналізувавши додатки виділимо основний функціонал та занесемо дані до таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння функціоналу додатків

Фактори/ Додаток	Diabetes:M	DiaMeter	Діабет
Відстеження рівня цукру	+	+	+
Кількість вживаних ХО	+	+	+
Розрахунок дози інсуліну	+	+	+
Самопочуття		+	+
Відображення графіків, звітів	+	+	
Платна версія	+		
Запис даних з глюкометрів, інсулінових помп	+		

Джерело: Розроблено авторами

Таким чином виділено основні фактори впливу на цукровий діабет: спадковість, спосіб життя, вага, фактори навколишнього середовища, вік; виділено існуючі методи в прогнозуванні цукрового діабету: data mining, логістичний регресійний аналіз, нейронна мережа та виділено основний функціонал в розглянутих додатках. Все це дало можливість створити власний додаток з урахуванням усіх недоліків існуючих.

Представимо в вигляді графіку функціонал додатків з якого видно, що найбільш функціональним є додаток «Diabetes:M», на другому місці «DiaMeter», а на останньому – «Диабет» (рис. 1).

Для прогнозування діабету було використано нейронну мережу, тому що саме нейронні мережі - це нелінійне моделювання інтелектуальних обчислювальних прийомів, які за останні роки в ролі прогресу в обчислювальній техніці та інструментах обробки інформації отримали важливе і прогресивне місце в науці, і результати були сприятливими.



Рис. 1. Результати виділеного функціоналу програмних додатків

Джерело: Розроблено авторами

Зворотній зв'язок нейронних мереж, є корисним типом штучних нейронних мереж, тому що подача нейронної мережі із прихованим шаром, підходяща функція активації в прихованому

шарі і достатньо прихованого нейрону шару здатні наближати будь-яку функцію з довільною точністю. Поєднуючи нейронну мережу та логістичну регресію, надається точне прогнозування діабету. Запропонований метод із меншою кількістю помилок свідчить про те, що людина має цю хворобою чи ні, буде виявлений на ранніх стадіях та будуть вжиті необхідні заходи для боротьби із захворюванням. Далі результати логістичної регресії будуть застосовані в нейронній мережі, яка має істотний вплив на функцію нейронної мережі [7].

Лікарі-експерти вважають, що для діагностики наявності або відсутності діабету потрібно перевірити наступні 5 факторів. Статистична сукупність підготовлених та задокументованих даних Асоціації діабету «Урмія» та інтерпретація змінних, що використовуються для прогнозування захворювання на діабет, представлених в таблиці 2. І як вхід до моделі логістичної регресії має результат, який повинен показати, що людина має діабет чи ні [7].

На рисунку 2 відображена гістограма важливості кожної змінної для прогнозування діабету та пре-діабету в логістичній регресійній моделі.

Таблиця 2. Змінні, що використовуються в логістичній регресії для діагностики діабету

$x_1 =$ глюкоза в крові (за 2 години)	Тест на глюкозу за 2 години	
$x_2 = IMT = \frac{\text{вага(кг)}}{(\text{зріст(м)})^2}$	ІМТ	Стан
	Менше ніж 22	худий
	Між 22 та 25	нормальний
	Між 25 та 30	Зайва вага
	Між 30 та 35	Ожиріння
	Більше за 35	Ризик
$x_3 =$ тригліцериди	Рівень тригліцеридів	Стан
	Нижче 150 мг	Відмінний
	150 або 199 мг	Ризик
	200 або 499 мг	Небезпечний
	Вище за 500 мг	Дуже небезпечний
$x_4 =$ холестерин	Холестерин	Стан
	Нижче 200 мг	Відмінний
	Поміж 200 та 239 мг	Ризик
	Вище за 240 мг	Високий (небезпечний)

Продовження табл. 2

$x_5 = \text{гемоглобін A1C}$	Гемоглобін	Стан
	Менший за 5.7	Не діабетичний
	Поміж 6.4 та 5.7	Пре-діабет
	Вищий за 6.4	діабет
$y = \text{FBS}$	Рівень цукру в крові (натощак) (FBS)	Стан
	Менший за 100	Не діабетичний
	Поміж 100 та 125	Пре-діабет
	Вищий за 126	діабет

