

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ДОБОВОЇ ДИНАМІКИ ГЛІКЕМІЇ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ

У даній статті розглядається інформаційна технологія оцінки добової динаміки глікемії у хворих на цукровий діабет. За допомогою діаграми використання показано набір дій, які виконує система при діалозі з користувачами. Представлено модульну структуру програмного забезпечення, яка відображає його основні складові. Розроблено діаграму станів, що дозволяє змодельовувати поведінку системи для режиму прогнозування динаміки глікемії. Наведено результати інтерактивної роботи хворого на цукровий діабет з інструментарієм інформаційної технології, що дозволяє отримати прогноз динаміки глікемії.

Ключові слова: інформаційна технологія, динаміка глікемії, база даних, модель ідентифікації, модель прогнозу.

YULIA CHAIKIVSKA

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical university

ROMAN PASICHNYK

Ternopil National Economic University

THE INFORMATION TECHNOLOGY ASSESSMENT OF THE DAILY GLYCEMIA DYNAMICS IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS

Abstract — The aim of research — discusses how information technology assessment of the daily dynamics of glycemia, which will allow diabetics to monitor glucose levels in blood.

The designed use case diagram shows the set of actions that are performed by the system in dialogue with users. Presents a modular software structure that reflects its main components. The developed state diagram, which allows to simulate the behavior of transition system from one state to the state mode of forecasting the glycemia dynamics. Developed a website that allows patients to enter his data in the data form. The first identifies the model, which is developed in Matlab. After that, the entered current measurements to transmit the Matlab model to predict the glycemia dynamics.

Consequently, obtained results of interactive work patient with the tools of information technology that allows to obtain the forecast of the dynamics of glycemia.

Keywords: information technology, the glycemia dynamics, database, identification model, predict model.

Постановка проблеми

Захворюваність на цукровий діабет призводить до важких ускладнень, тому діагностика та моніторинг його лікування є важливою проблемою для суспільства. Для цього необхідно хворим здійснювати самоконтроль за рівнем цукру в крові, підбирати режим харчування та дози інсуліну для інсулінозалежних.

За допомогою математичних моделей можна прогнозувати концентрацію глюкози в крові у хворих на цукровий діабет. Тому, розробка програмного забезпечення для ведення бази даних по кожному пацієнту, в якій записуються щоденні заміри хворих (глюкоза, спожиті вуглеводи, доза інсуліну), налаштування математичної моделі під конкретний організм та здійснення прогнозу динаміки глікемії протягом доби складає актуальну проблему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній здебільшого використовуються реєстри хворих на цукровий діабет, які за допомогою інформаційних технологій компактно зберігають детальну інформацію по кожному хворому. Такі реєстри базуються на стандарті National service framework for diabetes: Standards. Diabetes NSF Department of Health, London SE1 8UG і визнані Європейським товариством дослідників цукрового діабету (EASD) [1-2]. Метою таких інформаційних технологій є створення системи знань про хворих на цукровий діабет. Зокрема, в Україні діє реєстр СИНАДІАБ, який є загальнодержавною базою даних по хворих на цукровий діабет, які потребують лікування інсуліном [2-4]. Такі реєстри дозволяють лікарям вести облік, отримувати інформацію про хворих та подавати заявки на забезпечення необхідними препаратами.

Проте, ці інформаційні технології не дозволяють здійснити оцінку добової динаміки глікемії у хворих на цукровий діабет протягом доби.

Формування цілей

Створення інформаційної технології оцінки добової динаміки глікемії дозволить хворим здійснювати контроль за рівнем глюкози в крові, вести щоденник діабетика, планувати режим харчування, що залежить від типів вуглеводів, та отримувати прогноз на основі поточних замірів.

Для цього необхідно розробити зручний інтерфейс взаємодії хворого із системою прогнозування, яка дозволяє вносити та зберігати дані у базу даних, проходити ідентифікацію на основі математичних моделей, які використовують введені дані користувачем; розраховувати надходження глюкози з їжі за допомогою калькулятора хлібних одиниць (ХО); здійснювати прогноз динаміки глікемії з використанням розроблених математичних моделей в Matlab.

