МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА ТА ІНЖЕНЕРІЯ

(науково-практичний журнал)

МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНЖЕНЕРИЯ

(научно-практический журнал)

MEDICAL INFORMATICS AND ENGINEERING

(scientific-practical journal)

2 (42) / 2018

Головний редактор – О. П. Мінцер.
Відповідальний секретар – К. О. Чалий.

Редакційна рада:
В. Ю. Биков,
І. Є. Булах,
О. П. Волосовець,
Ю. В. Вороненко,
Б. А. Кобрінський,
Ю. М. Колесник,
М. М. Корда,
В. Г. Кремень,
В. А. Міхньов,
О. С. Никоненко,
О. В. Палагін,
М. Д. Тронько,
О. В. Чалий,
Ю. І. Якименко.

Редакційна колегія:
Р. А. Абизов,
М. Ю. Антомонов,
Г. Л. Апанасенко,
Л. Ю. Бабінцева (заст. гол. ред.),
М. Ю. Болгов,
Д. В. Вакуленко (заст. гол. ред.),
В. В. Вишневський,
Л. С. Годлевський,
Т. А. Грошовий,
Л. Л. Давтян,
І. Й. Єрмакова,
С. М. Злепко,
І. С. Зозуля,
В. М. Ільїн,
В. В. Кальниш,
О. Л. Ковальчук,
О. І. Корнелюк,
А. Л. Косаковський,
В. В. Краснов,
П. П. Лошицький,
К. Г. Лябах,
Ю. Є. Лях,
О. Ю. Майоров,
В. П. Марценюк (заст. гол. ред.) (Польща),
І. Р Мисула,
Є. А. Настенко,
О. А. Панченко,
М. С. Пономаренко,
О. А. Рижов,
В. І. Тимофєєв,
Г. С. Тимчик,
А. Г. Шульгай.

МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА ТА ІНЖЕНЕРІЯ
(науково-практичний журнал)

МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНЖЕНЕРИЯ
(научно-практический журнал)

MEDICAL INFORMATICS AND ENGINEERING
(scientific-practical journal)

Заснований у 2008 році.
Виходить 4 рази на рік.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 12935-1819Р від 03.07.2007.

Журнал «Медична інформатика та інженерія»: включено до переліку наукових фахових видань України наказ МОН України від 21.12.2015 № 1328 (медичні та біологічні науки);
включено до переліку наукових фахових видань ВАК України: постанова Президії ВАК України від 27.05.2009 № 1-05/2 (медичні науки); постанова Президії ВАК України від 10.11.2010 № 3-05/7 (біологічні науки).
Журнал включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Ulrichsweb, Directory of Open Access Journals, Google Scholar.

Співзасновники:
Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика,
ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».

Адреса редакції:
вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, тел./факс: (+380 44) 205-49-06, e-mail: mijournal@nmapo.edu.ua,
Web-site: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/, http://www.tdmu.edu.ua, http://inmeds.com.ua/periodics/mii/.
Адреса видавництва:
ТОВ «НВП «Інтерсервіс», вул. Бориспільська, 9, м. Київ.
Свідоцтво: серія ДК № 3534 від 24.07.2009,
тел.: (+380 44) 586-48-65, e-mail: info@calendar.ua.

Рекомендовано вченою радою Національної медичної академії післядипломної освіти імені П. Л. Шупика (від 16.05.2018, протокол № 2) та вченою радою Тернопільського державного медичного університету імені І. Я. Горбачевського (від 29.05.2018, протокол № 3). Журнал видається за сприяння Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Номер видано за сприяння освітньої інтернет-платформи Accemedin.com.

Правову основу забезпечення практики публікації етики становлять міжнародні стандарти: положення, прийняті на 2-ій Всесвітній конференції з питань дотримання сумлінності наукових досліджень; положення, розроблені Комітетом з етики наукових публікацій (The Committee on Publication Ethics - COPE) і норми розділу «Авторське право» Цивільного кодексу України.

Підписано до друку 28.07.2018. Формат 60x84/8.
Папір офсет. Ум. друк. арк. 13,95. Обл.-вид. арк. 13,31.
Тираж 600 прим. Зам. № 15/09-18.

Повне або часткове копіювання в будь-який спосіб матеріалів цього видання допускається лише за умови отримання письмового дозволу редакції.

© Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, 2018
© Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського, 2018

ЗМІСТ

О. П. Мінцер
СИСТЕМНО-БІОЛОГІЧНІ ТА СИСТЕМНО-МЕДИЧНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОРГАНІЗМУ. ЧАСТИНА 1. УПОРЯДКУВАННЯ ТА СТРУКТУРУВАННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ **5**

О. П. Мінцер, В. А. Романов, І. Б. Галелюка, А. В. Антонова
ІНФОРМАЦІЙНІ ТА МІКРОЕЛЕКТРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В МОБІЛЬНІЙ МЕДИЦИНІ. НАДІЇ ТА ОБМЕЖЕННЯ **13**

В. П. Марценюк, А. Клос-Витковська, А. С. Сверстюк, Т. В. Бігуняк
ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ ТА ГАЛУЗІ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ ОПТИЧНИХ ІМУНОСЕНСОРІВ **28**

С. С. Подпрятов, Г. С. Маринський, О. В. Чернець, В. А. Ткаченко, Д. А. Грабовський, К. Г. Лопаткіна, В. А. Васильченко
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПОДАВАННЯ ІМПУЛЬСНОЇ ВИСОКОЧАСТОТНОЇ НАПРУГИ НА ЗМІНУ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН У МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОЗВАРНОГО МІЖКІШКОВОГО АНАСТОМОЗУ **37**

В. З. Стецюк, А. В. Малєй, О. І. Лісовиченко, Н. О. Пічкур, Л. Ю. Бабінцева
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ РАННЬОГО ДІАГНОСТУВАННЯ СПАДКОВИХ ОРФАННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ **44**

В. П. Марценюк, С. А. Лупенко, А. С. Сверстюк, А. В. Павлишин
МЕТОДОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ КЛІНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ КИТАЙСЬКОЇ ОБРАЗНОЇ МЕДИЦИНИ В КОНТЕКСТІ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ **52**

CONTENTS

5 *O. P. Mintser*
SYSTEM-BIOLOGICAL AND SYSTEM-MEDICAL NOTIONS ABOUT THE ORGANISM FUNCTIONING. PART 1. REGULATION AND STRUCTURING OF MEDICAL INFORMATION

13 *O. P. Mintser, V. A. Romanov, I. B. Galelyuka, A. V. Antonova*
INFORMATION AND MICROELECTRONIC TECHNOLOGIES FOR APPLICATION IN MOBILE MEDICINE. HOPES AND LIMITATIONS

28 *V. P. Martsenyuk, A. Klos-Witkowska, A. S. Sverstiuk, T. V. Bihunyak*
ON PRINCIPLES, METHODS AND AREAS OF MEDICAL AND BIOLOGICAL APPLICATION OF OPTICAL IMMUNOSENSORS

37 *S. S. Podpriatov, G. S. Marinsky, O. V. Chernets, V. A. Tkachenko, D. A. Hrabovsky, K. G. Lopatkina, V. A. Vasylchenko*
RESEARCH ON HIGH-FREQUENCY VOLTAGE IMPULSES PARAMETERS IMPACT FOR BIOLOGICAL TISSUES DIELECTRIC CHARACTERISTICS IN THE ELECTRICALLY WELDED INTESTINAL ANASTOMOSIS MODEL

44 *V. Z. Stetsyuk, A. V. Maliei, O. I. Lisovychenko, N. O. Pichkur, L. Yu. Babintseva*
FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MATHEMATICAL MODEL FOR THE PROCESS OF EARLY DIAGNOSTICS OF HEREDITARY ORPHAN DISEASES

52 *V. P. Martsenyuk, S. A. Lupenko, A. S. Sverstiuk, A. V. Pavlyshyn*
METHODOLOGY FOR ORGANIZING CLINICAL TRIALS ON THE EFFECTIVENESS AND SAFETY OF CHINESE FIGURATIVE MEDICINE IN THE CONTEXT OF EVIDENCE-BASED MEDICINE

Є. Б. Лопін
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КРИПТОГРАФІЧНО-ЗАХИЩЕНОГО ЕКСПОРТУ/ІМПОРТУ РЯДКІВ ТАБЛИЦЬ БАЗИ ДАНИХ **62**

Л. В. Ільницька
МОДУЛЬНЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ **73**

Інформація для авторів **81**

Ye. B. Lopin
INFORMATION TECHNOLOGY OF CRYPTOGRAPHY-PROTECTED EXPORTS (IMPORTS) OF ROWS OF DATABASE TABLES **62**

L. V. Il'nic'ka
MODULATED FUNCTIONS OF THE ARCHITECTURE OF THE UKRAINIAN INFORMATION MEDICAL SYSTEM **73**

Information for Authors **81**

УДК 61:002.6:577:612-06
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9287

СИСТЕМНО-БІОЛОГІЧНІ ТА СИСТЕМНО-МЕДИЧНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОРГАНІЗМУ. ЧАСТИНА 1. УПОРЯДКУВАННЯ ТА СТРУКТУРУВАННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

О. П. Мінцер

Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика

Розглянуто принципи інформаційної впорядкованості. Підкреслюється думка, що без обґрунтування процесів упорядкування та структурування біологічної і медичної інформації домогтися підвищення її валідності неможливо. Останнє істотно ускладнить процедури створення електронної охорони здоров'я. Серед можливих шляхів розвитку системи медичної термінології звертається увага на використання онтології знань. Розглядаються також питання збереження раніше використаних і новостворюваних термінів. Робиться висновок про необхідність створення універсуму медичних знань.

Ключові слова: структурування інформації, упорядкування інформації, валідність інформації, термінознавство, термінополя, терміносистеми, інвентаризація термінів, уніфікація термінів, моно- і полісемантичність, онтологія медичних знань, універсум медичних знань.

SYSTEM-BIOLOGICAL AND SYSTEM-MEDICAL NOTIONS ABOUT THE ORGANISM FUNCTIONING. PART 1. REGULATION AND STRUCTURING OF MEDICAL INFORMATION

O. P. Mintser

Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education

Background. The principles of information orderliness are considered. It is emphasized that without substantiating the processes of ordering and structuring of biological and medical information, it is impossible to achieve an increase in its validity.

Results. The purpose of the study: substantiation of the conceptual approach to the systematization, streamlining and technology of creating a biological and medical terms systems.

The latter will significantly complicate the procedures for e-health creating. Among possible ways of the system development of medical terminology, attention is drawn to the knowledge ontology use. The issues of preserving previously used and newly created terms are also considered. It is concluded that there is a need to create an universum of medical knowledge.

Conclusions. 1. Several ways of creating an object terms systems are considered. The prospects of using ontologies are underlined. 2. The general scheme for constructing the universum of knowledge is given.

Key words: structuring of information, ordering of information, validity of information, terminology science, term's field, terms systems, terms inventory, terms unification, mono- and polysemantics, ontology of medical knowledge, universum of medical knowledge.

© О. П. Мінцер

СИСТЕМНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И СИСТЕМНО-МЕДИЦИНСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ОРГАНИЗМА. ЧАСТЬ. 1. УПОРЯДОЧЕНИЕ И СТРУКТУРИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

О. П. Минцер

Национальная медицинская академия последипломного образования имени П. Л. Шупика

Рассмотрены принципы информационной упорядоченности. Подчеркивается мысль, что без обоснования процессов упорядочения и структурирования биологической и медицинской информации добиться повышения ее валидности невозможно. Последнее существенно усложнит процедуры создания электронного здравоохранения. Среди возможных путей развития системы медицинской терминологии обращается внимание на использование онтологии знаний. Рассматриваются также вопросы сохранения ранее использованных и вновь создаваемых терминов. Делается вывод о необходимости создания универсума медицинских знаний.

Ключевые слова: структурирование информации, упорядочение информации, валидность информации, терминоведение, терминополе, терминосистемы, инвентаризация терминов, унификация терминов, моно- и полисемантичность, онтология медицинских знаний, универсум медицинских знаний.

Вступ. Метод пояснення помилок в аналізі медичної інформації, що вже став рутинним, ґрунтується на безперервному зростанні обсягів відомостей, одержуваних людиною, організацією, науковим або управляючим комплексом. Поступово прийшло розуміння того, що обчислювальна техніка та програмне забезпечення є лише допоміжним інструментом для вирішення саме інформаційних завдань.

Широке застосування обчислювальних засобів лише частково сприяє прискоренню оброблення та підвищенню точності. Можна припустити, що однією з найважливіших причин помилок у медичній практиці є збільшення інформаційної ентропії.

Спостерігається стрімке збільшення кількості стандартів, технологій і інструментів, спрямованих на роботу саме з інформацією і знаннями. Сюди відносяться завдання складного структурування інформації, використання різноманітних форм подання, витягання знань із «сирої» інформації, розподілений штучний інтелект і багато іншого [11, 23].

Абсолютно очевидно, що без обґрунтування процесів упорядкування та структурування інформації домогтися підвищення її валідності неможливо. Тобто настав час серйозно замислитися про ефективну роботу безпосередньо з самою інформацією. Проте саме розуміння інформаційної упорядкованості й обґрунтованого структурування інформації у медичній галузі не очевидно [19–21]. У загальній теорії знань визначення впорядкованості інформації настільки багатопланове, що обговорення її на сторінках цієї статті практично неможливо. Воно пов'язане і з процесами ентропії, негентропії, теорії систем, енергії тощо.

Стосовно визначення впорядкованості інформації у біологічних і медичних системах, то серед її численних характеристик, що включають достовірність, точність, формалізованість, валідність та інші, знайти логіку порядку не є можливим. Інша річ, коли розглядаються проблемні (задачні) побудови. Тоді з'являється й логіка порядку інформації.

Аналогічна проблема пов'язана з питанням структуризації інформації. Точного визначення поняття «структурування» не існує, проте вважається, що найпростішим і ефективним способом поліпшення якості аналізу одержуваної інформації є її структурування [23, 24].

Зауважимо, що в інформатиці під цим терміном розуміється розташування різних елементів інформаційного масиву та створення між ними таких зв'язків, щоб інформація краще сприймалася споживачами або цільовою аудиторією [22].

Сутність структурування інформації також визначається по-різному. Передбачається, що воно визначає розташування інформації у певному порядку, за певною схемою, наприклад, відповідно до хронології подій або від кодуючого елемента, який описує даний інформаційний блок [23].

Інтуїтивно можна припустити, що структурування в біології та медицині, де обсяги даних, що аналізуються, особливо великі, має виняткове значення.

Проте, відповідно до [22], «структурування медичних даних — це впорядкування масиву даних за заздалегідь заданим алгоритмом». Найбільш популярні три основні типи структурування даних:

лінійний, ієрархічний і табличний. Для кожного з вказаних типів характерні свої принципи поділу даних і система адресації елементів. Лінійні, або спискові, структури даних складаються з простого переліку елементів даних. Подібну структуру, наприклад, має список пацієнтів, які перебувають у відділенні. Найчастіше цей список представляє собою журнал, де кожен пацієнт зареєстрований від рядка.

Мета дослідження: обґрунтування концептуального підходу до систематизації, упорядкування та технології створення біологічної і медичної терміносистеми.

Результати та їх обговорення. Спробуємо представити проблему з іншого боку. Принципово будь-яке впорядкування матеріалу починається з термінології. Зрозуміло, що і цей напрям потребує систематизації складових термінологічної роботи [24].

Відмінною рисою термінів звичайних слів є їхнє прикладне значення для предметних областей. Інакше кажучи, терміни призначені для відображення професійної діяльності людей і є компонентами певного професійного, наукового процесу. З іншого боку, будучи мовною одиницею, термін має семантичне навантаження. Функціонування та розвиток галузі вживання терміна грає важливу роль у його функціонуванні та розвитку. З цієї причини багато властивостей термінів і процеси їх формування, функціонування та розвитку визначаються екстралінгвістичними факторами. Відзначимо також, що значення терміна сильно залежить від рівня розвитку науки і техніки, предметної області та розвитку загального розуміння процесу. Важливо підкреслити, що зміст терміна у вузькій галузі не може правильно сприйматися в іншому напрямі знань [1].

Термінознавство — комплексна науково-прикладна дисципліна, що виникла на стику лінгвістики, логіки, семіотики, інформатики, загальної теорії систем і ряду предметних наук. У своєму розвитку термінознавство пройшло ряд природних етапів аж до формування власних методів і застосування їх у багатьох сферах науки, техніки, виробництва й управління. Відповідно до принципів цієї дисципліни введемо поняття терміносистеми, розуміючи під нею систему термінів у певній галузі, підгалузі наукового або технічного знання, що обслуговує наукову теорію або наукову концепцію [14, 17, 18].

Наступним елементом впорядкування слід вважати уніфікацію терміносистеми мови, припускаючи, що до неї відносяться виконання нормативних вимог до термінів і, насамперед, інвентаризація. Під поняттям «інвентаризація» йдеться про збирання та тлумачення термінів, що відносяться до певної галузі знання, лексикографічного оброблення опису і відбору термінів. Результатом такої роботи є термінологічні словники [9].

У термінології зазвичай термін «уніфікація» розуміється як приведення до однаковості термінів, їх визначень тощо. «Уніфікація — це поширений і ефективний метод усунення зайвого різноманіття у вигляді скорочення переліку допустимих елементів і рішень, приведення їх до однотипності» [16]. Слід врахувати той факт, що при уніфікації термінів важливу роль відіграє й орієнтація терміна. Останнє безпосередньо пов'язано з питанням про внутрішню форму слова та виражає просту суму значень морфем, що складають слово, тобто буквальне значення слова, причому ступінь орієнтації показує наскільки повно експонент відображає ознаки сигніфікату (понятійний зміст імені) або денотату (позамовну дійсність) [5, 8, 9, 10].

Іноді розрізнити грань між уніфікацією та систематизацією дуже важко та навіть неможливо. Стандартизація будь-якої області термінології вимагає усунення всіх недоліків і формування єдиної системи термінів, що базується на однорідних принципах.

Важливо підкреслити, що питання термінології набувають особливого значення з урахуванням трансдисциплінарності, характерної сьогодні для сучасного розвитку суспільства взагалі, і науки зокрема. Так, розглядаючи бібліографознавство, треба відзначити, що в ньому досі немає точної, науково обґрунтованої терміносистеми.

