



АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
AUTOMATION AND CONTROL

DOI 10.51885/1561-4212_2022_2_
MFTAA 50.49.35

А.С. Өмірзақ¹, Б.А. Амиев², Қ.Б. Қалибай³, А.М. Ахмедов⁴

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

¹E-mail: u.azamat.1997@gmail.com*

²E-mail: bolatbekamiev@gmail.com

³E-mail: kalibay.kanagat@gmail.com

⁴E-mail: askar.1230@mail.ru

ҚАНТ ДИАБЕТИМЕН АУЫРАТЫН НАУҚАСТАРДЫҢ ДЕНСАУЛЫҒЫН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ИОТ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

РАЗРАБОТКА ИОТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

DEVELOPMENT OF IOT SYSTEM FOR MONITORING HEALTH STATUS OF PATIENTS WITH DIABETES

Аңдатпа. Мақала науқастардағы қант деңгейін бақылаудың техникалық құралдарына арналған. Қандағы қантты өлшеуге және бақылауға арналған көптеген ұқсас жүйелердің бары белгілі. Алдағы шешілетін міндеттер тізіміне қандағы глюкоза деңгейін белсенді бақылау және физикалық белсенділікті арттыру, диетаны және инсулин қабылдауды бақылауға кіргізу. Диабеттік технологиялар мен өзін-өзі басқаруға арналған қосымшалардың соңғы жетістіктері пациенттердің тиісті мәліметтерге қол жеткізуін жеңілдетті. Интернет заттары (IoT), ақпараттық-коммуникациялық технологиялар мен машиналық оқытудың мүмкіндіктері денсаулық сақтау мен онлайн медициналық қызметтерді ұйымдастырудағы шығындарды оңтайландыруға мүмкіндік береді. Қандағы глюкозаны болжау (жеке профильді модельдеу) және қандағы глюкоза динамикасын модельдеу сияқты әдістер қант диабетімен ауыратын науқастар үшін өте маңызды технология болып табылады.

Бүкіл әлемде балалар арасында қант диабеті жағдайларының саны артып келеді, сондықтан жас науқастарды бақылау өзекті тақырып болып отыр. Сондықтан, бұл шолу негізінен диабетпен ауыратын жас пациенттердің жағдайын бақылау үшін оңтайлы құрылымды табуға бағытталған, олар туралы әдебиетте іс жүзінде ешқандай ақпарат айтылмаған, яғни мұндай жүйенің бірқатар ерекшеліктерінің болуы, бұл мақаланың жаңалығын анықтайды.

Түйін сөздер: глюкоза деңгейін бақылау, қант диабеті, интернет заттары, сенсор, нейрондық желілер, үлкен деректер, глюкозаны болжау.

Аннотация. Статья посвящена техническим средствам контроля уровня сахара в крови у больных. Известно, что существует множество подобных систем для измерения и контроля уровня сахара в крови. Перечень решаемых задач: активный контроль уровня глюкозы в крови и повышение физической активности, контроль режима питания и приема инсулина. Недавние достижения в области диабетических технологий и приложений для самоконтроля упростили доступ пациентов к соответствующей информации. Возможности Интернета вещей (IoT), информационно-коммуникационных технологий и машинного обучения позволяют оптимизировать затраты на организацию здравоохранения и онлайн-медицинских услуг. Такие методы, как прогнозирование уровня глюкозы в крови (моделирование индивидуального профиля)

и моделирование динамики уровня глюкозы в крови, имеют важное значение в разработке технологий мониторинга пациентов с сахарным диабетом.

Число случаев сахарного диабета среди детей растет во всем мире, поэтому контроль за маленькими пациентами является актуальным вопросом. Поэтому данный обзор в основном направлен на поиск оптимальной структуры наблюдения за состоянием больных сахарным диабетом молодого возраста, о которой практически нет сведений в литературе, т.е. наличие ряда особенностей такой системы, что и определяет новизну этой статьи.

