

<https://al-fargoniy.uz/index.php/journal/article/view/1067>

6. Akbarov, N., Naimov, A., Maxmudjanov, S., & Qobilov, S. (2025). Dnk tahlili jarayonida ota-ona va farzand kombinatsiyalarini aniqlash algoritimi. Потомки Аль-Фаргани, (2), 126–131. Извлечено от <https://alfargoniy.uz/index.php/journal/article/view/831>.

MODELING OF NON-INVASIVE GLUCOSE MONITORING IN DIABETES

Turapov U.U.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Tashkent State Agrarian University, Tashkent, Republic of Uzbekistan

tuu_1224@gmail.com

Akilbayev M.I.

Candidate of Sciences, Professor

Peoples' Friendship University, academician A. Kautbekova, Republic of Kazakhstan

musabek_kz@mail.ru

Madaliev Gulnar Urazalievna

Senior Lecturer Peoples' Friendship University named after Academician A.

Kautbekova, Republic of Kazakhstan

Gulnar121974@mail.ru

Dzhanteeva Sholpan Kalmakhanovna

Senior Lecturer Peoples' Friendship University, academician A. Kautbekova, Republic of Kazakhstan

shona2108@mail.ru

Annotation: Today, the number of patients with diabetes mellitus (DM) is increasing year by year in the world. In order to maintain blood glucose levels at a normal level, patients with diabetes mellitus need to set daily norms for themselves, such as diet, insulin, and other means of lowering blood sugar, and strictly adhere to them. For this, patients need to regularly check their blood glucose levels at home or in medical institutions. Currently, glucose measurement is widely used in clinical diagnostic laboratories. When determining the level of glucose in the human body using a standard glucometer, the patient experiences painful sensations. In addition, with each new measurement, the patient can infect himself with some disease or infection that enters the body with blood (for example, hepatitis C, AIDS). Also, daily pricking of the patient's finger with a needle causes various inconveniences for the patient. Therefore, the diagnosis of diabetes mellitus is becoming more and more difficult. In such a situation, the use of non-invasive methods of measuring glucose levels is effective. This article studies the issue of mathematical modeling of glucose level monitoring in diabetes mellitus based on electrical resistance (ER) values obtained from bioactive points (BAPs) informative for the BD of the human body.

Key words: bioactive active points, invasive, non-invasive, glucometer.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ ПРИ ДИАБЕТЕ

Турапов У.У.

Кандидат технических наук, доцент.

Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, Республика Узбекистан

tuu_1224@gmail.com

Акилбаев М.И.

Кандидат наук, профессор

Университет дружбы народов, академик А. Каутбекова, Республика Казахстан

musabek_kz@mail.ru

Мадалиева Гульнар Уразалиевна

Старший преподаватель

Университета дружбы народов имени академика А. Каутбековой, Республика Казахстан

Gulnar121974@mail.ru

Джантеева Шолпан Калмахановна

Старший преподаватель

Университета дружбы народов, академик А. Каутбекова, Республика Казахстан

shona2108@mail.ru

Аннотация: Сегодня в мире ежегодно увеличивается число пациентов с сахарным диабетом (СД). Для поддержания уровня глюкозы в крови на нормальном уровне пациентам с сахарным диабетом необходимо устанавливать для себя ежедневные нормы, такие как диета, инсулин и другие средства снижения уровня сахара в крови, и строго их соблюдать. Для этого пациентам необходимо

регулярно проверять уровень глюкозы в крови дома или в медицинских учреждениях. В настоящее время измерение уровня глюкозы широко используется в клинических диагностических лабораториях. При определении уровня глюкозы в организме человека с помощью стандартного глюкометра пациент испытывает болезненные ощущения. Кроме того, при каждом новом измерении пациент может заразиться каким-либо заболеванием или инфекцией, попавшей в организм с кровью (например, гепатитом С, СПИДом). Также ежедневные уколы иглой в палец доставляют пациенту различные неудобства. Поэтому диагностика сахарного диабета становится все более сложной. В такой ситуации эффективным является использование неинвазивных методов измерения уровня глюкозы. В данной статье рассматривается вопрос математического моделирования мониторинга уровня глюкозы при сахарном диабете на основе значений электрического сопротивления (ЭС), полученных из биоактивных точек (БАП), информативных для биомассы человеческого организма.

Ключевые слова: биоактивные точки, инвазивный, неинвазивный, глейкометр.

QADLI DIABETDA INVAZIV NOINVAZIV GLYUKOZA MONITORINGINI MODELLASHTIRISH

Turapov U.U.

Texnika fanlari nomzodi, dotsent.