Раніше наголошувалося, що основними вимогами до термінів є їхня однозначність і систематичність, тобто термін повинен позначати одне поняття та відображати об'єктивні зв'язки, що існують між відповідними поняттями. У бібліографічній термінології не завжди дотримуються названих вимог. Не зжиті полісемія та синонімія термінів, не досягнута стійкість у їхній системі.

Між термінологією, пропонованою загальною теорією бібліографії, та термінологією, що використовується в спеціальній бібліографії, не завжди спостерігаються єдність і взаємозв'язок як між загальними та спеціальними термінами, так і між термінами окремих видів спеціальної бібліографії. На жаль, досі в загальній і спеціальній термінології для позначення одного й того самого поняття

вживаються різні терміни, та навпаки — в один і той самий термін вкладається різний зміст.

Передбачається, що наукова та навчальна література з загальної теорії бібліографії повинна відображати лише основні терміни. В спеціальній бібліографії можуть і повинні бути свої терміносистеми, але вони не повинні суперечити загальній системі основних термінів бібліографії. Проте, на тепер межі понять загальних і приватних, старих і нових термінів розмиті. Більш того, швидке оновлення терміносистем, поява нових наукових напрямів, міждисциплінарність і трансдисциплінарність науки та освіти вимагає нового підходу.

Терміносистема бібліографії в цілому повинна включати і загальне, й особливе: загальне, що є в терміносистемах кожного виду бібліографії, особливе, що є в кожній із них відповідно до специфіки галузі, а отже — і даного виду бібліографії. Іншими словами, необхідне створення постійного двостороннього зв'язку між спеціальною та загальною бібліографіями, що враховує вимоги кожної з них. Загальні бібліографічні терміни можуть зазнавати зміни при застосуванні в будь-якій конкретній сфері бібліографічної діяльності. І навпаки, особливості застосування цих термінів у спеціальній бібліографії повинні враховуватися при визначенні загальних термінів.

Створення термінологічного словника з бібліографії сприяло б формуванню єдиної терміносистеми галузі. Тому навіть із позначених позицій упорядкування бібліографічної термінології має бути пріоритетним напрямом наукових досліджень.

Термінам характерні однозначність, відсутність експресивності тощо. Рамки термінологізації встановлюються статистичними шляхами. В цьому процесі також немає єдиного розуміння. На думку ряду дослідників ступені термінологізації дозволяють виділяти крім термінів також і терміноїди, тобто лексичні одиниці, що ще не остаточно стали термінами. Визначаючи терміноїди як терміноподібні спеціальні лексичні одиниці, в роботі [6] вони називаються словами з нечітким статусом. Авторами розрізняються також терміноніми — імена власні, що вживаються в спеціальному тексті, які виконують термінологічні функції або навіть є терміноутворювальними лексичними одиницями [6]. Розібрати та визначити чіткий статус таких лексичних одиниць досить складно, але можливо при впорядкуванні термінів.

Украй неоднозначним видається співвідношення сенсу терміна та поняття когнітивності. У «Короткому словнику когнітивних термінів» «поняття концепту відповідає уявленню про ті сенси, якими оперує людина в процесі мислення й які відображають зміст досвіду та знання, зміст результатів усієї людської діяльності та процесів пізнання світу у вигляді якихось «квантів» знання. Концепти повинні сприяти обробленню суб'єктивного досвіду шляхом підведення інформації під певні вироблені суспільством категорії і класи» [7]. Іншими словами, слід розглядати термін ще із змістовних позицій відносно міри вмісту в них концепту.

Зі свого боку, з терміном «концепт» тісно пов'язаний і термін «семантичне поле», що пояснюється як сукупність слів і виразів, які утворюють тематичний ряд [2].

Стверджується, що конкретність, моносемантичність і лаконічність є найважливішими рисами термінології. Однак у свідомості дійсність розділена на два взаємопов'язаних світи: матеріальний, матеріально відчутний світ і світ абстрактних понять і явищ. Відповідно, терміни повинні відображати ті ж самі світи. Проте існування кількох лексичних дублікатів термінів для одного й того самого поняття можна здійснити лише в разі заздалегідь передбачених правил, що доповнюються в процесі практичного використання термінологічних систем і аналізу методологічних помилок.

Для того щоб навести порядок у термінологічній лексиці, потрібний ряд операцій і процесів. Після їх реалізації можна досягти певного порядку та стандартних норм у термінології.

Логічний ярус уніфікації містить в собі рішення співвідношень терміна та поняття, визначення поняття в єдиній семантичній формі, виявлення понять, як елемента певної системи. Важлива частина цієї проблеми вирішується в процесі врегулювання термінології [22].

Нам представляється можливим спрощення процесу створення терміносистеми шляхом використання зорових і інших образів. Таке було раніше неможливим. Але розвиток обчислювальних технологій уже сьогодні, власне кажучи, дозволяє забезпечити ідентифікацію термінів на основі систем оброблення.

Інший можливий і ефективний шлях системного представлення знань ми пов'язуємо з використанням онтологій.

У серії наших досліджень [3, 12, 13, 15] онтологічна модель у своїй інформаційній основі мала механізм динамічного формування та використання

ієрархій у вигляді певних таксономій і формально представлялась упорядкованою трійкою:

$O = <X, R, F>$,

де X, R, F — кінцеві множини відповідно: X — концептів (понять, термінів) предметної області, на основі яких формується предметна складова операційного середовища інформаційно-аналітичного супроводу; R — відношень та властивостей між ними (будемо вважати, що властивості є інтерпретацією відношень, тобто існує перетворення, яке кожному відношенню встановлює відповідність певної властивості); F — функцій інтерпретації (визначень) X та/або R, що складають функціональну частину операційного середовища інформаційно-аналітичного супроводу.

Певні труднощі з використанням термінів особливо в трансдисциплінарних уявленнях примусили більш глибоко вивчити лінгвістичні проблеми, зокрема питання створення семантичного поля. Раніше нами було показано [15], що в загальному випадку умова застосованості t_{ap} (t_{ap} — умова застосованості, вираз, що містить n_g змінних) означає існування гомеоморфізму між орієнтованим графом, утвореним вхідною послідовністю лексем (а також синтаксичними зв'язками між ними), і певним еталонним орієнтованим графом G_{ap}, що представляє собою обраний користувачем підграф первинного представлення T^e_{sn} певного тексту. В якості T^e_{sn} може виступати первинне представлення як поточного тексту T_{sn}, так і будь-якого іншого тексту. Умова має певну структуру та складається з *предикатів ідентифікації* (розуміючи під предикатом його традиційне визначення як функції з множиною значень {0 — неправда, 1 — істина}), що визначена на заданій множині. Такі предикати дозволяють ідентифікувати контексти певної лексеми і на основі цього робити висновок про необхідність або відсутність необхідності виконання перетворення. Кожен із предикатів задає певну умову, а умовою застосовності правила є виконання всіх умов, заданих кожним із предикатів. Кількість предикатів у виразі й задає число n_g.

$$t_{ap} = c_{p_1}(x_1) \& \ldots c_{p_n}(x_{n_g}) \& r_{k_{11}}(x_1, x_1) \& \ldots r_{k_{n_g n_g}}(x_{n_g}, x_{n_g})$$

Одномісні предикати, присутні у виразі, — це предикати ідентифікації лексем. Такий предикат задає умову, якій повинна відповідати певна лексема (або конструкт) із вхідної множини.

Проте виявилися такі проблеми, що пов'язані зі швидкою появою нових лексем, нових термінів, нових зв'язків. З іншого боку, частина термінополя

Рис. 1. Загальна схема універсуму знань

використовується все рідше. Відповідно нами було поставлено завдання створення універсуму знань, під котрим ми розуміємо, як і в [4], сукупність об'єктів та явищ у цілому, що розглядається як єдина система. Деталі системних підходів, що використані нами, будуть надані в наступних частинах роботи. В цьому дослідженні сформулюємо лише загальну схему.

Виділено онтологію застарілих знань, що ми назвали *генізою* знань за аналогією з Каїрською генізою [25].

Застосовані також авторські семантичні деривати термінів. Розуміємо під *шелтерами* тимчасове сховище нових знань з новою термінологією, під *імпостами* — перехідні ланцюги знання в міждисциплінарних і трансдисциплінарних взаємовідносинах, а під *капсулами* знань — відносно постійні резервуари знань для завдань освіти. Загальна схема універсуму знань показана на рис. 1.

Висновки.

1. Розглянуто кілька шляхів створення предметної терміносистеми. Підкреслюється перспективність застосування онтологій.
2. Наведено загальну схему побудови універсуму знань.

Література.

1. Авербух К. Я. Общая теория термина / К. Я. Авербух. — М. : Издательство МГОУ, 2006. — 252 с.
2. Белякова И. Г. Эволюция моделей межкультурной коммуникации в многоязычном пространстве глобального информационного общества / И. Г. Белякова. — Ногинск : Аналитика Родис, 2016. — 154 с.
3. Величко В. Ю. Деякі способи виділення відношень між термінами в природномовному тексті / В. Ю. Величко, В. В. Приходнюк // Системний аналіз та інформаційні технології : зб. наук. праць за матеріалами XV конференції (Київ, 27–31 травня 2013 р.). — К.: НТУУ «КПІ», 2013. — С. 406.
4. Дидье Ж. Универсум // Ж. Дидье. Философский словарь. Пер. с франц. — М. : Междунар. отношения, 2000. — 544 с.
5. Карасик В. И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс / В. И. Карасик. — М. : Гнозис, 2004. — 477 с.
6. Кобрин Р. Ю. О понятиях «терминология» и «терминологическая система» / Р. Ю. Кобрин // История отечественного терминоведения: в 3-х т. / В. А. Татаринов. — М. : Московский Лицей, 2003. — Т. 3. Аспекты и отрасли терминологических исследований (1973–1993). — С. 35-40.
7. Краткий словарь когнитивных терминов / Е. С. Кубрякова, В. З. Демьянков, Л. Г. Лузина, Ю. Г. Панкрац; под общей редакцией Е. С. Кубряковой / — М.: Издательство МГУ, 1996. — 245 с.
8. Леонтович Е. А. О схеме, определяющей топологическую структуру разбиения на траектории / Е. А. Леонтович, А. Г. Майегр // ДАН СССР. — 1955. —Т. 103, № 4. — С. 557–560.
9. Пашаева Г. Б. Основные принципы и меры унификации терминов / Г. Б. Пашаева // Гуманитарные научные исследования. — 2015. — № 4, Ч. 1. — С. 137–143.
10. Ребрышкина И. А. Виды ориентации терминологических единиц / И. А. Ребрышкина, О. Л. Арискина // Научный журнал КУБГАУ. — 2011. — № 71 (07). — С. 1–9.
11. Семенов С. В. Информационное пространство как надстройка над распределенными системами / С. В. Семенов, И. А. Конюхов // Программные продукты и системы. — 2007. — № 1. — С. 56–57.
12. Стрижак А. Е. Инвариантные задачи онтологических систем / А. Е. Стрижак // Information technologies & knowledge. — 2014. — №. 8. — С. 356–360.
13. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів : дис. д-ра техн. наук : 05.13.06 / Стрижак Олександр Євгенійович. — К., 2014. — 470 с.
14. Тихонова И. Б. Когнитивное моделирование профессиональной терминосистемы: автореф. дис. … канд. филол. наук : 10.02.04. — Омск, 2010. — 221 с.
15. Трансдисциплінарне представлення інформації за допомогою інтерактивних документів / О. П. Мінцер, В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак, О. М. Шевцова // Медична інформатика та інженерія. — 2018. — №1. — С. 47–52.
16. Тур О. Н. Унификация и стандартизация терминологии в сфере документально-коммуникационной деятельности общества / О. Н. Тур // Вестник ВГУ. Серия лингвистика и межкультурная коммуникация. — 2015. — № 1. — С. 48–52.
17. Шарафутдинова Н. С. О понятиях «терминология», «терминосистема» и «терминополе» / Н. С. Шарафутдинова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. — 2016. — № 6, Ч. 3. — С. 168–171.
18. Шарафутдинова Н. С. Прагмонимы в специальной лексике по авиации (в русском, немецком и английском языках) / Н. С. Шарафутдинова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. — 2016. — № 3 (57), Ч. 2. — С. 175–179.
19. Berwick D. M. MD on transitioning to value-based health care / D. M. Berwick // Healthc Financ Manage. — 2013. — Vol. 67, No. 5. — P. 56–59.

20. Challenges of systematic reviewing integrative health care / I. Coulter, R. Khorsan, C. Crawford, A. F. Hsiao // Integr. Med. Insights. — 2013. — Vol. 8. — P. 19–28.
21. Costs of complementary and alternative medicine (CAM) and frequency of visits to CAM practitioners / R. L. Nahin, P. M. Barnes, B. J. Stussman, B. Bloom ; National Center for Health Statistics // National health statistics reports. — 2009. — No. 18.
22. Erteschik-Shir N. Information structure: the syntax-discourse interface / N. Erteschik-Shir. — Oxford : Oxford University Press, 2007. — 236 p.
23. Jones M. R. Structuration theory / M. R. Jones // Rethinking management information systems: an interdisciplinary perspective / Eds. W. L. Currie, R. D. Galliers. — Oxford University Press : Oxford, 1998.
24. Lambrecht K. Information structure and sentence form: topic focus and the mental representation of discourse referent / K. Lambrecht. — Cambridge : Cambridge University Press, 1994. — 338 p.
25. Reif S. C. Published material from the Cambridge Genizah collections: a bibliography, 1896–1980 / S. C. Reif. — Cambridge, 1988.

References.

1. Averbukh, K. Ya. (2006). Obshchaya teoriya termina [General theory of the term]. Moscow: Moscow State Regional University Publishing House. [In Russian].
2. Belyakova, I. G. (2016). Evolyutsiya modelei mezhkul'turnoi kommunikatsii v mnogoyazychnom prostranstve global'nogo informatsionnogo obshchestva [Evolution of models of intercultural communication in the multilingual space of the global information society]. Noginsk: Analitika Rodis. [In Russian].
3. Velichko, V. Yu., & Prikhodnyuk, V. V. (2013). Deyaki sposobi vidilennya vidnoshen' mizh terminami v prirodnomovnomu teksti [Some ways to highlight the relationship between terms in a natural language text]. Sistemnii analiz ta informatsiini tekhnologii: proceedings on the materials of the XV conference) (Kyiv, 27–31 May 2013) (p. 406). Kyiv: NTUU KPI. [In Ukrainian].
4. Did'e, Zh. (2000). Universum. In Zh. Did'e. Filosofskii slovar' [Philosophy vocabulary]. Moscow: Mezhdunarodnye Otnosheniya (International Relationships). [In Russian].
5. Karasik, V. I. (2004). Yazykovoi krug: lichnost', kontsepty, diskurs [Language circle: personality, concepts, discourse]. Moscow: Gnozis. [In Russian].
6. Kobrin, R. Yu. (2003). O ponyatiyakh «terminologiya» i «terminologicheskaya sistema» [On the concepts of «terminology» and «terminological system»] In V. A. Tatarinov. Istoriya otechestvennogo terminovedeniya (History of Russian terminology), Vol. 3. Aspekty i otrasli terminologicheskikh issledovanii (Aspects and branches of terminology research) (1973–1993) (pp. 35–40). Moscow: Moskovskii Litsei (Moscow Lyceum). [In Russian].
7. Kubryakova, E. S., Dem'yankov, V. Z., Luzina, L. G., & Pankrats, Yu. G. (1996). Kratkii slovar' kognitivnykh terminov [A brief dictionary of cognitive terms]. Moscow: MSU Publishing House. [In Russian].
8. Leontovich, E. A., & Maiegr, A. G. (1955). O skheme, opredelyayushchei topologicheskuyu strukturu razbieniya na traektorii [On the scheme that determines the topological structure of a partition into a trajectory]. Reports of the Academy of Sciences of the USSR, 103(4), 557–560. [In Russian].
9. Pashaeva, G. B. (2015). Osnovnye printsipy i mery unifikatsii terminov [Basic principles and measures for the unification of terms]. Gumanitarnye nauchnye issledovaniya (Humanitarian research), 4(1), 137–143. [In Russian].
10. Rebryshkina, I. A., & Ariskina, O. L. (2011). Vidy orientatsii terminologicheskikh edinits [Types of orientation of terminological units]. Nauchnyi zhurnal KUBGAU (Scientific Journal of KubSAU), 71(7), 1–9. [In Russian].
11. Semenov S. V., & Konyukhov, I. A. (2007). Informatsionnoe prostranstvo kak nadstroika nad raspredelennymi sistemami [Information space as an add-on over distributed systems]. Programmnye produkty i sistemy (Software products and systems), 1, 56–57. [In Russian].
12. Strizhak, A. E. (2014). Invariantnye zadachi ontologicheskikh sistem [Invariant tasks of ontological systems]. Information technologies & knowledge, 8, 356–360. [In Russian].
13. Strizhak, O. E. (2014). Transdistsiplinarna integratsiya informatsiinikh resursiv [Transdisciplinary integration of information resources]. (Doctoral dissertation). Kyiv. [In Ukrainian].
14. Tikhonova, I. B. (2010). Kognitivnoe modelirovanie professional'noi terminosistemy [Cognitive modeling of professional terminology]. (Candidate dissertation). Omsk. [In Russian].
15. Mintser, O. P., Prikhodnyuk, V. V., Strizhak, O. E., & Shevtsova, O. M. (2018). Transdistsiplinarne predstavlennya informatsii za dopomogoyu interaktivnikh dokumentiv [Transdiscipline in the provision of information through interactive documents]. Medichna informatika ta inzheneriya (Medical Informatics & Engineering), 1, 47–52. [In Ukrainian]. doi: http://dx.doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.1.8891.
16. Tur, O. N. (2015). Unifikatsiya i standartizatsiya terminologii v sfere dokumental'no-kommunikatsionnoi deyatel'nosti obshchestva [Unification and standardization of terminology in the field of documentary and communication activities of the society]. Vestnik VGU. Seriya lingvistika i mezhkul'turnaya kommunikatsiya (Bulletin of VSU. A series of linguistics and intercultural communication), 1, 48–52. [In Russian].

