

**Кутковецький В. Я.,**

д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
м. Миколаїв, Україна,  
valentin.kutkovetsky@gmail.com

**Турти М. Ю.,**

студент кафедри захисту інформації,  
Національний кораблебудівний університет ім. Адмірала Макарова,  
м. Миколаїв, Україна,  
turty@ua.com

**Гриза О. В.,**

магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
м. Миколаїв, Україна,  
hryza7@gmail.com

## УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕДИЧНИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

*Розглянуто концепцію створення медичного датчика для моніторингу стану здоров'я пацієнта, метою якого є підсумовування даних від різних датчиків. Датчик попереджає про перехід граничних параметрів і про небезпечне наближення кількох параметрів до значень, які в сукупності представляють собою загрозу для здоров'я людини (хоча жоден з параметрів не переступив кордонів). Нині використовуються системи моніторингу для узагальнення стану здоров'я пацієнтів, які призначені для сигналізації, коли один з параметрів пройшов допустиму межу. Таким чином, вирішена проблема запобігання загрози для здоров'я пацієнта, коли кілька параметрів збільшуються без переходу небезпечної межі.*

**Ключові слова:** інтелектуальний медичний датчик, автоматизовані інтелектуальні системи, рівень безпеки стану здоров'я.

**Постановка проблеми.** Автоматизовані інтелектуальні системи застосовуються для отримання інформації щодо поточного фізичного стану та даних спортсменів, старих чи хворих дорослих людей та дітей з використанням медичних датчиків, які сигналізують про їх фізичні дані та про виникнення проблем з різним рівнем необхідного обслуговування, чи загроз їх здоров'ю [1-4, 8].

Дана проблема є актуальною, тому що її розв'язок спрямований на вчасне отримання необхідних медичних процедур хворими, яким загрожує найбільша небезпека. Це зберігає здоров'я пацієнтів, поліпшує умови обслуговування хворих, а також поліпшують умови роботи медичного персоналу, якому не приходить в момент надходження кількох аварійних сигналів розв'язувати проблему про встановленню черги в обслуговуванні хворих.

Нині використовуються узагальнюючі системи контролю над станом здоров'я, але вони спрямовані на сигналізацію, якщо один будь-який з параметрів перейшов дозволена межу. Тому була поставлена задача про визначення загрози для здоров'я пацієнта, коли декілька параметрів, не переходячи заборонені границі, наближаються до них.

**Метою** роботи є розгляд питань, потрібних для створення пристрою, який дає ієрархічний аварійний сигнал загрози з пріоритетом надання медичної допомоги не лише у випадку перевищення одним з параметрів дозволеної межі, але також у випадку, коли *декілька параметрів*, не переходячи заборонені границі, загрозово наближаються до границь, або у випадку, коли перевищення декількох параметрів супроводжується небезпечним зростанням інших параметрів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Медичною інформаційною системою називають комплекс технічних засобів, програмного, математичного і алгоритмічного забезпечення, призначений для поліпшення обслуговування хворих і збереження їх здоров'я шляхом автоматизованого збору, аналізу медико-біологічної інформації і видачі результатів у зручному для обслуговуючого персоналу вигляді [1].

Експериментальні дослідження показали, що 85% часу обслуговуючого персоналу іде на пошук необхідної інформації, визначення, кого потрібно обслуговувати в першу чергу, а також на надання отриманої інформації на ієрархічно вищий рівень. Використання автоматизованих медичних інформаційних

системи (МІС) позитивно впливає на збереження здоров'я хворих і поліпшує роботу обслуговуючого персоналу на кожному з етапів діагностично-лікувального процесу [1, 5].

Загальна технологічна схема діагностично-лікувального процесу зображена на рис. 1.

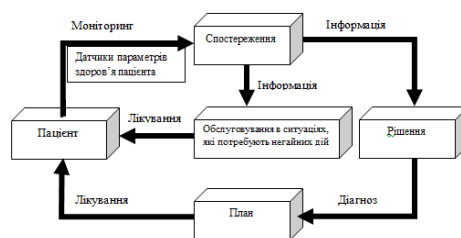


Рис. 1. Технологічна схема діагностично-лікувального процесу

Відомо, що комплексні інформаційні системи дозволяють організувати лікування хворих на сучасному рівні і забезпечують суттєве підвищення не тільки якості лікування і рівня медичних послуг, але й рентабельність використання медичних ресурсів [2].

**Виклад основного матеріалу. Концепція пристрою узагальнюючого медичні показники.** Пропонований напрямок використання декілька датчиків, може бути розширеним на  $n$  – вимірний простір з довільною кількістю змінних і довільним характером інформації. Нижче для спрощення ми будемо розглядати хвору людину, у якій контролюється лише температура тіла  $t$ , тиск крові  $p$ , ритм серця  $f$  та зволоження  $v$ .

