

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПРОСОЛОВСЬКА ВІТА ВІТАЛІЇВНА

УДК 681.784.88

**ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ІНДЕКСУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ**

Спеціальність 05.11.17 – Біологічні та медичні прилади і системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Кожем'яко Володимир Прокопович**, Вінницький національний технічний університет, м. Київ, завідувач кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, заслужений діяч науки і техніки України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Кузовик В'ячеслав Данилович**, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини

доктор технічних наук, професор **Яворський Богдан Іванович**, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, завідувач кафедри біотехнічних систем

Захист відбудеться "15" 01 2011 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.02 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210, ГНК.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий "14" 12 2010 р.

В.о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради

В.Ю. Кучерук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В останні роки спостерігається зростання кількості захворювань, які потребують постійного моніторингу організму людини за допомогою систем діагностування, що спрямовані на підвищення ефективності методів реєстрації та оброблення діагностичних показників. На першому плані постає задача діагностування, що дозволяє на ранніх стадіях захворювань відслідковувати відхилення оптимального рівня функціонування організму від норми, та визначення за результатами моніторингу індексу здоров'я людини. Розвиток даного напрямку особливого значення набуває в космічній медицині, спорті та в повсякденному житті при комплексному процесі оздоровлення.

Досягнення закордонних фірм при розробці та вдосконаленні систем діагностування організму людини призвели до значних їх ускладнень, що в свою чергу обумовило непомірно високу вартість та зниження доступності таких систем у масовому використанні. Разом з тим сучасний ринок медичних діагностуючих засобів достатньо обмежений. Ця обмеженість обумовлена жорсткими вимогами до неінвазивності та нешкідливості проведення досліджень, необхідністю отримання достовірної та точної інформації про порушення в організмі на початковому етапі захворювання, розробкою ефективних методів оброблення біомедичної інформації та відсутністю відповідного поставленим вимогам програмного забезпечення.

Використання в медицині оптико-електронних систем та нових методів оброблення біомедичної інформації різко розширили можливості діагностування.

Серед відомих наукових шкіл, які працюють у напрямі оптико-електронних технологій діагностування функціонального стану організму людини та оброблення біомедичної інформації, в першу чергу слід виділити вітчизняні і зарубіжні школи: В.П. Кожем'яко, С.В. Павлова, В.Г. Петрука, З.Ю. Готри, В.Д. Кузовика, С.М. Злепка, Б.І. Яворського, І.І. Хаїмзона, О.П. Ротштейна, О.П. Мінцера, А.М. Коробова, В.В. Тучина, Р.М. Баєвського та ін.

Сучасний рівень розвитку оптико-електронних технологій дозволяє створювати малогабаритні, енергоекономічні та мобільні системи діагностування функціонального стану організму людини. У біомедичних засобах, побудованих на оптоелектронній елементній базі, процес перетворення й оброблення інформації здійснюється оптичними паралельними методами, із поліпшеними показниками якості. Це пов'язано з тим, що в елементах з оптичним зв'язком використовуються як носії інформації фотони, що дозволяє різко збільшити продуктивність і розширити функціональні можливості оптико-електронних систем.

Таким чином, на сьогоднішній день важливим завданням є розробка нових методів оброблення біомедичної інформації та розробка оптико-електронних систем, що здатні достовірно діагностувати функціональний стан людини та визначити інтегральний показник – індекс здоров'я людини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. За обраним напрямом наукових досліджень робота брала участь у виконанні науково-дослідних програм кафедри лазерної та оптоелектронної техніки Вінницького національного технічного університету, а також за загальнодержавними держбюджетними темами Міністерства освіти і науки України № 57-ДК-01 "Створення оптоелектронних та лазерних технологій для нетрадиційних методів діагностики і терапії серцево-судинної системи людини" (№ державної реєстрації 0104U010159) та № 57-Д-300 "Оптико-електронні паралельні логіко-часові інформаційно-енергетичні середовища на базі образних комп'ютерів" (№ державної реєстрації 0108U000662).

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є підвищення достовірності оброблення біомедичної інформації шляхом розробки моделі, модифікації методу та удосконалення оптико-електронної системи для визначення індексу здоров'я людини.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Здійснити аналіз існуючих методів та систем діагностування функціонального стану організму людини для визначення індексу здоров'я.

2. Розробити методіку оброблення біомедичної інформації для визначення індексу здоров'я людини за сукупністю діагностичних показників функціонування організму людини.

3. Модифікувати метод для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини.

4. Розробити аналітичну модель оброблення діагностичних показників для визначення індексу здоров'я людини.

5. Удосконалити архітектуру оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини.

6. Розробити програмно-алгоритмічне забезпечення для оптико-електронної системи діагностування.

Об'єктом дослідження є процес визначення індексу здоров'я людини в оптико-електронній системі діагностування.

Предметом дослідження є індекс здоров'я людини та оптико-електронна система діагностування, що здійснює його визначення.

Методи досліджень базуються на основних положеннях системного аналізу і теорії біомедичних засобів, математичної статистики і комп'ютерної обробки біомедичної інформації, теорії алгоритмів, теорії експерименту та комп'ютерного моделювання для перевірки адекватності роботи оптико-електронної системи.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше отримано аналітичну модель оброблення діагностичних показників для визначення індексу здоров'я людини, яка за рахунок використання методу парzenовського вікна на основі експертної бази знань, дозволила підвищити достовірність оброблення біомедичної інформації.

2. Модифіковано метод парzenовського вікна для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини, шляхом обробки біомедичної інформації за сукупністю діагностичних показників, що дозволило підвищити достовірність оброблення біомедичної інформації.

3. Дістала подальшого розвитку архітектура оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини, яка, на відміну від існуючих, має можливість нарощення модулів, їх модифікації та корекції, що дозволило розширити її функціональні можливості та область застосування.

Практичне значення одержаних результатів:

- Розроблено структурну та функціональну схеми роботи оптико-електронної системи діагностування функціонального стану людини для визначення індексу здоров'я людини за сукупністю діагностичних показників.

- Розроблено структурну схему центрального спецпроцесору оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини.

- Розроблено структурну схему оптоелектронного спецпроцесору для визначення індексу здоров'я людини та промодельовані три типи структурних схем оптоелектронних розрядно-зрізових спецпроцесорів.

- Розроблено модулі для збору, накопичення, обробки та відображення біомедичних даних, які дозволяють скоротити час вимірювань, підвищити надійність та точність вимірювань, розширити функціональні можливості.

- Розроблено програмне забезпечення, що реалізує аналітичну модель оброблення діагностичних показників для визначення індексу здоров'я людини.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено: на фірмі NMT, Lda (Madan Parque, FCT-UNL. Rua dos Inventores. 2825-182 Caparica, Portugal); у навчальний процес кафедри лазерної та оптоелектронної техніки Вінницького національного технічного університету.