Основна частина

Кожна інформаційна технологія реалізується через спроектовані автоматизовані інформаційні системи (ІС), в основі яких лежать раціональні методи управлінських задач і технологія обробки даних [5]. Виділяють

наступні етапи створення і функціонування ІС: розробка концепції ІС; розробка технічного завдання; проектування; реалізація; впровадження в експлуатацію; супровід [6-7]. Інформаційна технологія оцінки добової динаміки глікемії у хворих на цукровий діабет передбачає наступні аспекти проектування автоматизованих ІС: апаратно-комунікаційний комплекс, програмно-математичний, методичний та організаційний.

Візуальне моделювання концептуальної моделі системи зображено за допомогою діаграми використання на рис. 1.

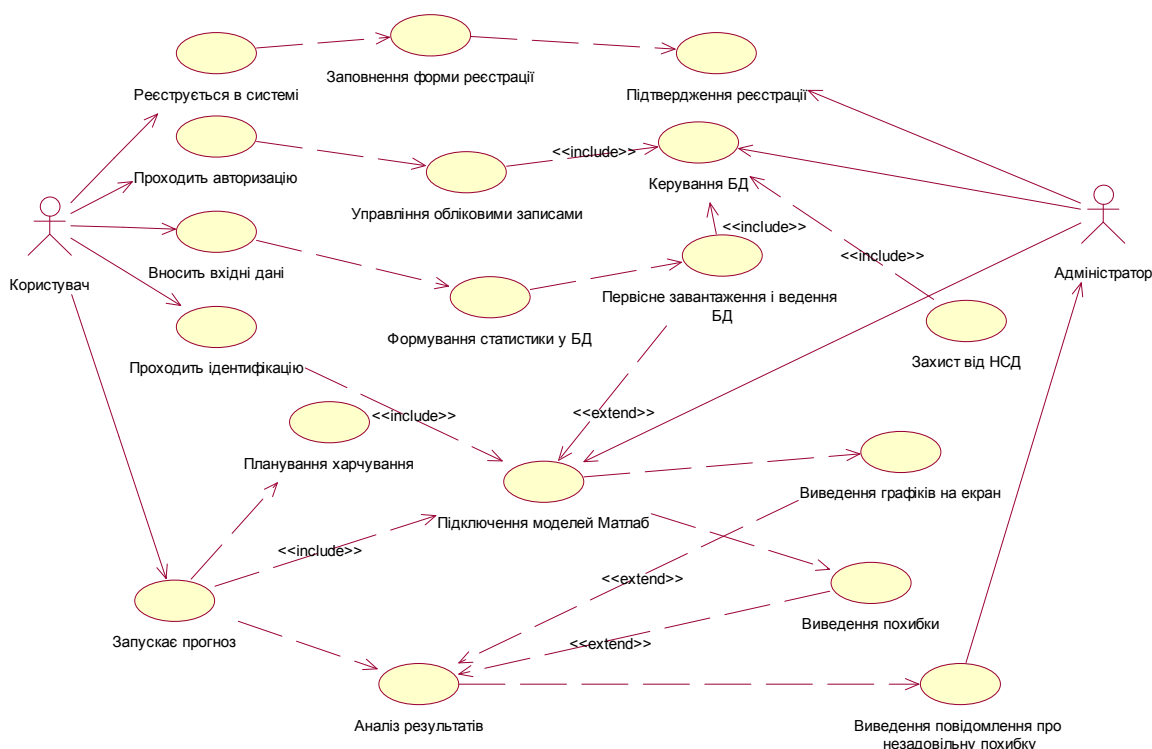


Рис. 1. Діаграма використання ІС

Контекст модельованої предметної області програмного забезпечення оцінки динаміки глікемії у хворих на цукровий діабет полягає в наступному: розроблено веб-сайт, на якому реєструються хворі на цукровий діабет, після цього вони проходять процедуру авторизації. Передбачено можливість введення даних щоденних замірів (глюкози в крові у певні моменти часу, надходження глюкози з їжі, яка залежить від типів вуглеводів (миттєві, швидкі, повільні) та дози введенного інсуліну) у базу даних. На основі введених даних адміністратор веб-сайту проводить ідентифікацію розроблених математичних моделей в Matlab для конкретного організму, параметри яких підбираються за допомогою методу Левенберга Марквардта [8]. Результатом підключення моделей Matlab до веб-сайту є виведення похибки та графічної інформації на екран. Прогноз динаміки глікемії здійснюється в тому випадку, якщо похибка ідентифікації є задовільною і становить менше 10%. Також передбачено можливість підбирати харчування за допомогою калькулятора ХО.