Toshkent davlat agrar universiteti, Toshkent, O'zbekiston Respublikasi

tuu_1224@gmail.com

Akilbayev M.I.

Fan nomzodi, professor

Xalqlar do'stligi universiteti, akademik A. Kautbekova, Qozog'iston Respublikasi

musabek_kz@mail.ru

Madaliev Gulnar Urazalievna

Katta o'qituvchi

Akademik A. Kautbekova nomidagi Xalqlar do'stligi universiteti, Qozog'iston Respublikasi

Gulnar121974@mail.ru

Djanteeva Sholpan Kalmakhanovna

Katta o'qituvchi

Xalqlar do'stligi universiteti, akademik A. Kautbekova, Qozog'iston Respublikasi

shona2108@mail.ru

Annotatsiya: Qandli diabet (QQ) bilan og'rikan bemorlar soni har yili butun dunyo bo'ylab ortib bormoqda. Qonda glyukoza miqdorini normal darajada ushlab turish uchun diabet bilan og'rikan bemorlar

parhez, insulin va boshqa qon shakarini tushirish choralari kabi kundalik maqsadlarni belgilashlari va ularga qat'iy rioya qilishlari kerak. Bunga erishish uchun bemorlar qondagi glyukoza miqdorini uyda yoki tibbiy muassasalarda muntazam ravishda tekshirishlari kerak. Glyukoza o'lchash hozirgi vaqtda klinik diagnostika laboratoriyalarida keng qo'llaniladi. Standart glyukometr yordamida glyukoza miqdorini aniqlash og'riqli bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, har bir yangi o'lchov bilan bemor kasallik yoki qon orqali yuqadigan infeksiya (masalan, gepatit C, OITS) bilan kasallanishi mumkin. Barmoqqa har kuni igna sanchish ham turli noqulayliklarni keltirib chiqaradi. Shuning uchun diabetni tashxislash tobora qiyinlashib bormoqda. Bunday vaziyatda invaziv bo'lmagan glyukoza o'lchash usullari samarali hisoblanadi. Ushbu maqolada inson tanasining biomassasi haqida ma'lumot beruvchi bioaktiv nuqtalardan (BAP) olingan elektr qarshilik (ER) qiymatlariga asoslangan diabetda glyukoza monitoringini matematik modellashtirish ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: bioaktiv nuqtalar, invaziv, invaziv bo'lmagan, glyukometr.

Noninvasive monitoring of blood glucose levels does not harm human tissues. Therefore, in addition to invasive medical methods of measuring glucose levels based on blood sampling, noninvasive measurement methods using various devices (glucometers) have emerged [1,2,3]. With the help of such glucometers, it is possible to regularly check glucose levels at home in a noninvasive way. The noninvasive method allows for easy and quick regular monitoring. For the first time, researchers became interested in noninvasive diagnostic methods for determining blood glucose levels more than 30 years ago [4]. Since then, more than a dozen types of glucose measurement methods with different effects have appeared. These methods are usually divided into optical, microwave and electrochemical methods [5,6]. A noninvasive method for determining blood glucose levels and hemoglobin using infrared radiation has been developed [7].

J. Nakatani, M.D. Hyodo, A.I. Nechushkina showed that acupuncture can be used to create a system for diagnosing diseases using the electropuncture diagnostic method (EPDU), and proved that in diseases, imbalances occur in the existing meridians of the human body and the appearance of diseased BPNs between the meridians [13]. To identify imbalances in the meridians, J. Nakatani's "Riodoraku" system was created, which combines ancient oriental medicine with modern medicine. Currently, active scientific research is being conducted on the use of the capabilities of BAPs in medicine [14].

Paired comparison method. In order to identify informative BAPs for diabetes mellitus, we use the paired comparison method for a group of experts. To do this, each expert independently compares to what extent the BAP in each pair of meridians is more important than the other in diagnosing diabetes mellitus. Information on the location of BAPs in the meridians is presented in Table 1 [12,17,18].