Особистий внесок здобувача. Всі результати, які складають основний зміст

дисертації, отримані здобувачем самостійно. В роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать: оцінено та побудовано залежності часових параметрів, продуктивностей, апаратурних витрат, ефективностей структур оптикоелектронних розрядно-зрізових спецпроцесорів [1, 2, 21], запропоновано класифікацію одиничних кодів за ознаками [3], запропоновано метод зв'язку через пристрій Bluetooth [4, 13], здійснено огляд сучасних систем обробки та відображення зображень [5], проведено огляд оптико-електронних методів діагностування в біомедицині [6], розроблено структурну схему, основні блоки та методи контролю вмісту глюкози в оптико-електронній системі [7, 22, 23], розроблено структурну та функціональну організації оптико-електронної системи [8], запропоновано принцип побудови пристроїв для створення оптико-електронної системи [9-19].

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на 8 науково-технічних конференціях: XXXIV науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м.Вінниці та області (Вінниця, 2005); VIII міжнародній конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС - 2005) (Вінниця, 2005); XXIX міжнародній науково-технічній конференції «Применение лазеров в медицине и биологии» VII Васильевские чтения (Харків, 2008); IV та V Міжнародних науково-технічних конференціях з оптикоелектронних інформаційних технологій „Photonics-ODS” 2008, 2010 (Вінниця, 2008, 2010); IX міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування 2010: стан і перспективи» (Київ, 2010); Першому всеукраїнському з'їзді «Медицина та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю (Київ, 2010); Міжнародній науково-технічній конференції «Optics and Photonics 2010» (San Diego, California, USA, 2010).

Публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень викладені в 27 наукових працях, серед яких 8 статей у наукових журналах, що входять до переліку ВАК України, 8 тез у матеріалах конференцій, 1 патент на винахід та 10 патентів на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, 8 додатків, списку використаних джерел (120 найменувань). Основний зміст викладено на 150 сторінках друкованого тексту, містить 61 рисунок, 17 таблиць. Загальний обсяг дисертації 190 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** до дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету та задачі досліджень. Наведено основні наукові і практичні результати, відомості про їх впровадження, апробацію та публікацію.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих фотометричних методів, що використовуються в системах медичного діагностування.

Проведено аналіз та порівняльну оцінку існуючих вітчизняних та зарубіжних методів діагностування функціонального стану організму людини. Всі методи визначення загальної фізичної працездатності потребують виконання певного фізичного навантаження, використовують лише один критерій здоров'я – частоту серцевих скорочень, що не може давати достатню картину про загальний функціональний стан людини.

Проведено аналіз та порівняльну оцінку існуючих систем діагностування функціонального стану людини, основним недоліком яких є низька достовірність та точність вимірювань

Отримані результати дозволили визначити подальший напрямок досліджень.

У **другому розділі** запропоновано методіку оброблення біомедичної інформації для визначення індексу здоров'я людини за такою сукупністю діагностичних показників: частота серцевих скорочень (ЧСС), середній артеріальний тиск (АТ_{ср}), насичення артеріальної крові

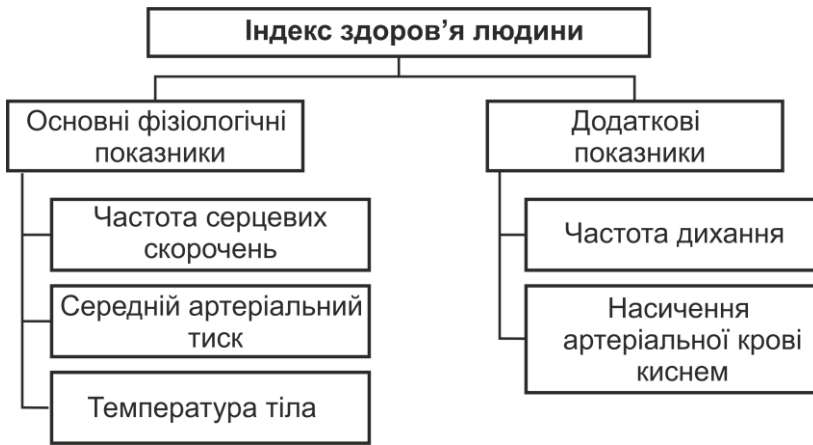


Рис. 1. Структура індексу здоров'я людини

киснем (SpO_2), частота дихання (ЧД) та температура (T) (рис. 1).

На початковому етапі математичної обробки результатів вимірювань для кожного з п'яти діагностичних показників $D = 5$ множини даних X було використано нормалізацію за формулою

$$x_{N_i} = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}, \quad (1)$$

де x_i – вхідна величина, \bar{x} – середнє значення вхідної величини, σ – дисперсія.

Густина розподілу ймовірності індексу здоров'я людини – це функція $p(x)$, де $x = \{x_1, x_2, \dots, x_5\}$ – вектор діагностичних показників з $x_1 = \text{ЧСС}$, $x_2 = \text{АТ}_{\text{СР}}$, $x_3 = \text{SpO}_2$, $x_4 = \text{ЧД}$, $x_5 = T$. Функцію $p(x)$ густини розподілу ймовірності вектора x отримано за допомогою методу оцінки густини ядра (метод парzenовського вікна) із застосуванням ядра Гауса

$$p(x) = \frac{1}{n(2\pi)^{D/2} \sigma^D} \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{|x - x_{N_i}|^2}{2\sigma^2}\right), \quad (2)$$

де n – кількість вимірювань, D – кількість діагностичних показників, x_{N_i} – вектор нормованих вхідних даних

В дисертаційній роботі модифіковано метод парzenовського вікна для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини ($InHealth$) за сукупністю вхідних діагностичних показників. Згідно з даним модифікованим методом густина розподілу ймовірності індексу здоров'я людини визначається за формулою

$$InHealth = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K p_i, \quad (3)$$

де K – кількість пар комбінацій діагностичних показників ($K = 10$).

Функція густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини $p(x)$ для $D = 2$, $x = \{x_1, x_2\} = \{\text{ЧСС}, \text{АТ}_{\text{СД}}\}$ знаходиться за формулою

$$p_1(\text{ЧСС}, \text{АТ}_{\text{СД}}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \sum_{i=1}^n \exp\left(-\left(\frac{|\text{ЧСС} - \text{ЧСС}_{N_i}|^2}{2\sigma_{\text{ЧСС}}^2} + \frac{|\text{АТ}_{\text{СД}} - \text{АТ}_{\text{СД}_{N_i}}|^2}{2\sigma_{\text{АТ}_{\text{СД}}}^2}\right)\right). \quad (4)$$