Звичайно ці параметри контролюються окремими датчиками, які сигналізують про перевищення деякого граничного рівня ( $t > T_{max}$ ,  $p > P_{max}$ ,  $f > F_{max}$ ,  $v > V_{max}$ ), або про не дозволене зниження числових значень параметрів ( $t < T_{min}$ ,  $p < P_{min}$ ,  $f < F_{min}$ ,  $v < V_{min}$ ).

$$R_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^n x_j^2} \Rightarrow R_2 = \sqrt{t^2 + p^2 + f^2 + v^2}, \quad (1)$$

де  $R_1, R_2$  – радіуси – вектори в  $n$ -вимірному просторі;  $x_j$  – змінна, яка характеризує стан хворої людини;  $j = 1, 2, \dots, n$ -порядковий номер змінної  $x_j$ .

Тут змінні  $x_j$  [або( $t, p, f, v$ )] з метою запобігання неоднакового впливу на рішення малих і великих цифр параметрів представлені у відносних одиницях

Але в подібних інтелектуальних системах виникає додаткова потреба у наявності загального сигналу із загальною характеристикою рівня небезпеки одночасно по всім параметрам, бо обслуговуючому персоналу насамперед потрібно знати загальний рівень небезпеки і рівень потреби у допомозі у випадку одночасної появи сигналів від кількох пацієнтів.

З математичної точки зору змінні ( $t, p, f, v$ ) можна уявити незалежними і розміщеними по взаємно перпендикулярним осям. При відомих максимальних значеннях змінних ( $t, p, f, v$ ) всі практично можливі точки координат, які характеризують стан людини у вигляді деякої складної функції  $Q(t,p,f,v)$ , розміщуються всередині деякої кулі [6].

Гіперкулею  $n$ -вимірного простору зветься геометричне *міло*, всі точки якого з координатами  $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$  знаходяться від центру на відстані, не більшої за гіперрадіус (рис. 1)

по відношенню до нормальних або деяких граничних значень.

За формулою (1) змінні не виходять за межі радіусу гіперкулі. Тому ми розглядаємо гіперкулю обмеженого радіусу  $R_1$  рис. 2, а процеси, які спостерігаються у хворого вважаємо розміщеними в тілесному гіперкуті, який спирається на площину  $S$ .

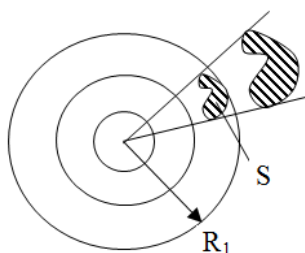


Рис. 2. Гіперкуля із зовнішнім радіусом  $R_1$  з вкладеними порожнистими гіперкулями та тілесним гіперкутом, що спирається на площину  $S$  гіперсфери радіусом  $R_1$

В інтелектуальних системах ми розглядаємо деяку складну залежність  $Q(R)$ , де  $R_1(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$  –

радіус гіперкулі. З формули (1) випливає, що при нормалізації всіх змінних максимальні значення всіх

параметрів тіла людини ( $t, p, f, v$ ) можуть бути обмежені значенням граничних радіусів  $R_{i1}$  відповідної гіперкулі, де  $i = 1, 2, 3$ -порядкові номери радіусів (порядкові номери рівнів небезпеки). Завдання кількох вкладених одна в одну порожнистих гіперкуль з граничними радіусами  $R_{i1}$  характеризує відповідну ступінь загроз для здоров'я хворого.

Подібна інформація має ту перевагу, що вона є чутливою до випадків, коли одночасно кілька змінних наближуються до недозволеної границі, бо в існуючих інформаційних системах звичайно не розглядається небезпека здоров'ю людини у випадках, коли граничний рівень не перевищується, але разом з тим ряд параметрів може загрозливо наближуватись до граничних рівнів. Також можна порівнювати рівні загроз, коли на додаток до перевищення параметрами

визначених границь також зростають і інші загрози, які не переходять дозволеної межі.

Формула (1) встановлює загальний вигляд граничної геометричної залежності між змінними. Для більшої зручності у визначенні інформаційної функціональної залежності бажано, щоб параметри людини ( $t, p, f, v$ ) у нормальному стані давали інформацію у вигляді радіуса  $R_2$ , рівного 1, зі збільшенням  $R_2$  при подальшому зростанні ( $t, p, f, v$ ).

У формулі (1) потрібно урахувати, що змінні ( $t, p, f, v$ ) у хворого є взаємно залежними: якщо  $t > T_{\max}$ , то інші змінні ( $p, f, v$ ) теж можуть збільшуватись; різні змінні по-різному впливають на рівень загрози щодо пацієнта.

