
DOI: <https://doi.org/10.15407/kvt188.02.036>

УДК 004.891; 614.88

О.А. ХОРОЗОВ, канд.фіз.-мат.наук, старш. наук. співроб., пров. наук. співроб.

Відд. онтологічних систем та прикладної алгебраїчної комбінаторики

e-mail: oleh753@hotmail.com

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

НАН України, Чоколівський бульвар, 13, м. Київ 03186, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуто систему телемоніторингу життєво важливих показників пацієнтів для первинної діагностики та виявлення аномальних значень біофізичних показників. Експертні оцінки, закладені у правила нечіткої логіки, порівнюються з вимірними значеннями показників пацієнтів для розрахунку ризику захворювання. Наведена методика є загальною при виявленні аномальних значень біофізичних показників для оцінки ризиків захворювання та прийняття відповідних рішень. Система реалізована на платформі «Arduino» з програмним кодом контролера нечіткої логіки. Розширення набору вимірюваних показників потрібно для уточнення діагнозу.

Інтегрована платформа системи моніторингу «m-Health» дозволяє пацієнтам бути мобільними, в той час як їх життєво важливі показники реєструються у поточному режимі.

Ключові слова: телемоніторинг фізіологічних параметрів, нечітка логіка керування.

ВСТУП

Первинну медичну діагностику пацієнтів в першу чергу зосереджено на фізіологічних змінах організму, які пов'язані з біофізіологічними сигналами. Взаємопов'язаний характер біологічних підсистем організму заохочує застосування агрегованого підходу до прогнозування захворювання. Безперервність процесу моніторингу потребує виявлення аномальних відхилень від норми отриманих у реальному масштабі часу даних.

Сучасні телемедичні мобільні комплекси (m-Health) використовуються для профілактики та реабілітації пацієнтів. Наприклад, для пацієнтів віддалених населених пунктів передбачається первинна діагностика та оповіщення, при необхідності, станцій швидкої медичної допомоги про місце розташування цих пацієнтів. Мета полягає у розробленні системи моніторингу медичних показників пацієнта з функціями експрес аналізу життєво важливих ознак.

Технічні аспекти систем моніторингу пов'язані з керуванням пакетами даних відповідно до протоколу зв'язку, визначенням формату передачі да-

© О.А. ХОРОЗОВ, 2017

них та застосуванням «хмарних» додатків при формуванні інформаційних ресурсів. Інформаційний потік даних розглядається у контексті кумулятивного аналізу сигналів телеметрії на кластері просторово розподіленого середовища. Особлива увага приділяється обробленню часових рядів сигналів у режимі реального часу для визначення аномальних даних. Система повинна використовувати розподілені обчислення з високою пропускнуною спроможністю сигналів, які обробляються. Аналіз даних включає програмні компоненти, які утворюють конвеєр оброблення сигналів. Інтерфейси прикладних програмних додатків повинні підтримувати серіалізацію та десеріалізацію структурованих типів даних. Програмні компоненти виконують аналіз та візуалізацію даних з єдиним семантичним інтерфейсом взаємодії для забезпечення сумісності.

Система передбачає аналіз фізіологічних показників, які обробляються для виявлення патологічного стану пацієнта. Експертна система аналізу показників визначає рівень ризику захворювання пацієнтів за допомогою нечіткої логіки, яка імітує наближене міркування. Технологія забезпечує інструмент опису характеристик складних систем, щодо яких не визначено точні математичні моделі аналізу. Одним із прикладів масштабного застосування нечіткої логіки стало моделювання системи охорони здоров'я Великої Британії, яке дозволило оцінити і оптимізувати витрати на соціальні потреби населення.

Системи керування на основі нечіткої логіки для прийняття рішень базуються на реалізації зворотного зв'язку у вигляді швидкої допомоги або активації медикаментозних ін'єкцій [1, 2, 3, 4]. Сенсорні пристрої системи моніторингу виконують поточне вимірювання набору фізіологічних показників для визначення рівня ризику захворювання пацієнта. Використовуючи медичні стандарти для оцінювання раннього прояву захворювання, доречно застосовувати нечітку логіку керування і контролю при телемоніторингу пацієнтів для прийняття рішень щодо виявлення аномальних значень життєво важливих показників.