Підставивши значення функцій десяти пар комбінацій діагностичних показників (ЧСС, АТ_{СД}, SpO₂, ЧД, T), отримуємо формулу для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини за модифікованим методом парzenовського вікна

$$InHealth(\text{ЧСС}, \text{АТ}_{\text{СР}}, \text{SpO}_2, \text{ЧД}, T) =$$

$$\begin{aligned}
& \left(\sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|ЧСС - ЧСС_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧСС}^2} + \frac{|АТср - АТср_{N_i}|^2}{2\sigma_{АТср}^2} \right) \right) + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|ЧСС - ЧСС_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧСС}^2} + \frac{|SpO_2 - SpO_{2N_i}|^2}{2\sigma_{SpO_2}^2} \right) \right) \right) + \\
& + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|ЧСС - ЧСС_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧСС}^2} + \frac{|ЧД - ЧД_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧД}^2} \right) \right) + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|ЧСС - ЧСС_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧСС}^2} + \frac{|Т - Т_{N_i}|^2}{2\sigma_T^2} \right) \right) + \\
& = \frac{1}{2\pi n K \sigma^2} + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|АТср - АТср_{N_i}|^2}{2\sigma_{АТср}^2} + \frac{|SpO_2 - SpO_{2N_i}|^2}{2\sigma_{SpO_2}^2} \right) \right) + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|АТср - АТср_{N_i}|^2}{2\sigma_{АТср}^2} + \frac{|ЧД - ЧД_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧД}^2} \right) \right) + \\
& + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|АТср - АТср_{N_i}|^2}{2\sigma_{АТср}^2} + \frac{|Т - Т_{N_i}|^2}{2\sigma_T^2} \right) \right) + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|SpO_2 - SpO_{2N_i}|^2}{2\sigma_{SpO_2}^2} + \frac{|ЧД - ЧД_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧД}^2} \right) \right) + \\
& + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|SpO_2 - SpO_{2N_i}|^2}{2\sigma_{SpO_2}^2} + \frac{|Т - Т_{N_i}|^2}{2\sigma_T^2} \right) \right) + \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|ЧД - ЧД_{N_i}|^2}{2\sigma_{ЧД}^2} + \frac{|Т - Т_{N_i}|^2}{2\sigma_T^2} \right) \right) \right). \quad (5)
\end{aligned}$$

InHealth - це комплексний показник десяти груп вхідних діагностичних показників, який показує залежність функції густини розподілу ймовірності $p(x)$ індексу здоров'я від ЧСС, АТ_{ср}, SpO₂, ЧД та Т. Густина розподілу ймовірності індексу визначає область значень нормального стану людини та відслідковує відхилення.

Розроблено аналітичну модель оброблення діагностичних показників для визначення індексу здоров'я людини з використанням методу парзенівського вікна на основі експертної бази знань для трьох можливих варіантів в загальному вигляді

$$InHealth = 1 - \begin{cases} L_{K_2C}, n_{pu} (L_{K_2C} < L_{K_1C}) \& (\max(L_{K_2C}, L_{K_1C}) > L_{K_1K_2}); \\ L_{K_1C}, n_{pu} (L_{K_1C} < L_{K_2C}) \& (\max(L_{K_2C}, L_{K_1C}) > L_{K_1K_2}); \\ 0, n_{pu} (\max(L_{K_2C}, L_{K_1C}) < L_{K_1K_2}), \end{cases} \quad (6)$$

де L_{K_1C} , L_{K_2C} та $L_{K_1K_2}$ - відстані між точкою C вхідних даних та K_1 і K_2 - коренями системи рівнянь для знаходження координат найближчої точки густини розподілу натренованої експертної бази знань.

Система рівнянь в загальному випадку для визначення коренів з координатами найближчої точки густини розподілу нормальних значень

$$\begin{cases} x(y_{N_0} - y_{N_p}) + y(x_{N_p} - x_{N_0}) - x_{N_p} \cdot y_{N_0} + x_{N_0} \cdot y_{N_p} = 0 \\ \frac{1}{n(2\pi)^{\frac{D}{2}} \sigma^D} \sum_{i=1}^n \exp \left(- \left(\frac{|x - x_{N_i}|^2}{2\sigma_x^2} + \frac{|y - y_{N_i}|^2}{2\sigma_y^2} \right) \right) = 1 \end{cases}, \quad (7)$$

де y_{N_0} , x_{N_0} - нормовані дані експертної тренованої системи; y_{N_p} , x_{N_p} - нормовані дані пацієнта, що обстежується.

В розширеному вигляді аналітична модель оброблення п'яти діагностичних показників (ЧСС, АТ_{ср}, SpO₂, ЧД, Т) для визначення індексу здоров'я людини має вигляд

$$InHealth =$$

$$\begin{aligned}
&= \left(1 - \sqrt{(ЧСС_{N_p} - ЧСС_k)^2 + (АТср_{N_p} - АТср_k)^2}\right) \cdot \left(1 - \sqrt{(ЧСС_{N_p} - ЧСС_k)^2 + (SpO_{2N_p} - SpO_{2k})^2}\right) \cdot \\
&\cdot \left(1 - \sqrt{(ЧСС_{N_p} - ЧСС_k)^2 + (ЧД_{N_p} - ЧД_k)^2}\right) \cdot \left(1 - \sqrt{(ЧСС_{N_p} - ЧСС_k)^2 + (T_{N_p} - T_k)^2}\right) \cdot \\
&\cdot \left(1 - \sqrt{(АТср_{N_p} - АТср_k)^2 + (SpO_{2N_p} - SpO_{2k})^2}\right) \cdot \left(1 - \sqrt{(АТср_{N_p} - АТср_k)^2 + (ЧД_{N_p} - ЧД_k)^2}\right) \cdot \quad (8) \\
&\cdot \left(1 - \sqrt{(АТср_{N_p} - АТср_k)^2 + (T_{N_p} - T_k)^2}\right) \cdot \left(1 - \sqrt{(SpO_{2N_p} - SpO_{2k})^2 + (ЧД_{N_p} - ЧД_k)^2}\right) \cdot \\
&\cdot \left(1 - \sqrt{(SpO_{2N_p} - SpO_{2k})^2 + (T_{N_p} - T_k)^2}\right) \cdot \left(1 - \sqrt{(ЧД_{N_p} - ЧД_k)^2 + (T_{N_p} - T_k)^2}\right)
\end{aligned}$$

де $ЧСС_k, АТср_k, SpO_{2k}, ЧД_k, T_k$ - корені вирішення системи рівнянь (7),
 $ЧСС_{N_p}, АТср_{N_p}, SpO_{2N_p}, ЧД_{N_p}, T_{N_p}$ - нормовані дані пацієнта, що обстежується.

Запропоновано градацію рівня здоров'я людини в залежності від індексу (табл. 1).

Таблиця 1

Градація здоров'я людини

InHealth	Рівень здоров'я людини
1 – 0,6	Високий
0,6 – 0,4	Середній
0,4 – 0,2	Низький

У **третьому розділі** розроблено структурну організацію оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я (рис. 2), де 1 – модуль для збору основних фізіологічних показників (ЗОФП), 2 – модуль для збору додаткових показників (ЗДП), 3 – модуль для збору зовнішніх факторів навколишнього середовища (ЗЗФ), 4 – модуль для внесення даних лікарем (ВДЛ), 5 – модуль для відтворення індексу здоров'я людини (ВІЗЛ).

Розроблено центральний спецпроцесор, який на відміну від існуючих дозволяє проводити аналіз діагностичних показників і виконувати елементарні арифметичні операції, а також логічні операції над десятковими числами паралельно з контролем стану організму, що дозволило розширити його функціональні можливості та область застосування (рис. 3). Розроблено опто-електронний спецпроцесор системи (рис. 4).