Тому для аналізу пропонується використовувати модифіковану формулу (1), наприклад, у вигляді

$$R_3 = k_R \sqrt{\sum_{j=1}^n k_j x_j^2} \Rightarrow R_4 = k_R \sqrt{(k_t t)^2 + (k_p p)^2 + (k_f f)^2 + (k_v v)^2}, \quad (2)$$

де  $k_R = 0 \dots 1$  – коефіцієнт зведення радіусів  $R_3$  та  $R_4$  до 1 при нормальних параметрах ( $t, p, f, v$ ) здорової людини;  $k_t, k_p, k_f, k_v$  – коефіцієнти впливу, які змінюються у межах  $0 \dots 1$ , для урахування того, що різні координати - параметри ( $t, p, f, v$ ) по-різному впливають на загрозу здоров'ю; ( $t, p, f, v$ ) – параметри, які представлені у відносних одиницях по відношенню до номінальних значень здорової людини. Відносні одиниці використані з метою запобігання неоднакового впливу на рішення малих і великих цифр параметрів.

Якщо  $R_4 > R_{i1}^{\max}$  (або  $R_4 < R_{i1}^{\min}$ ),  $i = 1, 2, 3$ , то використовуються три рівня аварійної сигналізації:

$R_{11}^{\max}$  ( $R_{11}^{\min}$ ) – наближення до аварійної ситуації (постійний жовтий світловий сигнал);

$R_{22}^{\max}$  ( $R_{22}^{\min}$ ) – аварійна ситуація (червоний світловий сигнал, звуковий сигнал);

$R_{33}^{\max}$  ( $R_{33}^{\min}$ ) – аварійна ситуація підвищеного ризику (блискаючий червоний світловий сигнал, перерваний звуковий сигнал).

Внаслідок складності обмежуючої функції (2), її коефіцієнти нелінійно залежать від змінних. Використання згідно аналітичної геометрії  $n$  – вимірних тілесних кутів двовимірної мапи для відображення процесів  $Q(R)$  в  $n$  – вимірному просторі підвищує наочність аналізу; дозволяє перевести всі процеси в один тілесний кут з графічним відображенням ізоліній функції  $Q(R)$  та годографа вектора  $R$  і сприяє апроксимації нелінійних функціональних залежностей [6].

Використання бездротових технологій дозволить вести моніторинг стану здоров'я осіб на відстані та можливість для вільного пересування пацієнта в межах визначеної території [7, 8].

Монітори і датчики використовуються для відстеження основних показників стану організму та інших необхідних даних пацієнтів, що проходять як стаціонарне, так і амбулаторне лікування. Якщо датчики підключають за допомогою проводів, то вони обмежують вільний рух пацієнта і, таким чином, можуть бути незручними. Крім того, для деяких параметрів обмеження руху пацієнтів не дозволяє здійснювати їх моніторинг.

Використання бездротового зв'язку привело до розробки бездротових датчиків і моніторів. У таких установках набір вузлів бездротових датчиків, закріплених на тілі пацієнта, вимірюють основні показники стану організму пацієнта, формують те, що називається мережею натільних датчиків.

Розвиток бездротового моніторингу призвело до появи програм, які все частіше використовуються на практиці як стандарт.

Такий бездротовий моніторинг даних пацієнта в мережах забезпечує зручність, необхідне для виконання моніторингу пацієнта в умовах "реального життя". Хоча переваги бездротового моніторингу є значними, залишається потреба забезпечення безпеки інформації про пацієнта. Безпека є обов'язковою вимогою в таких системах. Вона спрямована на забезпечення конфіденційності його приватного життя і відповідає законодавчим вимогам в області охорони здоров'я.

У загальному випадку автоматизовані системи правління надають можливість керувати криптографічними ключами для забезпечення конфіденційності обміну інформації стосовно стану пацієнта. Захист у сфері приватного життя пацієнта необхідна для захисту пацієнтів від відстеження та для гарантування, що тільки уповноважений персонал може отримувати доступ до медичної інформації про пацієнта.

#### Висновки.

1. Розглянутий датчик дає ієрархічний аварійний сигнал загрози з вказівкою пріоритету надання медичної допомоги не лише у випадку перевищення одним з параметрів дозволеної межі, але також у випадку, коли декілька параметрів, не переходячи заборонені границі, загрозливо наближаються до вказаних границь, або у випадку, коли перевищення декількох параметрів супроводжується небезпечним зростанням інших параметрів.

2. Розглянутий датчик спрямований на збереження здоров'я пацієнтів і поліпшення умов його обслуговування. Подібний захист може застосовуватись в усіх аналогічних інтелектуальних системах.