Мета — розроблення експертної системи первинної діагностики на основі правил нечіткої логіки для розрахунку рівня ризику захворювання пацієнтів при виявленні аномальних значень життєво важливих показників та застосування зворотнього зв'язку при прийнятті відповідних рішень.

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА НА ОСНОВІ ПРАВИЛ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Класичні методи аналізу та керування зазвичай використовуються для детермінованих об'єктів, а для нечітко визначених систем оптимальним є застосування методів нечіткої логіки. Нечітка логіка управління (НЛК) є методологією цифрового керування, яка імітує процес прийняття рішень людиною, дозволяючи багатозначну логіку, властиву змінним у часі сценаріям поведінки нелінійних систем. НЛК заснована на правилах продукційної моделі з використанням лінгвістичних змінних для прийняття рішень. З лінгвістичною змінною пов'язана фізична величина, яка визначає якісні ознаки станів системи за набором термінів (наприклад, «низький», «середній», «високий»). Кожному з термінів належить діапазон значень змінної. Для вибраного діапазону значень ступінь належності фізичної величини до

терму дорівнюватиме одиниці, а для всіх інших значень — в залежності від вибраної функції належності.

Методологія включає визначення правил у термінах мови нечіткої логіки для зіставлення вхідних даних з вихідними значеннями логічних змінних. Основою логічного висновку є база правил, які містять висловлювання у формі "якщо-то" та функції належності відповідних лінгвістичних термінів. Процес аналізу передбачає визначення ступеню приналежності елемента вхідної змінної до нечіткої множини у діапазоні $[0, 1]$, де "0" означає відсутність, а "1" повну належність елемента до множини.

Продукційні правила складаються з вхідних посилок і висновку. Кілька посилок об'єднуються за допомогою логічних зв'язків «І», «АБО» у правилі. Процес керування базується на попередній заяві — посилки «антецедент», від якої робиться висновок і тоді, як слідство, виконується дія «консеквент». На основі вхідних даних запускається цикл «розпізнавання-дія», перебираючи продукційні правила.

Процес керування пов'язано з вихідною змінною, але результат логічного висновку є нечітким для сприйняття команд виконавчим пристроєм. Тому необхідні засоби переходу від нечітких значень до певних величин, тобто перетворення лінгвістичних змінних у числові аналоги. Функціональні компоненти аналізу вхідних змінних пов'язані з фазифікацією, а прийняття рішень — з дефазифікацією. Процес керування поділяється на фазифікацію (введення значення лінгвістичної змінної), застосування бази «логічних» правил і дефазифікацію (перетворення у числове значення за ступенем належності). Продукційні правила формуються для відображення входів на процес прийняття рішень. Структуру програмного забезпечення регулятора з використанням правил нечіткої логіки надано на рис. 1.

Регулятор на основі нечіткої логіки виконує функції контролю вхідного сигналу, етапу оброблення і керування. Функціональний етап оброблення даних викликає відповідне правило для кожного вхідного сигналу, а потім об'єднує результати. Вихідний каскад перетворює комбінований результат у конкретне значення, тобто висновок. Методологія включає підхід до визначення правил в термінах нечіткої мови керування. Така інтерпретація керування корисна для вирішення проблем, пов'язаних з аналізом складних систем при прийнятті рішень.

МОНІТОРИНГ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ

Система моніторингу стосується збору, аналізу і передачі інформації про життєво важливі ознаки (Vitals) стану пацієнтів. Програмне забезпечення базується на алгоритмі нечіткої логіки, який фіксує виникнення аномального стану людини і формує попередження. При реалізації експертної системи застосовується набір датчиків для вимірювання медичних показників. Система перевіряє значення комбінацій даних і реєструє сценарії для формування діагностичних висновків.