Джерело: 7

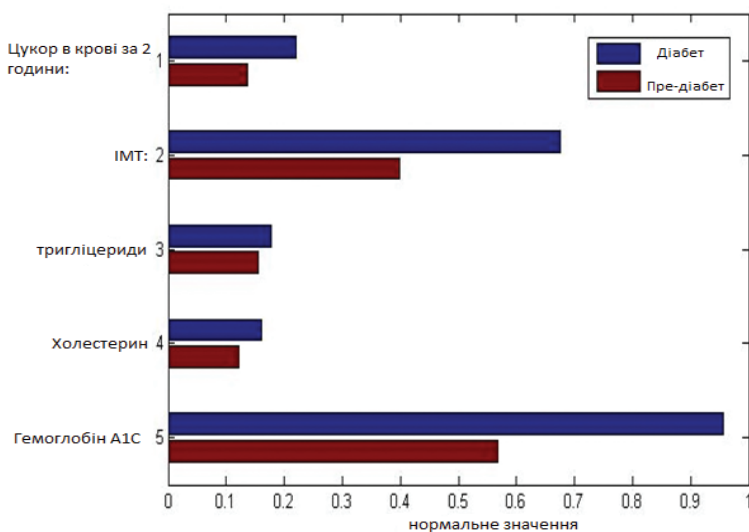


Рис. 2. Важливість кожної змінної для прогнозування діабету та пре-діабету в логістичній регресійній моделі

Джерело: Розроблено авторами

Для тестування додатку були використані дві групи, в одній із яких були діабетики та інші що страждають від діабету. Був зроблений один тест, щоб діагностувати хворобу і зроблено це як для пацієнтів, так і здорового населення, а також з урахуванням обмежень тесту значення, від нуля до одного, що змінюється на дуже велике число. Після тестування їх сортуємо у значеннях порядку

зростання, на скільки більше, що кожен результат тесту, обумовлений більшим ризиком захворювання. (Як ми знаємо на практиці, це може бути протилежним для деяких пацієнтів) [7].

На рисунку 3 відображена діаграма діяльності програмного комплексу для коригування ваги хворих на цукровий діабет.

В якості вхідних параметрів в ШНМ будуть показники здоров'я, які будуть оброблятися. Приховані шари: функція цих шарів визначається введеними показниками і вагою та співвідношенням між ними та прихованими шарами. Ваги між вхідними та прихованими одиницями визначають, коли прихований блок буде активований. За розрахунок вагів відповідає логістична регресія.

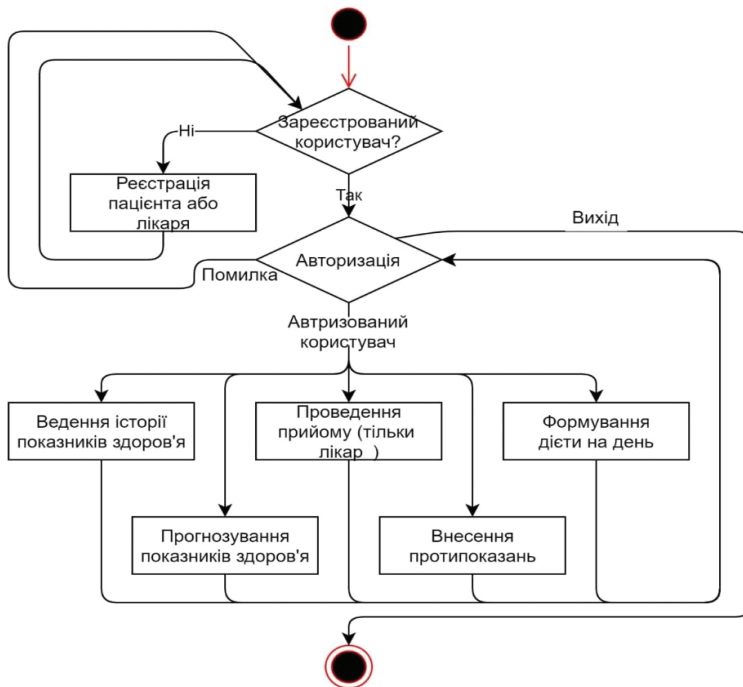


Рис. 3. Діаграма діяльності ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет

Джерело: Розроблено авторами

Вихідний рівень: функція блоку виходу залежно від активності та ваги прихованого блоку та з'єднання між прихованими одиницями та виходом, що є нашим прогнозом.