17. Sharafutdinova, N. S. (2016). O ponyatiyakh «terminologiya», «terminosistema» i «terminopole» [On the concepts of «terminology», «terminosystem», and «terminopolis»]. Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki (Philological Sciences. Questions of theory and practice), 6(3), 168–171. [In Russian].
18. Sharafutdinova, N. S. (2016). Pragmonimy v spetsial'noi leksike po aviatsii (v russkom, nemetskom i angliiskom yazykakh) [Pragmons in the special lexicon on aviation (in Russian, German and English)]. Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki (Philological Sciences. Questions of theory and practice), 3(57, Part 2), 175–179. [In Russian].
19. Berwick, D. M. (2013). MD on transitioning to value-based health care. Healthc Financ Manage, 67(5), 56–59.
20. Coulter, I., Khorsan, R., Crawford, C., & Hsiao, A. F. (2013). Challenges of systematic reviewing integrative health care. Integr. Med. Insights, 8, 19–28. doi: 10.4137/IMI.S11570.
21. Nahin, R. L., Barnes, P. M., Stussman, B. J., & Bloom, B. (2009). Costs of complementary and alternative medicine (CAM) and frequency of visits to CAM practitioners. National health statistics reports, 18. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics.
22. Erteschik-Shir, N. (2007). Information structure: the syntax-discourse interface. Oxford: Oxford University Press.
23. Jones, M. R. (1998). Structuration theory. In W. L. Currie, R. D. Galliers, Eds. Rethinking management information systems: an interdisciplinary perspective. Oxford University Press: Oxford.
24. Lambrecht, K. (1994). Information structure and sentence form: topic focus and the mental representation of discourse referent. Cambridge: Cambridge University Press.
25. Reif, S. C. (1988). Published material from the Cambridge Genizah collections: a bibliography, 1896–1980. Cambridge.

УДК 61:681.3;621.3.049.77
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9288

ІНФОРМАЦІЙНІ ТА МІКРОЕЛЕКТРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В МОБІЛЬНІЙ МЕДИЦИНІ. НАДІЇ ТА ОБМЕЖЕННЯ

О. П. Мінцер, В. А. Романов[1], І. Б. Галелюка[1], А. В. Антонова[1]

Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика
[1]Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України

Розглянуто питання використання в медичній практиці інформаційних і мікроелектронних технологій. Підкреслюється думка про необхідність врахування для діагностики патологічного процесу даних передісторії захворювання й узагальнення відомостей про попередні та паралельні дослідження пацієнта в інших закладах охорони здоров'я робить малоперспективним широке застосування подібних пристроїв у практичній медицині. Зроблено висновки про те, що сфера їх використання в мобільній медицині обмежена практичними випадками, які не вимагають детального знання та передісторії патологічного процесу. Підкреслюється також, що на нинішньому етапі розвитку медицини істотне розширення напрямів застосування мікроелектронної техніки може бути забезпечено шляхом спільного її використання зі штучним інтелектом.

Ключові слова: інформаційні технології, мікроелектронні технології, мобільна медицина, персоналізована медицина, моніторинг стану пацієнта, портативні медичні сенсорні прилади, комунікатори, ідентифікація та інтерпретація медичної інформації, агрегування медичних даних, штучний інтелект.

INFORMATION AND MICROELECTRONIC TECHNOLOGIES FOR APPLICATION IN MOBILE MEDICINE. HOPES AND LIMITATIONS

O. P. Mintser, V. A. Romanov[1], I. B. Galelyuka[1], A. V. Antonova[1]

Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education
[1]V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine

The issues of using information and microelectronic technologies in medical practice are considered. It is emphasized that the need to take into account the history of the disease for the diagnosis of the pathological process and the aggregation of information about the patient's previous and parallel studies in other medical institutions makes the widespread use of such devices in practical medicine unsuccessful. Conclusions are drawn about the scope of their use in mobile medicine limited to practical cases that do not require detailed knowledge and background of the pathological process. It is also emphasized that at the present stage of the development of medicine, a significant expansion of the directions of the use of microelectronic technology can be ensured by its joint use with artificial intelligence.

Key words: information technologies, microelectronic technologies, mobile medicine, personalized medicine, patient monitoring, portable medical sensory devices, communicators, identification and interpretation of medical information, aggregation of medical data, artificial intelligence.

© О. П. Мінцер, В. А. Романов, І. Б. Галелюка, А. В. Антонова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МОБИЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ. НАДЕЖДЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

О. П. Минцер, В. А. Романов[1], И. Б. Галелюка[1], А. В. Антонова[1]

Национальная медицинская академия последипломного образования имени П. Л. Шупика
[1]Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины

Рассмотрены вопросы использования в медицинской практике информационных и микроэлектронных технологий. Подчеркивается мысль о необходимости учета для диагностики патологического процесса данных предыстории заболевания и агрегирование сведений о предшествующих и параллельных исследованиях пациента в других учреждениях здравоохранения делает малоперспективным широкое применение подобных устройств в практической медицине. Сделаны выводы о том, что сфера их использования в мобильной медицине ограничена практическими случаями, которые не требуют детального знания и предыстории патологического процесса. Подчеркивается также, что на нынешнем этапе развития медицины существенное расширение направлений применения микроэлектронной техники может быть обеспечено путем совместного ее использования с искусственным интеллектом.

Ключевые слова: информационные технологии, микроэлектронные технологии, мобильная медицина, персонализированная медицина, мониторинг состояния пациента, портативные медицинские сенсорные приборы, коммуникаторы, идентификация и интерпретация медицинской информации, агрегирование медицинских данных, искусственный интеллект.

Вступ. У клінічних умовах застосування мікроелектроніки здійснюється виключно швидкими темпами. Неврологічні стимулятори, моніторинг лікувальних заходів при лікуванні пухлин, кардіологія та пульмонологія — це лише деякі з захоплюючих областей, де використовуються пристрої. Протягом наступного десятиліття нові системи допоможуть людям із такими захворюваннями, як хвороба Паркінсона, розсіяний склероз, психічні розлади.

Зовні схожий процес відбувається й в амбулаторній практиці. Крім того, останніми роками різко прискорилося старіння населення, збільшилася кількість хронічних хворих, зросла вартість медичних послуг. Ця тенденція збережеться й в найближчі роки, і до 2030 року відповідно до прогнозів третина населення земної кулі буде старше 65 років, причому 40 % із них потребуватимуть постійної медичної допомоги, насамперед при використанні принципів мобільної медицини. Без цієї допомоги незалежне існування таких пацієнтів буде проблематичним.

Важливо підкреслити, що лікування пацієнтів стає індивідуалізованим. Відходять у минуле стандарти надання медичної допомоги, що стають інструментом лише оцінювання планованих фінансових витрат на потреби охорони здоров'я.

Персоналізація та постійний моніторинг стану пацієнтів визначають їх нову «середу існування», що характеризується постійним відстеженням стану пацієнта, його кількісного оцінювання, прогнозуванням значень життєво важливих фізіологічних параметрів. У такому середовищі люди похилого віку, які страждають хронічними хворобами, перебуватимуть досить тривалий час.

Характерною рисою нинішнього періоду розвитку мікроелектронних технологій є те, що в завданнях конструювання нових приладів з'являються не тільки завдання моніторингу, але й прийняття рішень щодо лікування. Так, завершено роботу над штучною підшлунковою залозою, що демонструє успіхи в боротьбі з цукровим діабетом 1-го типу. Система використовує електрохімічний датчик, що визначає рівні глюкози кожні 5 хвилин. Якщо виявлений високий рівень глюкози, то автоматично вводиться інсулін; якщо виявлено низький рівень – глікоген [16].

Розвиток інформаційних технологій і мікроелектроніки на сучасному етапі дозволяє створювати принципово нові монітори здоров'я, зробити їх доступними для широких верств населення. Однак труднощі та непереборні перешкоди для широкого поширення залишаються.

Мета дослідження: аналіз і узагальнення відомостей щодо використання в медичній практиці інформаційних і мікроелектронних технологій.

Результати та їх обговорення. Формальні погляди на моніторинг стану пацієнтів. Для вимірювання фізіологічних параметрів пацієнта й оцінювання його стану, в одяг можуть бути вбудовані різні медичні сенсори, такі як сенсор частоти пульсу, сенсор частоти дихання, сенсор температури тіла, фотоплетизмограф, сенсори кардіосигналів і тиску, акселерометр тощо. Їх застосуванню присвячена значна кількість робіт [4, 9, 11, 13, 17–19, 20].

Рис. 1. Приклади портативних медичних приладів

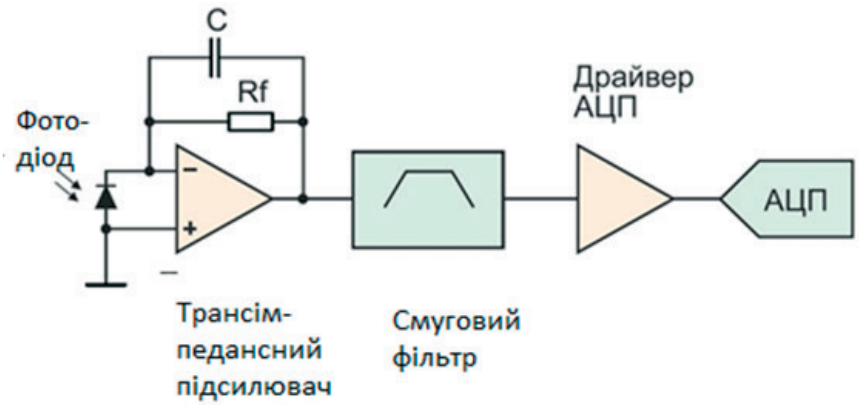


Рис. 2. Функціональна схема фотодетектора

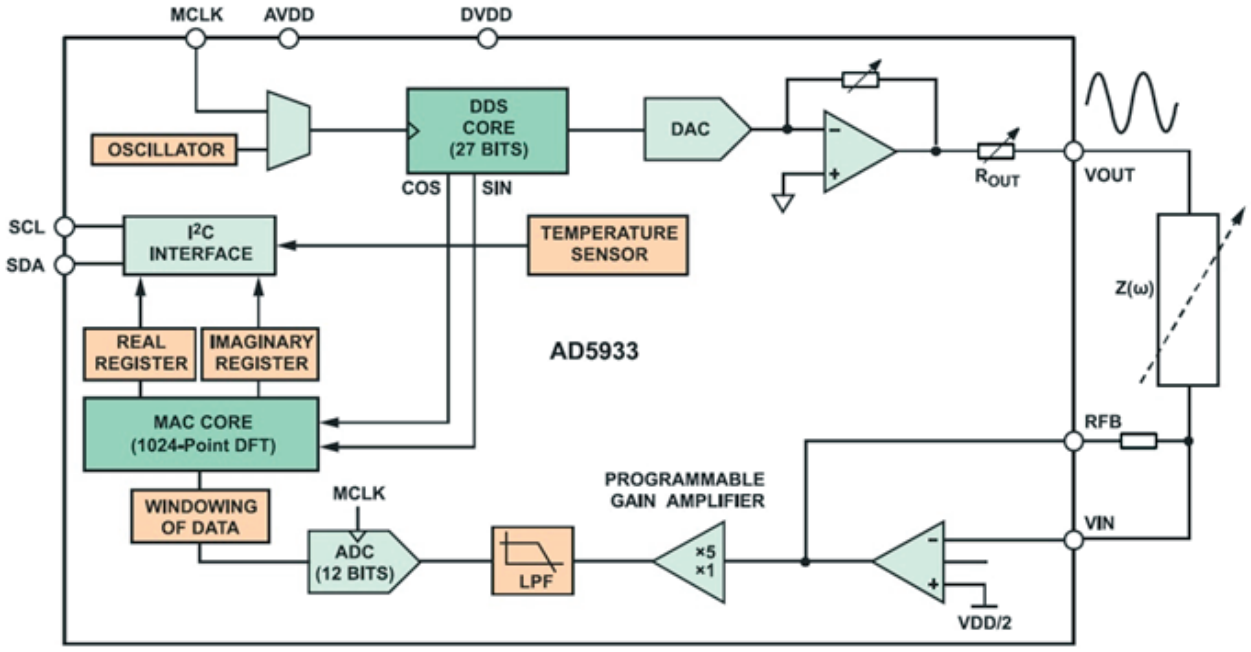


Рис. 3. Функціональна схема імпедансометра

Сенсори включають мініатюрні приймачі для передавання даних про фізіологічні параметри пацієнта на віддалений комп'ютер, в якому експертна система за спеціальною програмою визначає стан людини в експресному режимі. Якщо пацієнту потрібна термінова медична допомога, в медичну службу з вбудованого в одяг навігатора передаються його координати.

На рис. 1 показано сучасні портативні медичні сенсорні пристрої різного призначення. Це тонометри, глюкометри, пульсометри, фотоплетизмографи, оксигемометр, сенсори кардіосигналів, вимірювачі частоти дихання.

Технологічні особливості систем моніторингу. Розглянемо спочатку особливості мікросхем, на основі яких легко можуть бути побудовані ці та інші сенсори фізіологічних параметрів, призначені для вбудовування в одяг.

Фотодетектори широко використовують в портативних медичних приладах і сенсорах (рис. 2), таких як пульсові оксиметри і фотоплетизмографи для вимірювання частоти серцевих скорочень і вмісту кисню в крові, глюкометри для визначення концентрації глюкози в крові, проточної цитометрії та ін. У фотодетекторах світлодіод або матриця світлодіодів генерує імпульс світла певної довжини хвилі, який проходить через шкіру пацієнта, тоді як фотодіод реєструє інтенсивність пропускання відбитого світлового потоку, величина якої пов'язана з вимірюваним фізіологічним параметром.

Прецизійні імпедансометри (рис. 3) призначені для вимірювання часу згортання крові. Вимірюючи опір крові, можна легко встановити момент утворення згустків.

При зніманні сигналів з поверхні шкіри пацієнта необхідно забезпечити високу якість контакту електрода з цією поверхнею. Для цього в медичний електрод вбудовують ємнісний сенсор (рис. 4). Перед зніманням сигналу з електрода відбувається опитування ємнісного сенсора, який сигналізує про якість контакту електрода з поверхнею шкіри в точці знімання сигналів.

Інтегральна мікросхема (ІМС) для бездротового кардіографа Холтера розташовується безпосередньо на зворотному боці електрода (рис. 5). Вихідні дані цієї ІМС передаються на мобільний телефон або віддалений комп'ютер.

Портативні електрокардіографи, міографи, енцефалографи призначені відповідно для діагностики роботи серця, мускулатури і головного мозку пацієнта. Джерелами інформації для цих приладів є біопотенціали, що знімаються з поверхні тіла пацієнта. Якість сигналів, що знімаються, залежить від параметрів аналогового інтерфейсу. ІМС такого інтерфейсу наведено на рис. 6.

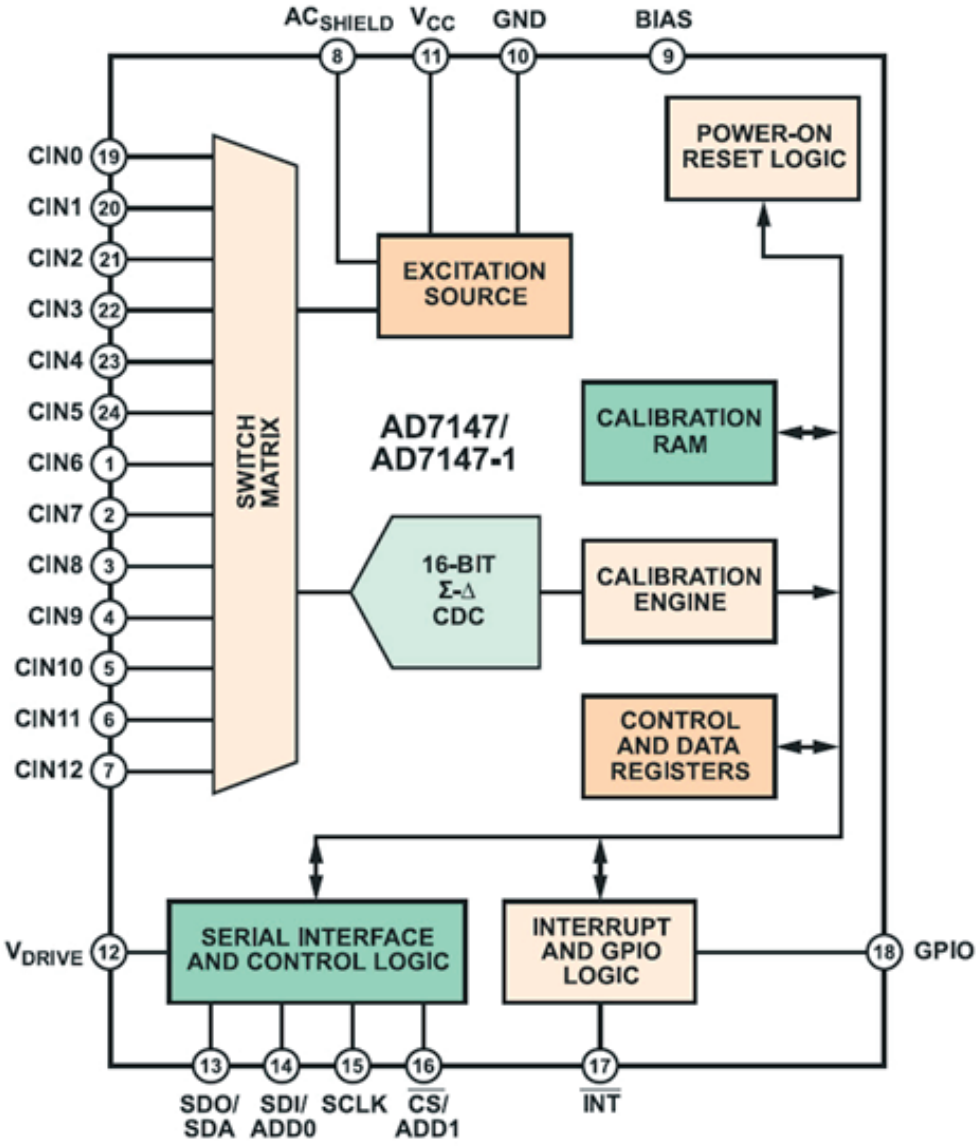


Рис. 4. Функціональна схема ємнісного сенсора

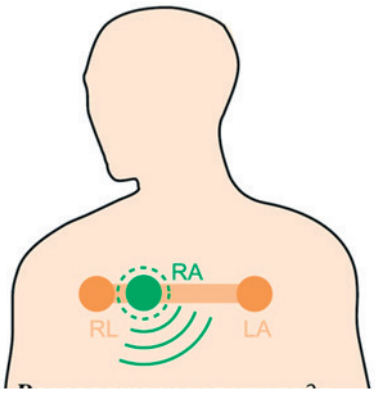


Рис. 5. Кардіоелектрод із мікроелектронним передавачем кардіосигналів. Розташування електрода, суміщеного з монітором Холтера, на тілі пацієнта

