

УДК 621.3

doi:10.20998/2413-4295.2017.23.14

## ОНТОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ БІОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ

С.В. ВЕРБИЦЬКИЙ\*, Д. А. ЛАРІН

Кафедра промислової електроніки, факультет електроніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» Київ, УКРАЇНА

\*email: verbitskiy@bigmir.net

**АНОТАЦІЯ** Описано перспективи використання переносних бездротових датчиків для моніторингу життєво важливих показників організму. Запропоновано концепцію платформи для обробки та аналізу біометричних даних і взаємодії з мережевими вузькоспеціалізованими сервісами, що надають рекомендації щодо підтримання здоров'я на належному рівні, профілактики та лікування захворювань і прогнозування їх розвитку. Наведено принцип побудови системи, що базується на створенні онтологічної бази знань, що в компактній формі на основі вимірних числових біометричних даних описує стан здоров'я людини на основі та дає змогу на основі їх числових параметрів описати стан людини.

**Ключові слова:** моніторинг; бездротові мережі датчиків; веб-сервіс; персональна система охорони здоров'я; онтологія.

## ONTOLOGICAL ANALYSIS OF BIOMETRIC DATA

I. V. VERBYTSKYI, D. A. LARIN

The department of Industrial Electronics, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, UKRAINE

**ABSTRACT** Development perspectives of wearable wireless sensors for monitoring health parameters are described. Possibility disease diagnostic improving with continuous noninvasive health monitoring with wireless sensors is shown. Automatisation diagnostic benefits in decreasing diagnostic time, cost and eliminating human factor is underlined. Specialized medical online software for disease diagnostic based on symptoms analysis are reviewed. A problem of biometric numerical data arrays transform to medical symptoms is shown. Platform conception for biometric data processing, analysis, and interaction with specialized network services of health support recommendation, prophylaxis, and treatment of diseases and its prediction is proposed. Integration numerical data arrays into contextual data are proposed. Contextual data classes of human health based on temperature, cardiogram, and pulse are developed. A principle of system design based on the ontological knowledge base, which allows describing the human health state in a compact form with measured numerical biometric data is described. Classes of the ontological database are proposed. Numerical data classification for temperature, cardiogram and pulse is developed. The four layer structure of rule based on context types for human health estimation is proposed. Rules based on expert knowledge are developed. A rule example for otr classification is developed. The principle of choosing the most reliable scenario is proposed. Software platform interaction with different health supporting web-service is described. Data collection and processing features are considered.

**Keywords:** monitoring; wireless sensor networks; web-service; personal system of health protection; ontology.

### Вступ

Останні технологічні досягнення в області розробки медичних датчиків, збільшення енергоефективності бездротових систем передавання даних та збільшення енергоємності хімічних джерел струму дозволили розробити портативні системи моніторингу стану здоров'я людини [1-4], які можуть докорінно змінити систему діагностики найбільш поширеніших захворювань людини – гіпертонії, цукрового діабету, інфаркту і т.д за допомогою неінвазивного, безперервно моніторингу стану організму і можливості отримання лікарської консультації в режимі онлайн. На даний момент вже розроблено ряд програмно-апаратних комплексів для моніторингу здоров'я та діагностування хвороб, які за ефективністю не поступаються кваліфікованому фахівцю [5-6]. Як правило вони використовуються в медичних закладах, оскільки взаємодія з ними

вимагає певних знань в області медицини, якими не володіють самі пацієнти.

За умови створення платформи для обробки біометричних даних медичних датчиків та перетворення її у необхідний формат, призначений для конкретного медичного інтернет-сервісу з'являється можливість для створення повністю автоматизованої системи моніторингу особистого здоров'я без залучення допомоги медичних фахівців, що дозволяє підвищити рівень виявлення хвороб на ранній стадії і зменшити навантаження на медичні заклади.

### Ціль роботи

У статті пропонується один з можливих реалізацій запропонованого сервіс-орієнтованого підходу, який передбачає створення системи збирання, інтеграції, обробки та акумулювання біометричної інформації та взаємодії з

різноманітними онлайн-сервісами для аналізу, постановки діагнозу та консультування на основі зібраних та оброблених даних [7].

### Основний матеріал

Структурна схема функціонування пропонованого сервіс-орієнтованого підходу зображена на рис. 1. Серед людських систем органів, найпростішою для діагностики та важливою з точки зору можливих ускладнень здоров'я є кровоносна, що складається з серця та двох кіл кровообігу. Тому ця система обрана як приклад для опису пропонованої платформи.