Table 1. Informative BAPs in the Riodoraku system

№	The name of the meridians	The arrangement of the BAPs in the meridians	In the meridians of BAPs Chinese name
1.	Lung	P-9	Thay-yuan
2.	Large intestine	Gi-4	He - gu
3.	Stomach	E-42	Chun - yan
4.	Pancreas	Rp-3	Thay-bay
5.	Heart	C-7	Shen -men
6.	Small intestine	IG- 4	Wang-gu
7.	Urinary tract	V-64	Tsing-gu
8.	Liver	P- 3	Tay-si
9.	Pericardium	Mc-7	Da-lin
10.	Three burners	Tr- 4	Yan-chi
11.	Gallbladder	Vb- 40	Tsyu-suy
12.	Spleen	F-3	Tay-chun

To determine which of the 12 pairs of BAPs in the human body are important in diagnosing diabetes mellitus, each expert fills in a 12×12 T-comparison matrix. The value of the t_{ij} element of the comparison matrix indicates how important, in the opinion of the expert, which of the i and j meridians is more important than the other. The degree of importance is expressed in fractions of one, where for each i and j meridian the equality $t_{ij} + t_{ji} = 1$ is appropriate. If the i meridian is more important in diagnosing diabetes mellitus than the j meridian, then $t_{ij} > 0,5$ (if the i meridian is more important than the j meridian, then the value of the t_{ij} element is closer to one). If meridian i is less important than meridian j in diagnosing diabetes mellitus, then $t_{ij} < 0,5$ (if meridian j is more important than meridian i , then the value of element t_{ij} is closer to zero) [19].

The importance of the BAPs that can be used in diagnosing diabetes mellitus according to the data from each source (expert) is calculated. The score S_i given by each expert E_k ($k = \bar{1}, \bar{3}$) on the importance of BAPs i ($i = \bar{1}, \bar{12}$) is calculated as the sum of the elements of the i -th row of the comparison matrix as follows:

$$S_i = \sum_{j \neq i, j=1}^n$$

t_{ij} , $n = 12$, $i, j = \bar{1}, \bar{12}$.

As a result of taking into account the opinion of all experts, the following relationship can be used to determine the general assessment of the importance of BAPs:

$$C_i = \sum_{m=1}^k S_m, \quad k = 3, \quad i = \bar{1}, \bar{12}.$$

Using the generalized ratings of the importance of BAPs, the weighting of BAPs according to the level of importance can be determined from the following equation:

$$V_i = C_i / C, \quad i = \bar{1}, \bar{12}.$$

Here C - is the sum of the generalized estimates of the importance of BAPs, i.e. $C = \sum_{i=1}^n C_i$, $n = 12$.

For the convenience of the text, we use the following designations of bioactive points: T1-Tay-yuan; T2-He-gu; T3-Chun-yang; T4-Tay-bay; T5-Shen-men; T6-Wang-gu; T7-Jin-gu; T8-Tay-si; T9-Da-lin; T10-Yang-chi; T11-Tsyu-suy; T12-Tay-chun.

[12,17,18] Pairwise comparison matrices filled in based on data from sources (in our case, experts) are presented in **Table 2**, and the calculation results are presented in **Table 3**.

Table 2. Pairwise comparison matrices.

Pairwise comparison matrix completed based on source 1												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0,6	0,3	0,2	0,1	0,8	0,1	0,1	0,2	0,3	0,8	0,6
2	0,4	-	0,7	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,8	0,4	0,6
3	0,7	0,3	-	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,1	0,7	0,4	0,8
4	0,8	0,9	0,9	0	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9
5	0,9	0,8	0,7	0,2	-	0,8	0,4	0,4	0,6	0,9	0,8	0,8
6	0,2	0,9	0,7	0,1	0,2	-	0,3	0,2	0,1	0,6	0,4	0,6
7	0,9	0,8	0,6	0,2	0,6	0,7	-	0,4	0,7	0,9	0,8	0,7
8	0,9	0,8	0,8	0,1	0,6	0,8	0,6	-	0,4	0,8	0,7	0,8
9	0,8	0,7	0,9	0,2	0,4	0,9	0,3	0,6	-	0,8	0,7	0,9
10	0,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	-	0,4	0,6
11	0,2	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2	0,3	0,3	0,6	-	0,6
12	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	0,4	-
Pairwise comparison matrix completed based on source 2												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T ₁	-	0,4	0,6	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,6	0,4
T ₂	0,6	-	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,6	0,6	0,3
T ₃	0,4	0,6	-	0,3	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2	0,6	0,4	0,1
T ₄	0,8	0,8	0,7	-	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7
T ₅	0,9	0,7	0,8	0,2	-	0,8	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,6
T ₆	0,7	0,6	0,6	0,2	0,2	-	0,3	0,4	0,1	0,6	0,6	0,3
T ₇	0,8	0,8	0,9	0,3	0,6	0,7	-	0,4	0,4	0,9	0,8	0,7
T ₈	0,7	0,9	0,7	0,4	0,4	0,6	0,6	-	0,4	0,9	0,8	0,7
T ₉	0,8	0,8	0,8	0,2	0,4	0,9	0,6	0,6	-	0,8	0,9	0,6
T ₁₀	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	-	0,4	0,4

