

УДК 519.2

А. О. Савчук,
к. п. н., доцент кафедри інформаційних технологій та вищої математики,
Завідувач кафедри інформаційних технологій та вищої математики,
ПВНЗ "Хмельницький економічний університет"
А. В. Федешіна,
студент Хмельницького національного університету,
факультет програмування, комп'ютерних та телекомунікаційних систем

МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ У ХМЕЛЬНИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

L. Savchuk,
Ph.D., Associate Professor of Information Technology and Higher Mathematics, Head of the Department of Information Technology and Higher Mathematics, PVNZ "Khmelnitsky University of Economics"
A. Fedeshina,
student Khmelnytsky National University, Faculty of programming, computer and telecommunication systems

MATHEMATICAL ANALYSIS AND FORECASTING THE INCIDENCE OF DIABETES IN KHMELNYTSKY REGION

У статті проаналізовано проблему збільшення рівня захворюваності на цукровий діабет, описано причини, що спричиняють цукровий діабет. На основі статистичних даних проведено кореляційний аналіз та факторний аналіз, а саме: за допомогою методу головних компонент.

The article analyzes the problem of increasing the incidence of diabetes, described the reasons that cause diabetes. Based on the statistical data correlation analysis and factor analysis, namely by the method of principal components.

Ключові слова: цукровий діабет.
Key words: diabetes.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Цукровий діабет — одне з найбільш поширених нині захворювань, яке унаслідок розвитку важких ускладнень приводить до ранньої втрати працездатності.

Поширеність цукрового діабету в промислово розвинених країнах складає в середньому 2—4% від загальної чисельності населення, проте фактична поширеність захворювання і його ускладнень вивчена недостатньо, оскільки співвідношення числа зареєстрованих хворих до осіб з прихованим, не діагностованим захворюванням складає 1:2, 5:3.

Крім того, частота захворювання зростає у міру старіння населення і після 65 років число хворих зростає до 10%.

За даними Комітету експертів ВІЗ по цукровому діабету, у всьому світі зареєстровано більше 100 мільйонів чоловік, страждаючих цим захворюванням, і число хворих подвоюється кожні десять років. Прогнозується

значне збільшення числа хворих до 2000 року — до 175 мільйонів, а до 2010 року — до 239,3 мільйонів.

Таким чином, проблема цукрового діабету, через її масштабність, необхідність витрат значних засобів для її вирішення, переростає з суто медичною в медико-соціальну.

У наших умовах проблема діабету набуває особливого відтінку, оскільки суто медичні аспекти тісно переплітаються з соціально-економічними проблемами і останні, на жаль, багато в чому є такими, що визначають.

Постаріння населення України в результаті зниження народжуваності, зміна характеру живлення з превалюванням вуглеводних продуктів і зниженням питомої ваги білків в харчовому раціоні, збільшення числа патогенних чинників, що впливають на організм, — все це причини, що збільшують ризик виникнення цукрового діабету.

Сучасні математичні знання надають можливість для вирішення подібних проблем. Існуючі статистичні методи дозволяють провести досить повний аналіз впливу різних факторів на зміну кількості хворих з цукровим діабетом та знайти шлях переходу від існуючого стану до бажаного, тобто зменшити кількість хворих шляхом впливу на фактори, що його спричиняють.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Вагомий внесок у дослідженні проблеми збільшення рівня захворюваності на цукровий діабет зробили наступні вчені: доцент Ткаченко В.І., Чумак А.І., Прудіус П.Г., Власенко М.В., Гуріна Н.І., Майструк С.Б.

МЕТА СТАТТІ

Розроблення на основі результатів аналізу захворюваності на цукровий діабет математичних моделей дослідження рівня захворювань.

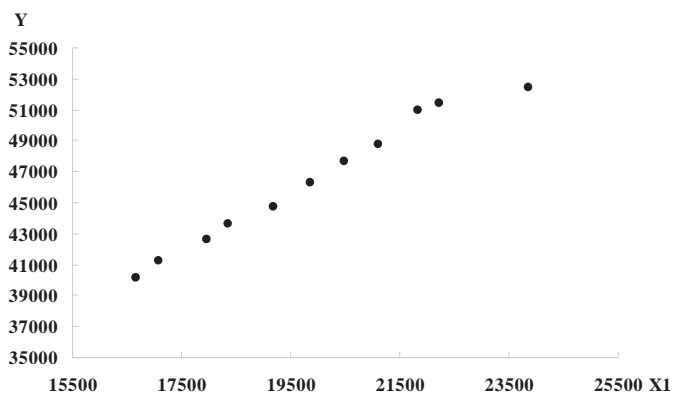


Рис. 1. Кореляційне поле (Y, X₁)

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Обґрунтування отриманих наукових результатів. Цукровий діабет — група ендокринних захворювань, що розвиваються внаслідок абсолютної чи відносної недостатності гормону інсуліну, внаслідок чого виникає стійке підвищення рівня глюкози в крові — гіперглікемія. Захворювання характеризується хронічним перебігом і порушенням усіх видів обміну речовин: вуглеводного, жирового, білкового, мінерального і водно-сольового.