Ключевые слова: контроль уровня глюкозы, диабет, Интернет вещей, датчики, нейронные сети, большие данные, прогнозирование уровня глюкозы.

Abstract. The article is devoted to technical means of monitoring blood sugar levels in patients. It is known that there are many similar systems for measuring and controlling blood sugar. The list of tasks to be solved: active control of blood glucose levels and increase of physical activity, inclusion in the control of diet and insulin intake. Recent advances in diabetic technology and self-management applications have made it easier for patients to access relevant information. The capabilities of Internet of Things (IoT), information and communication technologies and machine learning allow you to optimize the cost of organizing health care and online medical services. Methods such as blood glucose forecasting (individual profile modeling) and modeling of blood glucose dynamics are important in the development of technology for monitoring patients with diabetes.

The number of cases of diabetes among children is growing all over the world, so the control of young patients is a topical issue. Therefore, this review is mainly aimed at finding the optimal structure for monitoring the condition of young patients with diabetes, about which there is virtually no information in the literature, ie the presence of a number of features of such a system, which determines the novelty of this article.

Keywords: glucose control, diabetes, Internet of Things, sensors, neural networks, big data, glucose prediction

Кіріспе. Қазіргі денсаулық сақтау саласы үнемі дамып келеді және көптеген зерттеу мүмкіндіктерін ұсынады. Бұл даму деңгейі интернет заттары (IoT) технологиялары мен қосымшаларын пайдалану арқылы пайда болады. Олар ақпараттық және коммуникациялық технологияларды (ақт), датчиктерді пайдалануды, деректердің үлкен массивін құруды және ауырсынуды, сонымен қоса жасанды интеллектті қолдануды біріктіреді. Жаңа технологиялар негізінен созылмалы аурумен ауыратын науқастарды үнемі бақылау үшін қолданылады [1], ақпарат көздеріне сүйенсек олардың саны соңғы жылдары біршама өскен.

Машиналық оқыту әдістері бір-біріне анық тәуелді шамалардың алынған массивтер бойынша автоматты түрде осы тәуелділіктердің математикалық модельдерін жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді, бұл әртүрлі психологиялық және басқа факторлар мен оның өмірінің параметрлері негізінде аурудың дамуын болжауға және жоғары дәлдіктегі пациенттердің жағдайын болжауға мүмкіндік береді және әртүрлі тәсілдермен анықтауға және өлшеуге болады. Бұндай модельдер кіріс көрінісінің шығысқа тәуелділігін ашады.

Логистикалық регрессия, k-жақын көршілер әдісі немесе векторлық регрессияны қолдау сияқты дәстүрлі машиналық оқыту алгоритмдерінің сипаттамалары көбінесе олар ұсынатын мәліметтерді ұсынуға байланысты. Әдетте, сипаттамалары ұсыну болып табылатын ақпарат және статистикалық сипаттамаларды (орташа, дисперсия), негізгі компоненттерді талдауды немесе сызықтық дискриминантты талдауды қолдана отырып жасалады. Жасанды нейрондық желілер қант диабетін емдеуде де кеңінен зерттелуде [2, 3].

Созылмалы аурулар ұзақ уақытқа созылады және ұзақ емдеуді қажет етеді. Созылмалы аурулары бар науқастар әдетте ауруханада күнделікті бақылау үшін ұзақ уақыт жатқызылады. Кейбір жиі кездесетін созылмалы аурулар жүрек ауруы, қатерлі ісік немесе қант диабеті болуы мүмкін. Тиісті емделусіз қант диабетімен ауыратын науқастың өмір сүру сапасын едәуір төмендетеді және өте қауіпті болып табылады және өлімге әкелуі де мүмкін, ал дағдарыс жағдайларын уақтылы анықтаған кезде емдеу өте тиімді болуы

мүмкін.