T₁₁	0,4	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,6	-	0,4
T₁₂	0,6	0,7	0,9	0,3	0,4	0,7	0,3	0,3	0,4	0,6	0,6	-
Pairwise comparison matrix completed based on 3rd source												
	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	T₆	T₇	T₈	T₉	T₁₀	T₁₁	T₁₂
T₁	-	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,3	0,1	0,2	0,6	0,4	0,4
T₂	0,4	-	0,4	0,1	0,2	0,6	0,3	0,2	0,3	0,6	0,4	0,2
T₃	0,4	0,6	-	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,3
T₄	0,8	0,9	0,9	-	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,9	0,7	0,8
T₅	0,7	0,8	0,8	0,2	-	0,7	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,7
T₆	0,6	0,4	0,6	0,2	0,3	-	0,2	0,1	0,2	0,6	0,4	0,3
T₇	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,8	-	0,8	0,6	0,8	0,7	0,8
T₈	0,9	0,8	0,8	0,4	0,3	0,9	0,2	-	0,6	0,8	0,7	0,7
T₉	0,8	0,7	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,4	-	0,7	0,8	0,9
T₁₀	0,4	0,4	0,4	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	-	0,4	0,3
T₁₁	0,6	0,6	0,8	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,2	0,6	-	0,4
T₁₂	0,6	0,8	0,7	0,2	0,3	0,7	0,2	0,3	0,1	0,7	0,6	-

Table 3. According to the importance level of BAPs calculation results.

	1 source	2 source	3 source	C_i	V_i
S₁	4,1	3,7	4,1	11,9	0,060
S₂	4	3,9	3,7	11,6	0,059
S₃	4,3	3,6	3,5	11,4	0,058
S₄	8,4	8,3	8,4	25,1	0,129
S₅	7,3	7,1	7,3	21,7	0,111
S₆	3,4	4,6	3,9	11,9	0,060
S₇	7,3	7,3	7,4	22	0,113
S₈	7,3	7,1	7,1	21,5	0,110
S₉	7,2	7,4	7,1	21,7	0,111
S₁₀	3,4	3,4	3,3	10,1	0,052
S₁₁	4,4	3,8	5	13,2	0,068
S₁₂	3,1	5,8	5,2	14,1	0,072

Based on the results of the calculations, it can be seen that the following BAPs are of great importance in the diagnosis of diabetes mellitus according to the values of the parameters V_i ($i = \bar{1}, \bar{12}$) (Table 3):

Tay- bay, Shen-men, Yan-gu, Da-lin, Tay- si.

In the modeling process, it is advisable to use data obtained from these BAPs for all calculations.

As is known, taking into account the main factors affecting the process, various technical, economic and other issues can be successfully solved using mathematical modeling [20,21]. In modeling the process of measuring glucose levels in diabetes mellitus, the values of the ER measured in the five BAPs identified above are used as the main factors. The linear model of the dependence of blood glucose levels on the values of electrical resistances in BAPs looks like this:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_{10}x_{10}. \quad (1)$$

The following notations are used here:

- x_1 – Tay-bay ER amount measured from the left side of the Tay-bay bioactive point;
 x_2 – Tay-bay ER amount measured from the right side of the Tay-by bioactive point;
 x_3 – Da-lin ER amount measured from the left side of the Da-ling bioactive point;
 x_4 – Da-lin ER amount measured from the right side of the Da-ling bioactive point;
 x_5 – Vang -gu ER amount measured from the left side of the Yang-xi meridian;
 x_6 – Vang -gu ER amount measured from the right side of the Yang-xi bioactive point;
 x_7 – Tay-si ER amount measured from the left side of the Tay-si bioactive point;
 x_8 – Tay-si ER amount measured from the right side of the Tay-si bioactive point;
 x_9 – Shen-men ER amount measured from the left side of the Shen-men bioactive point;
 x_{10} – Shen-men – The amount of ER measured on the right side of the Shen-men bioactive point.

Figure 1 shows the comparison of blood glucose levels determined by the unstandardized form of linear multiple regression equation (8) (blue) and biochemically (red). This figure shows that equation (8) allows for a sufficiently accurate determination of blood glucose levels based on the EC values measured in BFNs and the diagnosis of diabetes mellitus.



Figure 1. Mathematical model (blue color) and biochemically obtained (red color) blood glucose levels.

In summary, the accuracy rate compared to our noninvasive method of determining blood glucose levels in QD, determined by a mathematical model with a biochemical method, was 95%.