Як основні параметри, за якими проводиться

у компактній несуперечливій формі, для чого часто онтологічні бази знань [13,14].

Онтологія – це модель, яка визначає і об'єднує релевантні інформаційно - логічні та функціональні аспекти, які описують гетерогенні джерела даних. Використання онтології дозволяє формувати знання експертів у вигляді продукційних правил та ефективно використовувати їх для надання рекомендацій користувачеві [15,16].

Перевагою онтологій як збору знань є формальна структура, яка дозволяє спростити їх комп'ютерну обробку. У даному випадку використання онтології, дозволяє обробляти складну, різноманітну та неструктуровану інформацію, що збільшує ефективність розпізнавання семантичних



Рис. 1 – Структура роботи пропонованого підходу

моніторинг стану людини часто використовують температуру, артеріальний тиск та дані електрокардіограми (ЕКГ). Основна задача запропонованого підходу – обробити виміряні даними часові ряди даних та представити їх у формі контексту [8], що спрощує процедуру формування запитів для спеціалізованого веб-сервісу визначення стану здоров'я людини.

Контекст дозволяє описати можливі стани людини з використанням апарату дескриптивної логіки [9] у формі триплетів параметр-атрибути-значення, наприклад «Тиск: систологічний := критичний». Основні типи та види контексту, які використовуються в інтелектуальних системах керування, описані в роботах [10-12]. Використання контексту зменшує обсяг оброблюваних та вимірюваних даних, підвищує достовірність встановленого діагнозу та дозволяє використовувати знання експертів для його встановлення у виді правил.

Для цього доцільно визначити інформаційно - логічні і функціональні зв'язки між вимірними даними та станом здоров'я людини та представити їх

відмінностей контекстних даних. Також за допомогою редакторів онтології можливо створити підтримку багатокористувацького режиму та підтримку віддаленого доступу через Інтернет.

Процедура обробки даних у онтологічній базі знань складається з наступних етапів:

1. Знаходження найбільш подібного прецеденту до поточної стану здоров'я людини з набору збережених даних.
2. Повторне використання обраного прецеденту для більш швидкого вибору онтологічного елементу.
3. Аналіз та адаптація отриманого рішення.
4. Збереження адаптованого рішення, як частину нового прецеденту в базі знань.

Онтологічна база знань складається з трьох відносно незалежних компонент: онтології стану людини (OntoMain), знанням експертів, які описуються у онтології та продукційних правил (OntoRules), які використовуються для керування системою на основі онтологічних прецедентів (OntoRpe).

$$OntoBD = \langle OntoMain, OntoRpe, OntoRules \rangle. \quad (1)$$

Основний зміст онтологічної бази знань відображено в фактах і аксіомах, які містять інформацію про класи і атрибути, які наведені у табл. 1. На основі цих даних формується основна онтологія (OntoBD), яка містить у собі основні класи контексту, що зображена на рис. 2.

Таблиця 1 – Основні класи онтологічного аналізу біометричних даних

Основні класи онтологічного аналізу біометричних даних	Ім'я та опис
	Користувач – клас основних атрибутів про користувача.
	Стан – класі даних про можливі стани організму і серцевого м'яза користувача.
	Параметри – клас про біометричні параметри і особливі характеристики користувача.
	Біометричні дані - клас про біометричні показники: артеріальний тиск (АТ), електричну кардіограму (ЕКГ), температури (Т), частотно-серцеві скорочення (ЧСС) користувача.

OntoBD побудована відповідно до загальних вимог, які висуваються до проектування онтологій [11] і має таку структуру:

$$Onto = \langle C, I, R, V, A \rangle, \quad (2)$$

де Onto – онтологія, C – класи онтології, I – екземпляри класів онтології, R = { W, S, P }, V – значення атрибуту - параметр контексту (Рис.4), А – продукційні правила OntoRules, W – парадигматичні

відношення, S – синтагматичні відношення, задані дескриптивною логікою, Р – властивості класів або екземплярів, рис. 2.

Для наповнення продукційних правил, створених експертами числовими контекстними даними, використовуються прецеденти, тобто набори контекстних даних, які характеризують і описують роботу джерела даних, що мали місце раніше і можуть бути адаптованими та повторно використаними в поточному режимі роботи. Правила формуються за допомогою класів онтології та взаємозв'язків між ними табл. 1, вони складають концептуальну структуру онтологічної бази знань, рис. 3, яка описується контекстними даними та їх атрибутами, табл. 2.