Қант диабеті – бұл ұйқы безінің дисфункциясына байланысты созылмалы ауру, бұл орган инсулиннің дұрыс деңгейін (1 типті қант диабеті, T1D) шығармаған кезде немесе организм инсулинді дұрыс қолданбаған кезде пайда болады (2 типті қант диабеті, T2D) [1]. 1 типті қант диабеті көбінесе салмақ жоғалту, жалпы бұзылулар, кетоз және гипергликемия сияқты белгілермен диагноз қойылады. 2 типті қант диабеті инсулинге төзімділік жағдайында инсулин секрециясының бұзылуы нәтижесінде пайда болады [4, 5]. Денедегі инсулиннің болмауы немесе жеткіліксіз өндірісі бета-жасушаларын бақылаудың болмауының нәтижесі болып табылады. Қандағы қанттың жоғары немесе төмен болуы көз, жүйке және қан тамырлары сияқты көптеген органдардың бұзылуына және зақымдалуына әкелуі мүмкін. Демек, қант диабетімен ауыратын науқастың денсаулығының нашарлауына жол бермеу үшін үнемі және күнделікті бақылауда ұстап отыру қажет [6].

Глюкоза деңгейінің үздіксіз мониторингі пациенттің метаболикалық бақылауын жақсартуға мүмкіндік береді және күні бойы глюкозаның ауытқу профилін жақсартады. Науқастың қандағы қант деңгейінің критикалық мәндерін болжау арқылы, мысалы, интеллектуалды алгоритмдерді қолдана отырып, деңгейлердің тенденциясын талдай аласыз. Қазір пациенттердегі глюкоза параметрін бақылауға арналған жаңа тәсілдер әзірленген. Оларда инвазивті емес әдістер, сондай-ақ уақтылы оқуды қамтамасыз ететін деректерді беру және өңдеу технологиялары қолданылады [8-10].

Материалдар және зерттеу әдістері. Мақалада ұзақ мерзімді имплантацияланған сенсорлық жүйе мен модельді қолдана отырып [11], қант диабетімен ауыратын адамдарда глюкозаны бақылау ұсынылған. Глюкоза деңгейі туралы деректер әр екі минут сайын сыртқы қабылдағыштарға жіберіледі. Жүйе глюкозаны үздіксіз ұзақ мерзімді бақылауға қабілеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, жүйе имплантацияланған сенсорларды адам ағзасына қант диабеті мен басқа ауруларды емдеуге арналған ұзақ уақытқа орналастыруға болатындығын дәлелдейді (мысалы, 180 күн).

Жұмыста қант диабетін анықтау үшін дененің сымсыз жергілікті желісіне негізделген [12] қандағы глюкозаны бақылау жүйесін ұсынады. Жүйе глюкометр датчигі, Arduino Uno және Zigbee модулінің көмегімен құрылған. Дәрігер мен қамқоршы пациенттің глюкоза деңгейін қашықтан бақылау үшін веб-параққа кіре алады. Алайда, жүйе Arduino UNO тақтасы мен Zigbee модулінің жоғары қуат тұтынуына байланысты энергия үнемдемейді.

Жұмыста қандағы глюкоза деңгейін бақылау жүйелерінде қолданылатын әртүрлі схемалар қарастырылады. Авторлар негізінен қандағы глюкозаны бақылау жүйесінің инвазивті емес тәсілдеріне қатысты болды. Олар соңғы жылдары қандағы глюкоза деңгейін өлшеу үшін қолданылған бірқатар инвазивті әдістерді қарастырды. Әдістер инвазивті тәсілімен қан үлгісінің тамшысы инелерімен алынады және қан глюкозаны өлшеу үшін глюкозаны өлшейтін құрылғыға жіберіледі. Глюкозаны өлшеудің балама әдісі – бұл глюкоза деңгейін өлшеу үшін теріге сенсорды енгізу әдісін қолданатын жартылай инвазивті әдіс болып табылады. Сондай-ақ, авторлар қандағы глюкоза деңгейін өлшеудің инвазивті емес әдісін ұсынды. Бұл әдіс қан үлгілерін есепке алмай, сенсорларды тікелей адам ағзасына орналастыру арқылы жүзеге асырылады. Бұл трансдермальды және оптикалық әдістер қандағы глюкозаны инвазивті емес өлшеу үшін қолданылады. Инвазивті емес глюкометрді қолданудың артықшылығы, ол ықшам және жеңіл, оны смартфондар арқылы басқаруға болады.