Набір правил нечіткої логіки розроблено для первинної діагностики пацієнта на основі моніторингу фізіологічних сигналів: температури тіла (T), кров'яного тиску (BP), пульсу (HR), насичення крові киснем (SO₂), частоти дихання (RR), а також рівня цукру у крові (BS). При розширенні

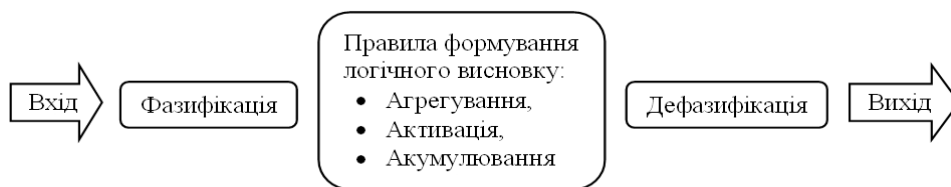
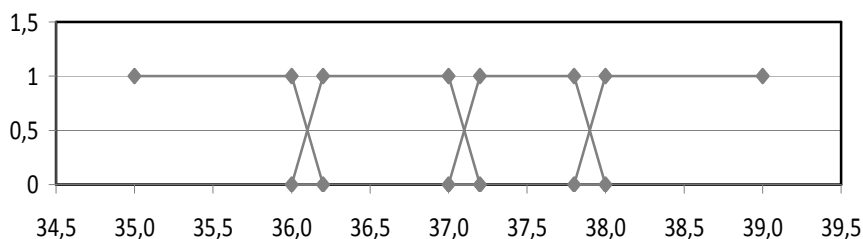


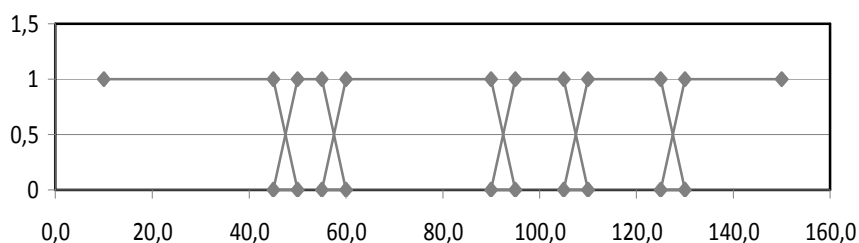
Рис. 1. Структура програмного регулятора нечіткого логічного керування

набору вхідних показників, наприклад вимірювання вмісту цукру у крові, система потребує визначення додаткового набору функцій належності і розширення бази нечітких правил. Прийняття рішень визначається стандартом MEWS, який використовується у медичній практиці для оцінювання раннього прояву захворювання при спостереженні фізіологічних показників. Значення показників наведено у табл. 1.

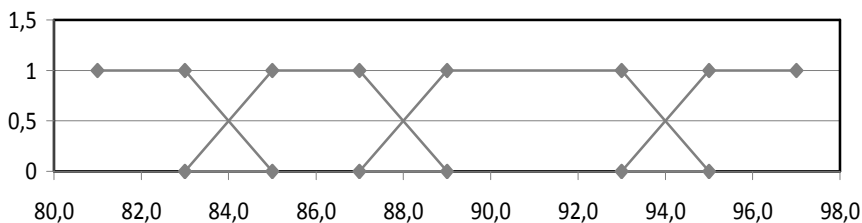
Діагностичні висновки формуються відповідно до набору вимічених значень після визначення групи ризику для кожного показника згідно з табл. 1. Для кожного набору функцій належності вводяться семантичні терміни показників:



а) температура $\mu(T)$



б) пульс $\mu(HR)$



в) насичення крові киснем $\mu(SO_2)$

Рис. 2 Семантичні терміни показників для набору функцій належності

Приклад набору функцій температури для оцінювання груп ризику:
 Hypothermia = FuzzySet (34.0, 34.0, 35.0, 36.2); // Гіпотермія (TLow2 = 2)
 Normal = FuzzySet (36.0, 36.2, 36.8, 37.0); // Нормальний стан (TNormal = 0)
 Febricula = FuzzySet (36.8, 37.0, 37.8, 38.0); // Нездужання (THigh1 = 1)
 Fever = FuzzySet (37.8, 38.0, 41.0, 41.0); // Лихоманки (THigh2 = 2)

Після визначення груп ризику формуються діагностичні висновки:

Якщо	Low2	Normal	High1	High2
То	Hypotermia	Normal	Febricula	Fever

Реакція контролера при виявленні аномальних показників надається у журналі тестування (табл. 2).

Термін «Risk» відображає ступінь належності показника температури до комплексу {Hypotermia, Normal, Febricula, Fever}. Для показників 36.16 або 37.80, яким відповідає проміжне значення $\mu(x)$ від 0 до 1, вибирається найбільше значення. При температурі 36.16 значення функції $\mu(x)$ знаходиться між 0.08 і 0.92 маємо $0.92 * \text{Fever}$ та оцінку ризику $R = 0.92 * 2 = 1.84$, де 2 відповідає групі ризику Low2 у Табл. 1. Для 37.80 (проміжне значення $\mu(x)$ між 0.19 і 0.81) маємо $0.81 * \text{Hypotermia}$ та оцінку ризику $R = 0.81 * 2 = 1.62$, де 2 відповідає групі ризику High2.

Таблиця 1. Оцінювання раннього прояву захворювання

Група	Low3	Low2	Low1	Normal	High1	High2	High3
Оцінка	3	2	1	0	1	2	3
T		T<36.2		36<T<37.2	37<T<38	T>37.5	
HR		HR<50	45<HR<60	55<HR<100	95<HR<110	105<HR<130	HR>125
SO2	SPO2<85	83<SPO2<90	87<SPO2<95	SPO2>93			
SBP	SBP<75	70<SBP<85	80<SBP<100	95<SBP<190		SBP>185	
RR		RR<15		10<RR<30	RR>25		
BS	BS<66	63<BS<72		70<BS<110		106<BS<150	BS>140

Таблиця 2. Запис виявлених аномальних показників у журналі тестування

Підвищення температури	Зниження температури
Temperature (*C): 37.25 Temperature (*C): 37.56 Temperature (*C): 37.62 Temperature (*C): 37.74 Temperature (*C): 37.80 Risk: 0.00, 0.00, 0.08, 0.92 Warning output: 38.46 Temperature (*C): 38.36 Risk: 0.00, 0.00, 0.00, 1.00 Warning output: 38.95	Temperature (*C): 36.49 Temperature (*C): 36.37 Temperature (*C): 36.34 Temperature (*C): 36.28 Temperature (*C): 36.16 Risk: 0.19, 0.81, 0.00, 0.00 Warning output: 36.18 Temperature (*C): 35.51 Risk: 1.00, 0.00, 0.00, 0.00 Warning output: 34.84

Датчики S_i ($i = 1..N$) ідентифікуюють семантичні випадки (від трьох до семи згідно з табл. 1), для яких визначено лінгвістичні змінні X_i ($i = 1..N$) вхідних даних. Лінгвістична змінна X_i задається набором функцій належності з термінами $T_{i,j}$ ($j = 1..m_i$). Набір термінів $\{T_{i,j}\}$ визначає сценарії, які можуть статися відповідно до бази правил R_k ($k = 1..M$), де

$$M = \prod_{i=1}^n m_i$$

Правила R_k перевіряють значення лінгвістичних змінних і ма-

ють вигляд: R_k : IF X_i is $T_{i,j}$ and...and X_n is T_n , k then Y is C_k . Функція належності для правила R_k розраховується як мінімум від набору функцій $\mu(x_i)$ окремих типів вимірювань, наприклад температури та пульсу.