Таблиця 2 – Чисельна класифікація контекстних даних

Тип контексту	Вид контексту	Чисельне значення
Температура	Критична	0 - 32 / 40 - ∞
Температура	Підвищена	38 – 40
Температура	Вище норми	36.6 – 38
Температура	Норма	36 - 36.6
Температура	Нижче норми	34 – 36
Температура	Знижена	32 – 34
Пульс	Критичний	0 - 20 / 180 - ∞
Пульс	Підвищений	120 - 180
Пульс	Вище норми	75 – 120
Пульс	Норма	55 – 75
Пульс	Нижче норми	40 – 55
Пульс	Знижений	20 – 40
АТ (систоличний)	Критичний	0 – 45 / 120 - ∞
АТ (систоличний)	Підвищений	90 – 120
АТ (систоличний)	Норма	70 – 90
АТ (систоличний)	Знижений	45 – 70
АТ (діастолічний)	Критичний	0 – 80 / 160 - ∞
АТ (діастолічний)	Підвищений	130 – 160
АТ (діастолічний)	Норма	110 - 130
АТ (діастолічний)	Знижений	80 – 110

Процес обробки даних відбувається на основі правил, які мають чотирирівневу структуру і зв'язують окремі факти логічними зв'язками. При цьому формування діагнозу розглядається як певна послідовність дій – сценарій, який створюється на основі експертних знань. Структура логічних правил має такий формат:

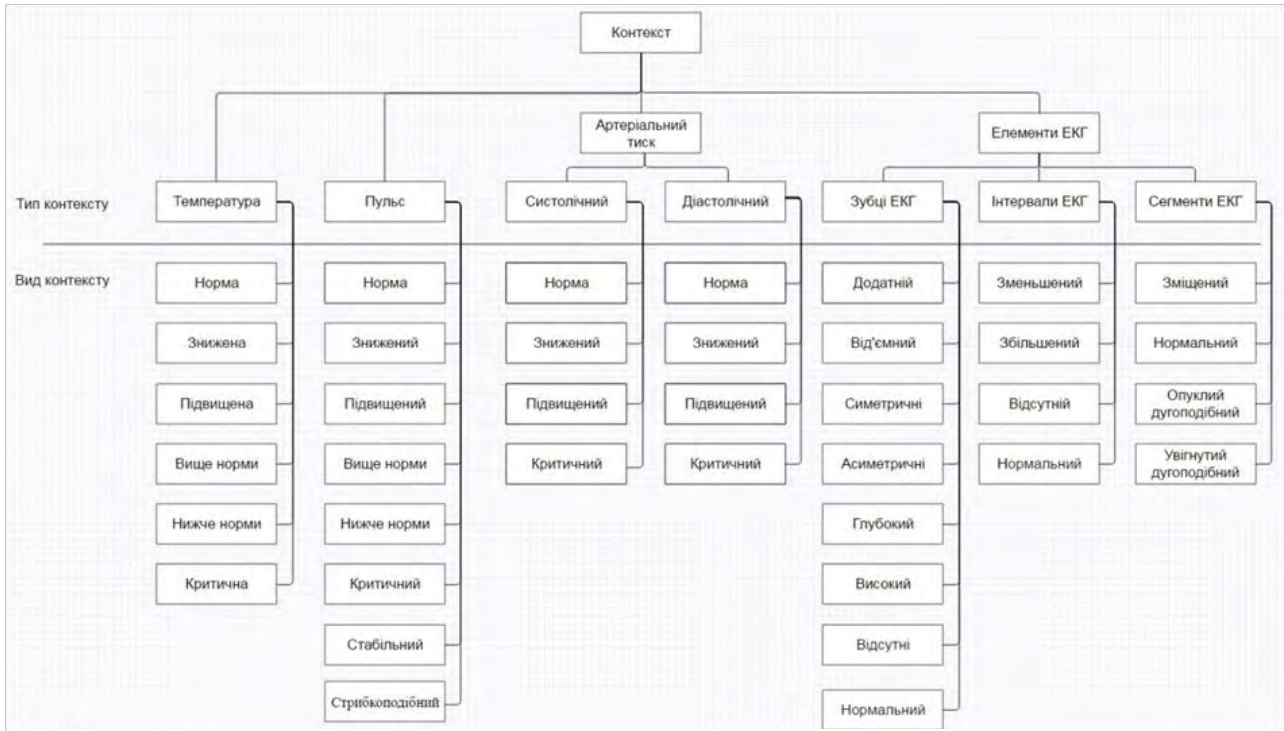


Рис. 2 – Класифікація контекстних даних

Якщо <загальна умова, сформовано на основі обробки часових рядів біометричних даних>  $T_0$  <формування сценарію керування >