Для того щоб отримати прогноз показників (рівня цукру в крові та ваги) необхідно ввести показники здоров'я (рівень цукру в крові, вага, зріст, тиск, фізичну активність). Після того як показники були введені відбувається аналіз введених показників, якщо аналіз показників не був виконаний, то він відбувається знову. Коли показники були проаналізовані наступним етапом є формування прогнозу за допомогою штучної нейронної мережі, якщо є помилки, то формування прогнозу відбувається знову. Коли прогноз було сформовано, формується звіт. Коли звіт сформований відбувається отримання прогнозу показників, та звіту, в якому описуються всі необхідні рекомендації.

Для відображення того, що робить система, була побудована діаграма діяльності, яка зображена на рисунку 4.

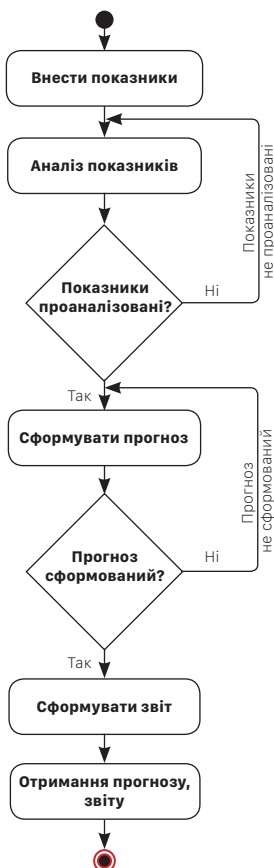


Рис. 4. Діаграма діяльності використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет

Джерело: Розроблено авторами

Діаграма прецедентів використання програмного комплексу на основі використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет представлена на рисунку 5.

Діаграма класів ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет представлена на рисунку 6.

Розроблено проект програмного комплексу для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі, що дозволяє своєчасно попередити користувача о підвищенні рівня цукру в крові, спостерігати за станом хворого, надавати рекомендації в вигляді меню на день, виконувати аналіз показників.

Програмний комплекс має функцію оповіщення лікаря, коли показники критичні і додаток передає право на надання рекомендацій лікарю.

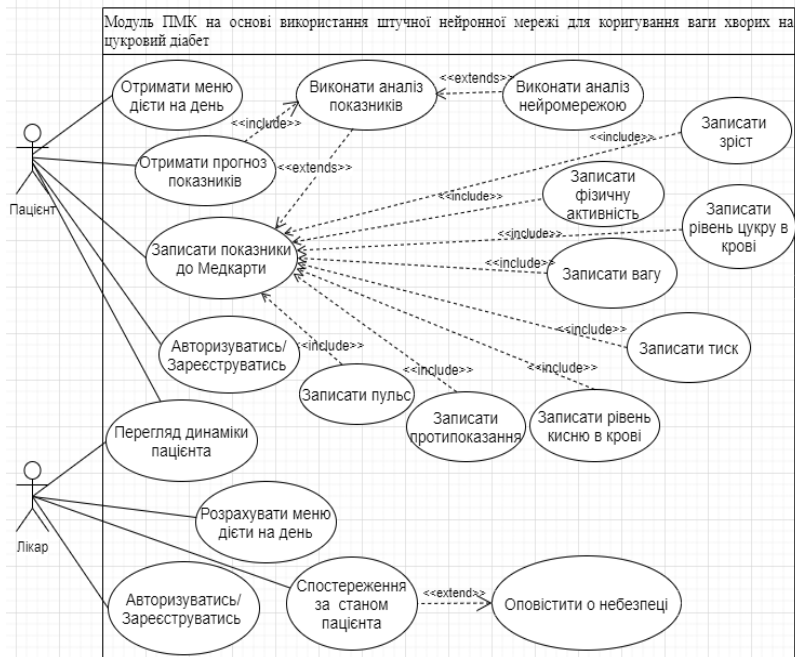


Рис. 5. Діаграма прецедентів використання ПК на основі використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет

Джерело: Розроблено авторами



Рис. 6. Діаграма класів ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет

Джерело: Розроблено авторами

Реалізовано спостереження лікарем за станом хворого за шаблоном «Спостерігач» на мові програмування PHP. Реалізовано створення медкартки за шаблоном «Будівник» на мові програмування PHP, що дозволило покращити ефективність роботи програми, покращити підтримку програми, та перенос програми на іншу платформу.

