

**Розроблення та дослідження методів обробки, розпізнавання, захисту та зберігання медичних зображень в розподілених комп'ютерних системах**

**Разработка и исследование методов обработки, распознавания, защиты и хранения медицинских изображений в распределенных компьютерных системах**

**Development and investigation of methods for medical images processing, recognition, protection, and storing in distributed computer systems**

**1. Номер державної реєстрації – 0117U004267**

**2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Дичка І.А., Дичка И.А., Dychka Ivan A.**

**3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Результатом проекту є створення методів оброблення, розпізнавання та захисту медичних зображень. Зокрема, при створенні методів оброблення та розпізнавання медичних зображень розроблено метод сегментації медичних зображень, отриманих за допомогою медичної апаратури, з виділенням об'єктів, що представляють інтерес для цілей діагностики, та метод навчання нечітких нейронних мереж. Розроблено ефективні методи класифікації об'єктів на медичних зображеннях. Для цього були використані нечіткі нейронні мережі (ННМ), зокрема, ННМ NEFClass, модифікована нечітка нейронна мережа NEFClass-M, а також гібридна нечітка нейронна мережа CNN-FNN, в якій згортова нейронна мережа CNN VGG-16 використовувалася як екстрактор ознак, а нечітка нейромережа NEFClass використовувалася як класифікатор. Розроблено програмне забезпечення для реалізації алгоритму сегментації медичних зображень та програмне забезпечення для розпізнавання об'єктів зображень з використанням ННМ NEFClass. В проекті також розроблено метод та алгоритм стеганографічного захисту графічних даних на основі схеми відповідності бітів, який дозволяє швидке шифрування та дешифрування даних за рахунок паралельного оброблення кольірних компонент зображення-контейнеру. Розроблено метод та алгоритм захисту медичних зображень з використанням матричних штрихових кодів, в якому текстові метадані зображення, що містять персональні дані пацієнта, перетворюються на матричну штрихову позначку, яка вбудовується у зображення стеганографічним способом у вигляді водяного знаку. Розроблено архітектуру системи автоматизованої обробки архівних медичних зображень із забезпеченням захисту особистих даних пацієнтів. Розроблено концепцію подання та оброблення мультимодальних медичних даних. Розроблено робочу модель мобільного застосунку для моніторингу стану пацієнта на прикладі моніторингу стану хворих на цукровий діабет 1 типу, які страждають на нічну гіпоглікемію.

**(рос.)**

Результатом проекта является создание методов обработки, распознавания и защиты медицинских изображений. В частности, при создании методов обработки и распознавания медицинских изображений разработан метод сегментации медицинских изображений, полученных с помощью медицинской аппаратуры, с выделением объектов, представляющих интерес для целей диагностики, и метод обучения нечетких нейронных сетей. Разработаны эффективные методы классификации объектов на медицинских изображениях. Для этого были использованы нечеткие нейронные сети (ННМ), в частности, ННМ NEFClass, модифицированная нечеткая нейронная сеть NEFClass-M, а также гибридная нечеткая нейронная сеть CNN-FNN, в которой сверточная нейронная сеть CNN VGG-16 использовалась как экстрактор признаков, а нечеткая нейросеть NEFClass использовалась как классификатор. Разработано программное обеспечение для реализации алгоритма сегментации медицинских изображений и программное обеспечение для распознавания объектов изображений с использованием ННМ NEFClass. В проекте также разработан метод и алгоритм стеганографической защиты графических данных на основе схемы соответствия битов, который делает возможным быстрое

шифрование и дешифрование данных за счет параллельной обработки цветowych компонент изображения-контейнера. Разработан метод и алгоритм защиты медицинских изображений с использованием матричных штриховых кодов, в котором текстовые метаданные изображения, содержащие персональные данные пациента, преобразуются в матричный штриховый маркер, который встраивается в изображение стеганографическим способом в виде водяного знака. Разработана архитектура системы автоматизированной обработки архивных медицинских изображений с обеспечением защиты личных данных пациентов. Разработана концепция представления и обработки мультимодальных медицинских данных. Разработана рабочая модель мобильного приложения для мониторинга состояния пациента на примере мониторинга состояния больных сахарным диабетом 1 типа, страдающих ночной гипогликемией.