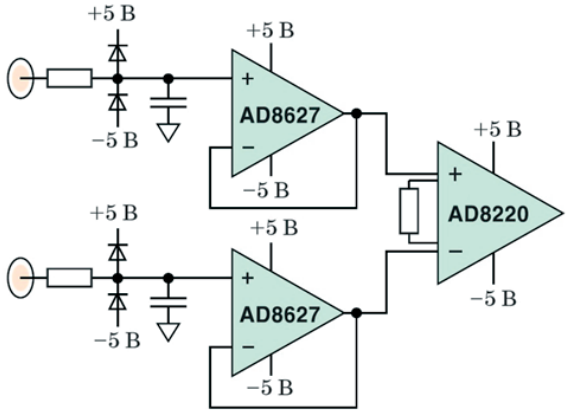


Рис. 6. Аналоговий інтерфейс для знімання біопотенціалів

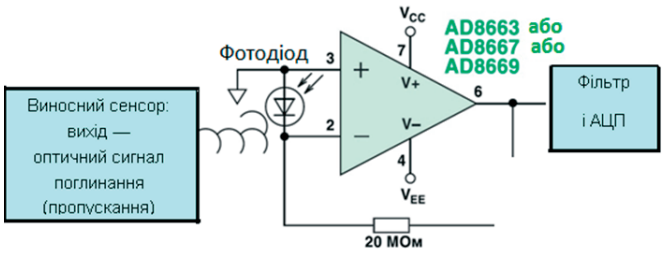


Рис. 7. Схема фотодіодного підсилювача

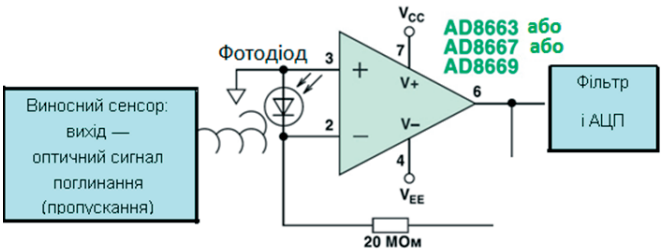


Рис. 8. Портативний вимірювач кров'яного тиску

ІМС фотодіодних підсилювачів призначені для вимірювання концентрації кисню в крові пацієнта. Вони використовуються в пульсових оксиметрах. Сенсор може закріплюватися на мочці вуха або на кінчику пальця руки або ноги. Він містить два світлодіода, один з яких випромінює світло в червоній області спектра, а інший — в інфрачервоній. Процентний вміст кисню в крові визначається як відношення інтенсивності пропускання в різних областях спектру. Для зчитування параметра інтенсивності використовується фотодіодний підсилювач, схема якого наведена на рис. 7.

ІМС для вимірювання кров'яного тиску застосовується в портативних тонометрах, принцип дії яких полягає в наступному. Сенсор кров'яного тиску встановлюється в манжеті тонометра і фіксує коливання пульсової хвилі. На виході сенсора використовується ІМС для фіксації величини верхньої і нижньої межи кров'яного тиску. Схема цієї ІМС наведена на рис. 8. Крім того, кров'яний тиск можна перерахувати по швидкості наростання пульсової хвилі фотоплетизмографа, що дозволяє виключити компресор і манжету для вимірювання тиску.

У 2016 році компанія «Analog Devices» представила виготовлену у вигляді наручного годинника комплексну систему стеження за основними життєвими показниками пацієнта GEN II. Годинники містять кілька модулів, розташованих на материнській платі, під керуванням розробленого компанією «Analog Devices» мікроконтролера з ядром

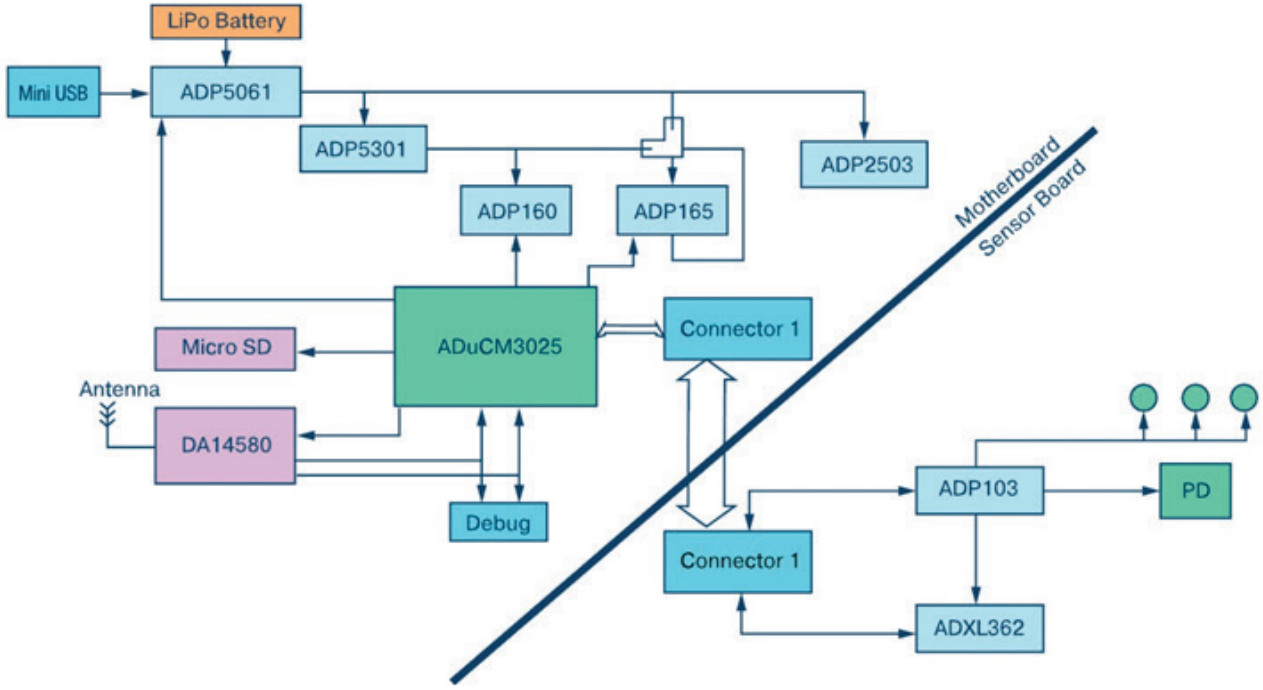


Рис. 9. Структурна схема монітора здоров'я GEN II

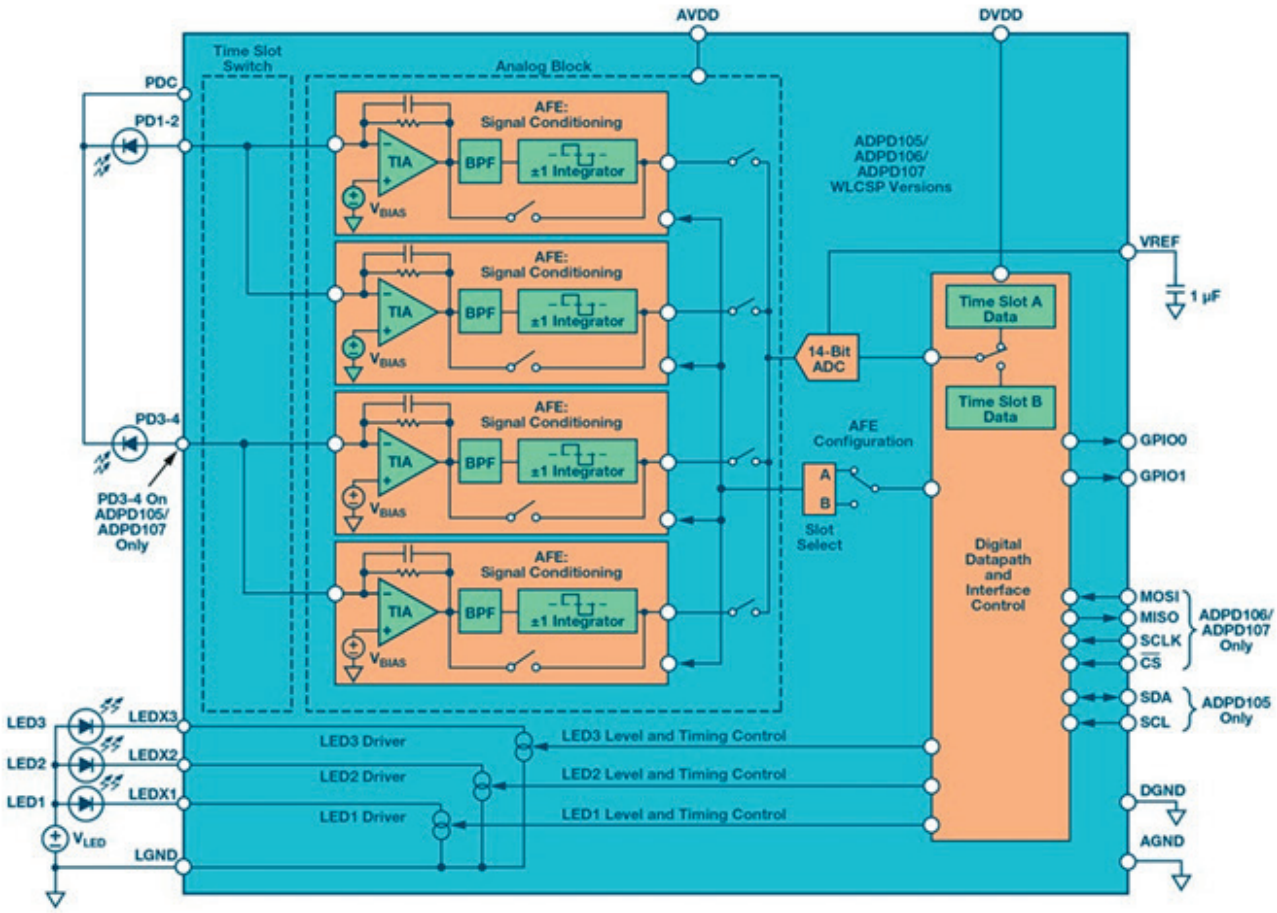


Рис. 10. Структурна схема оптичного блоку ADPD107

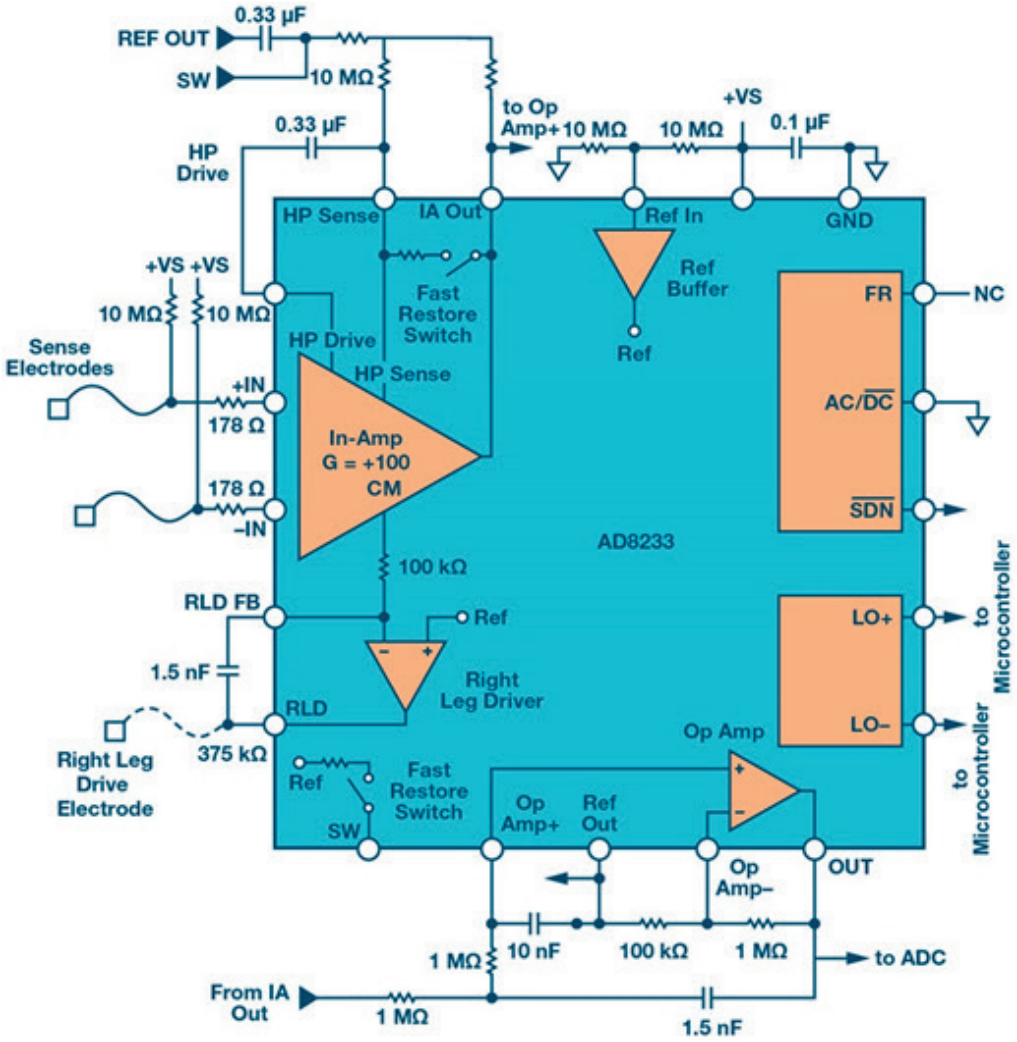


Рис. 11. Структурна схема інтерфейсу AD8233 для кардіосигналів

Cortex-M3 ADuCM302x. У складі годинника є приймач з частотою 2,4 ГГц, фотометричний вузол ADPD103 з трьома зеленими світлодіодами і фотодіодом, а також тривісний акселерометр ADXL362. Фотометричний вузол вимірює частоту серцевих скорочень і рівень насиченості крові киснем. Структурна схема вбудованого в годинник монітора життєво важливих показників здоров'я приведена на рис. 9.

Вбудований у наручний годинник монітор здоров'я, як уже зазначалося, має мале споживання:

- мікроконтролер ADuCM3027 при максимальній тактовій частоті споживання 57 мкА;
- тривісний акселерометр ADXL362 споживає 2 мкА;
- загальне споживання фотометричного вузла на основі мікросхеми ADPD107 не перевищує 563 мкА.

Звідси загальне споживання годинника не перевищує 622 мкА, що гарантує тривалий інтервал часу роботи без підзарядки акумуляторної батареї.

Вбудований у наручний годинник монітор здоров'я GEN II компанії «Analog Devices» призначений для безперервного вимірювання таких життєво важливих показників, як параметри електрокардіограми, частота серцевих скорочень, імпеданс шкірного покриву, стан і ступінь активності пацієнта, а також температура тіла. Відзначимо, що пристрій може, крім того, бути вбудовано в пояс, розташовано на грудній клітці пацієнта. Фотоплетизмограф побудований на базі IMC ADPD107, структурна схема якого наведена на рис. 10.

IMC ADPD107 управляє світлодіодами і за допомогою фотоприймача вимірює сигнали відгуку. Вхідні ланцюги цієї IMC побудовані на основі трансімпедансних підсилювачів

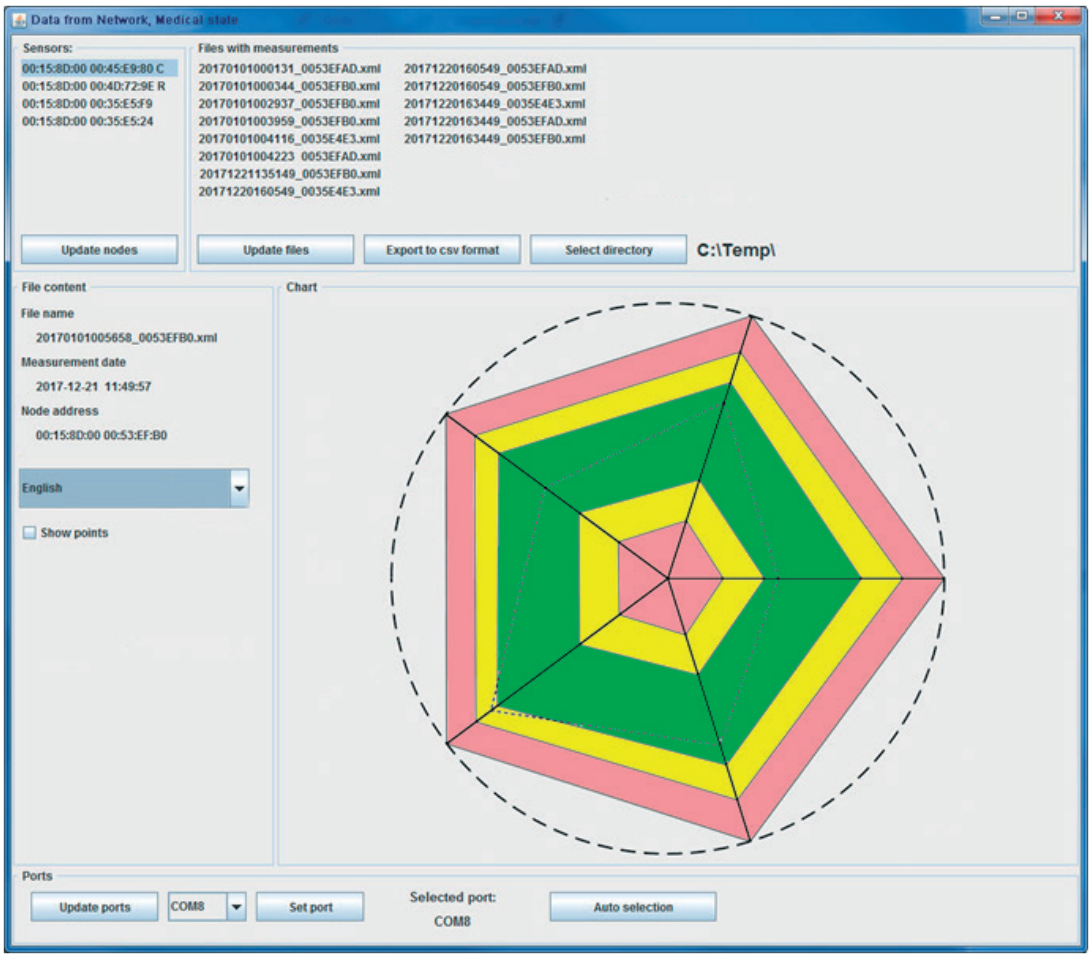


Рис. 12. Вікно прикладної програми з відображенням діаграми

з чотирикроковим програмованим коефіцієнтом підсилення. Тривалість світлових імпульсів знаходиться в межах 2–3 мкс. АЦП кодує відповідну реакцію в формі імпульсів на виході фотодіодів. Біопотенціали вимірюються за допомогою двох ІМС AD8233 (рис. 11), призначених для знімання кардіосигналів з електродів, розташованих на поверхні шкіри пацієнта. Ці ІМС підсилюють і фільтрують біопотенціали низького рівня. З виходу AD8233 посилені кардіосигнали надходять на вхід 12-розрядного АЦП AD7689. На тильній стороні пристрою GEN II знаходяться два електроди, призначені для вимірювання імпедансу поверхні шкіри. Зміна імпедансу шкіри дає уявлення про емоційне навантаження пацієнта. Подібно кардіосигналам ці сигнали теж кодуються АЦП AD7689. Комплексний імпеданс обчислюється контролером ADuCM3029.