На рисунках 7-12 представлено як виглядають деякі опції комплексу.

The screenshot shows a mobile application interface for adding a record. At the top, it says 'DBT_RDC'. Below is a red header 'Додати запис'. The form contains several input fields: 'Назва' (Name), 'Цукор в (ммоль/л)' (Sugar in (mmol/l)), 'Зріст в (см)' (Height in (cm)), 'Вага в (кг)' (Weight in (kg)), 'Низька фізична активність (1 тренува)' (Low physical activity (1 training)), and 'Ваші зауваження' (Your notes). At the bottom, there are two buttons: 'Додати' (Add) and 'До чернетки' (To Draft).

Рис. 7. Введення показників

The screenshot shows a list of records in the 'DBT_RDC' application. The header is 'Останній запис' (Last Record) with a 'Редагувати' (Edit) button. The first record is dated '18 Nov,2020 в 17:13 Nick' with 'Зауваження: нет' (Notes: none), 'Рівень цукру : 6 ммоль/л підвищений.' (Sugar level: 6 mmol/l increased), and 'Фізична активність : Низькая.' (Physical activity: Low). The second record is 'new_one' dated '18 Nov,2020 в 17:06 Nick' with 'Зауваження: немає' (Notes: none), 'Рівень цукру : 7 ммоль/л підвищений.' (Sugar level: 7 mmol/l increased), and 'Фізична активність : Низькая.' (Physical activity: Low). The third record is 'some1' dated '05 Nov,2020 в 23:05 Nick' with 'Зауваження: по' (Notes: po), 'Рівень цукру : 10 ммоль/л занадто високий.' (Sugar level: 10 mmol/l too high), and 'Фізична активність : Низькая.' (Physical activity: Low). Each record has a 'Редагувати' (Edit) button.

Рис. 8. Записи користувача

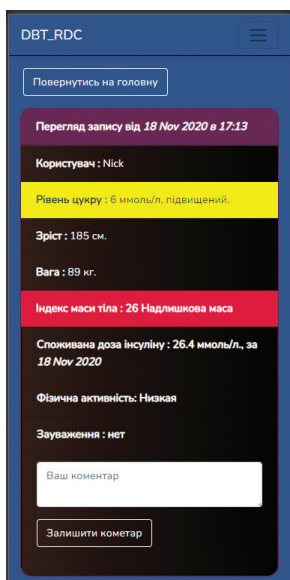


Рис. 9. Перегляд запису

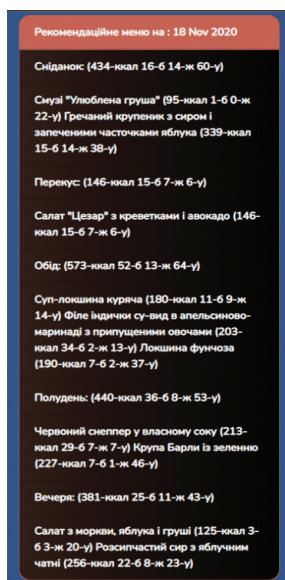


Рис. 10. Рекомендаційне меню

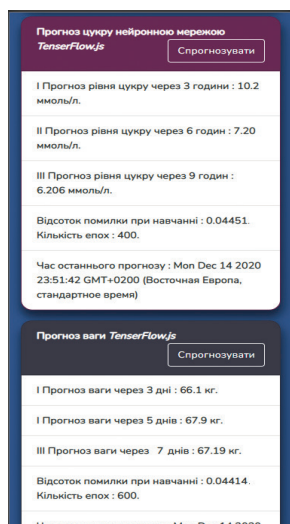


Рис. 11. Прогнозування «Tensorflow.js»