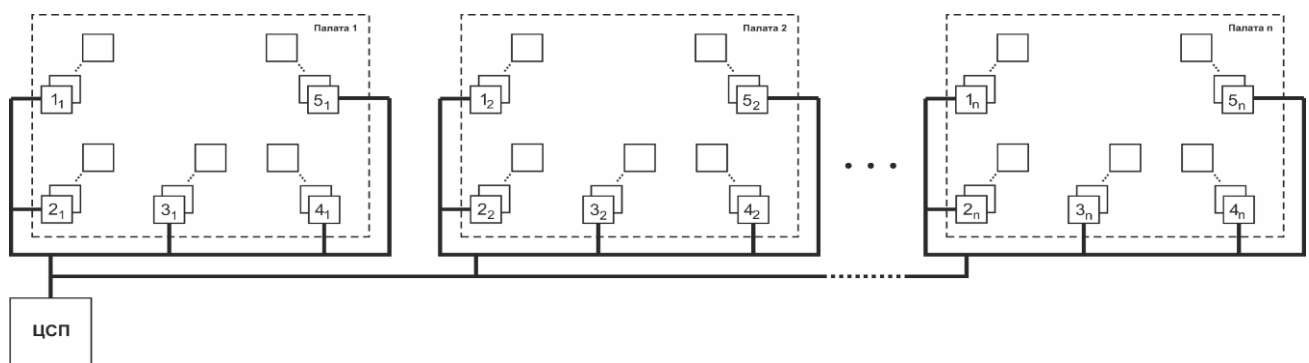


Рис. 2. Структурна організація оптико-електронної системи

Оптоелектронний спецпроцесор, на відміну від існуючих, дозволяє проводити арифметичний аналіз діагностичних показників і виконувати елементарні арифметичні операції, а також логічні операції над десятковими числами паралельно з контролем стану організму, що дозволило розширити його функціональні можливості та область застосування.

На рис. 4 позначено: 1 - оптоелектронний індикатор; 2 – напівпрозорий кристалічний індикатор; ОЕ – операційного оптоелектронного екрана; БК - блок запуску; БК - блок корекції; БКІЧ - блок керування індикацією часу; БВТ - блок визначення температури; НД - блок набору оптоелектронних датчиків; БЛО - блок логічних операцій; ББРМП -

багатоканальний блок реєстрації медичних параметрів; БОМІ - блок обробки медичної інформації; ЦКП - центральний керуючий пристрій; ТВ - таймерний вузол; БСп - блок сполучення; ЗП - зовнішні пристрої; ОЗП - операційний запам'ятовуючий пристрій; ЗС - звукова схема; БЗР - блок задання режимів; БПК - блок програмного керування; БР - блок розрядності; БРЧ - блок реєстрів частки; БФК - блок формування кратних; БП - блок порівняння; БО - блок операндів.

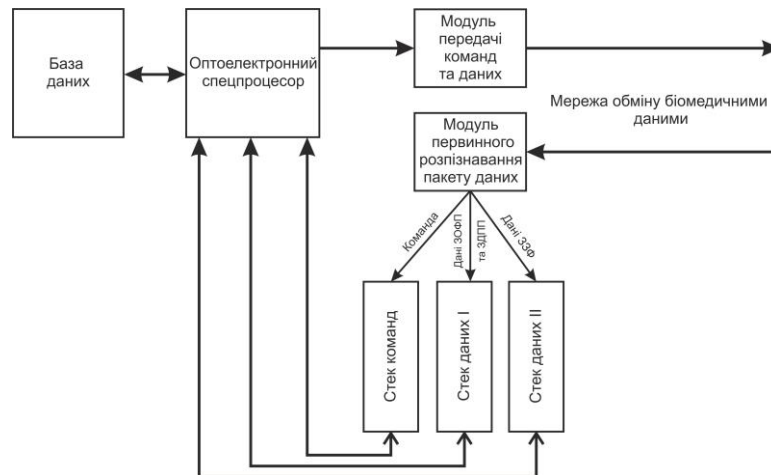


Рис. 3. Структурна схема центрального спецпроцесору

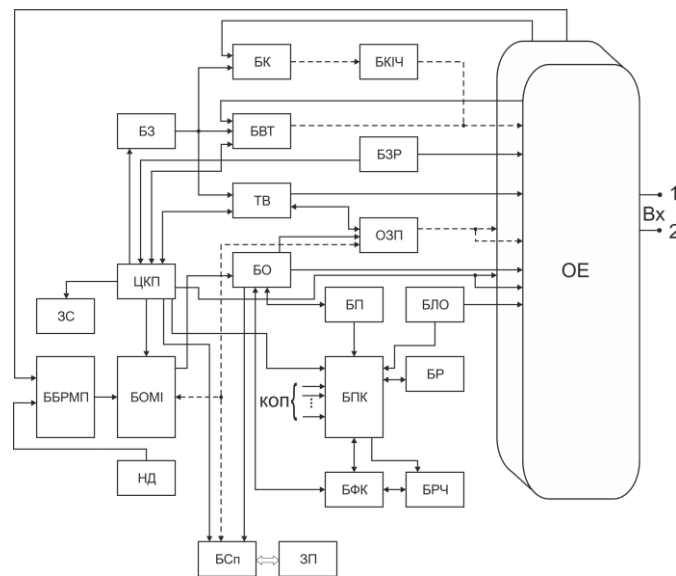


Рис. 4. Структурна схема оптоелектронного спецпроцесору

Оцінені основні часові параметри, продуктивність, апаратні витрати та ефективність для трьох типів структурних схем оптоелектронних розрядно-зрізових спецпроцесорів, які основані на техніці оптичних цифрових обчислень та реалізують добуток трьох матриць оптичними цифровими методами, та проведено їх порівняння.

Розроблено модулі для збору, накопичення, обробки та відображення біомедичних даних, в яких за рахунок введення нових блоків та зв'язків досягається простота конструкцій, що дозволяє скоротити час вимірювань, підвищує надійність та точність вимірювань, розширює їх функціональні можливості.

Запропоновано функціональну організацію оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини (рис. 5).