Прогноз добової динаміки глюкози в крові здійснюється шляхом підбору значення параметрів розподілів на основі мінімізації середньоквадратичного відхилення прогнозованого значення концентрації глюкози в крові від спостережених значень в ході експерименту методом Левенберга Марквардта. Математична модель прогнозу реалізована за нижче наведеною формулою (1)

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} G(t) = p_3 \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^3 G_{m,i}^l(t) \Theta(t-t_l^m) - p_4 \sum_{k=1}^K \frac{N^k(t)G(t)}{p_2 + G(t)} \Theta(t-t_k^N) - \\ \quad - p_1 \frac{I(t)G(t)}{p_2 + G(t)}, \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{(G(t) - G_b)^+ I(t)}{p_2 + G(t)}, \\ \frac{dN^k(t)}{dt} = - \frac{(G(t))N^k(t)}{p_2 + G(t)}, \\ \frac{dS^l(t)}{dt} = -p_5 \frac{S^l(t)}{p_2 + S^l(t)} G_{m,i}^l(t), \\ \frac{dG_{m,i}^l(t)}{dt} = \left(\frac{p_6 + 2(i-1)(S^l(t))}{(p_2 + S^l(t))^\alpha} - p_{7+2(i-1)} \right) G_{m,i}^l(t) \end{cases} \quad (1)$$

де $G_{m,i}^j$ — обсяг спожитої глюкози у вуглеводах і-го виду (миттєві, швидкі, повільні) в j-му експерименті, який обчислюється за допомогою калькулятора калорійності у залежності від обсягу спожитих вуглеводів;

$I^j(t)$ — обсяг природного інсуліну в j-му експерименті, який виробляється організмом;

N^j — обсяг введеного інсуліну в j-му експерименті, який контролюється пацієнтом;

S^j — обсяг глюкози з їжі в j-му експерименті, що поступають разом з вуглеводами.

Архітектура програмної системи складає її внутрішню структуру, а саме: представлення програмного комплексу з певного набору взаємодіючих підсистем. В ролі таких підсистем виступають окремі модулі. Модульна структура та взаємозв'язки між модулями програмного забезпечення зображено на рис. 2.