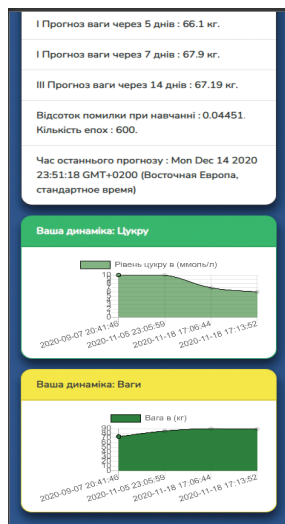


Рис. 12. Динаміка користувача

Джерело: Розроблено авторами

Також були проведені дослідження ефективності роботи нейронної мережі які показали, що нейронна мережа прямого поширення на базі «Tensorflow.js», та рекурентна НМ на базі «Brain.js» можуть забезпечити задовільну якість прогнозу рівня цукру в крові та ваги на розглянутих вище прикладах. Досліджені чотири функції активації (relu, softmax, sigmoid, linear) при навчанні та виконанні тестових прогнозів нейронних мереж.

Порівнюючи «Tensorflow.js» та «Brain.js» отримали, що: «Tensorflow.js» більш гнучка до налаштування кожного шару; «Brain.js» має налаштування для всіх шарів загалом; «Tensorflow.js» потрібно компілювати дані перед навчанням, а також обирати оптимайзер та функцію втрат; «Brain.js» не потрібно компілювати дані, обирати: оптимайзер та функцію втрат; в «Tensorflow.js» є функція fit(), яка очищує невикористані тензори в НМ, що дозволяє пришвидшити навчання, роботу та зменшити використання ресурсів GPU; в «Brain.js» не має функції fit(), як в «Tensorflow.js», тому час на розрахунки потрібен більше; в цілому «Tensorflow.js» має великий список функцій, та налаштувань, який допоміг мені створити та коректно налаштувати НМ; «Brain.js» поступається в кількості функцій, ніж «Tensorflow.js». Виходячи з цього можна сказати, що НМ на базі «Tensorflow.js» прогнозує більш точніше, та має меншу похибку, ніж НМ на базі «Brain.js».

Висновки та пропозиції. В результаті аналізу області прогнозування цукрового діабету виділено основні фактори: спадковість, спосіб життя, вага, фактори навколишнього середовища, вік. Виділено існуючі методи в прогнозуванні цукрового діабету: data mining, логістичний регресійний аналіз, нейронна мережа. Обрано основний функціонал в розглянутих додатках. Розроблено глосарій предметної області.

Обрані математичні моделі функцій активації нейронних мереж: relu, softmax, sigmoid, linear. Математичною моделлю для розрахунку вагів нейронної мережі є логістична регресія, яка підвищує точність прогнозування. Створено модель бізнес-процесу використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет, в результаті було створено технічне завдання для ПК.

Розроблено ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі, що дозволяє своєчасно попередити користувача про підвищення рівня цукру в крові, спостерігати за станом хворого, надавати рекомендації в вигляді меню на день, виконувати аналіз показників. Реалізовано використання шаблонів проектування «Спостерігач» для спостереження лікаря за станом користувача, та «Будівник» для створення медкартки користувача.

Досліджено роботу нейронних мереж «Tensorflow.js» «Brain.js», які здатні забезпечити задовільну якість прогнозу рівня цукру в крові та ваги. Досліджені чотири функції активації (relu, softmax, sigmoid, linear) при навчанні та виконанні тестових прогнозів нейронних мереж.

Виявлено, що для НМ на базі «Tensorflow.js» краще застосовувати «relu» на вхідний нейрон, а «softmax» на вихідний та логістичну регресію, їх комбінація дає точність прогнозування в 94%.

Було виявлено, що для НМ на базі «Brain.js» краще застосовувати «linearg» функцію активації, а точність прогнозу становить 93%.

Середнє значення помилки прогнозу в умовах дослідження НМ «Tensorflow.js» не перевищувала 0.006, а в «Brain.js» – 0.00693.

Перевірено ефективність використання навчених нейронних мереж прямого поширення та рекурентних мереж для прогнозування значень рівня цукру в крові та ваги.