Відзначимо, що всі життєво важливі параметри повинні бути оцінені з урахуванням активності пацієнта, тобто чи знаходиться він в русі чи в спокої. Для оцінки активності пацієнта в складі GEN II є тривісний акселерометр ADXL362 з 12-розрядним АЦП. Температура тіла пацієнта вимірюється двома вбудованими в GEN II сенсорами, вихідні сигнали яких кодуються 16-розрядним АЦП.

Новий виріб компанії «Analog Devices» має широкий спектр застосувань. За допомогою GEN II можна вимірювати кров'яний тиск шляхом обробки пульсової хвилі. При цьому не потрібно застосовувати традиційну манжету. Не викликає сумнівів доцільність застосування монітора здоров'я людьми похилого віку, що дозволяє їм вести активний спосіб життя, постійно перебуваючи при цьому під контролем медичного персоналу. Як було зазначено раніше, обробка фізіологічних параметрів пацієнта виконується за допомогою експертної системи, яка для наочності може бути представлена у вигляді пелюсткової (кругової) діаграми. По осях цієї діаграми (рис. 12) відкладаються виміряні фізіологічні параметри пацієнта. Діаграма може містити кілька зон: зону з нормальними параметрами, кілька

проміжних зон для параметрів з відхиленнями від нормальних і зону з критичними параметрами. Залежно від того, в якій зоні знаходяться фізіологічні параметри пацієнта, експертної системою приймається рішення про необхідність надання медичної допомоги пацієнту.

При діагностиці захворювання на різних його стадіях ефективне спілкування лікаря з пацієнтом допомагає встановити правильний діагноз, спрогнозувати розвиток захворювання і сприяє швидкому одужанню хворого. Для підтримки спілкування лікаря з пацієнтом (особливо з порушенням мовлення) Інститутом кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України та Національною медичною академією післядипломної освіти імені П. Л. Шупика (кафедра медичної інформатики) розроблено спеціальний інтелектуальний медичний комунікатор [2].

Спеціалізоване програмне забезпечення комунікатора складається з ряду підсистем. Програмне забезпечення підтримується базами даних і знань, що містять інформацію про різні захворювання, травми тощо.

Головне вікно комунікатора має п'ять пунктів меню (рис. 13): 1) Потреби; 2) Прохання; 3) Чи турбує біль; 4) Термінова допомога; 5) Клавіатура.

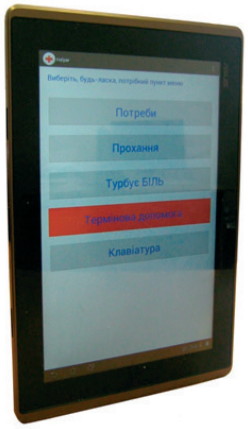


Рис. 13. Головне вікно комунікатора

Пункт меню «Потреби» призначений для виведення на екран списку потреб пацієнта, таких, наприклад, як «хочу їсти», «хочу пити», «хочу спати» та ін.; пункт «Прохання» використовується для виведення на екран прохань пацієнта, наприклад, таких як «говоріть голосніше», «увімкніть телевізор», «відкрийте вікно» та ін.

Пункт меню «Турбує біль» допомагає малорухомому пацієнту з порушенням мовлення точно вказати місце больових відчуттів. Інформація відповідно до цього пункту меню виводиться на екран у графічному вигляді (рис. 14). Паієнт вказує на сенсорному екрані комунікатора ділянку тіла, в якій його турбує біль, причому назва цієї ділянки дублюється звуковою підказкою. Наприклад, це важливо при появі у лежачого пацієнта пролежнів тощо.

Пункт меню комунікатора «Термінова допомога» призначений для термінового виклику пацієнтом лікаря. Виклик може супроводжуватися звуковим сигналом.

Пункт меню комунікатора «Клавіатура» використовується для введення в пристрій додаткових функцій.

Рис. 14. Вікно комунікатора для вказівки частини тіла, в якій пацієнт відчуває біль

У разі необхідності до інтелектуального комунікатора можуть бути підключені бездротові або дротові медичні датчики, розташовані на тілі пацієнта, такі як датчики кардіосигналів, температури тіла, кров'яного тиску, частоти пульсу та дихання та ін. Всі ці датчики в даний час випускаються компанією «Analog Devices». Завдяки цьому інтелектуальний комунікатор може додатково виконувати функції медичного монітора.

Найважливіша функція комунікатора — підтримка сімейних лікарів при прийнятті рішення, а також спрощення спілкування лікаря і пацієнта. Зрозуміло, що для усунення проблем в спілкуванні лікаря та пацієнта доцільно використовувати формалізовані і стандартизовані моделі та ситуації спілкування, комп'ютеризувати їх для того, щоб усунути помилкове розуміння конкретного «повідомлення» від відправника до одержувача інформації. Тому й очевидним є застосування комунікаторів сімейними лікарями при першому

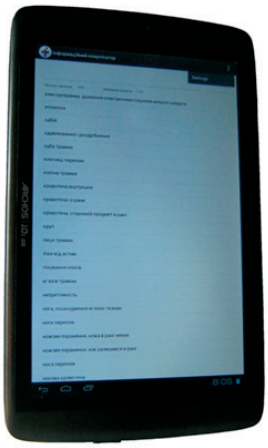


Рис. 15. Перелік захворювань і травм, який підтримується системою пошуку

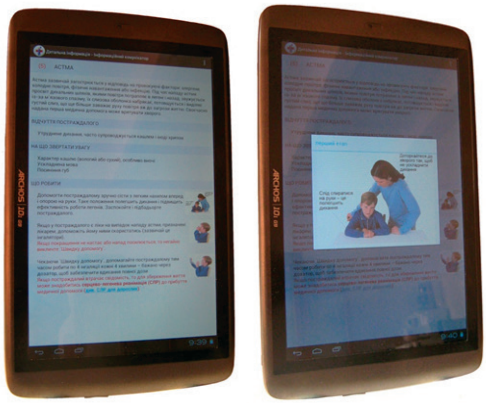


Рис. 16. Детальна інформація про травму або захворювання (з візуальним коментарем)

Рис. 17. Довідкова інформація (в нашому прикладі про отруйні рослини та гриби)

контакті з пацієнтом для отримання детальної інформації про травму або захворювання і методи догляду та лікування. Це стає особливо актуальним, оскільки сімейні лікарі стикаються з широким спектром захворювань і травм безпосередньо після їх отримання. У таких випадках лікарям часто не вистачає досвіду і знань для оперативного встановлення первинного діагнозу. При цьому обмін інформацією між лікарем і пацієнтом вже передбачає деяке «спотворення» інформації через неправильне або неповне розуміння певної предметної області. Складнощі в комунікації лікар — пацієнт можуть впливати на точність діагнозу та якість лікарської допомоги, а також позначатися на перебігу лікувального процесу. Зауважимо, що в процесі спілкування постає проблема не стільки обміну інформацією, наявності або відсутності в процесі спілкування будь-яких мовних бар'єрів або обмежень, скільки її адекватного розуміння, тобто проблеми когнітивізму. Це є наслідком суттєвих дисбалансів в напрямку виробництва та застосування знань і стає головною перепоною в поліпшенні діагностики та лікування захворювань. У значній мірі когнітивні труднощі зобов'язані лавині нових медичних фактів. Тому вкрай необхідним є створення та застосування спеціалізованого пристрою для реалізації образного інтелектуального мислення та впровадження сучасних технологій трансляції міждисциплінарних знань.

Розроблений комунікатор усуває такі проблеми шляхом формалізації можливих ситуацій. Для сімейної медицини нами розроблений контент, який об'єднує понад 500 стандартних ситуацій і включає як випадки невідкладної медичної допомоги, так і планові дії медичного персоналу при догляді за пацієнтом (рис. 15–17).

Зупинимося на питаннях використання комунікаторів у практичній медицині більш детально.

Взаємовідносини та спілкування між лікарем і пацієнтом — одна з важливих проблем медицини. У перебігу хвороби та на окремих її стадіях уміння правильного спілкування сприяє вирішенню проблем і труднощів, пов'язаних із встановленням діагнозу та прогнозуванням перебігу хвороби, веде хворого на шляху до скорішого одужання.

Теоретично, інформаційний комунікатор можна використовувати для розв'язання значної кількості завдань.

1. Для підтримки першого контакту щодо надання детальної інформації про травму або захворювання, відповідні методи догляду та

лікування при першому огляді пацієнта або постраждалого. Особливо це актуально для сімейних лікарів, які стикаються з широким спектром захворювань і травм одразу ж після їх виникнення. В таких випадках часто лікарям не вистачає досвіду та знань для оперативного встановлення вірогідного діагнозу. Тому комунікатор по суті виконує функцію об'ємного довідника для медицини першого контакту. Здійснюється потужний аналіз та підтримка прийняття рішень, які можна отримати на місці огляду хворого чи постраждалого.

Зауважимо, що сімейний лікар не завжди має достатній практичний досвід і, до того ж, не може знати симптоми усіх захворювань або травм та відповідні їм методи догляду або лікування при першому контакті. Використання сучасних інформаційних технологій при першому огляді хворого або постраждалого не тільки лікарями, але і пересічними громадянами дозволить підвищити ефективність та правильність медичних дій при першому контакті. Запропонована програмна підсистема інформаційного комунікатора має бази даних, які містять детальну інформацію про види захворювань та травм, їх опис, відповідні відчуття хворого або постраждалого, на що насамперед слід звертати увагу, детальний опис дій при першій допомозі. Крім того, за результатами аналізу наявних симптомів або відчуттів постраждалого можна діагностувати певні варіанти можливого захворювання або травми.

2. В невідкладній медицині при спілкуванні з пацієнтами, які втратили можливість говорити, або пацієнтами з обмеженими можливостями. В такому випадку засоби і методи альтернативного спілкування допоможуть хворому, у якого виникли тимчасові або постійні проблеми з вербальним мовленням, встановити зв'язок з реальністю.

В комунікаторі можливе віддзеркалення існуючих у сімейній медицині стандартів, протоколів, клінічних настанов. При цьому стандарти та протоколи використовуються лише для створення загального плану ведення пацієнта. Але при подальшому обґрунтуванні діагностичних та лікувальних дій за допомогою клінічних настанов кожен раз здійснюється звірка медичних процедур зі стандартами. При суттєвому відходженні від останніх потрібне додаткове підтвердження від лікаря правильності тактики лікування. Залишаються можливості запам'ятовувати траєкторії ведення хворого, виникнення ускладнень для можливого повторного використання під час корекції рецидивів захворіння в майбутньому.

Важливе значення мають підсистеми, що відображають існуюче нормативно-правове поле та фармацевтичне забезпечення в діяльності сімейного лікаря.

Нарешті, ще одна програмна підсистема інформаційного комунікатора призначена для забезпечення альтернативного спілкування з пацієнтами, які тимчасово або назавжди втратили можливість говорити. Вирішується завдання спеціалізованої медицині, що пов'язане з наданням методів і засобів альтернативного спілкування з людьми, які тимчасово або назавжди втратили можливість говорити, а також повноцінно рухатися в результаті хвороби, аварії або операції. Ідея альтернативного спілкування досить проста — людина з будь-якими порушеннями мовлення потребує необхідності в спілкуванні та можливості впливати на оточення, встановлювати зв'язки з реальністю будь-якими способами. Цей процес встановлення зв'язків за допомогою знаків, додаткових засобів допомагає людині розвивати свої здібності і потреби, навіть якщо у неї виникли тимчасові або постійні проблеми з вербальним мовленням. Таким чином, комунікатори альтернативного спілкування використовуються для розширення комунікативних можливостей у людей, які не говорять або мова яких недостатньо розвинута на даний час.

Основні проблеми подальшого застосування мікроелектронних приладів і технологій. Формально широкі, зовні практично необмежені можливості використання нових інформаційних технологій в дійсності мають істотні обмеження і безліч невирішених проблем.

Серед цієї безлічі, насамперед, називають питання ідентифікації отриманої інформації про стан організму, які є актуальними для більшості методів (за винятком холтерівського і деяких інших записів). Зрозуміло, завдання інтерпретації практично повністю залежить від рішення проблем співвіднесення отриманих даних конкретним статусам організму. При цьому запропоновані більшістю автори підходи, пов'язані з поняттям «норма», далеко не завжди корисні в зв'язку з досить широким діапазоном нормальних величин. Відповідно, другою проблемою у використанні дистанційних методів визначення показників організму є надзвичайно важка (навіть при сучасному розвитку технологій) проблема індивідуалізації в трактуванні отриманої інформації.

Взагалі кажучи, застосування даних з різних пристроїв тісно пов'язане із завданням агрегування даних численних лікувальних установ щодо спостереження за конкретним пацієнтом. При цьому під агрегуванням даних (data aggregation) розуміється забезпечення процесу збору, обробки та подання інформації в остаточному вигляді для формування інтегрального розуміння стану пацієнта, можливі ризики подальшого введення пацієнта, прогнозування подальшого перебігу патологічного процесу і вироблення оптимальної медичної стратегії і тактики лікувальних і профілактичних заходів. Використане визначення дуже близько до дефініції агрегування даних в інформаційних системах охорони здоров'я [3, 5, 6, 8, 10, 12].

Абсолютно зрозуміло, що без коректної діагностики стану пацієнтів скрутними представляються застосування алгоритмів прогнозування, вибору керуючого впливу. Подібна можливість є на нинішньому етапі розвитку медицини лише з використанням штучного інтелекту. В іншому випадку число помилок діагностики станів і захворювань, а також у побудові стратегії і тактики лікування патологічного процесу виростає у багато разів [7, 14, 15]. При цьому обробка проводиться методами інтелектуального аналізу даних, головними завданнями яких є пошук функціональних і логічних закономірностей в накопиченій інформації, побудова моделей і правил, які пояснюють патологічний процес і дозволяють прогнозувати розвиток захворювання [1].

Не можна скидати з рахунків і питання стану технічних пристроїв, впливу чинників навколишнього середовища (вологість, температурний режим та ін.).

Все це дозволяє визначити лише обмежені на даний час сфери практичного застосування інформаційних і мікроелектронних пристроїв.

Основне завдання стосується, по суті, чотирьох контингентів пацієнтів: а) пацієнтів у молодому або працездатному віці, але які мають фактори ризику; б) людей, які знаходяться в стані стійкої ремісії основного процесу; в) пацієнтів, які знаходяться в реабілітаційному періоді; г) літніх і старих людей, для яких необхідний моніторинг основних фізіологічних параметрів.

У першому випадку основне завдання вимагає лише здійснення моніторингу виявлених чинників ризику. По-друге, крім моніторингу основних показників, потрібен моніторинг також показників супутніх процесів. В третьому випадку набір показників, які моніторуються, визначається характером патологічного процесу; і, нарешті, в четвертому визначається сутністю патологічного процесу (класу захворювань). Зрозуміло, повинні бути розроблені протоколи (стандарти) станів пацієнтів. Тоді кожному кластеру станів будуть рекомендовані набори датчиків.

Отже, для трьох основних процесів сучасної медичної практики (верифікація стану пацієнтів; ідентифікація наявного стану існуючих кластерів; індивідуалізація підходу для корекції стану пацієнтів) повинні бути і розроблені нові або віднесені до них раніше розроблені пристрої.

У підсумку маємо пари відповідності:

а) кластери станів і відповідні їм набори мобільних пристроїв;
б) відхилення від стаціонарної і запланованої поведінки (динаміки) показників (факторів ризику) та класифікаційні групи динаміки показників (що відповідають варіантам перебігу патологічного процесу);
в) оцінки стану хворих і пристрої швидкої корекції станів пацієнтів.

Висновки.

1. Сучасні мікроелектронні пристрої, незважаючи на апріорно здавалося б широке застосування, на даний час ще не можуть бути використані в широкому форматі. Сфери їх застосування обмежені практичними випадками, що не вимагають детального знання та передісторії патологічного процесу.
2. На нинішньому етапі розвитку медицини істотне розширення напрямів застосування мікроелектронної техніки може бути забезпечено шляхом спільного її використання зі штучним інтелектом.

Література.