**(англ.)**

As a result of the project, methods for processing, recognition, and protection of medical images have been created. Within the framework of creating methods for processing and recognizing medical images, a method for segmenting medical images obtained using medical equipment with the allocation of objects of interest for diagnostic purposes and a method for training fuzzy neural networks were developed. Highly effective methods for classifying objects in medical images have been developed as well. For this, fuzzy neural networks (HNMs) were used, in particular, HNM NEFClass, a modified fuzzy neural network NEFClass-M, and also a hybrid fuzzy neural network CNN-FNN, where the convolutional neural network CNN VGG-16 was used as a feature extractor and NEFClass fuzzy neural network was used as a classifier. Software for the implementation of the algorithm for segmenting medical images and software for recognizing image objects using the NEFClass NNM were developed. The project is also resulted in the development of a method and algorithm for steganographic protection of graphic data based on a bits correspondence scheme, which makes it possible to accelerate data encryption and decryption due to parallel processing of colour components of a cover-image. A method and an algorithm for protecting medical images using matrix barcodes has been developed, in which the text metadata of the image containing the patient's personal data is converted into a matrix barcode marker to be embedded in the cover-image in a steganographic manner as a watermark. The architecture of a system for automated processing of archival medical images with the protection of patients' personal data has been designed. A concept for the representation and processing of multimodal medical data has been developed as well. A working model of a mobile application for monitoring the patient's condition has been developed using the example of monitoring the condition of patients with diabetes of type 1 who suffer from nocturnal hypoglycemia.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню, а метод навчання нечітких нейронних мереж перевищує світові аналоги, оскільки вперше для розпізнавання об'єктів медичних зображень в задачах діагностики були використані нечіткі нейронні мережі з новими алгоритмами навчання та класифікації, які дозволяють працювати в умовах дії високого рівня перешкод та використовувати знання експертів у вигляді нечіткої бази правил.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Орієнтовна вартість реалізації проекту – 1,5 млн. грн.

Термін впровадження – 2 місяці.

Термін окупності – 3 роки.

Застосування розроблених методів дозволить підвищити швидкість та точності оброблення графічних зображень на 10-15% порівняно з існуючими методами.

Соціальний ефект полягає у поліпшенні якості діагностики пацієнтів та підвищенні ступеню захисту персональних даних пацієнтів.

## 7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Запропоновані методи сегментації медичних зображень та методи комплексного захисту конфіденційних даних пацієнта можуть бути застосовані у лікувальних закладах та інших медичних установах.

## 8. Стан готовності розробки.

Розроблене математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення, зокрема, методи сегментації медичних зображень, методи комплексного захисту конфіденційних даних пацієнта та робоча модель мобільного застосунку для моніторингу стану хворих на цукровий діабет 1 типу, які страждають на нічну гіпоглікемію, готові до впровадження.

## 9. Існуючі результати впровадження.

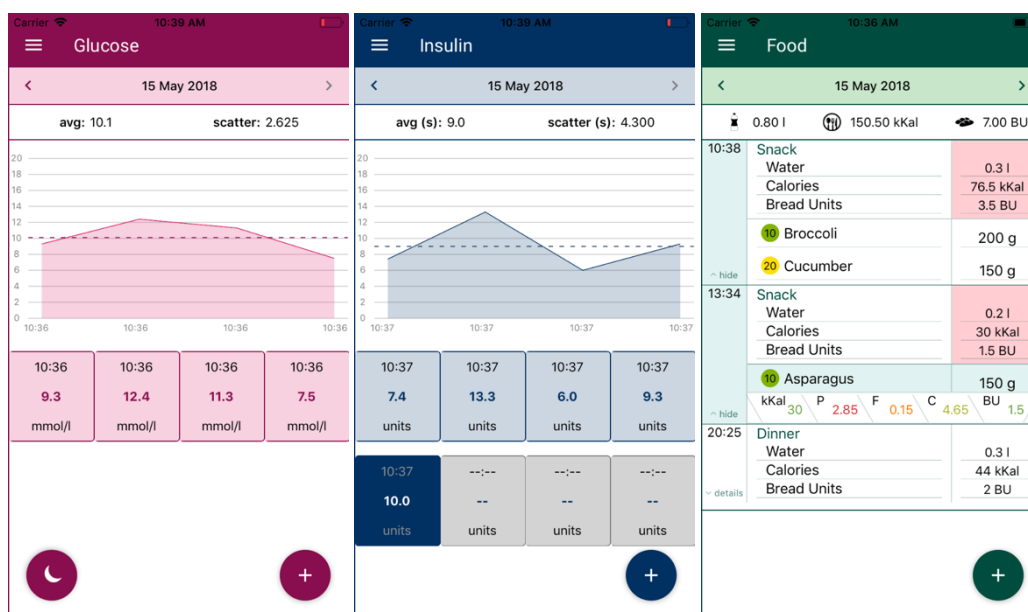
Розроблений метод сегментації зображень та метод стегаграфічного захисту графічних даних апробовані у ТОВ «Відео Інтернет Технології» та у ТОВ «Нетроад Груп» та будуть застосовані при розробленні програмного забезпечення.