Надалі можливо розширити програмний комплекс в таких напрямках: збільшення кількості захворювань, які може визначити нейронна мережа; збільшення кількості факторів, які впливають на аналіз нейронної мережі; додання інших методів аналізу показників; збільшення навчальної вибірки для нейронної мережі.

Розроблена гібридна модель в парі з логістичною регресією, яка дозволила досягти точності прогнозування 94% рівня цукру в крові на наступні 3-9 годин, а також ваги на 3-7 днів наперед за рахунок «Tensorflow.js». У більшості випадків нейронна мережа прогнозує рівень цукру на 3 години, що є достатнім для хворої на діабет людини, щоб вжити заходів для недопущення зниження або підвищення рівня цукру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Temurtas, H., Yumusak, N., Temurtas, F., A comparative study on diabetes disease diagnosis using neural networks, *Expert Syst*, Vol. 36, pp. 8610–8615, 2009., <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.032>.
2. World Health Organization. (1999). Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications : report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66040>.
3. M. Thirugnanam et al., Improving the Prediction Rate of Diabetes Diagnosis Using Fuzzy, Neural Network, Case Based (FNC) Approach. *Procedia Engineering*, Vol. 38, (2012). pp. 1709–118,. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.208>.
4. H. R. Marateb et al., A hybrid intelligent system for diagnosing microalbuminuria in type 2, (2014). pp. 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2013.11.006>.
5. Nesreen Samer El_Jerjawi, and Samy S. Abu-Nase. Diabetes Prediction Using Artificial Neural Network. *International Journal of Advanced Science and Technology* Vol.121 (2018), pp. 55–64. https://philarchive.org/archive/EL_DPU-5v2.
6. D. Livingstone and N. J. Totowa, *Artificial Neural Networks Methods and Application*. 1th ed. Totowa, NJ: Hummana Press, (2008). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-60327-101-1>.
7. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Prediction of Diabetes by Using Artificial Neural Network, Logistic Regression Statistical Model and Combination of Them, Vol. 85, 2016, p. 1148 – 1164. <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=5938&file=1>.
8. Ratih Yulia Hayuningtyas, Retno Sari. Implementasi Data Mining Dengan Algoritma Multiple Linear Regression Untuk Memprediksi Penyakit Diabetes. Vol 8, No 1 (2022): JTK Periode Januari 2022 <https://doi.org/10.31294/jtk.v8i1.11552>.
9. Набір даних «Про діабет» [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://raw.githubusercontent.com/curiously/Logistic-Regression-with-TensorFlowjs/master/src/data/diabetes.json>.
10. Brain.js [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://brain.js.org>.
11. Гетьман И., Держевецкая М., Жуков Н. Разработка кросс-платформенного приложения для корректировки питания боль-

ных сахарным диабетом / Сборник научных трудов. По материалам конференции «Время вызовов и возможностей: проблемы, решения, перспективы». Рига, Латвия. БМА, 2019. С. 444-449.

12. Жуков М. С., Гетьман І. А. Використання мобільних додатків при відстеженні свого стану і контролі над хворобою хворих на цукровий діабет //ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ. – 2019. – С. 14-16. http://www.dgma.donetsk.ua/nauka/zbirnik_naukovih_prac1820.pdf#page=15.

13. Жуков М.С., Гетьман І.А. Інформаційні технології для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі. Прикладна математика та комп'ютерні науки: матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції (в авторській редакції), м.Маріуполь, 26 лютого 2021 року. – Маріуполь, 2021. – 139с.

14. Васильєва Л.В., Гетьман І.А. Автоматизовані системи наукових досліджень: посібник для студентів вищих навчальних закладів спеціальності «Інформаційні технології проектування». Краматорськ : ДДМА, 2016. 114 с.

15. Гетьман, І., Держевецька, М., & Несен, Є. (2022). РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗТАШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІКАРНЯНОГО ФОНДУ. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 15-22. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.2>.

16. Гетьман І. А., Кухтик Т. В., Держевецька М. А. Прогнозування раціону харчування людини за допомогою ІТ–технологій. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – 2021. № 1(484). Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. С. 80-85. DOI [https://doi.org/10.15589/znp2021.1\(484\).11](https://doi.org/10.15589/znp2021.1(484).11).