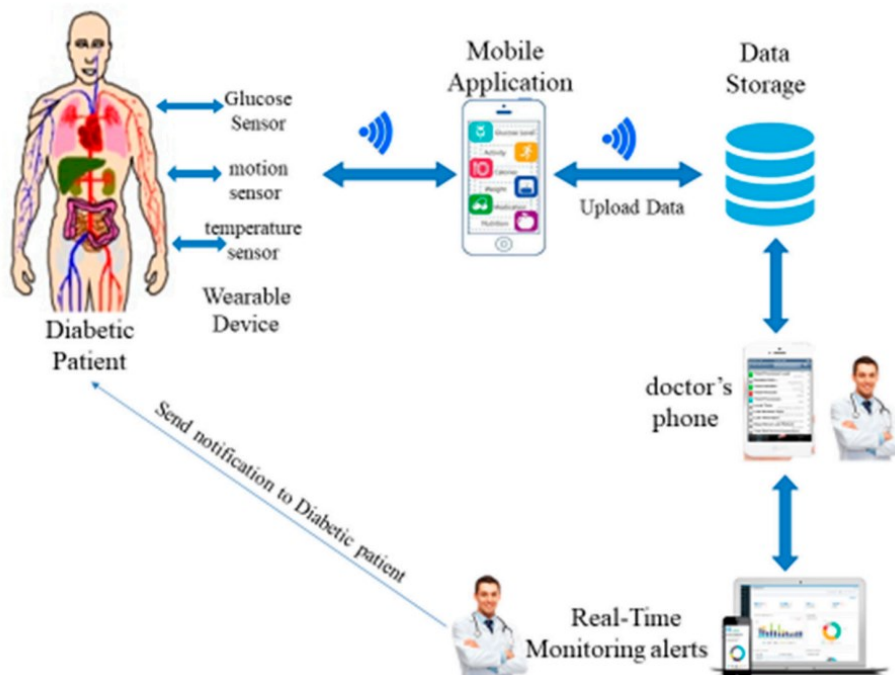
Диабеттік ретинопатияны диагностикалауға арналған интернет заттарына негізделген жүйе жұмыста ұсынылған [13]. Ұсынылған әдіс қант диабетімен ауыратын науқастарға

сенсорлардың көмегімен қандағы глюкоза деңгейін бағалайды. Интернет-заттар платформасы (IoT) сенсор көрсеткіштері негізінде науқасты көру қабілетінің жоғалуынан құтқару үшін диабеттік ретинопатияның тиімді шешімін ұсынып дене сенсоры бір-бірімен өзара әрекеттесу үшін IoT платформасындағы деректерді мобильді қосымшаларға қауіпсіз түрде жылжытуын қамтамасыз етіп отырады. Бұл платформа IoT сенсорлары мен құрылғыларынан деректердің үлкен көлемін үздіксіз жинайды және оларды дерекқорда сақтайды.

Жұмыста жақын инфрақызыл аймақтағы оптикалық әдіс (БСК) негізінде қандағы глюкоза деңгейін инвазивті емес өлшеу қарастырылған [13]. Бұл инвазивті әдістермен саусақты тесу арқылы ауырсынуды жеңілдетудің артықшылығы бар. Глюкозаны бақылаудың инвазивті емес әдісі глюкозаны өлшеу кезінде кездесетін проблемаларды азайтып, денсаулықты сақтау шығындарының алдын алады. Бұл әдістің мысалы танымал ИҚ спектроскопиясы, бірақ сенімді нәтиже әдісі әлі анықталған жоқ.