Населення світу у 2003 році складало 6,3 млрд, у 2013 році — 7,2 млрд осіб, з них дорослого населення віком 20—79 років у 2003 році було 3,8 млрд, у 2013 — 4,6 млрд. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) та Міжнародної Діабетичної Федерації (IDF), чисельність хворих на ЦД в світі у 1985 році складала 30 млн осіб серед дорослого населення віком 20—79 років; у 1995 році — сягнула 135 млн населення, у 2000 році ця цифра підвищилася до 150,9 млн (4,6%), в 2003 році — складала 194 млн (5,1%), у 2010 році — 285 млн (6,4%), у 2011 році — 366 млн населення (8,3%), 2012 році — 371 млн (8,3%), а у 2013 році — 382 млн населення (8,3%) хворих на цукровий діабет [1].

Причини, що спричиняють зростання захворюваності на діабет, такі: збільшення в структурі населення осіб зі спадковою схильністю до ЦД; зростання середньої тривалості життя людей з підвищенням відсотка осіб похилого віку, які частіше хворіють на діабет; інтенсифікація життя; погіршення екологічної та соціальної ситуації, особливо в країнах, які розвиваються; характер харчування населення, що у поєднанні з гіподинамією призводить до зростання кількості осіб із ожирінням; підвищення частоти хронічних серцево-судинних захворювань (гіпертонічна хвороба, атеросклероз), що також є чинниками ризику; спадковість; вірусні інфекції; стресові ситуації [2].

Для дослідження були обрані наступні показники:

- 1) ожиріння;
- 2) спадковість;
- 3) вірусні інфекції;
- 4) стрес;
- 5) люди віком від 50 років.

Для дослідження тісноти зв'язку між результативною та факторними ознаками було проведено кореляційний аналіз.

Після аналізу кореляційних полів було висунене припущення про тісноту зв'язку між такими ознаками: Y (кількість хворих на цукровий діабет) та X_1 (ожиріння), Y (кількість хворих на цукровий діабет) та X_2 (спадковість), Y (кількість хворих на цукровий діабет) та X_3 (люди віком від 50 років), X_1 (ожиріння) та X_2 (спадковість), X_1 (ожиріння) та X_3 (люди віком від 50 років) (рис. 1—2).

Слабкий зв'язок присутній між такими ознаками: Y (кількість хворих на цукровий діабет) та X_4 (вірусні інфекції), Y (кількість хворих на цукровий діабет) та X_5 (стрес), X_1 (ожиріння) та X_3 (вірусні інфекції), X_1 (ожиріння) та X_4 (стрес), X_2 (спадковість) та X_3 (вірусні інфекції), X_2 (спадковість) та X_4 (стрес), X_2 (спадковість) та X_5 (люди віком від 50 років), X_3 (вірусні інфекції) та X_4 (стрес), X_3 (вірусні інфекції) та X_5 (люди віком від 50 років), X_4 (стрес) та X_5 (люди віком від 50 років).

Для визначення зв'язку між змінними була розрахована матриця парних коефіцієнтів кореляції (табл. 1). З отриманих результатів був зроблений висновок, що сильний зв'язок спостерігається між усіма змінними. Це свідчить про наявність мультиколінеарності.

Були розраховані матриці часткових коефіцієнтів кореляції та детермінації.

Оскільки значення часткових коефіцієнтів кореляції менші від значень парних коефіцієнтів кореляції, то можна зробити висновок про те, що при виключенні одного з параметрів зв'язок між іншими параметрами слабшає. Це говорить про те, що той параметр, що виключається, посилює кореляцію між іншими змінними.