Процедура виведення правил з вибору сценарію формується на основі графа, який може бути визначений сукупністю наступних рівнів:

$$G = \langle D, U, L, R \rangle, \quad (3)$$

- перший рівень  $D$  – атрибути даних;
- другий рівень  $U$  – умови використання даних, обмеження значень їх параметрів;
- третій рівень  $L$  – логічні оператори;
- четвертий рівень  $R$  – правила опису поточного стану здоров'я людини.

Завдяки запропонованому підходу можливо обробити окремо кожний життєво важливий показник відповідно до запропонованої моделі. Якщо для одного з можливих показників може бути виконано декілька сценаріїв, то серед них обирається найбільш вірогідний на основі обчислення міри подібності:

$$Sim_{i-s-a}(c_i, c_j) = \frac{|C_s(c_i) \cap C_s(c_j)|}{|C_s(c_i) \cup C_s(c_j)|}, \quad (4)$$

де  $C_s(c_i)$  – множина класів в онтології  $OntoMain$ ;  $c_i, c_j$  – класи в онтологіях  $OntoMain$  і  $OntoRpe$ , які входять в множину  $C$  онтології  $OntoRules$ ;  $R$  – відношення між класами онтології.



Рис. 3 – Концептуальна структура онтологічної бази знань

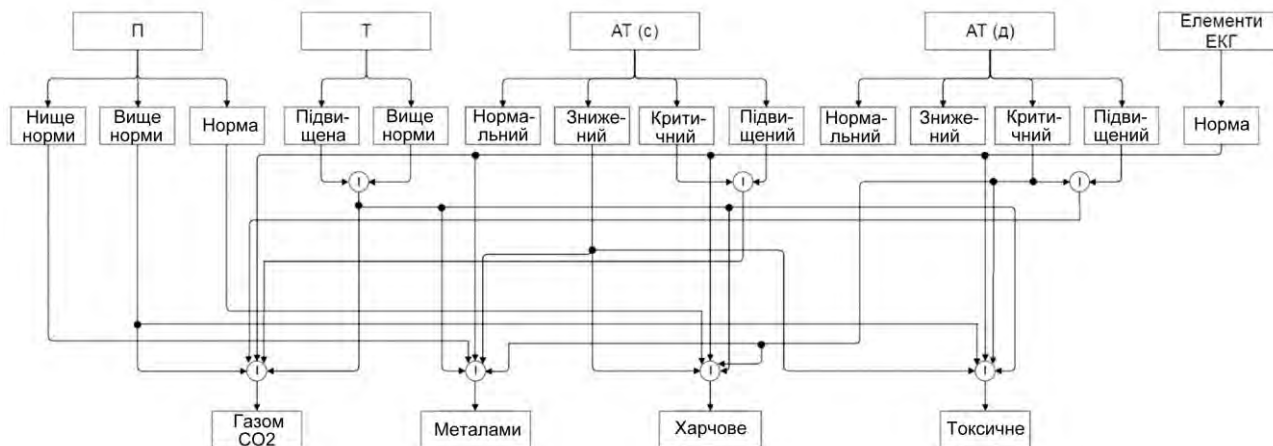


Рис. 4 – Правило на основі знань експертів для визначення типу отруєння

На рис. 4 показано правило побудоване на основі знань експертів правило для визначення типу отруєння, що дозволяє перейти від цифрових характеристик тиску, температури та крадіограми до якісного визначення стану людини, який придатний для формування запитів до вебсервісу та отримання розгорнутого діагнозу з подальшими рекомендаціями щодо лікування. Вказаний підхід дозволяє використовувати різні спеціалізовані онлайн програми, накопичувати інформацію про стан кожної людини та відстежувати результативність лікування.