REFERENCES

1. Temurtas, H., Yumusak, N., Temurtas, F., (2009), „A comparative study on diabetes disease diagnosis using neural networks, Expert Syst”, available at: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.032> (Accessed 10 July 2022).

2. World Health Organization (1999), „Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications : report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes

mellitus", available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66040> (Accessed 10 July 2022).

3. Thirugnanam, M. (2012), "Improving the Prediction Rate of Diabetes Diagnosis Using Fuzzy, Neural Network, Case Based (FNC) Approach. *Procedia Engineering*", available at: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.208> (Accessed 10 July 2022).

4. Marateb, H. (2014), "A hybrid intelligent system for diagnosing microalbuminuria in type 2", available at: <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2013.11.006> (Accessed 11 July 2022).

5. Nesreen Samer El_Jerjawi, and Samy S. Abu-Nase. "Diabetes Prediction Using Artificial Neural Network", available at: https://philarchive.org/archive/EL_DPU-5v2 (Accessed 13 July 2022).

6. Livingstone, D., Totowa, N., (2008), *Artificial Neural Networks Methods and Application*, available at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-60327-101-1> (Accessed 10 July 2022).

7. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Prediction of Diabetes by Using Artificial Neural Network, Logistic Regression Statistical Model and Combination of Them, available at: <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=5938&file=1> (Accessed 13 July 2022).

8. Ratih Yulia Hayuningtyas, Retno Sari, (2022), "Implementasi Data Mining Dengan Algoritma Multiple Linear Regression Untuk Memprediksi Penyakit Diabetes", available at: <https://doi.org/10.31294/jtk.v8i1.11552> (Accessed 12 July 2022).

9. Dataset "About Diabetes", available at: <https://raw.githubusercontent.com/curiously/Logistic-Regression-with-TensorFlowjs/master/src/data/diabetes.json> (Accessed 10 July 2022).

10. Brain.js , available at: <https://brain.js.org> . (Accessed 15 July 2022).

11. Getman I., Derzhevetskaya M., Zhukov N., (2019), "Razrabotka krossplatformennogo prilozheniya dlya korrekcirovki pitaniya bol'nyh saharnym diabetom" [Development of a cross-platform application for adjusting the nutrition of patients with diabetes mellitus], Riga, Latvia.

12. Zhukov, M., Getman, I., (2019), "Vikoristannya mobilnih dodatkov pri vidstezhenni svogo stanu i kontroli nad hvoroboyu hvorih na tsukroviy diabet" [Using mobile applications in monitoring one's condition and controlling the disease of patients with diabetes], available at: http://www.dgma.donetsk.ua/nauka/zbirnik_naukovih_prac1820.pdf#page=15 (Accessed 15 July 2022).

13. Zhukov, M., Getman, I., (2021), „Informatsiyni tehnologiyi dlya koriguvannya vagi hvorih na tsukroviiy diabet za dopomogoyu neyronnoyi merezhi“ [Information technologies for adjusting the weight of diabetic patients using a neural network], Mariupol, Ukraine.

14. Vasylieva, L., Getman, I., (2016), „Avtomatizovani sistemi naukovih doslidzhen: posibnik dlya studentiv vischih navchalnih zakladiv spetsialnosti «Informatsiyni tehnologiyi proektuvannya»“ [Automated systems of scientific research: a guide for students of higher educational institutions majoring in «Information Design Technologies»], Kramatorsk, Ukraine.

15. Getman, I., Derzhevetska, M., & Nesen, E. (2022). „Rozrobka proektu programnogo kompleksu dlya optimizatsiyi roztashuvannya elementiv likarnyanogo fondu“ [Development of a project of a software complex to optimize the location of elements of the hospital fund], available at: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.2> (Accessed 12 July 2022).

16. Getman I., Kukhtyk T., Derzhevetska M., (2021), „Prognozuvannya ratslonu harchuvannya lyudini za dopomogoyu IT–tehnologyi“ [Prediction of human nutrition with the help of IT technologies], available at: [https://doi.org/10.15589/znp2021.1\(484\).11](https://doi.org/10.15589/znp2021.1(484).11) (Accessed 15 July 2022).

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 31.03.2022