3. Датчик дозволяє поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу за рахунок надання йому інформації про ієрархічність, порядок обслуговування па-

цієнтів. Датчик може бути пристосованим для використання в системах з бездротовим зв'язком і для автоматизованого запису в історію хвороби.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Медичні інформаційні технології в Україні. – Режим доступу : URL :
2. [http://studopedia.com.ua/1\\_15493\\_medichni-informatsiyuni-tehnologii-v-ukraini.html](http://studopedia.com.ua/1_15493_medichni-informatsiyuni-tehnologii-v-ukraini.html)
3. Хвищун А. І., Качмар В. О., Бунь Р. А. Принципи формування єдиної медичної інформаційної системи.
4. Качмар В. О. Медичні інформаційні системи – стан розвитку в Україні / В. О. Качмар // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2010.
5. Чурпій І. К. Сучасний стан інформатизації в медицині / І.К. Чурпій,
6. Н. В. Чурпій, В. Д. Скрипко // Буковинський медичний вісник. – 2011.
7. Олексієнко М. М. Інформаційна система прогнозування захворювання населення під впливом шкідливих домішок оточуючого середовища / М. М. Олексієнко // Управління розвитком складних систем. Зб. наук. праць. – Вип. 7, 2011
8. Кутковецький В.Я. Аналітична геометрія в n – вимірних тілесних кутах // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Вип. 254. – Т. 266. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2015.
9. Осташко В. Г., Слабкий Г. О., Голубчиков М. В., Коваленко О. С
10. Організаційно-управлінські аспекти створення телемедичної мережі.
11. Система багатопараметричної ідентифікації, аутентифікації, авторизації і розподілу ключа для моніторингу пацієнта//Patents and inventions search system. – Режим доступу : URL : <http://findpatent.com.ua/patent/249/2491746.html>.

**В. Я. Кутковецький,**  
Черноморський національний університет  
ім. Петра Могили,  
**М. Ю. Турты,**  
Національний університет  
кораблестроєння ім. Адм. Макарова,  
**А. В. Грыза,**  
Черноморський національний університет  
ім. Петра Могили,  
г. Николаев, Україна

## **ОБОБЩЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Рассмотрена концепция создания медицинского датчика для мониторинга состояния здоровья пациента, целью которого является суммирование данных от различных датчиков. Датчик предупреждает о переходе предельных параметров и об опасном приближении нескольких параметров до значений, которые в совокупности представляют собой угрозу для здоровья человека (хотя ни один из параметров не преступил границ). В настоящее время используются системы мониторинга для обобщения состояния здоровья пациентов, которые предназначены для сигнализации, когда один из параметров прошел допустимый предел. Таким образом, решается проблема предотвращения угрозы для здоровья пациента, когда несколько параметров увеличиваются без перехода опасной границы.*

**Ключевые слова:** интеллектуальный медицинский датчик; автоматизированные интеллектуальные системы; уровень опасности для здоровья.

**V. Y. Kutkovetskiy,**  
Petro Mohyla Black Sea National University,  
**M. Y. Turty,**  
The Admiral Makarov National University  
of Shipbuilding,  
**O. V. Hryza,**  
Petro Mohyla Black Sea National University,  
Mykolaiv, Ukraine

## **CONSOLIDATED MEDICAL SENSOR SYSTEMS FOR INTELLIGENT SYSTEMS**

*It is considered the concept of creating a medical sensor for monitoring of the patient's health, which aims to summarize data from various sensors. Sensor warns about limit parameters' transition and the dangerous approach of several parameters to the values, which together represent a threat to human health (although none of the parameters do not overstepped the borders).*

*Automated intelligent systems are used to obtain information about the current physical condition and data of athletes, older or sick adults and children. The medical sensors signal their physical characteristics and the occurrence of problems with varying levels of required medical maintenance, or threats to their health.*

*This issue is relevant because its solution is aimed at the timely receipt of necessary medical procedures by the patients who face the greatest danger. This preserves the health of patients, improve patient care and improve working conditions for medical staff, which must not decide the problem of the establishment of the queue of patients at the moment of a few received alarms.*

*Currently used monitoring system for summarizing the state of patient's health are designed to alarm, when any one of the parameters passed the allowed limit. Therefore, it is solved the problem of the threats prevention to the health of the patients, when multiple parameters are increased without going over dangerous border.*

**Key words:** *intelligent medical sensor; automated intelligent systems; level of patients health danger.*

**Рецензенти:** д. п. н. проф. О. П. Мещанінов;  
д. т. н. проф. М. П. Мусієнко.

© Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В.

*Дата надходження статті до редколегії 11.05.16*