З правилами R_k пов'язана вихідна змінна Y , яка позначає окремі можливих комбінацій вхідних даних (C_k , $k = 1..m$) і стосується ризику захворювання пацієнта. За конкретним сценарієм моніторингу датчики T, HR, SO2 можуть утворювати комбінацію $M = 4*6*4 = 96$ правил. Вихідна змінна визначає рівень ризику, який поділяється на групи. Приклад вихідної функції при вимірюванні температури (Temp) та пульсу (Puls) наведено на графіку, де вихідна змінна рівня ризику (Y) поділена на шість груп нечітких множин (Рис. 3):

- NR0 = FuzzySet(0.0, 0.0, 0.0, 0.5);
- LR1 = FuzzySet(0.5, 1.0, 1.0, 1.5);
- LR2 = FuzzySet(1.5, 2.0, 2.0, 2.5);
- LR3 = FuzzySet(2.5, 3.0, 3.0, 3.5);
- HR1 = FuzzySet(3.5, 4.0, 4.0, 4.5);
- HR2 = FuzzySet(4.5, 5.0, 5.0, 5.0).

Оцінювання ризику визначається набором правил, які формуються за допомогою табл. 3.

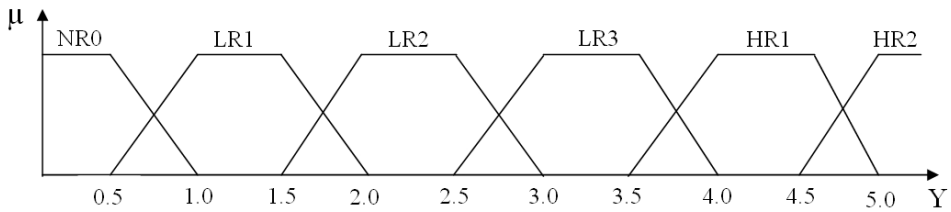


Рис 3. Поділ вихідної змінної рівня ризику (Y) на шість груп нечітких множин

Таблиця 3. Визначення ступеню ризику

Risk Level	PLow2	PLow1	PNormal	PHihg1	PHigh2	PHigh3
TLow2	4	3	2	3	4	5
TNormal	2	1	0	1	2	3
THigh1	3	2	1	2	3	4
THigh2	4	3	2	3	4	5

показники пацієнта, а програмний модуль виявляє аномальні дані та проводить їх попередній аналіз для транспортування до серверної платформи. Слід зазначити, що датчики можуть передавати сигнали за протоколом Bluetooth або бути під'єднанні до вузла моніторингу. Результати аналізу передаються до аналітичного центру через шлюзи глобальної мережі при виявленні відхилення даних від норми. Медичний запис з відповідними даними представляється у форматі Java Script Object Notation (JSON) [6], який є відкритим стандартом для обміну інформацією між Web — додатками через RESTful Web сервіс. Повідомлення передаються у вигляді стрічки "feed":

```
{ "feed": { "title": "Vitals Record", "id": "urn:uuid:500bee61-d973-4", "updated":
"2017-01-12T10:20:01" },
  "Vitals": [
    { "sensing": "Temperature",
      "content": { "update": "2017-01-12T10:20:01", "PacketDuration": "PT1S" },
      "entity": { "title": "temperature", "value": "36.72", "metric": "C" }
    },
    { "sensing": "Heart rate",
      "content": { "update": "2017-01-12T10:20:01", "PacketDuration": "PT1S" },
      "entity": { "title": "PRbpm", "value": "70", "metric": "bpm" }
    },
    { "sensing": "Oxygen saturation",
      "content": { "update": "2017-01-12T10:20:01", "PacketDuration": "PT1S" },
      "entity": { "title": "SO2", "value": "98.12", "metric": "%" }
    }
  ]
}
```

Отримані повідомлення «розбираються» сервером системи відносно коду пацієнта і типу даних перед завантаженням у експертну базу даних. Медичні дані індикаторів моніторингу поділені на кортежі дискретних значень (температури, кров'яного тиску) та безперервні у часі сигнали (наприклад, графік зміни частоти дихання). База даних при формуванні медичного звіту повинна об'єднувати різні типи даних, враховувати критичні показники пацієнта та активувати процедури, пов'язані з наданням невідкладної медичної допомоги.