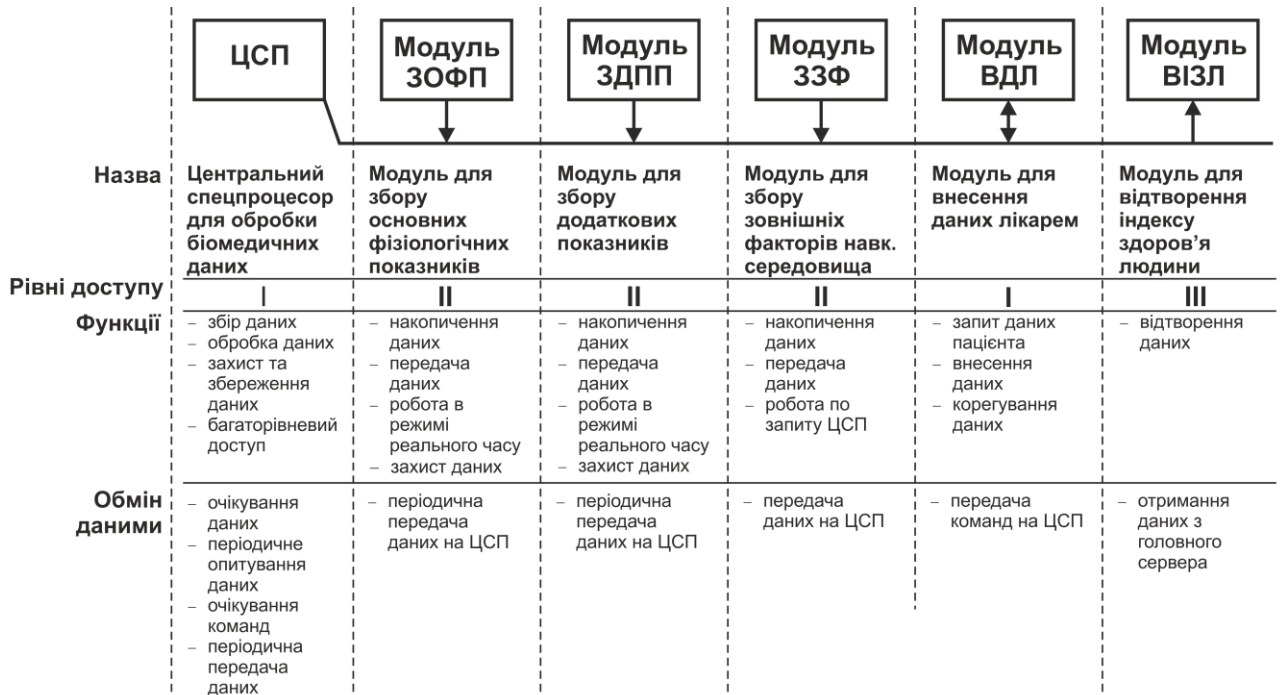


Рис. 5. Функціональна організація оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини

У четвертому розділі проведено експериментальні дослідження оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини. Розраховані середні значення та відхилення, а також подані нормальні значення здорових нетренованих осіб для кожного з п'яти параметрів даних (табл. 2).

На рис. 6 представлений графік функції густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини за параметрами ЧСС, АТ_{СР}, SpO₂, ЧД та Т. Спостерігаються чотири піки. Найвищий пік характеризує найбільшу кількість достовірних даних. Інші три піки характеризують дані, які відхиляються від норми і потребують відповідного коригування. Модифікований метод парзенівського вікна для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини буде тим достовірнішим, чим більше буде накопичено експериментальних даних, зібраних з великої кількості здорових осіб, які формуватимуть натреновану експертну базу знань.

Таблиця 2

Середні значення виміряних даних

Параметр	Нормальне значення	Середнє розраховане значення	Розраховане середньоквадратичне відхилення
ЧСС, уд/хв	60-70	68,05	8,27
АТ _{СР} , мм рт.ст.	97-105	95,58	14,56
SpO ₂ , %	95-98	88,6	6,79
ЧД, уд/хв	16-20	18,95	4,13
Т, °С	36-37,1	36,8	0,55

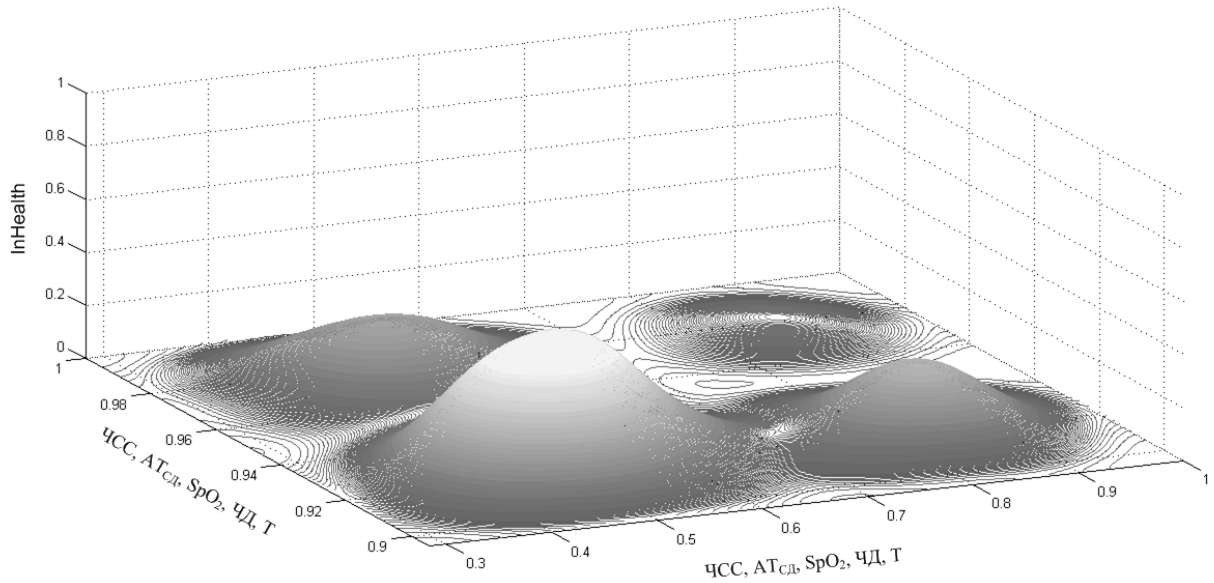


Рис. 6. Графік функції густини розподілу ймовірності InHealth для п'яти параметрів даних

Проведено дослідження аналітичної моделі оброблення діагностичних показників для визначення індексу здоров'я людини із використанням методу парзенівського вікна. Провівши порівняння нових даних із натренованою експертною базою знань, отримуємо рівні індексу здоров'я для кожного досліджуваного пацієнта та результати градації за рівнем здоров'я.

За даним проведених досліджень найбільший рівень здоров'я у 1-го пацієнта (InHealth = 1), оскільки всі його життєві показники знаходять у межах норми, тому попадають у розподіл нормальних значень натренованої експертної системи. Інша ситуація для 2-го (InHealth = 0,57) та 3-го (InHealth = 0,38) пацієнтів. Відповідно їх дані не попадають у область нормальних значень, тому для них була розрахована відстань до найближчої точки графіку густини розподілу та відповідно визначений індекс, який характеризується середнім та низьким рівнями здоров'я.

Кількісною оцінкою достовірності оброблення біомедичної інформації є адекватність розробленої аналітичної моделі. Для оцінювання адекватності моделі і повноти набору пояснювальних факторів зазвичай використовують коефіцієнт детермінованості R^2 , який називають величиною достовірності. Достовірність R^2 – це відношення дисперсії, яка пояснюється регресійним аналізом, до загальної дисперсії

$$R^2 = 1 - \frac{S_{ном}}{S_{заг}}, \quad (9)$$

де $S_{ном} = \sum_i (y_i - x_i)^2$ - сума квадратів помилок, $S_{заг} = \sum_i (y_i - \bar{y})^2$ - загальна сума квадратів, y_i - експериментальні дані, x_i - модельні дані, \bar{y} та \bar{x} - середні значення експериментальних даних та даних моделі.

Загальну суму квадратів відхилень $S_{заг}$ знайдено на основі експериментальних даних – 0,0152. Суму квадратів помилок досліджено для розглянутих в першому розділі методів інтегральної оцінки функціонального стану організму людини та розробленої аналітичної моделі (табл. 3).