## 10. Назва організації, телефон, e-mail

КПІ ім. Ігоря Сікорського, факультет прикладної математики, (044) 204-81-15, [dychka@pzks.fpm.kpi.ua](mailto:dychka@pzks.fpm.kpi.ua)

## 11. Фото розробки

Робоча модель мобільного застосунку для моніторингу стану пацієнта на прикладі моніторингу стану хворих на цукровий діабет 1 типу, які страждають на нічну гіпоглікемію:



## 12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Michael Z. Zgurovsky, Yuriy P. Zaychenko. Big Data: Conceptual Analysis and Applications – © Springer International Publishing – 2019. – 275 p.
2. Oksana Shkurat, Yevgeniya Sulema, Viktoriya Suschuk-Sliusarenko, Andrii Dychka, Image Segmentation Method Based on Statistical Parameters of Homogeneous Data Set // Advances in Intelligent Systems and Computing. – Springer, 2019. – Vol. 902.– P. 271-281.
3. Yevgeniya Sulema, ASAMPL: Programming Language for Mulsemmedia Data Processing Based on Algebraic System of Aggregates // Advances in Intelligent Systems and Computing. – Springer, 2018. – Vol. 725. – P. 431-442.
4. Yevgeniya Sulema, Ivan Dychka, Olga Sulema, Multimodal Data Representation Models for Virtual, Remote, and Mixed Laboratories Development // Lecture Notes in Networks and Systems. – Springer, 2018. – Vol. 47. – P. 559-569.

5. Ivan A. Dychka, Denys Chernyshev, Ihor Tereikovskiy, Liudmila Tereikovska, Volodymyr Pogorelov. Malware Detection Using Artificial Neural Networks. – Advances in Intelligent Systems and Computing. – Springer, 2019. – Vol. 938 – P. 3-12.
6. Ivan Dychka, Igor Tereikovskiy, Liudmila Tereikovskya, Volodymyr Pogorelov, Shynar Mussiraliyeva. Deobfuscation of Computer Virus Malware Code with Value State Dependence Graph // Advances in Intelligent Systems and Computing. – Springer, 2018. – Vol. 754. – P. 370-379.
7. Zhengbing Hu, Ivan Dychka, Yevgeniya Sulema, Yuliia Valchuk, Oksana Shkurat, Method of medical images similarity estimation based on feature analysis // International Journal of Intelligent Systems and Applications. – 2018. – Vol. 10, No. 5. – P. 14-22.
8. Zhengbing Hu, Ivan Dychka, Yevgeniya Sulema, Yevhen Radchenko. Graphical Data Steganographic Protection Method Based on Bits Correspondence Scheme // International Journal of Intelligent Systems and Applications. – 2017. – Vol.9, No.8. – P. 34-40.
9. Zhengbing Hu, Ivan Dychka, Mykola Onai, Mykhailo Ivaschenko, Su Jun, Improved Method of Lopez-Dahab-Montgomery Scalar Point Multiplication in Binary Elliptic Curve Cryptography // Internat. Journal of Intelligent Systems and Applications. – 2018. – Vol. 10, No. 12. – P. 27-34.
10. Zaychenko, Y, Zaychenko, H. On-line traffic management in new generation computer networks // Communications in Computer and Information Science. – 2017. – Volume 700, c. 41-48.

**13. Надати ключові слова до розробки:** медична діагностика, нечітка нейронна мережа, сегментація, захист даних, матричні штрихові коди, архівні медичні зображення.