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ «m-HEALTH»

Проблеми «m-Health» пов'язано з бездротовою мережею персональних пристроїв та організацією «хмарних» додатків зберігання та аналізу даних. Для датчиків і виконавчих механізмів застосовується стандартний інтерфейс прикладних додатків користувачів. У цьому контексті мобільні комплекси використовують сімейство стандартів IEEE 802.15.4 для забезпечення сумісності різномірних компонентів мережі.

Таблиця 5. Набір протоколів стандарту 3G

Протокол	CoAP	MQTT	RESTful HTTP
Обмін Повідомленнями	Запит/Відповідь	Публікація/Підписка Запит/Відповідь	Запит/Відповідь
Ресурси	10Kb RAM/Flash	10Kb RAM/Flash	10Kb RAM/Flash



Рис. 4. Структура інформаційних потоків

Загальна схема моніторингу надана на Рис. 4.

Зв'язок між вузлами мережі та сервером засновано на протоколі Wi-Fi для передачі повідомлень. Шлюз підтримує декілька протоколів зв'язку для прийому даних та використовує різні протоколи для передачі вихідних повідомлень. Протоколи REST, MQTT, COAP відповідають стандарту 3G і використовуються у контексті Інтернету речей (табл. 5).

Для забезпечення взаємодії між різнорідними додатками в медичних інформаційних системах найбільш перспективним є стандарт HL7 FHIR обміну інформацією. FHIR використовує протокол REST для забезпечення зв'язку між сенсорним блоком пацієнтів і підсистемою оброблення даних при реалізації гео-інформаційної системи моніторингу.

КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Функціональні компоненти системи моніторингу включають модуль агрегації даних, модуль оброблення даних і зв'язок з системними блоками, які збирають інформацію. Це дає змогу надавачу медичних послуг одночасно проводити діагностику та приймати рішення. Служба моніторингу здійснюється за допомогою «хмарного» сервісу і Web- додатків.

Локальна підсистема складається з пристрою контролю і мобільного телефону пацієнта для перегляду своїх показників, а також отримання медичних порад.

Сенсорний блок передбачає використання фізіологічних датчиків, які передають показники пацієнта до блоку первинного оброблення даних.

Блок збору даних з'єднано з датчиками зондування. Пристрій перетворює аналогові сигнали від датчиків у цифрові значення, а також під-

тримує частоту дискретизації. Контролер програмується для кожного датчика відповідно до заданої вибірки.

Блок оброблення даних з приймо-передавачем отримує і реєструє потік даних, готує анотації та періодично відправляє повідомлення на сервер.

Дистанційна підсистема підтримує медичні записи пацієнтів, дозволяє уповноваженим особам переглядати записи та надавати консультації. Доступ до даних реалізується за допомогою Web-протоколів. Середовище містить сховище даних і Web- блок.

Блок «хмарних» послуг має можливість завантажувати медичні записи пацієнтів. Постачальники послуг можуть запитувати дані зондування і демографічні дані пацієнтів. Служба також може бути використана для надання пацієнтам інформації про їх стан здоров'я.

Блок зберігання даних є базою даних, яка підтримує демографічні дані пацієнтів і веде облік періодичних медичних записів, отриманих від пристроїв моніторингу.

Web - модуль відповідає за запити до сховища даних, оброблення запитів та надання даних у формі, яка може допомогти фахівцям діагностувати пацієнта. Web-сервер приймає дані в форматі JSON через Web-браузер.

РОЗПОДІЛЕНА СТРУКТУРА КЕРУВАННЯ І СИСТЕМА ОПОВІЩЕННЯ

Вузли та координатори розподіленої системи керування обмінюються повідомленнями за принципами конвеєрної архітектури. Функціональні послуги включають зондування, зберігання, оброблення і поширення даних. Оскільки компоненти виконують запити ініціації і запити обслуговування, система описується одноранговою мережею з розподіленим обробленням даних. На основі отримання даних система генерує SMS-повідомлення, щоб попередити лікарів про публікацію даних в Інтернеті.