Оцінювання достовірності оброблення біомедичної інформації

Метод оцінки функціонального стану	$S_{ном}$	R^2
PWC ₁₇₀ ГЦОЛІФКа	0,0035	0,77
Тест ВЕС ₁₅₀	0,0037	0,75
Проба Руф'є	0,0042	0,72
Аналітична модель оброблення діагностичних показників	0,0021	0,86

В результаті проведення дослідження найбільші значення достовірності отриманих результатів має розроблена аналітична модель і перевищує достовірність при застосування відомих методів на 9%. Тому можна стверджувати, що розробка аналітичної моделі для визначення індексу здоров'я людини була доцільною.

Розроблено програмне забезпечення, що реалізує аналітичну модель та метод оброблення сукупності діагностичних показників з метою визначення індексу здоров'я людини. Програмний пакет дозволяє реєструвати, обробляти та зберігати біомедичну інформацію, що надходить із зовнішніх модулів оптико-електронної системи діагностування (рис. 7).

Інформативний простір програмного забезпечення формують:

- база даних пацієнтів, в якій накопичуються та зберігаються дані вимірювань кожного пацієнтів системи;
- база даних стандартних показників, в якій зберігається діапазон норми, які встановлюються в результаті комп'ютерної обробки багаторазових вимірювань.

В результаті комп'ютерного аналізу виявлене відхилення діагностичних показників функціонального стану пацієнта від встановленої норми виводиться на екран у кількісному виразі (у відсотках).

Результати роботи програми аналізує лікар-експерт, який приймає рішення про рівень індексу здоров'я пацієнта та формує експертний висновок.

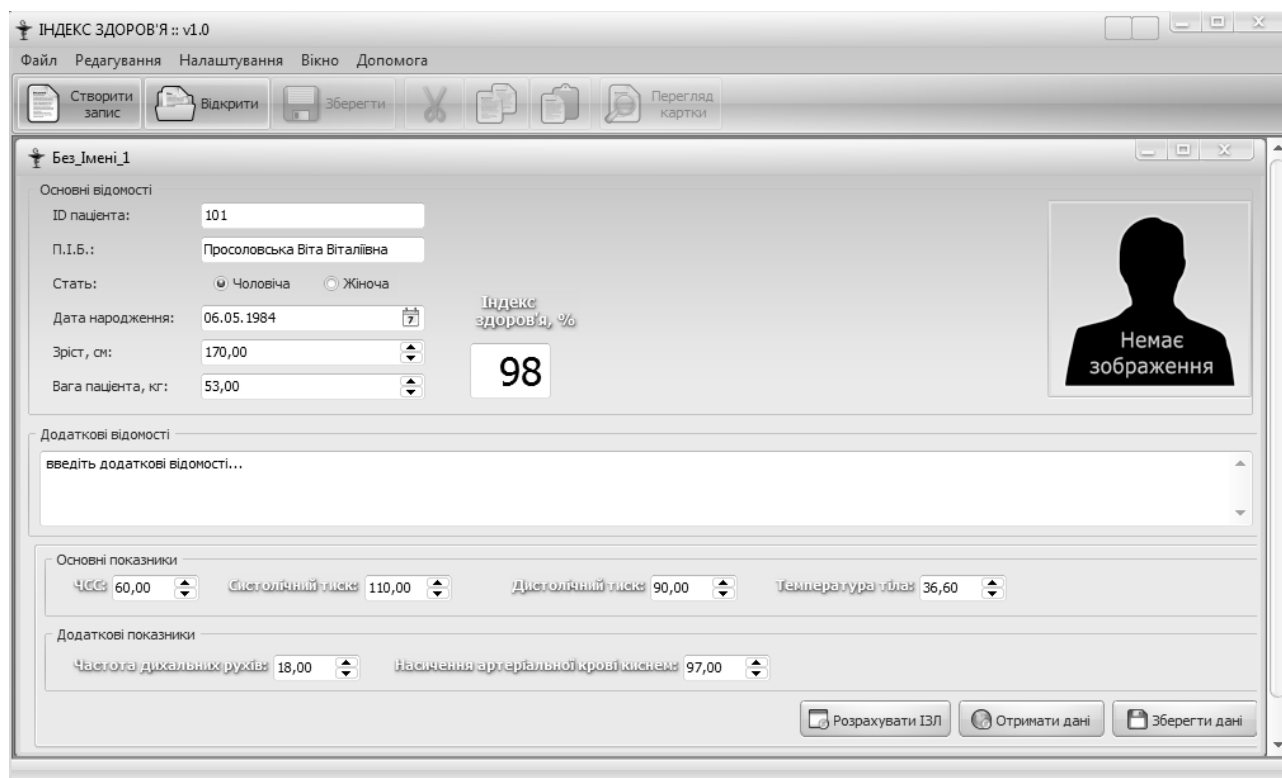


Рис. 7. Діалогове вікно збору даних пацієнта та виведення результатів роботи програми

В **додатках** наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, експериментально визначені діагностичні показники, програма роботи модифікованого методу парzenовського вікна, програма реалізації модифікованого методу парzenовського вікна для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини, результати комп'ютерного моделювання модифікованого методу парzenовського вікна для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини та аналітичної моделі оброблення діагностичних показників в програмах MatLAB та MathCAD.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

У дисертаційній роботі виконані дослідження, присвячені розв'язанню важливої науково-практичної задачі підвищення достовірності оброблення біомедичної інформації шляхом розробки моделі, модифікації методу та оптико-електронної системи для визначення індексу здоров'я людини.

У процесі вирішення поставленого завдання отримано такі наукові та практичні результати:

1. Здійснено аналіз відомих методів та систем діагностування функціонального стану людини для визначення індексу здоров'я, що дозволило виявити існуючі недоліки та сформулювати задачі досліджень.

2. Запропоновано методику оброблення біомедичної інформації для визначення індексу здоров'я людини, яка, на відміну від існуючих, здійснюється за сукупністю діагностичних показників систем функціонування організму людини, що дозволило підвищити достовірність діагностування за рахунок формування експертної бази знань.

3. Модифіковано метод парzenовського вікна для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини, шляхом обробки біомедичної інформації за сукупністю діагностичних показників, що дозволило підвищити достовірність оброблення біомедичної інформації.

4. Вперше отримано аналітичну модель оброблення діагностичних показників для визначення індексу здоров'я людини, яка за рахунок використання методу парzenовського вікна на основі експертної бази знань, дозволила підвищити достовірність оброблення біомедичної інформації на 9%.

5. Розроблено структурну схему роботи оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини на основі методики оброблення сукупності діагностичних показників, яка на відміну від існуючих систем має можливість нарощення модулів, їх модифікації та корекції, що дозволило розширити її функціональні можливості та область застосування.

6. Розроблено центральний спецпроцесор оптико-електронної системи та оптоелектронний спецпроцесор, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків забезпечується можливість керування і обробки біомедичної інформації, а також можливість використання його в якості арифметичного пристрою з можливістю виконання логічних операцій над десятковими числами, що розширює його функціональні можливості та область застосування.