### Висновки

У статті запропоновано підхід формування контексту стану здоров'я людини на основі вимірювання числових рядів даних та перетворення їх у контекст, що спрощує формування запиту для спеціалізованих онлайн сервісів визначення стану здоров'я певної системи організму. Вказаний підхід дозволяє аналізувати стан здоров'я людини та відстежувати результативність лікування.

### Список літератури

- 1 Walsh, M. Watson's Clinicak Nursing and Related Sciences / M. Walsh, 2007.
- 2 Richmond, P. C. Estimation of Multiphase Flow Functions From Displacement Experiments / P. C. Richmond, A. T. Watsons // Society of Petroleum Engineers. – 1990. – 5. – 1. – P. 121-127. – doi:10.2118/18569-PA.
- 3 Watson, M. Development of a questionnaire measure of adjustment to cancer: The MAC scal / M. Watson, S. Greer, J. Young, Q. Inayat, C. Burgess, B. Robertson // Psychological Medicine. – 1988. – № 18(1). – P. 203-209. – doi:10.1017/S0033291700002026.
- 4 Janet, E. Joy. Marijuana and Medicine: Assessing the Science Base / E. Joy Janet, J. Watson, Jr. Stanley, A. Benson John // Institute of medicine. – 1999. – 288 p.
- 5 Online - diagnostics [Electronic resource]. – 2016. – Source: <http://online-diagnos.ru/diagnostics>.
- 6 Diagnosis of diseases [Electronic resource]. – 2016. – Source: <http://simptomus.ru>.

- 7 Pryves, M. G. Human Anatomy / M. G. Prywes, N. K. Lysenkov, V. I. Bushkovich // St. Petersburg: Hippocrates, 2001. - 704 p.
- 8 Dey, A. K. Understanding and Using Context / A. K. Dey // Personal and Ubiquitous Computing J. – 2001. – 5. – 1. – P. 4-7. – doi: 10.1007/s007790170019.
- 9 Pomerol, J.-Ch. About Some Relationships between Knowledge and Context / J.-Ch. Pomerol, P. Brezillon // Modeling and Using Context (CONTEXT-01), Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag. – 2001. – P. 461-464. – doi: 10.1007/3-540-44607-9\_44.
- 10 Brezillon, P. Context in Problem Solving: a Survey / P. Brezillon // The Knowledge Engineering Review. – 1999. – Vol. 14. – № 1. – P. 1-34. – doi: 10.1017/S0269888999141018.
- 11 Вербицький, Є. В. Контекстно-залежне керування автономними системами електроживлення / Є. В. Вербицький, А. Г. Кисельова, К. С. Осипенко // Під загальною редакцією д.т.н. Жуйкова В.Я. – К.: Аверс, 2015. – 187 с.
- 12 Russell, S. Artificial intelligence: a modern approach / S. Russell, P. M. Norvig // The Williams Publishing House, 2006. – 1408 p.
- 13 Verbitskiy, I. V. Context approach for electric grid control / I. V. Verbitskiy, A. G. Kyselova. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях – 2016. – 18(1190). – С. 123-127. – doi: 10.20998/2413-4295.2016.18.18.
- 14 Kyselova, A. Context data analysis for microgrid control system / A. Kyselova // Вісник НТУУ «ХПІ» Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — 2013. — № 58. — С. 46-50.
- 15 Васильев, В. И. Интеллектуальные системы управления с применением нейросетей / В. И. Васильев, Б. Г. Ильясов, С. С. Валеев, С. В. Жернаков // Учебное пособие. Уфа: УГАТУ. – 1996.-80с.
- 16 Tenz, A. A logical approach to artificial intelligence: From modal logic to the logic of databases: Per. With frants / A. Tenz, P. Grnbomop, G. Julien // The World. – 1998.- 494 p.

### Bibliography (transliterated)

- 1 Walsh, M. Watson's Clinicak Nursing and Related Sciences, 2007.
- 2 Richmond, P. C., Watsons, A. T. Estimation of Multiphase Flow Functions From Displacement Experiments. Society of