Стратегія конструювання системи моніторингу базується на методології визначання аномальних даних або показників контролю. Повідомлення передаються на Сервер для подальшого оброблення. Повідомлення містять ідентифікатор користувача та координати його розташування, часову мітку та метаболічні показники безпеки абонента. Зворотній зв'язок забезпечує сервер, який направляє відправлення до станції швидкої допомоги або до пацієнта. Зміст повідомлення налаштовується для кожного пацієнта, виходячи з його поточного стану. Служба моніторингу інформує про надзвичайну ситуацію в залежності від отриманих результатів.

В якості базового блоку моніторингу використано контролер Arduino Yun з платою «eHealth». Підсистема підтримує протокол WebSocket, відображає показники суб'єкта моніторингу і повертає відповіді на запити у форматі HTTP5. Відповідь містить значення показників, а також перелік виконаних команд на виконавчий привід. Система використовує бездротову мережу пристроїв моніторингу з набором датчиків для виявлення аномального стану пацієнтів або надзвичайних подій. Для цього потрібні відповідні методи опису подій, які закладаються у правила нечіткої логіки, щоб сенсорні вузли змогли їх "виявити". У порівнянні з іншими алгоритмами на основі теорії ймовірності, нечітка логіка є набагато простіша у використанні.

ВИСНОВКИ

Телемедична система призначена для первинної діагностики та контролю за станом пацієнтів на основі методу нечіткої логіки для прийняття рішень. Метод базується на експертних знаннях, які закладені в правила нечіткої логіки для порівняння з вхідними значеннями показників пацієнтів та прогнозування ризику захворювання. Наведена методика є загально прийнятною при виявленні аномальних значень біофізичних показників для оцінки ризиків захворювання та прийняття відповідних рішень. Розширення набору вимірюваних показників потрібно для уточнення діагнозу.

Інтегрована платформа системи моніторингу «m-Health» дозволяє пацієнтам бути мобільними, в той час як їх життєво важливі показники реєструються у поточному режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. S.Dutta, A.Maeder, J.Basilakis, Using Fuzzy Logic for Decision Support in Vital Signs Monitoring Jjint Workshop Proceedings, 26th Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence, 2013, P. 29–33.
2. M. Mayilvaganan, K. Rajeswari, Risk Factor Analysis to Patient Based on Fuzzy Logic Control System. *International Journal of Engineering Research and General Science*. 2014. Vol. 2. Issue 5. P. 185–190.
3. M.K. Choudhury, N. Baruah, A Fuzzy Logic Based Expert System for Denermination of Health Risk Level of Patient. *International Journal of research in Engineering and Technology*. 2015. Vol. 4. Issue 5. P. 261–267.
4. А.І. Поворознюк, Є.С. Харченко, Застосування нечіткої логіки в комп'ютерних системах медичної діагностики. *Вестник НТУ "ХПИ"*. 2015. № 33. С. 125–133.
5. Aj O. Alves URL: <https://github.com/zerokol/eFLL>.
6. S. Sriparasa. JavaScript and JSON Essentials. 2013. URL: <https://books.google.co.in/books?id=MZOkAQAAQBAJ>