Мониторинг жүйесі пайдаланушылардың денсаулыққа байланысты әртүрлі іс-әрекеттерін тіркейді. Сонымен қатар, оны пациенттердің, медициналық мекемелердің және медициналық құрылғылардың сымсыз өзара әрекетін қамтамасыз ететін денсаулық сақтаудың ақпараттық платформасы ретінде қарастыруға болады. Жүйенің негізгі идеясы сенсорлардың көмегімен пайдаланушылардың өмірлік функциялары туралы мәліметтерді жинап, содан кейін деректерді қашықтықтан қызмет көрсету платформасына сымсыз жібереді. Осыдан кейін, машинаны оқыту әдістерін қолдана отырып, пайдаланушыларға денсаулықтың қазіргі заңдылықтарын талдауға және болашақ денсаулық жағдайының өзгеруін болжауға көмектеседі.

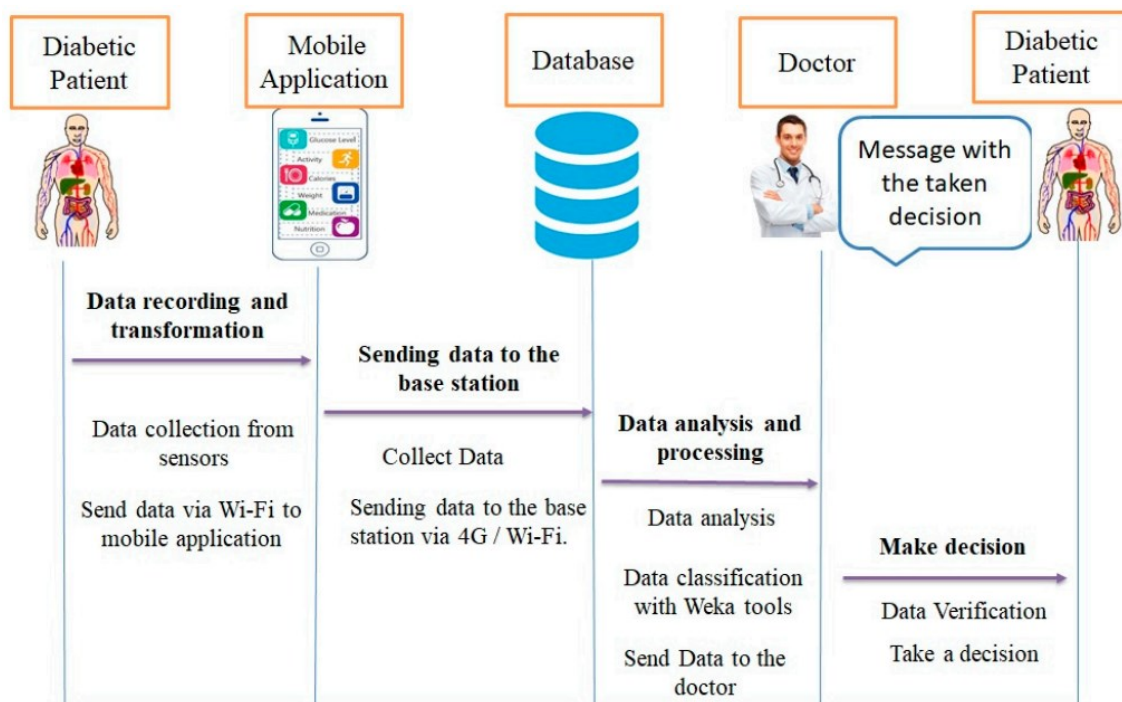
Жүйенің архитектурасы үш негізгі компоненттен тұрады: сенсорлық модульдер, деректерді жинау модулі және дерекқор сервері. 1-суретте көрсетілгендей смартфонға орнатылған жергілікті сервер ретінде жұмыс істейтін мобильді қосымша.



1-сурет. Мониторинг жүйесінің архитектурасы [10]

1. Бұл жағдай үшін ақпарат беру құрылымы суретте көрсетілген.