- Petroleum Engineers*, 1990, **5**, 1, 121-127. – doi:10.2118/18569-PA.
- 3 **Watson, M., Greer, S., Young, J., Inayat, Q., Burgess, C., Robertson, B.** Development of a questionnaire measure of adjustment to cancer: The MAC scal. *Psychological Medicine*, 1988, **18**(1), 203-209. – doi: 10.1017/S0033291700002026.
  - 4 **Janet, E. Joy, Watson, J., Stanley, Jr., John, A. Benson.** Marijuana and Medicine: Assessing the Science. *Institute of medicine*, 1999, 288 p.
  - 5 Online - diagnostics [Electronic resource]. – 2016. – Source: <http://online-diagnos.ru/diagnostics>.
  - 6 Diagnosis of diseases [Electronic resource]. – 2016. – Source: <http://simptomus.ru>.
  - 7 **Pryves, M. G., Lysenkov, N. K., Bushkovich, V. I.** Human Anatomy. *St. Petersburg: Hippocrates*, 2001, 704 p.
  - 8 **Dey, A. K.** Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing J.* 2001, **5**, 1, 4–7. – doi: 10.1007/s007790170019.
  - 9 **Pomerol, J.-Ch., Brezillon, P.** About Some Relationships between Knowledge and Context. *Modeling and Using Context (CONTEXT-01)*. Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, 2001, 461–464. – doi: 10.1007/3-540-44607-9\_44.
  - 10 **Brezillon, P.** Context in Problem Solving: a Survey. *The Knowledge Engineering Review*, 1999, **14**, 1, 1–34. – doi: 10.1017/S0269888999141018.
  - 11 **Verbytskyi, I. V., Kyselova, A. G., Osypenko, K. S.** Power grid context-aware control. Edited by Juikov V.J – K.: *Avers*, 2015, 187 p.
  - 12 **Russell, S., Norvig, P. M.** Artificial intelligence: a modern approach. *The Williams Publishing House*, 2006, 1408 p.
  - 13 **Verbitskyi, I. V., Kyselova, A. G.** Context approach for electric grid control. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **18**(1190), 123-127. – doi: 10.20998/2413-4295.2016.18.18.
  - 14 **Kyselova, A.** Context data analysis for microgrid control system. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Informatics, control and IT technique*, 2013, **58**, 46-50.
  - 15 **Vasilyev, V. I., Pyasov, B. G., Valyev, S. S., Jernakov, S. V.** Intelligent control systems with fuzzy logic. *Tutorial. Ufa: UGATU*, 1996, 80 p.
  - 16 **Tenz, A., Grnbomop, P., Julien, G.** A logical approach to artificial intelligence: From modal logic to the logic of databases: Per. With frants. *The World*, 1998, 494 p.

#### Дані про авторів (About authors)

**Вербицький Євген Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри промислової електроніки, факультет електроніки, Київ, Україна; e-mail: [verbitskiy@bigmir.net](mailto:verbitskiy@bigmir.net).

**Ievgen Verbytskyi** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Ph. D., Assoc. Prof., The department of Industrial Electronics, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine; e-mail: [verbitskiy@bigmir.net](mailto:verbitskiy@bigmir.net).

**Ларін Дмитро Анатолійович** – студент кафедри промислової електроніки, факультет електроніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна; e-mail: [svk6c6zk1@gmail.com](mailto:svk6c6zk1@gmail.com).

**Dmytro Larin** – student, The department of Industrial Electronics, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine; e-mail: [svk6c6zk1@gmail.com](mailto:svk6c6zk1@gmail.com).

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Вербицький, Є. В.** Онтологічний аналіз біометричних даних / **Є. В. Вербицький, Д. А. Ларін** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 89-94. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.14.

*Please cite this article as:*

**Verbytskyi, I. V., Larin, D. A.** Ontological Analysis of Biometric Data. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, **23** (1245), 89–94, doi:10.20998/2413-4295.2017.23.14.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Вербицкий, Е. В.** Онтологический анализ биометрических данных / **Е. В. Вербицкий, Д. А. Ларин** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серия: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 89-94. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.14.

**АННОТАЦІЯ** Описані перспективи використання носимых беспроводных датчиков для мониторинга жизненно важных показателей организма. Предложено концепцию платформы для обработки и анализа биометрических данных и взаимодействия с сетевыми узкоспециализированными сервисами, которые дают рекомендации по поддержке здоровья на надлежащем уровне, профилактике и лечению заболеваний, прогнозирования их развития. Приведено принцип построения системы, которая основывается на создании онтологической базы знаний, которая в компактной форме описывает состояние здоровья человека на основании измеренных биометрических данных и дает возможность на основании их числовых параметров описать состояние человека.

**Ключевые слова:** мониторинг; беспроводные сети датчиков; веб-сервис; персональная система здоровья человека; мониторинг.

Надійшла (received) 25.05.2017