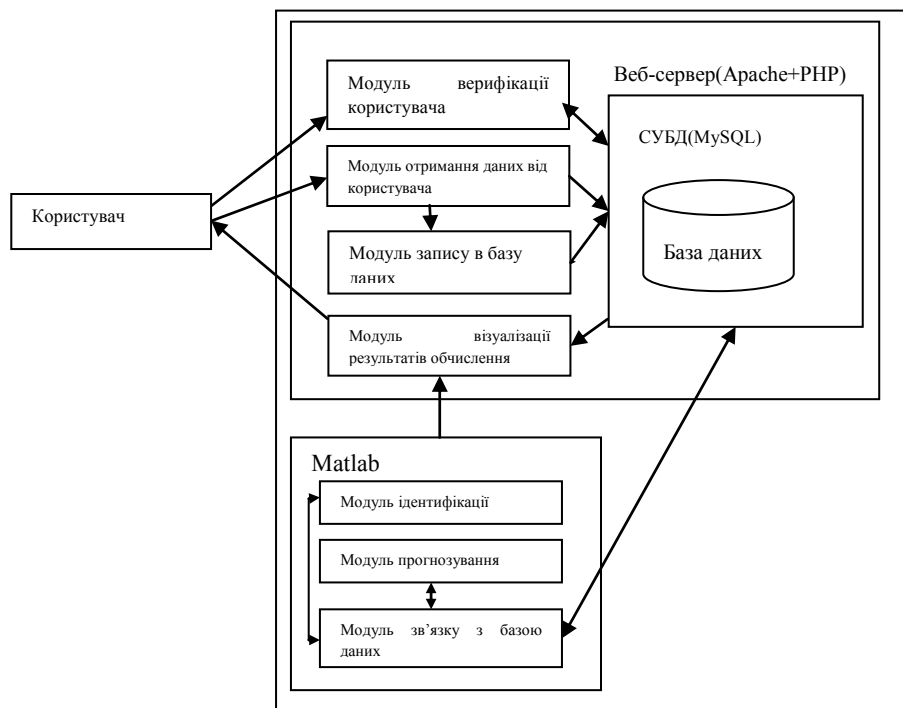


Рис. 2. Модульна структура програмного забезпечення

Програмне забезпечення сайту представлено у вигляді сукупності взаємопов'язаних php-сценаріїв. Кожен сценарій під час виконання завантажує файл конфігурації, функцій, здійснює запит до бази даних та формує текст веб-сторінки. Зв'язок моделей Matlab з базою даних веб-сайту здійснюється через mysql connector ODBC.

Дані для моделі ідентифікації передаються в Matlab і якщо похибка задовільна (<10%), тоді можна проводити режим прогнозування. В іншому випадку системному адміністратору надсилається повідомлення про високу похибку та неідентифіковану модель.

Логічна структура режиму прогнозування наведена на рис. 3 у вигляді діаграми станів.

Головний модуль є найважливішим в структурі веб-сайту, оскільки забезпечує всю роботу користувача з системою. Для зручності його доцільно розділити на частини, які б відображали відповідні розділи сайту:

- головна сторінка;
- головне меню;
- пошук по сайту;
- вхід/вихід.

Головне меню складається з таких розділів:

- новини;
- щоденник;
- ідентифікація;
- прогноз;

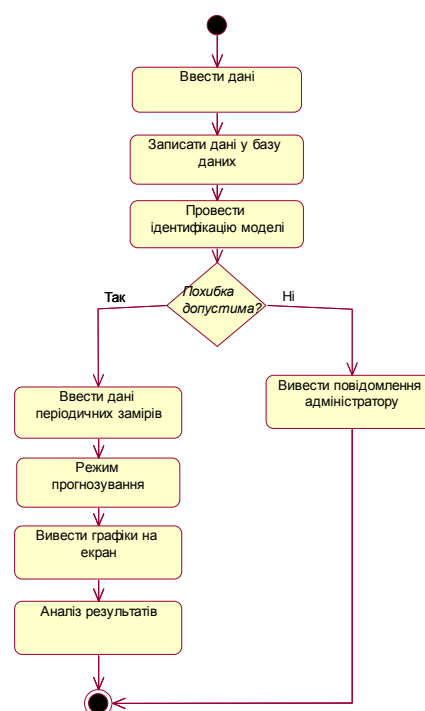


Рис.3. Діаграма станів режиму прогнозування

- контактна інформація.

Головна сторінка відображає інформацію, графічні результати математичних моделей Matlab, а головне меню забезпечує швидкий перехід від одного розділу сайту до іншого.

Розділ «Прогноз» містить сторінку, структурними елементами якої є: форма введення даних, калькулятор ХО, новини, написати повідомлення та перехід на головну сторінку. У формі даних хворий вводить свої поточні заміри (рис. 4).