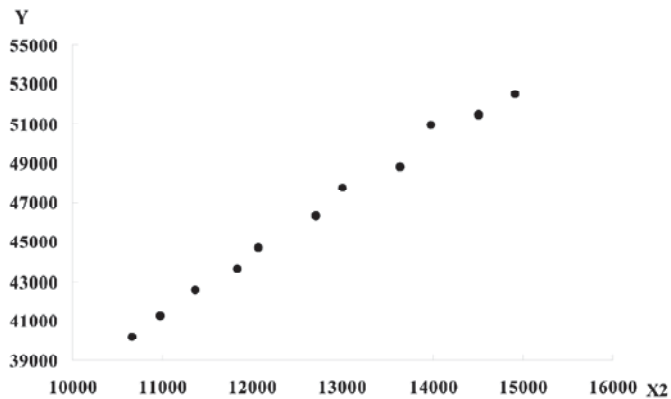


Рис. 2. Кореляційне поле (Y, X_2)

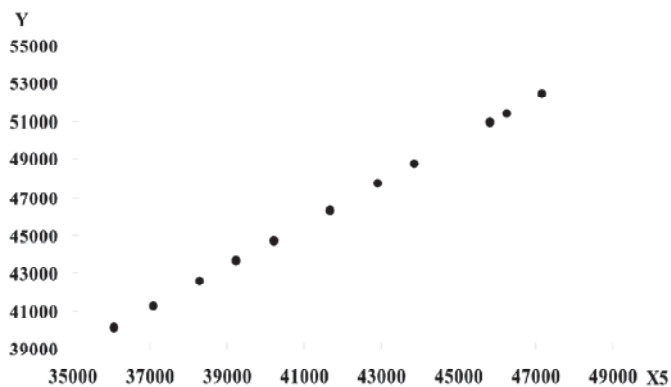


Рис. 3. Кореляційне поле (Y, X_5)

Оскільки часткові коефіцієнти детермінації менші за парні, то це свідчить про те, що тісна залежність, яку показали обчислення парних коефіцієнтів обумовлено частково або повністю дією на цю пару інших фіксованих випадкових величин.

Були розраховані точкові оцінки множинних коефіцієнтів кореляції та детермінації (табл. 2).

З даної таблиці видно, що всі коефіцієнти кореляції сильно залежать від інших факторів. Це свідчить про наявність мультиколінеарності між змінними.

Після проведення аналізу на наявність мультиколінеарності було виявлено, що вона існує між усіма змінними. Це свідчить про неможливість виключення жодного з факторів.

Для аналізу впливу окремих чинників на результативну ознаку було застосовано факторний аналіз, а саме: метод головних компонент.

Оскільки знаходження факторних навантажень головних компонент і значень їх самих пов'язано з обчисленням власних векторів та власних значень кореляційної матриці, їх знаходження було здійснено за методом обертань.

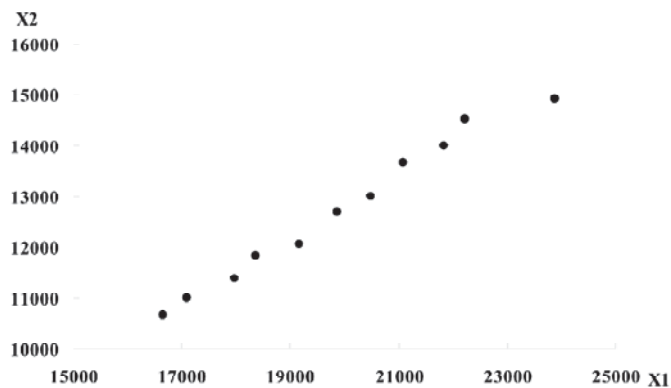


Рис. 4. Кореляційне поле (X_1, X_2)

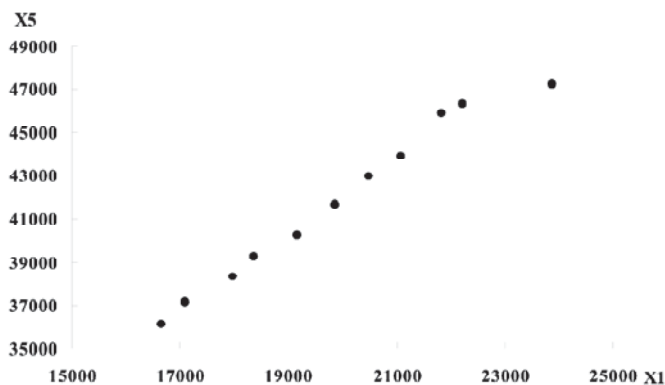


Рис. 5. Кореляційне поле (X_1 , X_5)

Таблиця 1. Матриця парних коефіцієнтів кореляції

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Y	1,000	0,991	0,996	0,997	0,989	1,000
X ₁	0,991	1,000	0,993	0,992	0,989	0,991
X ₂	0,996	0,993	1,000	0,996	0,991	0,996
X ₃	0,997	0,992	0,996	1,000	0,990	0,997
X ₄	0,989	0,989	0,991	0,990	1,000	0,989
X ₅	1,000	0,991	0,996	0,997	0,989	1,000

Обчислено матрицю факторних навантажень (табл. 3) та визначено, яку сумарну частку дисперсії вихідних ознак пояснюють головні компоненти (табл. 4).