1. Кречетов Н. Продукты для интеллектуального анализа данных / Н. Кречетов, П. Иванов // ComputerWeek. — 1997. — № 14–15. — С. 32–39.
2. Пат. України на корисну модель № 80490. Спосіб спілкування з людиною, що має мовні та слухові обмеження / Сергієнко І. В., Вороненко О. В., Галелюка І. Б., Романов В. О. — Бюл. № 10 від 27.05.2013.
3. Сахаров А. А. Концепции построения и реализации информационных систем, ориентированных на анализ данных / А. А. Сахаров // СУБД. — 1996. — № 4. — С. 55–70.
4. A 2 μw 100 nV/rtHz chopper-stabilized instrumentation amplifier for chronic measurement of neural field

potentials / T. Denison, K. Consoer, W. Santa [et al.] // IEEE Journal of Solid-State Circuits. — 2007. — Vol. 42, No. 12. — P. 2934–2945.
5. Adler-Milstein J. America's health IT transformation: translating the promise of electronic health records into better care [Electronic resource] / J. Adler-Milstein ; U.S. Senate Committee on Health, Education, Labor and Pensions. — Mar 17, 2015. — 5 p. — Mode of access: www.help.senate.gov/imo/media/doc/Adler-Milstein.pdf.
6. Adler-Milstein J. Health information exchange among U.S. hospitals: who's in, who's out and why? / J. Adler-Milstein, A. Jha // Healthcare. — 2014. —Vol. 2, No. 1. — P. 26–32.
7. Allen B. Comments from the American College of Radiology. Input submitted to the Committee on Diagnostic Error in Health Care, November 5 and December 29, 2014 / B. Allen, W.T. Thorworth. — Washington, DC, 2014.
8. Appropriate use of the copy and paste functionality in electronic health records [Electronic resource] / AHIMA (American Health Information Management Association). — 2014. — 7 p. — Mode of access : https://bok.ahima.org/PdfView?oid=300306.
9. Cochlear implants: system design, integration, and evaluation / F. G. Zeng, S. Rebscher, W. V. Harrison [et al.] // IEEE Reviews in Biomedical Engineering. — 2008. — Vol. 1. — P. 115–142.
10. Data cube: a relational aggregation operator generalizing group-by, cross-tab, and sub-totals / J. Gray, S. Chaudhuri, A. Bosworth [et al.] // Data Mining and Knowledge Discovery. — 1997. — No. 1. — P. 29–53.
11. Demosthenous A. Advances in microelectronics for implantable medical devices [Electronic resource] / A. Demosthenous // Advances in Electronics. — Vol. 2014. — 21 p. — Mode of access : https://www.hindawi.com/journals/aelc/2014/981295/.
12. More than half of U.S. hospitals have at least a basic EHR, but stage 2 criteria remain challenging for most / J. Adler-Milstein, C. M. DesRoches, M. F. Furukawa [et al.] // Health Affairs (Millwood). — 2014. — Vol. 33, No. 9. — P. 1664–1671.
13. Ong J. M. The bionic eye: a review / J. M. Ong, L. Da Cruz // Clinical & Experimental Ophthalmology. — 2012. — Vol. 40, No. 1. — P. 6–17.
14. Opening up to precompetitive collaboration / J. S. Altshuler, E. Balogh, A. D. Barker [et al.] // Science Translational Medicine. — 2010. — Vol. 2, No. 52. — P. 52cm26.
15. Reducing diagnostic errors through effective communication: harnessing the power of information technology / H. Singh, A. D. Naik, R. Rao, L. A. Petersen // Journal of General Internal Medicine. — 2008. — Vol. 23, No. 4. — P. 489–494.
16. Turner J. Microelectronic technology: IEDs spark into life [Electronic resource] / J. Turner // Verdict Medical Devices. — 2012, 5 August. — Mode of access : https://www.medicaldevice-network.com/features/featuremicroelectronic-technology-ieds-spark-into-life/.
17. Uranga A. Integrated CMOS amplifier for ENG signal recording / A. Uranga, X. Navarro, N. Barniol // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. — 2004. — Vol. 51, No. 12. — P. 2188–2194.
18. Vardas P. E. New developments in cardiac pacemakers / P. E. Vardas, E. N. Simantirakis, E. M. Kanoupakis // Circulation. — 2013. — Vol. 127, No. 23. — P. 2343–2350.
19. Ward C. A short history on pacemakers / C. Ward, S. Henderson, N. H. Metcalfe // International Journal of Cardiology. — 2013. — Vol. 169, No. 4. — P. 244–248.
20. Wilson B. S. Cochlear implants: a remarkable past and a brilliant future / B. S. Wilson, M. F. Dorman // Hearing Research. — 2008. — Vol. 242, No. 1–2. — P. 3–21.

References.

1. Krechetov, N., & Ivanov, P. (1997). Produkty dlya intellektual'nogo analiza dannykh [Products for data mining]. Computer Week, 14–15, 32–39. [In Russian].
2. Sergienko, I. V., Voronenko,O. V., Galelyuka, I. B., & Romanov, V. O. (2013). Patent of Ukraine for utility model № 80490. Sposib spilkuvannya z lyudinoyu, shcho mae movni ta slukhovi obmezhennya [The way to communicate with a person with verbal and auditory limitations]. Bul. No. 10 (27.05.2013). [In Ukrainian].
3. Sakharov, A. A. (1996). Kontseptsii postroeniya i realizatsii informatsionnykh sistem, orientirovannykh na analiz dannykh [Concepts of construction and implementation of information systems focused on data analysis]. SUBD, 4, 55–70. [In Russian].
4. Denison, T., Consoer, K., Santa, W., Avestruz, A. T., Cooley, J., & Kelly, A. (2007). A 2 μw 100 nV/rtHz chopper-stabilized instrumentation amplifier for chronic measurement of neural field potentials. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 42(12), 2934–2945.
5. Adler-Milstein, J. (2015, Mar 17). America's health IT transformation: Translating the promise of electronic health records into better care. U.S. Senate Committee on Health, Education, Labor and Pensions. Retrieved from: www.help.senate.gov/imo/media/doc/Adler-Milstein.pdf.
6. Adler-Milstein, J., & Jha, A. (2014). Health information exchange among U.S. hospitals: who's in, who's out and why? Healthcare, 2(1), 26–32. doi: 10.1016/j.hjdsi.2013.12.005.
7. Allen, B, Thorworth, W. T. (2014). Input submitted to the Committee on Diagnostic Error in Health Care, November 5 and December 29, 2014. Washington.
8. AHIMA (American Health Information Management Association). (2014). Appropriate use of the copy and paste functionality in electronic health records. Retrieved from: www.ahima.org/topics/ehr.

9. Zeng, F. G., Rebscher, S., Harrison, W. V., Sun, X., & Feng, H. (2008). Cochlear implants: system design, integration, and evaluation. IEEE Reviews in Biomedical Engineering, 1, 115–142. doi: 10.1109/RBME.2008.2008250.
10. Gray, J., Chaudhuri, S., Bosworth, A., Layman, A., Reichart, D., Venkatrao, M., Pellow, F., & Pirahesh, H. (1997). Data cube: a relational aggregation operator generalizing group-by, cross-tab, and sub-totals. Data Mining and Knowledge Discovery, 1, 29–53.
11. Demosthenous, A. (2014). Advances in microelectronics for implantable medical devices. Advances in Electronics, 2014. doi.org/10.1155/2014/981295.
12. Adler-Milstein, J., DesRoches, C. M., Furukawa, M. F., Worzala, C., Charles, D., Kralovec, P., Stalley, S., & Jha, A. K. (2014). More than half of U.S. hospitals have at least a basic EHR, but stage 2 criteria remain challenging for most. Health Affairs (Millwood), 33(9), 1664–1671. doi: 10.1377/hlthaff.2014.0453.
13. Ong, J. M., & da Cruz, L. (2012). The bionic eye: a review. Clinical & Experimental Ophthalmology, 40(1), 6–17. doi: 10.1111/j.1442-9071.2011.02590.x.
14. Altshuler, J. S., Balogh, E., Barker, A. D., Eck, S. L., Friend, S. H., Ginsburg, G. S. … Wagner, J. A. (2010). Opening up to precompetitive collaboration. Science Translational Medicine, 2(52), 52cm26. doi: 10.1126/scitranslmed.3001515.
15. Singh, H., Naik, A. D., Rao, R., & Petersen, L. A. (2008). Reducing diagnostic errors through effective communication: harnessing the power of information technology. Journal of General Internal Medicine, 23(4), 489–494. doi: 10.1007/s11606-007-0393-z.
16. Turner, J. (2012, August 05). Microelectronic technology: IEDs spark into life. Verdict Medical Devices. Retrieved from: https://www.medicaldevice-network.com/features/featuremicroelectronic-technology-ieds-spark-into-life/.
17. Uranga, A., Navarro, X., & Barniol, N. (2004). Integrated CMOS amplifier for ENG signal recording. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 51(12), 2188–2194. doi: 10.1109/TBME.2004.834253.
18. Vardas, P. E., Simantirakis, E. N., & Kanoupakis, E. M. (2013). New developments in cardiac pacemakers. Circulation, 127(23), 2343–2350. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000086.
19. Ward C., Henderson S., & Metcalfe, N. H. (2013). A short history on pacemakers. International Journal of Cardiology, 169(4), 244–248. doi: 10.1016/j.ijcard.2013.08.093.
20. Wilson, B. S., & Dorman, M. F. (2008). Cochlear implants: a remarkable past and a brilliant future. Hearing Research, 242(1–2), 3–21. doi: 10.1016/j.heares.2008.06.005.

УДК 61;681.7:577
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9289

ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ ТА ГАЛУЗІ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ ОПТИЧНИХ ІМУНОСЕНСОРІВ

В. П. Марценюк, А. Клос-Вітковска, А. С. Сверстюк[1], Т. В. Бігуняк[1]

Університет Бєльсько-Бяли, Республіка Польща
[1]ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»

Стаття присвячена дослідженню основних принципів проектування та фізико-біологічних методів використання оптичних імуносенсорів. Ми досліджуємо основні шляхи застосування оптичних імуносенсорів у біології та медицині, включаючи тестування якості харчових продуктів, захист природного середовища, медичну діагностику.

Ключові слова: біосенсор, імуносенсор, флуоресценція, поглинання.

ON PRINCIPLES, METHODS AND AREAS OF MEDICAL AND BIOLOGICAL APPLICATION OF OPTICAL IMMUNOSENSORS

V. P. Martsenyuk, A. Klos-Witkowska, A. S. Sverstiuk[1], T. V. Bihunyak[1]

University of Bielsko-Biala, the Republic of Poland
[1]SHEE «I. Horbachevsky Ternopil State Medical University of the Ministry of Health of Ukraine»

The article is devoted to research of the basic principles of design and physical and biological methods of use of optical immunosensors. We investigate the main application of optical immunosensors in biology and medicine including testing food quality, natural environment protection, medical diagnostics.

Key words: biosensor, optical immunosensor, fluorescence, absorbance.

ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И ОТРАСЛИ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ИММУНОСЕНСОРОВ

В. П. Марценюк, А. Клос-Витковска, А. С. Сверстюк[1], Т. В. Бигуняк[1]

Университет Бельско-Бялы, Республика Польша
[1]ГВУЗ «Тернопольський государственный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского МЗ Украины»

Статья посвящена исследованию основных принципов проектирования и физико-биологических методов использования оптических иммуносенсоров. Мы исследуем основные пути применения оптических иммуносенсоров в биологии и медицине, включая тестирование качества пищевых продуктов, защиту окружающей среды, медицинскую диагностику.

Ключевые слова: биосенсор, иммуносенсор, флуоресценция, поглощение.

© В. П. Марценюк, А. Клос-Вітковска, А. С. Сверстюк, Т. В. Бігуняк

Introduction. The history of biosensors began in 1956, when Leland C. Clark Jr., called the «father of biosensors», invented the first sensor — an oxygen electrode. In 1962, Clark described the first amperometric biosensor, which was an enzyme electrode for glucose [28]. Since then, biosensors have become the subject of intense research, stimulating interest and imagination of scientists [17, 18, 27, 29]. In the years 1972–1975, for the first time, a biosensor, named after a commercial scale, was introduced Yellow Springs Instruments, which was used to determine glucose. Retail sales of biosensors for a single analyte were successful [8], which contributed to the huge popularity of biosensors in the last years. The development of technology made it possible to construct more and more perfect and more technologically advanced devices (including macro- to micro- and nanoscale).

Biosensor is defined as a device used to detect a biological analyte occurring in an environment or biological origin (e. g. found in the human body) [14]. According to IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) it is a self-sufficient integrated device that is able to provide specific, quantitative or semi-quantitative analytical information by means of recognized biological element (biochemical receptor) that remains indirect spatial contact with the electrochemical conductive element.

Depending on the area of application, biosensors may have different definitions and terminologies (e. g. immunosensors, glucometers, biochips, biocomputers, etc.).

Due to the type of transducer, biosensors are distinguished [15, 20]: 1) electrochemical (using potentiometric, amperometric or impedymetric transducers for converting biological information in a measurable signal), 2) optical, 3) acoustic wave, 4) thermal, 5) based on microvisors.

The purpose of the article is to research the basic principles of design and physical and biological methods of use of optical immunosensors and their application.

Mechanisms of interaction and methods of detecting light substances inimmunosensors. The optical immunosensors monitor optical changes resulting from the interactions with the analyte. These changes are caused by light-matter interactions: absorption, reflectance, dispersion or emission.

Mechanisms of interaction and methods of detecting light substances inimmunosensors are presented in table 1 due to [15].

Detection methods used in optical immunosensors. UV/VIS absorption spectroscopy — spectroscopy that enables imaging of electron transitions from the ground state to the excited state in a molecule, that are related to changes in vibrational and rotational energy. The range of electromagnetic spectrum used in this spectroscopy is 200–1100 nm. Measurements are usually made with a transparent medium, while absorbance changes are caused by an analyte.

Table 1

Mechanisms of interaction and methods of detecting light substances inimmunosensors

Mechanism of light-matter interaction	Detection techniques	Description of methods
Absorbance	Ultraviolet/Visible (UV/VIS) spectroscopy	This method uses electromagnetic radiation (200–1100 nm). Absorbance changes are caused by the interaction with an analyte. Measurements are made in a transparent medium
Reflectance	Reflectometric interference spectroscopy. Surface plasmon resonance (SPR)	The technique based on white light interference in thin films. Analyte binding changes the reflection coefficient, thus directly alters also the product Ln, where n- is reflection coefficient and L is film thickness. The method uses the reflection coefficient of very thin films of materials absorbed in a metal
Dispersion	Optical wave guide light-mode spectroscopy	The technique based on measurements of the resonant polarization angle of laser light scattered from the grating and coupled with a thin film wave guide. This methods allows the thickness of absorber to be measured
Emission	Fluorescence spectroscopy	The method for measuring fluorescence intensity, lifetime, energy transfer between donor and acceptor

Absorbance measurements made by employing UV/VIS spectroscopy were used for developing a new type of immunosensors designed for tracking antibiotic residues.

Optical wave guide light-mode spectroscopy is a technique based on measurements of the resonant polarization angle of laser light scattered from the grating and coupled with a thin film wave guide.

With this technique it is possible to determine the thickness of the absorber layer. This method was used to improve low-detection limit immunosensors (compared to traditional immunological tests for detecting: herbicide active ingredient triflualin, fusarium mycotoxin zearalenone, egg yolk protein and vitellogenin (Vtg) [22].

One of very sensitive method that uses reflection of light is reflectometric interference spectroscopy. This method is based on white light interference in thin films. Through analyte binding the reflection coefficient from the film is changed, thus also the product nL, where n is reflection coefficient and L is film thickness [3]. This technique was employed to determine the porous alumina (pAl2O3) film inimmunosensors that use simple protein and two antibodies (immunoglobulin G (IgG)) [3].

SPR is an optical technique for measuring reflection coefficient of very thin films of materials absorbed by metals [5].

Fluorescence spectroscopy is one of the most common research methods in studies of immunosensors, although this method requires the presence of fluorophores that can be natural or artificial (created by fluorescent labeling of a non-fluorescent molecules). This technique allows fluorescence intensity, lifetime, or energy transfer between donor and acceptor to be measured.

According to [30], optical immunosensors can be divided into three groups: 1) direct monitoring sensors (without immunoreaction labels), 2) sensors that detect compounds labeled inimmunoreactions (fluorescent labeled compounds), 3) sensors that measure products of immunological reactions.

Optical immunosensors in medical application. Optical immunosensors are specified a label-free fiber-optic Fabry — Perot interferometric immunosensoris proposed by layer-by-layer self-assembly of a suspended chitosan and polystyrene sulfonate membrane at the tip of a hollow fiber. IgG was immobilized on the polyelectrolyte substrate and the detection of target anti-immunoglobulin G (anti-IgG) was monitored through the measurement of substrate's effective optical thickness. The sensitivity and specificity of the sensor were studied using correlated and non-correlated anti-IgG/IgG pair. Sensitivity of 0.033 μm/(pg/mm2) and limit of detection of 0.005 nM was achieved with the sensor displaying minimal response toward non-correlated anti-IgG. The results demonstrate the feasibility of the sensor for immunosensing [10].

According to the article "Development of fluorescence change-based, reagent-less optic immunosensor" by Satoka Aoyagi and Masahiro Kudo, a reagentless, regenerable and portable optic immunosensor was developed. A model sample, IgG, was detected with this system based on changes in fluorescent intensity of fluorescent labeled protein A with specific reactivity to IgG depending on a reaction between the proteins [6].

A glass plate immobilized with Qdot™-labeled protein A was placed on the top of optic fibers designed for both excitation and fluorescence emission. The optic fibers with the Qdot™-labeled protein A-immobilized glass plate were inserted into a solution of pH 7.4 phosphate buffered saline. After stabilization of the fluorescence intensity, IgG was added and the time-course of the fluorescence intensity was measured on a fluorometer connected with the optic fibers. Furthermore, the fluorescence response of a transient state was evaluated with the same system. When the Qdot-labeled protein A bound to IgG, fluorescence intensity decreased because of the inhibition by IgG. The degree of fluorescence decrease depends on the IgG concentration at a steady state and also in a transient state.

In [16] label-free, all-fiber immunosensors based separately on Mach-Zehnder interferometry (MZI) and Michelson interferometery (MI) implemented using only single mode fiber (SMF) are proposed and experimentally demonstrated. The proposed SMF–MZI and SMF–MI sensors rely on intermodal interference between the core mode and cladding modest detect ambient refractive index changes due to protein absorption on the cladding-ambient interface. The fiber surfaces were functionalized with self-assembled polyelectrolyte layers (chitosan / polysodium styrene sulfonate). IgG was immobilized on the polyelectrolyte layer and anti-IgG molecular binding events were monitored through measurement of wave length shifts. The proposed immunosensors exhibitant IgG detection sensitivities of 27.37 nm/(ng/mm2) and 5.91 nm/(ng/mm2) with concentration detection limits of 0.181 nM and 4.941 nM for MZI and MI sensor respectively. The specificities

of the sensors were investigated using correlated / non-correlated anti-IgG — IgG pairs. These results demonstrate the feasibility of these sensors for various bio/chemical applications such as DNA hybridization detection and immunosensing.