ClinDis ГОЛОВНА КАЛЬКУЛЯТОР ХО НОВИНИ НАПИСАТИ ПОВІДОМЛЕННЯ

Форма введення даних

Name / Поточні вимірювання

Години	Споживі миттєві вуглеводи, ммоль/л	Швидкі, ммоль/л	Повільні, ммоль/л	Заміри глюкози в крові, ммоль/л	Доза інсуліну, ммоль/л
05.00	0	0	0	0	0
06.00	0	0	0	0	0
07.00	0	0	0	0	0
08.00	0	3.5	3.9	7.8	16
09.00	0	0	0	0	0
10.00	0	0	3.7	9.4	0
12.00	0	0	0	9.1	0
14.00	9.25	0	0	0	0
16.00	1	0	0	10.6	0
18.00	0	0	5.7	0	20
20.00	0	0	0	0	0
22.00	0	0	4.5	0	0
24.00	0	0	0	0	0
26.00	0	0	0	0	0

Рис. 4. Форма введення даних у розділі «Прогноз»

На основі введених даних можна здійснити прогнозування добової динаміки глікемії. Для цього потрібно натиснути на кнопку «Запуск прогнозу», дані передаються на вхід моделі в Matlab і результатом буде виведення графічної інформації та похибки прогнозу (рис. 5).

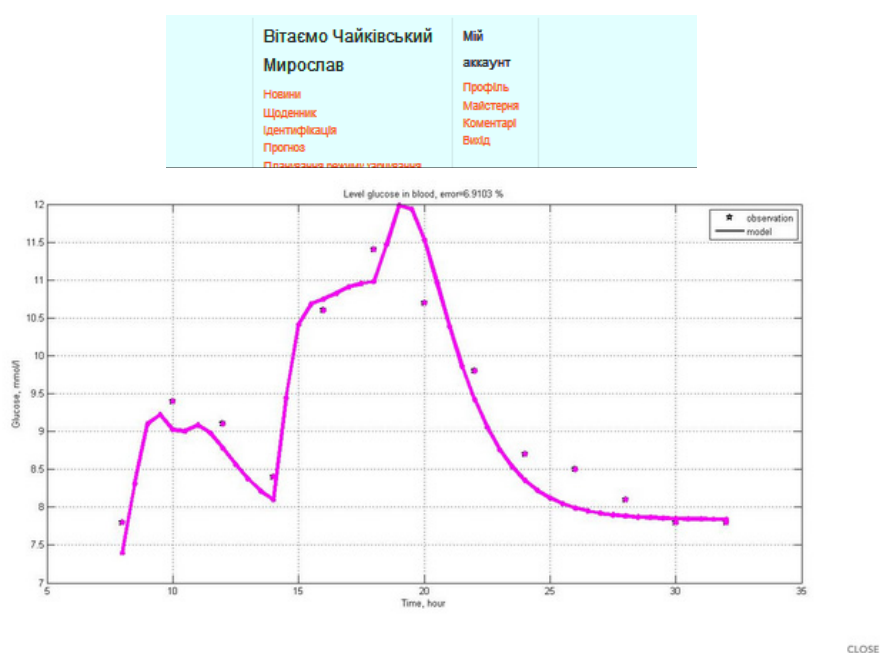


Рис.5. Графічне представлення результатів режиму прогнозування

Похибка прогнозу є допустимою і становить 6.9103%.

Висновки.

У процесі розробки інформаційної технології оцінки добової динаміки глікемії у хворих на цукровий діабет визначено: її концептуальну модель поведінки у зовнішньому світі; внутрішню структуру (архітектуру), яка відображає функціональну модель ІС; логічну поведінку системи в режимі прогнозування засобами UML, яка описує послідовності станів і переходів протягом одного життєвого циклу. Реалізовано веб-сайт, на якому хворі на цукровий діабет мають можливість вести свої щоденники, вносити дані у базу даних, проходити ідентифікацію на основі розроблених моделей в Matlab та отримувати прогноз добової динаміки глікемії за поточними замірами. Результатом виконання моделей прогнозу, розроблених в середовищі Matlab, є виведення графічної інформації та похибки прогнозу. Аналіз виведених результатів дозволяє хворим на цукровий діабет планувати режим харчування та здійснювати контроль за рівнем цукру в крові.