7. Розроблено модулі для збору, накопичення, обробки та відображення біомедичних даних, в яких за рахунок введення нових блоків та зв'язків досягається простота конструкцій, що дозволяє скоротити час вимірювань, підвищує надійність та точність вимірювань, розширює їх функціональні можливості.

8. Розроблено алгоритми функціонування оптико-електронної системи та програмне забезпечення, що реалізує аналітичну модель та метод оброблення сукупності діагностичних показників з метою визначення індексу здоров'я.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено: на фірмі NMT, Lda (Madan Parque, FCT-UNL. Rua dos Inventores. 2825- 182 Caparica, Portugal); у навчальний процес кафедри лазерної та оптоелектронної техніки Вінницького національного технічного університету

при викладанні дисциплін “Основи науково-дослідної роботи”, “Оптоелектронна схемотехніка”, “Теоретичні основи побудови оптичних інформаційних систем”, “Системотехніка оптоелектронних та лазерних систем”, “Оптична обробка сигналів”.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ*

1. Дмитрук В.В. Структурна організація оптоелектронного розрядно-зрізового спецпроцесора з потрійним добутком матриць / Заболотна Н.І., Дмитрук В.В., Дроненко О.В. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 1. – С.121-124.
2. Дмитрук В.В. Оптоелектронні пристрої для обчислення паралельного добутку трьох матриць / Заболотна Н.І., Шолота В.В., Дмитрук В.В. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – №2(10). – С. 102-109.
3. Дмитрук В.В. Класифікація одиничних кодів / Кожем’яко В.П., Мартинюк Т.Б., Дмитрук В.В., Власійчук В.В. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 11. – С. 36-42.
4. Дмитрук В.В. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система біомедичного призначення / Кожем’яко В.П., Павлов С.В., Шевченко О.В., Дмитрук В.В. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – №2(12). – С. 192-196.
5. Дмитрук В.В. Аналіз сучасних систем обробки та відображення зображень / Кожем’яко В.П., Дмитрук В.В. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – № 1(15). – С. 47 –55.
6. Дмитрук В.В. Оптико-електронні методи діагностування в біомедицині / Дмитрук В.В., Белік Н.В., Штельмах С.О. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2009. – № 1(17). – С. 145 –153.
7. Дмитрук В.В. Портативний пристрій неінвазивного контролю вмісту глюкози в оптико-електронній геоінформаційно-енергетичній системі / Кожем’яко В.П., Дмитрук В.В., Прудіус П.Г. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – № 2(16). – С. 145 –155.
8. Просоловська В.В. Структурна та функціональна організація телемедичної оптико-електронної системи дистанційного діагностування для визначення індексу здоров’я людини / В. Просоловська, В. Кожем’яко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2010. с №1(19). – С. 138 – 148.
9. Пат. 9737 Україна, МПК⁷ Н 03 К12/00. Перетворювач напруги в код // Кожем’яко В.П., Ольшевська О.В., Дмитрук В.В.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200502694; заявл. 24.03.2005; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10.
10. Пат. 11961 Україна, МПК Н 03 М 1/00, F 02 D 11/06. Аналого-цифровий перетворювач для біосигналів // Кожем’яко В.П., Прудіус П.Г., Заболотна Н.І., Дмитрук В.В., Мурасі Якуб Ешхак Абу-Шабан.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200507021; заявл. 15.07.2005; опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1.
11. Пат. 14407 Україна, МПК Н 03 К 23/00. Пристрій для паралельного запису, збереження та відображення зображення // Кожем’яко В.П., Дмитрук В.В., Дусанюк С.В., Новицький Р.М.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200510885; заявл. 17.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.
12. Пат. 17282 Україна, МПК G 06 F 7/00. Пристрій для множення // Кожем’яко В.П., Мартинюк Т.Б., Дмитрук В.В., Стратійчук Р.Л.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200603511; заявл. 31.03.2006; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9.
13. Пат. 18684 Україна, МПК Н 04 N 7/173. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система з біопроекторним таймером-годинником // Кожем’яко В.П., Прудіус

* Дмитрук В.В. вважати Просоловською В.В. у зв’язку з одруженням і зміною прізвища.

П.Г., Шевченко О.В, Шевченко С.А., Кожем'яко А.В., Кожем'яко К.В., Дмитрук В.В.; заявник і патентовласник приватне мале підприємство «КВАНТРОН». – №200605671; заявл. 23.05.2006; опубл. 15.11.2006., Бюл. № 11.

14. Пат. 31508 Україна, МПК G 01 J 1/42. Спосіб вимірювання інтенсивності світла // Кожем'яко В.П., Прудиус П.Г., Дмитрук В.В., Ходяков Є.О.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200714155; заявл. 17.12.2007; опубл. 10.04.2008, Бюл № 7.

15. Пат. 37999 Україна, МПК Н 04 N 5/66. Матричний екран для відображення біомедичних зображень // Кожем'яко В.П., Прудиус П.Г., Дмитрук В.В., Белік Н.В.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200802321; заявл. 22.02.2008; опубл. 25.12.2008, Бюл. № 24.

16. Пат. 34558 Україна, МПК Н 03 К 23/00. Оптикоелектронний модуль для обробки зображень // Кожем'яко В.П., Дмитрук В.В., Косаківський І.М., Шевченко Н.П.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200804619; заявл. 10.04.2008; опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15.

17. Пат. 35527 Україна, МПК Н 03 К 3/42. Оптикоелектронний модуль // Кожем'яко В.П., Дмитрук В.В., Дусанюк С.В., Сидорук Л.В.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200804588; заявл. 10.04.2008; опубл. 25.09.2008, Бюл. № 18.

18. Пат. 34080 Україна, МПК G 04 G 1/00, G 04 G 3/00, A 61 B 5/00, G 06 F 7/52. Біопроектор // Кожем'яко В.П., Белік Н.В., Дмитрук В.В., Бойко О.А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200803000; заявл. 07.03.2008; опубл. 25.07.2008, Бюл. № 14.

19. Пат. 88826 Україна, МПК G 04 G 1/00, G 04 G 3/00, A 61 B 5/00, G 06 F 7/52. Оптико-електронний уніфікований десятковий спецпроцесор // Кожем'яко В.П., Белік Н.В., Дмитрук В.В., Бойко О.А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – №200803616; заявл. 21.03.2008; опубл. 25.11.2009, Бюл. № 22.

20. Дмитрук В.В. Оптикоелектронний пристрій для обчислення паралельного добутку трьох матриць / В.В. Дмитрук // Тези студентських доповідей: XXXIV науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – С.61.

21. Дмитрук В.В. Оптикоелектронні пристрої для обчислення паралельного добутку трьох матриць / Н.І. Заболотна В.В. Шолота, В.В. Дмитрук // Контроль і управління в складних системах (КУСС - 2005): міжнар. наук.-техн. конф., 24-27 жовтня 2005 р.: тези доп. – Вінниця, 2005. – С. 84.

22. Дмитрук В.В. Метод та пристрій неінвазивного визначення глюкози в крові / В. Кожем'яко, В. Дмитрук // Применение лазеров в медицине и биологии: междунар. науч.-практ. конф., 21-24 мая 2008 г.: материалы конф. – Харьков, 2008. – С. 319-321.