2. Бұл жүйеде сенсорлар пайдаланушының өмірлік функциялары туралы мәліметтерді жинайды, содан кейін бұл деректерді смартфонға жібереді. Глюкометр сенсоры, фитнес білезігі жүрек соғу жиілігі, қадамдар саны және қан глюкозасы сияқты пайдаланушы деректерін жинау үшін қолданылады. Сенсор мен жеке деректер сымсыз түрде деректерді нақты уақыт режимінде өңдейтін қауіпсіз қашықтағы серверге жіберіледі, бұл жүйеге MongoDB-де сақталмас бұрын сенсорлардан көптеген деректерді жылдам өңдеуге мүмкіндік береді. Содан кейін талдау нәтижелері медициналық топқа денсаулық жағдайын бақылаудың веб-жүйесі арқылы ұсынылады. Нәтижелер дәрігердің стандартты медициналық көмегіне сәйкес келеді және пациентке жеке оңалту (жеке медициналық көмек) ұсынылады.



2-сурет. Ақпаратты беру құрылымы [11]

Нәтижелері және оларды талқылау. Денсаулықты бақылаудың ақылды жүйесі – бұл IoT-қа негізделген жүйе (Интернет заттары), сондықтан біз шикі деректерді жинау үшін әртүрлі сенсорлар мен интернет құрылғыларын қолдандық. Жүйені зерттеу үшін біз қант диабетімен ауыратын науқастардың 25 үлгісін алдық және деректерді жинау үшін үздіксіз мониторинг жүргіздік. Бұл қарапайым науқастар кем дегенде бес жыл бойы қант диабетімен ауыратын жас пен жыныстың әртүрлілігін ескере отырып таңдалды. Алайда, 2 айдағы деректер жиналды, оның ішінде біз әр пациенттің нақты күніне арналған 6 маңызды уақыт белгілерін алдық.

Деректерді жинау процесінде әртүрлі сенсорлар мен интернет құрылғылары кірістер береді: қант деңгейі, қан қысымы, физикалық белсенділік (калорияларды жағу) және

ұйқы уақыты. Алайда, ұсынылған жүйеде біз шешім қабылдауды қолдау жүйесін дайындау үшін тағы бірнеше мүмкіндіктерді (деректерді) қолдандық: бұл деректер сауалнамадан қолмен жиналды. Мысалы, тамақ тұтыну туралы деректер пациенттердің күнделікті режимінен жиналып, содан кейін әрі қарай өңдеу үшін килокалориялардың сандық мәніне айналды.

Содан кейін біз нейрондық желі үшін дұрыс форматты дайындау үшін деректерді тазалап, өңдедік. Мысалы: Жынысы сәйкесінше ерлер мен әйелдер үшін 1 және 0 деңгейінде қарастырылды. Осы тәсілмен біз ұсынылған жүйе үшін шамамен 9000 түйіспеден тұратын көптеген мәліметтерді дайындадық, олардың бір бөлігі 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. Денсаулық жағдайын бақылау жүйесі үшін эксперименттік деректер

Пациент	Күн	Уақыт	Жасы	Жынысы	Қант деңгейі (мг/дл)	Систолалық қант қысым (мм рт.ст)	Диастолалық қант қысым (мм рт.ст)	Тамақ тұтыну (ккал)	Ұйықтау (сағат)	Жағтығу (ккал)
P1	D1	07:30:25	40	Ә	87	140	70	200	7	250
		12:22:00			90	146	77	0	0	150
		17:15:26			76	161	75	120	2	300
	D4	06:30:23			81	145	72	0	6	200
		14:22:56			91	140	78	50	0	0
		18:15:23			97	162	68	100	0	240
		21:47:56			79	152	65	0	0	170
P8	D2	06:12:17	45	Е	189	130	68	60	6	200
		10:16:56			199	143	65	200	2	0
	D5	07:24:25			172	167	67	0	8	200
		14:53:54			300	164	68	300	0	0
		18:25:56			218	167	69	0	2	350
	D7	06:45:25			102	162	56	0	7	240
		11:47:23			110	158	64	120	0	0
		13:45:48			150	156	64	250	0	0
		18:13:27			180	146	76	50	0	500
	D9	08:30:24			91	148	69	100	8	250
		10:28:57			82	140	69	250	0	0
		16:34:45			78	147	71	0	1	200