Література

1. Gudbjornsdottir S. The National Diabetes Register in Sweden: An implementation of the St. Vincent Declaration for Quality Improvement in Diabetes Care / S. Gudbjornsdottir, et al. // *Diabetes Care*. — 2003. — №26. — PP. 1270-1276.
2. Vaughan N. A review of European experience with aggregated diabetes databases in the delivery of quality care to establish a future vision of their structure and role / N. Vaughan, M. Massi Benedetti // *Diabetes Nutr. Metab.* — 2001. — №14. — P.87.
3. Harris N. Black Sea tele-diab: development and implementation of an electronic patient record for patients with diabetes / N. Harris, et al. // *Health Informatics Journal*. — 2001. — №7. — PP. 108-111
4. Кравченко В.І. Порівняльний аналіз реєстру хворих на цукровий діабет СИНАДІАБ з аналогічними зарубіжними базами даних та пропозиції щодо вдосконалення та розвитку національного діабетичного реєстру / В.І. Кравченко // *Проблеми ендокринної патології*. — 2003. — №4. — С. 60-68.
5. Шаховська Н.Б. Проектування інформаційних систем : навчальний посібник / Н.Б. Шаховська, В.В. Литвин. — Л. : Магнолія – 2006, 2011. — 380с.
6. Гуржій А.М. Інформатика та інформаційні технології : підручник / А.М. Гуржій, Н.І. Поворознюк, В.В. Самсонов В.В. — Х. : Компанія Сміт, 2007. — 352 с.
7. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів : навчальний посібник / О.М. Томашевський, Г.Г. Цигелик, М.Б. Вітер, В.І. Дудук — К. : Центр учбової літератури, 2012. — 296 с.
8. Чайківська Ю.М. Математична модель динаміки глюкози в процесі засвоєння їжі / Ю.М. Чайківська, Р.М. Пасічник // *Збірник наукових праць «Інформатика та математичні методи в моделюванні»*. — 2014.— Т.4, №3. — С. 272-277.

References

1. Gudbjornsdottir S. The National Diabetes Register in Sweden: An implementation of the St. Vincent Declaration for Quality Improvement in Diabetes Care / S. Gudbjornsdottir, et al. // *Diabetes Care*. — 2003. — №26. — PP. 1270-1276.
2. Vaughan N. A review of European experience with aggregated diabetes databases in the delivery of quality care to establish a future vision of their structure and role / N. Vaughan, M. Massi Benedetti // *Diabetes Nutr. Metab.* — 2001. — №14. — P.87.
3. Harris N. Black Sea tele-diab: development and implementation of an electronic patient record for patients with diabetes / N. Harris, et al. // *Health Informatics Journal*. — 2001. — №7. — PP. 108-111.
4. Kravchenko V.I. Porivnialnyi analiz reiestru khvorykh na tsukrovyy diabet SYNADIAB z analogichnyimi zarubizhnyimi bazamy danykh ta propozyitsii shchodo vdoskonalennia ta rozvytky natsionalnogo diabetychnogo riestru, *problem endokrynnoi patalogii*, 2003, No. 4, pp. 60-68.
5. Shakhovska N. Proektuvannia informatsiinykh system : navchalnyi posibnyk. Lviv, Mahnoliia-2006, 2011, 380 p.
6. Hurzhii A. Informatyka ta informatsiini tekhnolohii : pidruchnyk. Harkiv, Kompaniia Smit, 2007, 352 p.
7. Tomashevskiy M., Tsyhelyk H., Viter M., Duduk V. Informatsiini tekhnolohii ta modeliuвання biznes-protsesiv : navchalnyi posibnyk. Kyiv, Tsentru uchbovoi literatury, 2012, 296 p.
8. Chaikivska Iu., Pasichnyk R.M. Matematychna model dynamiky hlukozy v protsesi zasvoiennia izhi : Zbirnyk naukovykh prats "Informatyka ta matematychni metody v modeliuванні", Odesa, Vol. 4, No.3, pp. 272-277.

Рецензія/Peer review : 6.9.2015 p. Надрукована/Printed :20.10.2015 p.