References

1. Ahn W, Kim J-T. Blood Glucose Measurement Principles of Non-invasive Blood Glucose Meter: Focused on the Detection Methods of Blood Glucose. *Int J Biomed Eng Technol.* 2012; 33(3):114-127. doi: 10.9718/jber.2012.33.3.114
2. Бабенко А.Ю., Кононова Ю.А., Циберкин А.И., Ходзицкий М.К., Гринева Е.Н. Динамика развития методов контроля гликемии от инвазивных к неинвазивным. Актуальные перспективы // Сахарный диабет. 2016. – Т.19, №5. doi: 10.14341/DM7760. С.397-405.
3. Эльбаева А.Д. Неинвазивные методы диагностики концентрации глюкозы и холестерина в крови // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016, № 6-2. – С. 301-305.
4. H.M. Heise, R. Marbach, G. Janatsch, J.D. Kruse-Jarres, Determination of Glucose in Whole Blood Attenuated Total Reflection Infrared Spectroscopy, *Anal. Chem.* 1989: 61, 2009-2015.

5. Siddiqui, S.A.; Zhang, Y.; Lloret, J.; Song, H.; Obradovic, Z. Pain-Free Blood Glucose Monitoring Using Wearable Sensors: Recent Advancements and Future Prospects. *IEEE Rev. Biomed. Eng.* 2018, 11, 21–35. [CrossRef]
6. Bazaev, N.A.; Masloboev, I.P.; Selishchev, S.V. Optical methods for noninvasive blood glucose monitoring. *Med. Tekh.* 2011, 29–33. [CrossRef]
7. Rukkumani V, Radhika V, Sivasankari S, Veera Vanitha. Non Invasive Determination of Blood Group Typing Blood Glucose and Haemoglobin Analysis *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* Vol.12 No. 7 (2021), 1506-1509.
8. <https://www.labmedica.com/technology/articles/294795440/revolutionary-non-invasive-technique-measures-glucose-levels-without-drawing-blood.html>
9. S. Mohanram and A. Shirly Edward. Measurement of Blood Glucose using Non-Invasive Methods – A Review. 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1964 062022
10. Liu Tang, Shwu Jen Chang, Ching-Jung Chen, and Jen-Tsai Liu. Non-Invasive Blood Glucose Monitoring Technology: A Review *Sensors* 2020, 20(23), 6925; <https://doi.org/10.3390/s20236925>
11. Laha, S.; Rajput, A.; Laha, S.S.; Jadhav, R. A Concise and Systematic Review on Non-Invasive Glucose Monitoring for Potential Diabetes Management. *Biosensors.* 2022, 12, 965. <https://doi.org/10.3390/bios12110965>
12. Портнов, Ф.Г. Электропунктурная рефлексотерапия. Рига: Зинатне. 1987. 352 с.
13. Huodo M.D. Ruodoraky treatment and objective approach to acupuncture. *Amer. Jur. Acupuncture.* – 1984. - Vol.12, №3. - pp. 229-238.
14. Gafarov Gadir and Rustamova Durdane. Biologically Active Points and Application Possibilities in Medicine. *International Journal of Academic Health and Medical Research (IJAHMR)* ISSN: 2643-9824. Vol. 6 Issue 11, November - 2022, pp.1-4.
15. A.Guliev, G.Jo`raev, U.Turapov. The use of indicators of electrical resistance of bioactive points located in the meridians of the human body in the diagnosis and treatment of diabetes mellitus. *International Scientific Journal "Science and Innovation". Series A. Volume 1 Issue 8. UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337.* pp.410-417.
16. Гулиев А.А., Жураев Г.У., Турапов У.У. О создание неинвазивного компьютерного биоизмерителя для анализа биофизических показателей биологически активных точек. *Ахбороткоммуникациялар: Тармоқлар, технологиялар, Ечимлар.* №4(60), Т., 2021. С.20-26
17. Nakatani Y., Yamashuta K. *Riodoraku Akupunktur.* Japan. Tokyo. 1977.
18. Orlov, A.I. *Prikladnaia statistika [Applied statistics].* Moscow: Ekzamen Publ., 2004. –656 p.

УПРАВЛЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Шарипова Лобар Акромовна

Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета в городе Джизак
sharipovalobar82@gmail.com

Аннотация: Метод гидротермального синтеза изучает получение неорганических и координационных соединений в воде и других растворяющих средах при повышенных температуре и давлении. Процесс основан на растворении веществ в автоклавах и повторном их перекристаллизации, где вода или различные растворы при высокой температуре и давлении выше атмосферного выступают не только как растворяющая среда, но и как активно реагирующая среда.

Ключевые слова: гидротермальный синтез, металлокомплекс, лиганды, температура, наночастица.