P17	D16	08:32:13	56	E	50	141	67	0	8	250
		10:02:54			67	146	65	240	0	600
D23		09:45:17			56	133	84	370	8	350
		14:17:23			62	157	77	0	0	0
		19:14:23			68	153	67	50	1	50
		21:46:12			57	143	69	0	0	315
		07:56:53			57	146	78	0	7	200
D24		09:57:23			69	151	67	200	0	0
P21	D11	06:46:43	29	Ә	58	136	64	0	8	200
		12:24:33			62	140	62	0	0	0
		19:43:23			57	139	68	120	0	120
D17		08:31:20			62	140	72	220	9	0
		13:42:20			67	148	62	300	0	0
P25	D25	06:46:47	48	M	51	139	86	0	6	260
		10:24:36			68	143	72	200	0	0
		12:51:14			69	136	68	0	0	0
		15:58:25			59	142	69	300	1	0

Келесі кезеңде мамандандырылған дәрігерлердің кеңесі әр пациенттің деректерімен біріктірілді. Мысал келтіру үшін, әр нақты пациент үшін бұл мәліметтерді осы жеті типті ескере отырып, белгілі бір пациент үшін қауіп деңгейін анықтау үшін сарапшы дәрігерлер зерттеу жасады. Соңында нейрондық желіні оқыту үшін толық жиынтық дайындалды. 2-кестеде 52 жастағы нақты науқасқа және әртүрлі қауіп-қатер деңгейіндегі әйелге қатысты деректердің қысқашша мазмұны келтірілген.

2-кесте. Тәуекел деңгейі көрсетілген нақты пациенттің деректері

Қант деңгейі	Систолалық қант қысымы (мм рт.ст)	Диастолалық қант қысымы (мм рт.ст)	Тамақ тұтыну (ккал)	Ұйықтау (сағат)	Жаттығу (ккал)	Тәуекел деңгейі
75	141	69	0	8	300	L
134	165	68	220	6	50	M
142	161	67	350	5	0	H
58	155	65	200	6	240	L
57	140	72	0	6	200	L
106	153	69	240	7	0	M
139	145	68	290	6	0	M
75	139	76	50	9	250	L
134	142	63	150	7	100	M
196	145	68	350	5	50	H
57	137	76	80	8	0	L
179	142	66	250	6	280	M
120	120	84	30	7	90	M
152	155	87	350	4	0	H

199	163	76	260	5	0	Н
135	127	68	100	7	250	М

Қорытынды. Бұл зерттеу сенсорлық құрылғыларды бақылау жүйесімен біріктіру арқылы пайдаланушының өмірлік функциялары туралы деректердің толық тарихын (жүрек соғу жиілігі, қадамдар саны және қан глюкозасы, гликирленген гемоглобин деңгейі, қандағы фруктозамин деңгейі) жинауға және талдауға болатындығын көрсетті. Сенсорлық құрылғылардан сенсорлық деректердің өсіп келе жатқан көлеміне және пациенттердің санына сәйкес келетін мониторинг жүйесі кеңейтілуі керек.

Сенсорлық құрылғылар жинаған пайдаланушының өмірлік функциялары туралы мәліметтер негізінде қан глюкозасының деңгейін болжау ұсынылды. Жаңа жүйені әзірлеу жас пациенттердің денсаулық жағдайын емдеу және бақылау үшін қолдануға бағытталған. Осы мақсатта сенсорлар кездейсоқ бұзылулардан немесе ажыратылудан қорғалуы керек, сондықтан инвазивті емес әдістерге және вандалға төзімді орындауға артықшылық беріледі. Науқас пен ата-ананың функцияларын бөлу ұсынылады. Осындай проблемалар өте егде жастағы пациенттерді, сондай-ақ психикалық бұзылулары бар пациенттерді емдеуде пайда болуы мүмкін, бұл жағдайда сенсорларды пациенттердің жағымсыз әрекеттерінен қорғау әдістері қажет (түсінбеушілік немесе жеткіліксіз жағдайға байланысты, тіпті уақытша) және пациент пен қамқоршының функцияларын бөлу қажет.