Some immunosensors have developed a sensitive photonic crystal fiber (PCF)-based immunosensor for detection of alpha-fetoprotein (AFP). The unique PCF possesses a morphology characterized by numerous pore structures and a large surface area-to-volume ratio, which can be used as an immune-reaction carrier to improve the sensitivity and reaction speed of AFP detection. The PCF-based immunosensor possesses a low limit of detection of 0.1 ng/mL, which is five times lower than that of the capillary-based sensor and 35 times lower than that of the traditional enzyme-linked immunosorbent assay. The wide linear dynamic range of 0.1–150 ng/mL makes the developed immunosensor suitable for clinical practice. The proposed method was successfully applied to AFP detection in a clinical serum sample with acceptable precision. It is indicated that the present PCF-based immunosensor could be used as an attractive analytical platform for sensitive and specific detection of cancer biomarkers [24].

A selective fiber-optic-based immunosensor for haptens is described and characterized. In order to construct a sensor for different analytes, a prescribed reaction protocol is followed and only the recognition element [F(ab′) antibody fragment] has to be changed. The dynamic range of this sensor is about two orders of magnitude and the detection limits are at least 25 nM (25-μl volume) [12]. By using steady-state fluorescence and classical ultra-high-vacuum surface analytical techniques, the effects of regeneration media, reaction and storage times and interferents on the sensor response were studied.

Portable fiber-optic immunosensor based on competitive immunoreactions between coating-haptens and free haptens in solutions with corresponding antibodies, was developed to determine the concentration of the free hapten, methsulfuron-methyl. The ovalbumin-methsulfuron-methyl conjugate was immobilized on a microscope slide. Horse radish peroxidase labeled goat anti-rabbit IgG was used to generate an optical signal. The portable optical device consisted of a 0.25W tungsten halogen light source and a photosensitive diode detector. A typical competitive-binding calibration curve was seen between 0.3 and 100 ng/ml of methsulfuron-methyl. The detection limit for methsulfuron-methyl was 0.1 ng/ml [26].

There is the fiber optics evanescent field based biosensor as an excellent candidate for label-free detection of cardiac biomarkers that are of great importance in rapid, early, and accurate diagnosis of acute myocardial infarction. In that paper, they report a compact and sensitive cardiac troponin I (cTn-I) immunosensor based on the phase-shifted microfiber Bragg grating probe which is functionalized. The fine reflective signal induced by the phase shift in modulation significantly improves the spectral resolution, enabling the ability of the sensor in perceiving an ultra-small refractive index change due to the specific capture of the cTn-I antigens. In buffer, a log-linear sensing range from 0.1 to 10 ng/mL and a limit of detection of 0.03 ng/mL (predicted to be as low as 10.8 pg/mL) are obtained. Furthermore, with good specificity, the sensor can be applied in test of cTn-I in human serum samples [2]. The proposed sensor presents superiorities such as improved integratability and portability, easy fabrication and operation, and intrinsic compatibility to the fiber-optic network, and thus has a promising prospect in "point-of-care" test for cardiac biomarkers and preclinical diagnosis.

An acousto-optict unable filter-surface plasmon resonance (AOTF-SPR) immunosensor based on wave length-modulation was applied to detect fibronectin by direct, sandwich and colloidal Au-enhanced immunoassay. The design of the wave length-modulation AOTF-SPR immunosensor is based on fixing the incident angle of light and measuring the reflected intensity of light in the wave length range spanning 440–790 nm. Fibronectin was determined in the concentration range 2.5–30, 0.5–30, and 0.25–30 μg/mL for direct, sandwich and colloidal Au-enhanced immunoassay, respectively. The results demonstrate that AOTF-SPR biosensor can be applied to direct and enhanced immunoassay of biomolecule [1].

The main scheme of the cell for measuring as well as the sensor device itself, the analysis conditions and the results of quantitative determination of several antigens such as estradiol-17, α-2-interferon, chorionic honadotropine, antibodies to the influenza virus, total IgG and cells of Salmonella typhimurium are presented. Special attention is given to immobilization of one of the immunocomponents on the fiber optic surface [13]. The sensitivity of the fiber optic immunosensors intended for determination of the abovementioned substances was comparable with that of the ELISA method, but in all cases the rate of analysis using the immunosensors was much faster.

The evanescent wave fiber immunosensors (EWFI) technique was developed for the real-time rapidly sensitive and specific detection of the monoclonal antibody 3E2 of bluetongue virus (BTV). The outer-core protein VP7 of BTV was labled on the surface of the exposed fiber-optic core. The monoclonal antibody 3E2 of BTV VP7 were added and then the goat ant-rat IgG conjugated with Cy3 was captured. After the 532 nm pulse (excitation source) reached the fiber probe, evanescent wave was generated, which excited the Cy3 bound to the immuno-complex and produced the fluorescent signal, which was changed into electrical signals read through computer. The preliminary results suggested that a detection limit of 10 ng/ml was measured for the monoclonal antibody 3E2, which is equal to the sensitivity of ELISA. The 3E2 sample was specifically detected through the EWFI assay in 15 min, and the fiber can be recycled at least ten times through TEA solution condition. This developed EWFI was a real-time rapidly sensitive and specific way for the detection of BTV antibodies [9].

The EWFI technique was developed for the real-time rapidly sensitive and specific detection of the monoclonal antibody 3E2 of BTV. The outer-core protein VP7 of BTV was labeled on the surface of the exposed fiber-optic core. The monoclonal antibody 3E2 of BTV VP7 were added and then the goat ant-rat IgG conjugated with Cy3 was captured. After the 532 nm pulse (excitation source) reached the fiber probe, evanescent wave was generated, which excited the Cy3 bound to the immunocomplex and produced the fluorescent signal, which was changed into electrical signals read through computer. The preliminary results suggested that a detection limit of 10 ng/ml was measured for the monoclonal antibody 3E2, which is equal to the sensitivity of ELISA. The 3E2 sample was specifically detected through the EWFI assay in 15 min, and the fiber can be recycled at least ten times through TEA solution condition [9]. This developed EWFI was a real-time rapidly sensitive and specific way for the detection of BTV antibodies.

Optical immunosensors for determination of quality of food and beverages. Valerii Myndrul et al. [25] said "a rapid and low cost photoluminescence (PL) immunosensor for the determination of low concentrations of Ochratoxin A (OTA) has been developed". This immunosensor was based on porous silicon (PSi) and modified by antibodies against OTA (anti-OTA). Psi layer was fabricated by metal-assisted chemical etching procedure. Main structural parameters (pore size, layer thickness, morphology and nanograins size) and composition of Psi were investigated by means of X-ray diffraction, scanning electron microscopy and Raman spectroscopy. PL-spectroscopy of Psi was performed at room temperature and showed a wide emission band centered at (680±20) nm. Protein A was covalently immobilized on the surface of PSi, which in next steps was modified by anti-OTA and bovine serum albumin (BSA) in this way a anti-OTA/Protein-A/Psi structure sensitive towards OTA was designed. The anti-OTA/Protein-A/PSi-based immunosensors were tested in a wide range of OTA concentrations from 0.001 up to 100 ng/ml. Interaction of OTA with anti-OTA/Protein-A/Psi surface resulted in the quenching of photoluminescence in comparison to bare PSi. The limit of detection and the sensitivity range of anti-OTA/Protein-A/Psi immunosensors were estimated. Association constant and Gibbs free energy for the interaction of anti-OTA/Protein-A/Psi with OTA were calculated and analyzed using the interaction isotherms. Response time of the anti-OTA/Protein-A/PSi-based immunosensor toward OTA was in the range of 500–700 s. These findings are very promising for the development of highly sensitive, and potentially portable immunosensors suitable for fast determination of OTA in food and beverages.

In [4] OTA as one of the most widespread and dangerous food contaminants was considered. Rapid, label-free and precise detection of low OTA concentrations requires novel sensing elements with advanced bio-analytical properties. They presented photoluminescence (PL) based immunosensor for the detection of OTA. During the development of immunosensor photoluminescent ZnO nanorods (ZnO-NRs) were deposited on glass substrate. Then the ZnO-NRs were silanized and covalently modified by Protein-A (Glass/ZnO-NRs/Protein-A). The latest structure was modified by antibodies against OTA (Anti-OTA) in order to form OTA-selective layer (Glass/ZnO-NRs/Protein-A/Anti-OTA). In order to improve immunosensors selectivity the surface of Glass/ZnO-NRs/Protein-A/Anti-OTA was additionally blocked by BSA. Formed Glass/ZnO-NRs/Protein-A/BSA&Anti-OTA structures were integrated within portable fiber optic detection system, what is important for the development to flow cost and portable immunosensors.

The principle of a competitive immunoassay was employed for the development of an optical immunosensor for pesticide analysis. Triazines were assayed using fluorescence labeled antibodies.

On one end of a hard clad silica fiber, which was stripped of cladding, a derivative of the s-triazines, aminohexylatrazine, was immobilized. The fiber was inserted in a flow through cuvette. Triazine antibodies conjugated with fluoresce in isothiocyanate were detected after binding to the fiber surface by the fluorescence coupled into the fiber via the evanescent field. In the presence of triazines the fluorescence signal decreases due to the inhibition of antibody binding to the fiber. The detection limit of the sensor for terbutryn was 0.1 ng/ml (obtained using a monoclonal antibody). This is the maximum concentration of a single pesticide which may be present in drinking water, according to European Community regulations [31].

In [19] a sensitive, simple and rapid detection of trace amounts of melamine in milk products was achieved in a reusable, portable optical sensor system based on the principle of immunoassay and evanescent wave-excited fluorescence. The EWFI employed a single-multimode fiber optic coupler for light excitation and collection of fluorescence generated from the fiber optic probe. A reusable immunosurface of fiber probe was established to allow the performance of more than 300 assay cycles. Each assay cycle was less than 15 min.

Application of optical immunosensors for natural environment protection. One of the greatest challenges that define the performance of a fiber optic biosensor is the immobilization of the bioreceptor molecules onto the surface of fiber optic. A photoinducible silanediazirine was developed as an effective cross linker in the construction of a chemiluminescent immunosensor targeting a model E. coli analyte. After optimization, it has shown superior adaptability over traditional chemiluminescent ELISA and a commonly used glutaraldehyde chemical immobilization method in detection limit (6.44×10^2 CFU/ml) and dynamic range (6.44×10^5 to 6.44×10^8 CFU/ml, $r^2=0.98$; 6.4×10^2 to 6.44×10^5, $r^2=0.92$). The newly developed immobilization method has enhanced the function of fiber optic biosensor as an affordable and dispatchable tool in the early warning monitoring of the putative presence of E. coli cells. It can be used either in individual sample screening or incontinuous monitoring of the environment to indicate the need for further investigation [23]. The diazirine cross linking method canals be adopted in the immobilization of other protein-based bioentities thus expanding its real-world utility.

Fiber-optic sensors based on the excitation of luminescent chromophores by the evanescent field associated with light guiding in an optical fiber can be used for highly sensitive and selective biochemical affinity assays [11]. Due to the small penetration depth of the evanescent field into the medium, the generation and detection of luminescence are restricted to the close proximity of the fiber core, i.e., fluorophores in solution beyond the evanescent field will not contribute to the emission signal. Evanescent wave sensors allow the binding of fluorophores to the sensor surface to be monitored in real-time mode. These advantages make this approach especially useful for the determination of substances in complex media, such as blood, river water or soil extracts. An EWFI for the detection of the herbicide Atrazine has been developed.

In [7] Vtg as a sensitive biomarker for environmental estrogens is investigated. In this study, an immunosensor for quantifying zebra fish Vtg was developed using the Octet system. First, protein A sensors were immobilized with purified anti-lipovitellin (Lv) antibody that demonstrated specificity to Vtg. Then, antibody-coated biosensors were immersed into zebra fish Lv standards and diluted samples. The Octet system measured and recorded kinetic parameters between antigens and captured antibody within 5 min. Sample Vtg concentrations were automatically calculated by interpolating relative binding rates observed with each sample and the immobilized anti-Lv antibody into the developed standard curve. The sensor arrays exhibited a wide line arrange from 78 to 5000 ng/mL, and the inter-assay coefficient to variation was 0.66–1.97%.

One of the most interesting approaches in the field of optical biosensors is the possibility to combine the high sensitivity of laser detection with the high selectivity provided by specific interactions. Furthermore, the addition of nanomaterials to these sensors had provided additional advantages to the development to bioanalytical system. In [21] they provided a critical perspective on these approaches and their advantages / limitations for improving the performance and detection of laser-coupled immunosensors. Here we can find examples relevant to the environmental, clinical, and toxicological fields.

Conclusions. So, were searched the basic principles of design and physical and biological methods of use of optical immunosensors. We investigated the main application of optical immunosensors in biology and medicine including testing food quality, natural environment protection, medical diagnostics.

Among the plans for the future in the field of biosensor development, we indicate, among others, the necessity of implanting small chips placed on the human body in order to control vital functions, correct irregularities or signal sudden situations requiring quick intervention. It seems that further progress in the field of biosensorics will contribute to the effective protect against cancer.

Література.

1. Acousto-optictunable filter-surface plasmon resonance immunosensor for fibronectin / Y. Tian, Y. Chen, D. Song [et al.] // Analytica Chimica Acta. — 2005. — Vol. 551, No. 1–2. — P. 98–104.
2. A label-free cardiac biomarker immunosensor based on phase-shifted microfiber Bragg grating / T. Liu, L. L. Liang, P. Xiao [et al.] // Biosensors and Bioelectronics. — 2018. — Vol. 100. — P. 155–160.
3. A label-free porous alumina interferometric immunosensors / S. Alvarez, C. Li, C. Chiang [et al.] // ASC Nano. — 2009. — Vol. 3. — P. 3301–3307.
4. Analytical, thermodynamical and kinetic characteristics of photoluminescence immunosensor for the determination of Ochratoxin A / R. Viter, M. Savchuk, I. Iatsunskyi [et al.] // Biosensors and Bioelectronics. — 2018. — Vol. 99. — P. 237–243.
5. A non-competitive surface plasmon resonance immunosensor for rapid detection of triazophos residue in environmental and agricultural samples / Y. Guo, R. Liu, Y. Liu [et al.] // Science of The Total Environment. — 2018. — Vol. 613–614. — P. 783–791.
6. Aoyagi S. Development of fluorescence change-based, reagent-less optic immunosensor / S. Aoyagi, M. Kudo // Biosensors and Bioelectronics. — 2005. — Vol. 20, No. 8. — P. 1680–1684.
7. Development of an immunosensor for quantifying zebra fish vitellogenin based on the Octet system / J. Wang, J. Wang, Z. Zhang [et al.] // Analytical Biochemistry. — 2017. — Vol. 533. — P. 60–65.
8. Driscoll A. J. Numerical modeling of analyte diffusion and adsorption behavior in microparticle and nanoparticle based biosensors / A. J. Driscoll, P. A. Johnson // Chemical Engineering Science. — 2018. — Vol. 184. — P. 141–148.
9. Establishment of evanescent wave fiber-optic immunosensor method for detection bluetongue virus / H. Yin, R. Xiao, Z. Rong [et al.] // Methods. — 2015. — Vol. 90. — P. 65–67.
10. Fabry — Perot fiber-optic immunosensor based on suspended layer-by-layer (chitosan / polystyrene sulfonate) membrane / L. H. Chen, C. C. Chan, R. Menon [et al.] // Sensors and Actuators B: Chemical. — 2013. — Vol. 188. — P. 185–192.
11. Fiber-optic Atrazine immunosensor / P. Oroszlan, G. L. Duveneck, M. Ehrat, H. M. Widmer // Sensors and Actuators B: Chemical. — 1993. — Vol. 11, No. 1–3. — P. 301–305.
12. Fiber-optic-based immunosensors for haptens / T. A. Betts, G. C. Catena, J. Huang [et al.] // Analytica Chimica Acta. — 1991. — Vol. 246, No. 1. — P. 55–63.
13. Fiber optic immunosensors based on enhanced chemiluminescence and their application to determine different antigens / N. F. Starodub, P. J. Arenkov, A. N. Starodub, V. A. Berezin // Sensors and Actuators B: Chemical. — 1994. — Vol. 18, No. 1–3. — P. 161–165.
14. Gaudin V. Advances in biosensor development for the screening of antibiotic residues in food products of animal origin — A comprehensive review / V. Gaudin // Biosensors and Bioelectronics. — 2017. — Vol. 90. — P. 363–377.
15. Kłos-Witkowska A. The phenomenon of fluorescence inimmunosensors / A. Kłos-Witkowska // Acta Biochimica Polonica. 2016. — Vol. 63, No. 2. — P. 215–221.
16. Label-free fiber-optic interferometric immunosensors based on waist-enlarged fusion taper // L. H. Chen, C. C. Chan, K. Ni [et al.] // Sensors and Actuators B: Chemical. — 2013. — Vol. 178. — P. 176–184.
17. Martsenyuk V. P. Stability, bifurcation and transition to chaos in a model of immunosens or based on lattice differential equations with delay / V. P. Martsenyuk, A. Klos-Witkowska, A. S. Sverstyuk // Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations. — 2018. — No. 27. — P. 1–31.
18. Martsenyuk V. P. Study of classification of immunosensors from viewpoint of medical tasks / V. P. Martsenyuk, A. Klos-Witkowska, A. S. Sverstyuk // Medical informatics and engineering. — 2018. — № 1 (41). — P. 13–19.
19. Melamine detection in dairy products by using a reusable evanescent wave fiber-optic biosensor / X. Hao, X. Zhou, Y. Zhang [et al.] // Sensors and Actuators B: Chemical. — 2014. — Vol. 204. — P. 682–687.
20. Metal enhanced fluorescence (MEF) for biosensors: General approaches and a review of recent developments / Y. Jeong, Y. M. Kook, K. Lee, W. G. Koh // Biosensors and Bioelectronics. — 2018. — Vol. 111. — P. 102–116.
21. Nanomaterials in fluorescent laser-based immunosensors: Review and applications / P. R. Aranda, G. A. Messina, F. A. Bertolino [et al.] // Microchemical Journal. — 2018. — Vol. 141. — P. 308–323.
22. Optical wave quite light-mode spectroscopy immunosensors for environmental monitoring / A. Szekacs, N. Adanyi, I. Szekacs, I. Szendro // Apply Opt. — 2009. — Vol. 48. — P. 151–158.
23. Photoinducible silane diazirine as an effective cross linker in the construction of a chemiluminescent immunosensor targeting a model E. coli analyte / K. Ye, P. D. Sinawang, A. I. Y. Tok, R. S. Marks // Sensors and Actuators B: Chemical. — 2018. — Vol. 256. — P. 234–242.