Оскільки головні компоненти пояснюють більше 80% дисперсії вихідних ознак, що для нас не є прийнятним, ми не можемо використовувати цей метод для дослідження.

ВИСНОВКИ

Таблиця 2. Точкові оцінки множинних коефіцієнтів кореляції та детермінації

Ознака	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації	$F_{емп}$	$F_{крит}$
Y	0,99	0,980	49,251	5,05
X ₁	0,994	0,988	81,082	5,05
X ₂	0,998	0,995	201,692	5,05
X ₃	0,998	0,995	219,969	5,05
X ₄	0,992	0,985	64,422	5,05
X ₅	0,990	0,980	49,251	5,05

Таблиця 3. Матриця факторних навантажень

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
X ₁	0,996	-0,025	0,089	0,000	0,000
X ₂	0,998	-0,025	-0,030	0,052	0,000
X ₃	0,998	-0,025	-0,030	-0,026	0,039
X ₄	0,995	0,100	0,000	0,000	0,000
X ₅	0,998	-0,025	-0,030	-0,026	-0,039

Таблиця 4. Сумарна частка дисперсії вихідних ознак

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
%	99,39	99,65	99,86	99,94	100

Цукровий діабет — одне з найбільш поширених нині захворювань, яке унаслідок розвитку важких ускладнень приводить до ранньої втрати працездатності.

Причини зростання захворюваності на цукровий діабет є такими: збільшення в структурі населення осіб зі спадковою схильністю до ЦД; зростання середньої тривалості життя людей з підвищенням відсотка осіб похилого віку, які частіше хворіють на діабет; інтенсифікація життя; погіршення екологічної та соціальної ситуації, особливо в країнах, які розвиваються; характер харчування населення, що у поєднанні з гіподинамією призводить до зростання кількості осіб із ожирінням; підвищення частоти хронічних серцево-судинних захворювань (гіпертонічна хвороба, атеросклероз), що також є чинниками ризику; спадковість; вірусні інфекції; стресові ситуації.

Після проведення кореляційного аналізу було встановлено, що мультиколінеарність присутня між усіма ознаками і тому неможливе виключення жодної з ознак.

Для аналізу впливу окремих чинників на результативну ознаку був застосований факторний аналіз, а саме метод головних компонент. Після проведених розрахунків стало очевидним, що ми не можемо використовувати цей метод для прогнозування, оскільки головні компоненти пояснюють більше 80% дисперсії вихідних ознак. А це не є прийнятним для нас.

Тому для прогнозування рівня захворюваності на цукровий діабет у наступні роки потрібно використовувати інші методи, оскільки ми не можемо провести регресійний аналіз через неможливість усунення мультиколінеарності та факторний аналіз через високий відсоток дисперсії вихідних ознак.

Подальше дослідження буде спрямоване на знаходження методу, який дасть можливість зробити прогноз рівня захворюваності на цукровий діабет на наступні роки.

Література:

1. Ткаченко В. І. Аналіз поширеності та захворюваності на цукровий діабет серед населення світу та України за 2003—2013 рр. / В. І. Ткаченко // Клінічні дослідження. — 2014. — № 4. — С. 25—29.

2. Здорові діти — щасливі мами [Електронний ресурс] // Від чого і у кого може розвинути цукровий діабет? — 2015. — Режим доступу: <http://momandkids.net.ua/xvoroby-mamy-i-tata/1350-vid-chogo-i-ykogo-moge-rozvyynytsa-zykrovy-diabet.html> (28.02.2015).

3. Лещинський О. Л. Економетрія: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Л. Лещинський. — К.: МАУП, 2003. — 208 с.

4. Грабовецький Б. Є. Економічний аналіз: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Б. Є. Грабовецький. — К.: Центр навчальної літератури, 2009. — 256 с.

References:

1. Tkachenko, V. I. (2014), "Analysis of prevalence and incidence of diabetes in the population of the world and Ukraine for the 2003—2013 biennium", *Klinichni doslidzhennia*, vol. 4, pp. 25—29.

2. Healthy children — happy mother (2014), "What and who may develop diabetes?", available at: <http://momandkids.net.ua/xvoroby-mamy-i-tata/1350-vid-chogo-i-ykogo-moge-rozvyynytsa-zykrovy-diabet.html> (Accessed 28 February 2015).

3. Leszczynski, A. L. (2003), *Ekonometriia. Navch. posib. dlia stud. vysch. navch. zakl.* [Econometrics], MAUP, Kyiv, Ukraine.

4. Grabovetsky, B. E. (2009), *Ekonomicznyj analiz. pidruch.* [Economic analysis], Tsentrv navchal'noi literatury, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2015 р.