Бұл зерттеудің нәтижелерін диабетпен ауыратын науқастар пайдаланады деп күтілуде. Мониторинг жүйесін диабетпен ауыратын науқастарды бақылау және өзін-өзі бақылау үшін жеке құрал ретінде пайдалануға болады (егде жастағы пациенттер үшін). Сонымен қатар, қант диабетімен ауыратын науқастар (немесе олардың қамқоршылары) қандағы глюкоза деңгейінің болжамын ала алады және бұл ақпаратты мүмкіндігінше ертерек біле отырып, болашақта олардың жағдайының нашарлауына жол бермейді.

Әдебиеттер тізімі

- Gubbi, J.; Buyya, R.; Marusic, S.; Palaniswami, M. Internet of Things (IoT) A vision, architectural elements, and future directions. *Future Gener. Comput. Syst.* 2017, 29, 1645-1660.
- Villena Gonzales, W., Mobashsher, A. T., & Abbosh, A. (2019). The Progress of Glucose Monitoring-A Review of Invasive to Minimally and Non-Invasive Techniques, Devices and Sensors. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(4), 800. <https://doi.org/10.3390/s19040800>
- Yin, Y.; Zeng, Y.; Chen, X.; Fan, Y. The internet of things in healthcare: An overview. *J. Ind. Inf. Integr.* 2017, 1, 3-13.
- Guariguata, L.; Whiting, D.R.; Hambleton, I.; Beagley, J.; Linnenkamp, U.; Shaw, J.E. Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2020, 103, 137-149.
- Dhillon, P.K.; Kalra, S. Secure multi-factor remote user authentication scheme for Internet of Things environments. *Int. J. Commun. Syst.* 2017, 30, e3323.
- Bu, F. An intelligent efficient scheduling algorithm for big data in communication systems. *Int. J. Commun. Syst.* 2017, 31, e3465.
- C. Marling and R. Bunescu, "The OhioT1DM dataset for blood glucose level prediction," in *The 3rd International Workshop on Knowledge Discovery in Healthcare Data*, Stockholm, Sweden, July 2018, CEUR proceedings in press, available at <http://smarthealth.cs.ohio.edu/bgip/OhioT1DM-dataset-paper.pdf>
- Wan, S.; Liang, Y.; Zhang, Y. Deep convolutional neural networks for diabetic retinopathy detection by image classification. *Comput. Electr. Eng.* 2018, 72, 274–282.
- Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G.E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Commun. ACM* 2018, 60, 84-90.

10. Corriere, M., Rooparinesingh, N., & Kalyani, R. R. (2013). Epidemiology of diabetes and diabetes complications in the elderly: an emerging public health burden. *Current diabetes reports*, 13(6), 805–813. <https://doi.org/10.1007/s11892-013-0425-5>.
 11. Whiting, D.R.; Guariguata, L.; Weil, C.; Shaw, J. IDF diabetes atlas: Global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030.
 12. Tabish, S.A. Is Diabetes Becoming the Biggest Epidemic of the Twenty-first Century? *Int. J. Health Sci.* 2019.
 13. M. v. d. W. H.N. Mhaskar, S.V. Pereverzyev, «A deep learning approach to diabetic blood glucose prediction» <https://arxiv.org/abs/1707.05828>, 2017.
 14. Mian, Z.; Hermayer, K.L.; Jenkins, A. Continuous Glucose Monitoring: Review of an Innovation in Diabetes Management. *Am. J. Med. Sci.* 2019, 358, 332-339.
 15. Facchinetti A. (2016). Continuous Glucose Monitoring Sensors: Past, Present and Future Algorithmic Challenges. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 16(12), 2093. <https://doi.org/10.3390/s16122093>.
-
-