Одержано 09.03.2016

REFERENCES

1. S.Dutta, A.Maeder, J.Basilakis, Using Fuzzy Logic for Decision Support in Vital Signs Monitoring Jjint Workshop Proceedings, 26th Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence, 2013, p. 29–33.
2. M. Mayilvaganan, K. Rajeswari, Risk Factor Analysis to Patient Based on Fuzzy Logic Control System. *International Journal of Engineering Research and General Science*. 2014. Vol. 2. Issue 5. P. 185–190.
3. M.K. Choudhury, N. Baruah, A Fuzzy Logic Based Expert System for Denermination of Health Risk Level of Patient. *International Journal of research in Engineering and Technology*. 2015. Vol. 4. Issue 5. P.261–267.
4. A.Povoroznjuk, E.Kharchenko, The use of fuzzy logic in computer systems medical diagnostics. *Vestnik National Technical University*. 2015. № 33. P. 125–133.
5. Aj O. Alves URL: <https://github.com/zerokol/eFLL>.
6. S. Sriparasa. JavaScript and JSON Essentials, 2013. URL: <https://books.google.co.in/books?id=MZOkAQAAQBAJ>

Recieved 09.03.2017

О.А. Хорозов, канд. физ-мат. наук, старш.науч.сотр., вед.науч.сотр.
отд. онтологических систем и прикладной алгебраичной комбинаторики
e-mail: oleh753@hotmail.com
Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства
НАН Украины, Чоколовский бульвар, 13 г. Киев, 03186, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрена система телемониторинга жизненно важных признаков пациентов для первичной диагностики и выявления аномальных значений биофизических показателей. Экспертные оценки, заложенные в правила нечеткой логики, сравниваются с измеренными значениями показателей пациентов для расчета риска заболевания. Приведенная методика является общей при обнаружении аномальных значений биофизических показателей для оценки рисков заболевания и принятия соответствующих решений. Расширение набора измеряемых показателей нужно для уточнения диагноза. Система реализована на платформе «Arduino» с программным кодом контроллера нечеткой логики. Система использует беспроводную сеть устройств мониторинга с набором датчиков для обнаружения аномального состояния пациентов или чрезвычайных событий. Представлена структура управления распределенной системой оповещения.

Интегрированная платформа системы мониторинга «m-Health» позволяет пациентам быть мобильными, в то время как их жизненно важные показатели регистрируются в текущем режиме.

Ключевые слова: телемониторинг физиологических параметров, нечеткая логика управления.

O.A. Khorozov, Ph.D (Phys-Math), Senior Researcher, Leading Researcher of
Department of ontological systems and the application of algebraic combinatoric
e-mail: oleh753@hotmail.com
Institute of Telecommunications and Global Information Space
of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Chokolovskiy ave., 13, Kiev 03186, Ukraine

APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR TELEMEDICINE SYSTEMS

Introduction. The telemonitoring system of patient's vital signs for primary diagnosis and detection of abnormal values biophysical indicators is described. Expert estimates inherent in fuzzy logic rules are compared with the measured values of the vital signs for disease risk counting. The system is implemented at the Arduino with code for fuzzy logic controller. The structure of distributed management of the warning system is represented.

The purpose of the article is to develop an expert system based on fuzzy logic rules to calculate the risk level of the patient and use feedback control in decision-making.

Method. Expert estimates inherent in fuzzy logic rules are compared with the measured values of the vital signs for disease risk estimation.

Results. Expert system was considered for determination of patient's health risk level. The fuzzy logic rules was formed for determination of belonging variables to risk groups and used for reflect the input to the decision making process. The application detects anomalous values of monitoring data, generates a medical report and sends it to the server for decision-making. The system includes monitors vital signs of the patients, warning services based on Fuzzy Logic techniques with the objective of reducing the risk from the slow provision of health care. The architecture of the integrated "m-Health" platform with functional models was proposed. The system uses a wireless network of monitoring devices with a set of

sensors to detect abnormal patients or emergency events. The management structure is represented by a distributed notification system.

Conclusions. Telemedicine system was designed for primary diagnosis and monitoring of patients on the basis of fuzzy logic. The method based on expert knowledge, which are incorporated in the rules of fuzzy logic to compare the values of the input parameters of patients and disease risk prediction was used. The technique is common in detecting abnormal values biophysical indicators for disease risk assessment.

The integrated platform of the "m-Health" monitoring system allows the patient to be mobile, while their vital signs of displaying are registered in the current mode.

Keywords: *vital signs monitoring, fuzzy logic control.*