23. Дмитрук В.В. Поляризаційний метод визначення концентрації глюкози в крові / В.П. Кожем'яко, П.Г. Прудиус, В.В. Дмитрук // IV Міжнародна конференція з оптикоелектронних інформаційних технологій «PHOTONICS-ODS 2008»: міжнар. наук.-техн. конф., 30 вересня – 2 жовтня 2008 р.: тези доп. – Вінниця, 2005. – С. 66.

24. Просоловська В.В. Телемедична оптико-електронна система / В.В. Просоловська // Приладобудування 2010: стан і перспективи: міжнар. наук.-техн. конф., 27 – 28 квітня 2010 р.: тези доп. – Київ, 2010. – С. 196.

25. Просоловська В.В. Біомедичні системи на інтелектуальних операційних екранах / В.В. Просоловська // Перший Всеукраїнський з'їзд «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю: збірник праць, 23-26 червня 2010 р.: тези доп.. – Київ, 2010. – С. 264.

26. Prosolovska V.V. Telemedicine optoelectronic biomedical data processing system / V.V. Prosolovska // SPIE Optics+Photonics: Proc. of SPIE Vol. 7797, 77971C, 31 July – 1 August 2010. – San Diego (USA), 2010. – p. 77971C-1–77971C-8.

27. Просоловська В.В. Оптико-електронна система діагностування для визначення індексу здоров'я людини / В.В. Просоловська // IV Міжнародна конференція з оптикоелектронних інформаційних технологій «PHOTONICS-ODS 2008»: міжнар. наук.-техн. конф., 28 - 30 вересня 2010 р.: тези доп. – Вінниця, 2010. – С. 141.

АНОТАЦІЯ

Просоловська В.В. Оптико-електронна система діагностування для визначення індексу здоров'я людини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – Біологічні та медичні прилади і системи. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця – 2010.

Дисертація присвячена підвищенню достовірності оброблення біомедичної інформації шляхом розробки моделі, модифікації методу та удосконалення оптико-електронної системи для визначення індексу здоров'я людини. В роботі проведено теоретичне узагальнення методів інтегральної оцінки функціонального стану організму, проведено аналіз сучасних систем для оцінювання індексу здоров'я людини. Запропоновано методіку оброблення біомедичної інформації, модифіковано метод парzenовського вікна для побудови густини розподілу ймовірності індексу здоров'я людини та розроблено аналітичну модель оброблення діагностичних показників для визначення індексу здоров'я людини. Розроблено архітектуру оптико-електронної системи діагностування для визначення індексу здоров'я людини, яка має можливість нарощення модулів, їх модифікації та корекції, що дозволило розширити її функціональні можливості та область застосування. Розроблено центральний та оптоелектронний спецпроцесори оптико-електронної системи, промодельовані три типи структурних схем оптоелектронних розрядно-зрізових спецпроцесорів. Розроблено модулі для збору, накопичення, обробки та відображення біомедичних даних. Розроблено програмне забезпечення, що реалізує метод та аналітичну модель оброблення біомедичної інформації для визначення індексу здоров'я людини.

Ключові слова: діагностичний показник, індекс здоров'я людини, оптико-електронна система, оптоелектронний спецпроцесор.

АННОТАЦИЯ

Просоловская В.В. Оптико-электронная система диагностирования для определения индекса здоровья человека. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук за специальностью 05.11.17 – Биологические и медицинские приборы и системы. – Винницкий национальный технический университет, Винница – 2010.

Диссертация посвящена повышению достоверности обработки биомедицинской информации путем разработки модели, модификации метода и усовершенствованию оптико-электронной системы для определения индекса здоровья человека.

Проведен анализ известных методов и систем диагностирования функционального состояния человека для определения индекса здоровья, что позволило выявить существующие недостатки и сформулировать задачи исследований.

Предложена методика обработки биомедицинской информации для оценки индекса здоровья человека, которая в отличие от существующих осуществляется по совокупности диагностических показателей систем функционирования организма человека, что позволило повысить достоверность диагностирования за счет формирования экспертной базы знаний.

Модифицирован метод парzenовского окна для построения плотности распределения вероятности индекса здоровья человека, путем обработки биомедицинской информации по совокупности диагностических показателей, что позволило повысить достоверность обработки биомедицинских данных.

Впервые получена аналитическая модель обработки диагностических показателей для определения индекса здоровья человека, за счет использования метода парzenовского окна

на основе экспертной базы знаний, что позволило повысить достоверность обработки биомедицинской информации на 9%.

Разработана структурная схема работы оптико-электронной системы диагностирования для определения индекса здоровья человека на основе методики обработки диагностических показателей, в отличие от существующих систем имеет возможность наращивания модулей, их модификации и коррекции, что позволило расширить ее функциональные возможности и область применения.

Разработан центральный спецпроцессор оптико-электронной системы и оптоэлектронный спецпроцессор, в котором за счет введения новых блоков и связей обеспечивается возможность управления и обработки биомедицинской информации, а также возможность использования его в качестве арифметического устройства с возможностью выполнения логических операций над десятичными числами, расширяющий его функциональные возможности и область применения.

Разработаны модули для сбора, накопления, обработки и отображения биомедицинских данных, в которых за счет введения новых блоков и связей достигается простота конструкций, что позволяет сократить время измерений, повышает надежность и точность измерений, расширяет их функциональные возможности.

Разработаны алгоритмы функционирования оптико-электронной системы и программное обеспечение, реализующее модель и метод для обработки диагностических показателей для определения индекса здоровья.

Результаты диссертационных исследований подтверждаются соответствующими актами внедрения.

Ключевые слова: диагностический показатель, индекс здоровья человека, оптико-электронная система, оптоэлектронный спецпроцессор.

ABSTRACT

Prosolovska V.V. Optoelectronic System Diagnosis for Determining the Index of Human Health. – A manuscript.

Thesis for Ph.D. degree in the specialty 05.11.17 - Biological and medical devices and systems. - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia - 2010.

The thesis is dedicated to increasing reliability of information processing through the development of biomedical models, method modification and optical-electronic system for determining the index of health improvement. There have been made theoretical generalization of the methods of integral evaluation of the functional state of the organism, the analysis of modern systems for assessing health index. The method of processing biomedical information proposed, Parzen window method for constructing density probability distribution index of human health modified and a analytical model for the processing of diagnostic indicators for determining the index of human health designed. The architecture for opto-electronic system diagnostics to determine the health index, which is able to build up modules, their modifications and corrections designed. A special central and optoelectronic processors of optical-electronic system designed and three types of structural diagrams of optoelectronic bit-slice processors simulated. The module for collecting, storing, processing and display of biomedical data designed. The software which implements the method and an analytical model for processing biomedical information to determine the health index designed.

Keywords: diagnostic indicator, health index, optoelectronic system, optoelectronic special processor.

Підписано до друку 07.12.2010 р. Формат 29.7×42 1/4
Наклад 100 прим. Зам. № 2010-188
Надруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету.
м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: (0432) 59-81-59