24. Photonic crystal fiber-based immunosensor for high-performance detection of alphafetoprotein / X. Liu, X. Song, Z. Dong [et al.] // Biosensors and Bioelectronics. — 2017. — Vol. 91. — P. 431–435.
25. Porous silicon based photoluminescence immunosensor for rapid and highly-sensitive detection of Ochratoxin A / V. Myndrul, R. Viter, M. Savchuk [et al.] // Biosensors and Bioelectronics. — 2018. — Vol. 102. — P. 661–667.
26. Portable fiber-optic immunosensor for detection of methsulfuronmethyl / W. L. Xing, L. R. Ma, Z. H. Jiang [et al.] // Talanta. — 2000. — Vol. 52, No. 5. — P. 879–883.
27. Ramirez Bojorge N. (2009) The evolution and development of immunosensors for health and environmental monitoring: problems and perspectives / N. Bojorge Ramirez, A. M. Salgado, B. Valdman // Brazilian J. Chem. Eng. — Vol. 26, No. 2. — P. 227–229.
28. Scholten K. A review of implantable biosensors for closed-loop glucose control and other drug delivery applications / K. Scholten, E. Meng // International Journal of Pharmaceutics. — 2018. — Vol. 544, No. 2. — P. 319–334.
29. Shankaran D. Recent advancements in surface plasmon resonance immunosensor for detection of small molecules of biomedical, food, environmental interest / D. Shankaran, H. Gobi, N. Miura // Sensors and Actuators B: Chemical. — 2007. — Vol. 121. — P. 158–177.
30. Sharma A. K. A review of advancements (2007–2017) in plasmonics-based optical fiber sensors / A. K. Sharma, A. K. Pandey, B. Kaur // Optical Fiber Technology. — 2018. — Vol. 43. — P. 20–34.
31. Use of a fibreoptic immunosensor for the detection of pesticides / F. F. Bier, W. Stöcklein, M. Böcher [et al.] // Sensors and Actuators B: Chemical. — 1992. — Vol. 7, No. 1–3. — P. 509–512.

References.

1. Tian, Y., Chen, Y., Song, D., Liu, X., Bi, S., Zhou, X., Cao, Y., & Zhang, H. (2005). Acousto-optictunable filter-surface plasmon resonance immunosensor for fibronectin. Analytica Chimica Acta, 551(1–2), 98–104. doi: 10.1016/j.aca.2005.07.017.
2. Liu T, Liang L. L., Xiao P., Sun, L. P., Huang, Y. Y., Ran, Y., Jin, L., & Guan, B. O. (2018). A label-free cardiac biomarker immunosensor based on phase-shifted microfiber Bragg grating. Biosensors and Bioelectronics, 100, 155–160. doi: 10.1016/j.bios.2017.08.061.
3. Alvarez, S., Li, C., Chiang, C., Shuller, I., & Sailor, M. (2009). A label-free porous alumina interferometric immunosensors. ASC Nano, 3, 3301–3307. doi: 10.1021/nn900825q.
4. Viter, R., Savchuk, M., Iatsunskyi, I., Pietralik, Z., Starodub, N., Shpyrka, N., Ramanaviciene, A., Ramanavicius, A. (2018). Analytical, thermodynamical and kinetic characteristics of photoluminescence immunosensor for the determination of Ochratoxin A. Biosensors and Bioelectronics, 99, 237–243. doi: 10.1016/j.bios.2017.07.056.
5. Guo, Y., Liu, R., Liu, Y., Xiang, D., Liu, Y., Gui, W., Li, M., & Zhu, G. (2018). A non-competitive surface plasmon resonance immunosensor for rapid detection of triazophos residue in environmental and agricultural samples. Science of The Total Environment, 613–614, 783–791. oi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.157.
6. Aoyagi, S., & Kudo, M. (2005). Development of fluorescence change-based, reagent-less optic immunosensor. Biosensors and Bioelectronics, 20(8), 1680–1684. doi: 10.1016/j.bios.2004.06.041.
7. Wang, J., Wang, J., Zhang, Z., Zhang, X., Ru, S., & Dong, Y. F. (2017). Development of an immunosensor for quantifying zebra fish vitellogenin based on the Octet system. Analytical Biochemistry, 533, 60–65. doi: 10.1016/j.ab.2017.07.005.
8. Driscoll, A. J., & Johnson, P. A. (2018). Numerical modeling of analyte diffusion and adsorption behavior in microparticle and nanoparticle based biosensors. Chemical Engineering Science, 184, 141–148. doi: 10.1016/j.ces.2018.03.010.
9. Yin, H., Xiao, R., Rong, Z., Jin, P., Ji, C., & Zhang, J. (2015). Establishment of evanescent wave fiber-optic immunosensor method for detection bluetongue virus. Methods, 90, 65–67. doi: 10.1016/j.ymeth.2015.05.007.
10. Chen, L. H., Chan, C. C., Menon, R., Balamurali, P., Wong, W. C., Ang, X. M., … Leong, K. C. (2013). Fabry — Perot fiber-optic immunosensor based on suspended layer-by-layer (chitosan / polystyrene sulfonate) membrane. Sensors and Actuators B: Chemical, 188, 185–192. doi: 10.1016/j.snb.2013.06.093.
11. Oroszlan, P., Duveneck, G. L., Ehrat, M., & Widmer, H. M. (1993). Fiber-optic Atrazine immunosensor. Sensors and Actuators B: Chemical, 11(1–3), 301–305. doi: 10.1016/0925-4005(93)85268-F.
12. Betts, T. A., Catena, G. C., Huang, J., Litwiler, K. S., Zhang, J., Zagrobelny, J. A., & Bright, F. V. (1991). Fiber-optic-based immunosensors for haptens. Analytica Chimica Acta, 246(1), 55–63. doi: 10.1016/S0003-2670(00)80664-9.
13. Starodub, N. F., Arenkov, P. J., Starodub, A. N., & Berezin, V. A. (1994). Fiber optic immunosensors based on enhanced chemiluminescence and their application to determine different antigens. Sensors and Actuators B: Chemical, 18(1–3), 161–165. doi: 10.1016/0925-4005(94)87076-4.
14. Gaudin, V. (2017). Advances in biosensor development for the screening of antibiotic residues in food products of animal origin — A comprehensive review. Biosensors and Bioelectronics, 90, 363–377. doi: 10.1016/j.bios.2016.12.005.
15. Kłos-Witkowska, A. (2016). The phenomenon of fluorescence inimmunosensors. Acta Biochimica Polonica, 63(2), 215–221, doi: 10.18388/abp.2015_1231.

16. Chen, L. H., Chan, C. C., Ni, K., Hu, P. B., Li, T., Wong, W. C., … Leong, K. C. (2013). Label-free fiber-optic interferometric immunosensors based on waist-enlarged fusion taper. Sensors and Actuators B: Chemical, 178, 176–184. doi: 10.1016/j.snb.2012.12.071.
17. Martsenyuk, V. P., Klos-Witkowska, A., & Sverstyuk, A. S. (2018). Stability, bifurcation and transition to chaos in a model of immunosens or based on lattice differential equations with delay. Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations, 27, 1–31. doi: 10.14232/ejqtde.
18. Martsenyuk, V. P., Klos-Witkowska, A., & Sverstyuk, A. S. (2018). Study of classification of immunosensors from viewpoint of medical tasks. Medical informatics and engineering, 1(41), 13–19. doi: 10.11603/mie.1996-1960.2018.1.8887.
19. Hao, X., Zhou, X., Zhang, Y., Liu, L., Long, F., Song, L., & Shi, H. (2014). Melamine detection in dairy products by using a reusable evanescent wave fiber-optic biosensor. Sensors and Actuators B: Chemical, 204, 682–687. doi: 10.1016/j.snb.2014.08.023.
20. Jeong, Y., Kook, Y. M., Lee, K., & Koh, W. G. (2018). Metal enhanced fluorescence (MEF) for biosensors: General approaches and a review of recent developments. Biosensors and Bioelectronics, 111, 102–116. doi: 10.1016/j.bios.2018.04.007.
21. Aranda, P. R., Messina, G. A., Bertolino, F. A., Pereira, S. V., Fernández Baldo, M. A., & Raba, J. (2018). Nanomaterials in fluorescent laser-based immunosensors: Review and applications. Microchemical Journal, 141, 308–323. doi: 10.1016/j.microc.2018.05.024.
22. Szekacs, A., Adanyi, N., Szekacs, I., & Szendro, I. (2009). Optical wave quite light-mode spectroscopy immunosensors for environmental monitoring. Apply Opt., 48, 151–158. doi: 10.1364/ AO.48.00B151.
23. Ye, K., Sinawang, P. D., Tok, A. I. Y., & Marks, R. S. (2018). Photoinducibles ilanediazirineasan effective crosslinker in the construction of a chemiluminescent immunosensor targeting a model E. coli analyte. Sensors and Actuators B: Chemical, 256, 234–242. doi: 10.1016/j.snb.2017.10.058.
24. Liu, X., Song, X., Dong, Z., Meng, X., Chen, Y., & Yang, L. (2017). Photonic crystal fiber-based immunosensor for high-performance detection of alphafetoprotein. Biosensors and Bioelectronics, 91, 431–435. doi: 10.1016/j.bios.2016.12.058.
25. Myndrul, V., Viter, R., Savchuk, M., Shpyrka, N., Erts, D., … Iatsunskyi, I. (2018). Porous silicon based photoluminescence immunosensor for rapid and highly-sensitive detection of Ochratoxin A. Biosensors and Bioelectronics, 102, 661–667. doi: 10.1016/j.bios.2017.11.048.
26. Xing, W. L., Ma, L. R., Jiang, Z. H., Cao, F. H., & Jia, M. H. (2000). Portable fiber-optic immunosensor for detection of methsulfuronmethyl. Talanta, 52(5), 879–883. doi: 10.1016/S0039-9140(00)00440-9.
27. Ramirez, B., Salgado, A., & Valdman, B. (2009). The evolution and development of immunosensors for health and environmental monitoring: problems and perspectives. Brazilian J. Chem Eng., 26, 227–229.
28. Scholten, K., & Meng, E. (2018). A review of implantable biosensors for closed-loop glucose control and other drug delivery applications. International Journal of Pharmaceutics, 544(2), 319–334, doi: 10.1016/j.ijpharm.2018.02.022.
29. Shankaran, D., Gobi, H., & Miura, N. (2007). Recent advancements in surface plasmon resonance immunosensor for detection of small molecules of biomedical, food, enviromnetal interst. Sensors and Actuators B: Chemical, 121, 158–177. doi: 10.1016/j.snb.2006.09.014.
30. Sharma, A. K., Pandey, A. K., & Kaur, B. (2018). A review of advancements (2007–2017) in plasmonics-based optical fiber sensors. Optical Fiber Technology, 43, 20–34. doi: 10.1016/j.yofte.2018.03.008.
31. Bier, F. F., Stöcklein, W., Böcher, M., Bilitewski, U., & Schmid, R. D. (1992). Use of a fibreoptic immunosensor for the detection of pesticides. Sensors and Actuators B: Chemical, 7(1–3), 509–512. doi: 10.1016/09254005(92)80354-Z.

УДК 616.33/.34-089.843-018:537-96:621.791.011]-092.9
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9290

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПОДАВАННЯ ІМПУЛЬСНОЇ ВИСОКОЧАСТОТНОЇ НАПРУГИ НА ЗМІНУ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН У МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОЗВАРНОГО МІЖКІШКОВОГО АНАСТОМОЗУ

С. С. Подпрятов[1, 2], Г. С. Маринський[3], О. В. Чернець[3], В. А. Ткаченко[3], Д. А. Грабовський[3], К. Г. Лопаткіна[3], В. А. Васильченко[3]

[1]Київський міський центр електрозварювальної хірургії та новітніх хірургічних технологій
[2]Київська міська клінічна лікарня № 1
[3]Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України

Вступ. Електрозварний спосіб створення міжкишкового анастомозу є новітнім і перспективним для втілення. Параметри оптимального радіочастотного впливу на тканини з метою їх з'єднання суттєво різняться поміж дослідницьких груп.

Мета: дослідити вплив амплітуди напруги високої частоти залежно від способу її подавання в імпульсному режимі на зміну діелектричної властивості тканин стінки кишки в моделі електрозварного міжкишкового анастомозу.

Матеріал і методи. Здійснили 120 проб постійного та зростаючого способів подавання на тканину органокомплексу свині радіочастотної електричної напруги імпульсами тривалістю 0,2 секунди після прикладення тиску від 2,0 Н/мм2 до 3,0 Н/мм2. Тканину складали вдвічі в прототипі інструменту, моделюючи міжкишковий анастомоз.

Результати. При подаванні імпульсів 80 В у 82,5% спостережень імпеданс тканини різко знижувався на 70% впродовж першого імпульсу, під час другого — плавно ще на 50% і в подальшому, після коливання на початку імпульсу, стабільно перебував на низькому рівні. Надалі напруга була підвищена до 120 В, і в 92,5% досліджень рівень імпедансу так само різко знижувався впродовж першого імпульсу майже на 80%, але під час другого вже набував загалом стабільної форми. При лінійному підвищенні напруги в імпульсі з 80 В до 120 В досягали покращення електропровідності на другому імпульсі у 87,5% досліджень, де первинний провал імпедансу на початку імпульсу змінився експоненційним зростанням.

Висновки. Подавання імпульсів високочастотної електричної напруги з амплітудою, яка перевищує критичний рівень для тканини, приводить до стабільного покращення електропровідності стінок кишки між електродами, як заведено, вже починаючи з другого імпульсу. Отримані дані є базою для встановлення параметрів алгоритму, спрямованого на гомогенізацію електричних характеристик в місці створення міжкишкового анастомозу.

Обговорення. Виявлений за імпульсної подачі напруги ефект зниження імпедансу стінок кишки між електродами та подальше покращення електропровідності є способом забезпечення рівномірності та глибини структурних перетворень в тканині. Зростання імпедансу при зростаючій напрузі може свідчити або за електричну інерційність іонних систем, або за поглиблені перетворення в тканині. Використання імпульсної подачі напруги обмежуватиме нагрівання тканини в наслідок зниження вкладеної потужності.

Ключові слова: тканина, кишка, органокомплекс, імпеданс, електрична напруга, імпульс, анастомоз, електрозварювання.

© С. С. Подпрятов, Г. С. Маринський, О. В. Чернець, В. А. Ткаченко, Д. А. Грабовський, К. Г. Лопаткіна, В. А. Васильченко

RESEARCH ON HIGH-FREQUENCY VOLTAGE IMPULSES PARAMETERS IMPACT FOR BIOLOGICAL TISSUES DIELECTRIC CHARACTERISTICS IN THE ELECTRICALLY WELDED INTESTINAL ANASTOMOSIS MODEL

S. S. Podpriatov[1, 2], G. S. Marinsky[3], O. V. Chernets[3], V. A. Tkachenko[3], D. A. Hrabovsky[3], K. G. Lopatkina[3], V. A. Vasylchenko[3]

[1]Clinical research centre of bonding/welding surgery and new surgical technologies
[2]Kyiv municipal hospital clinic No. 1
[3]E. O. Paton Electric Welding Institute of National Academy of Science of Ukraine

Introduction. The electrical welding method for the intestinal anastomosis creating is new and promising for clinical implementation. The optimal radiofrequency parameters to tissues influence for providing their connection essentially differ between research groups' publications.

Aim: is to investigate the high frequency voltage influence, depending on its amplitude during impulsed mode, to change intestinal walls' dielectric properties in the model of welded intestinal anastomosis.

Material and methods. 120 probes of constant or growing radio-frequency voltage application to tissues from pig organs complex by 0.2 seconds impulses after pressure from 2.0 N/mm2 to 3.0 N/mm2 have applied. Organ walls doubled simulating an intestinal anastomosis in the instrument prototype.

Results. At 80 V stable, in 82.5% probes tissues impedance dropped sharply by 70% during the first impulse, while the second — smoothly by 50% additionally, and in next was stable at a low level after fluctuation at the impulse beginning. Subsequently, the voltage was raised to 120 V, and in 92.5% probes impedance level declined sharply during the first impulse by 80%, while during the second it was already generally stable. With a linear increasing voltage during the impulse from 80 V to 120 V, the electrical conductivity improved on the second pulse in 87.5% probes, where the impedance initial failure at the impulse beginning changed with exponential growth.

Conclusions. The high-frequency voltage impulses, having amplitude is exceeded tissue critical level, leads to a stable improvement in electrical conductivity of intestinal walls between the electrodes, becoming already from the second impulse. The obtained data is the basis for establishment of algorithm parameters, aimed at electrical characteristics homogenizing in the site of intestinal weld anastomosis formation.

Discussion. The impedance reducing effect during impulsed voltage supply to intestinal walls, pressed between the electrodes, and further improving the electrical conductivity is a way to ensure the uniform and deep tissue structural transformations. The impedance growth with increasing voltage can be evidenced either by the inertia of ionic systems, or by in-depth tissue transformations. Using the impulse voltage supply will limit tissues overheating as a result of embedded power lowering.

Key words: tissue, intestine, organ complex, impedance, voltage, impulse, anastomosis, electric welding.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДАЧИ ИМПУЛЬСНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ В МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОСВАРНОГО МЕЖКИШЕЧНОГО АНАСТОМОЗА

С. С. Подпрятов[1, 2], Г. С. Маринский[3], А. В. Чернец[3], В. А. Ткаченко[3], Д. А. Грабовский[3], Е. Г. Лопаткина[3], В. А. Васильченко[3]

[1]Киевский городской центр электросварочной хирургии и новых хирургических технологий
[2]Киевская городская клиническая больница № 1
[3]Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

Введение. Электросварной способ создания межкишечного анастомоза является новым и перспективным для воплощения. Параметры оптимального радиочастотного воздействия на ткани с целью их соединения существенно различаются между исследовательскими группами.

Цель: исследовать влияние амплитуды напряжения высокой частоты в зависимости от способа ее подачи в импульсном режиме на смену диэлектрических свойств тканей стенки кишки в модели электросварного межкишечного анастомоза.

Материал и методы. Осуществили 120 проб постоянного и возрастающего способов подачи на ткань органокомплекса свиньи радиочастотного электрического напряжения импульсами длительностью 0,2 секунды после приложения давления от 2,0 Н/мм2 до 3,0 Н/мм2. Ткань составляли вдвое в прототипе инструмента, моделируя межкишечный анастомоз.

Результаты. При подаче импульсов 80 В в 82,5% наблюдений импеданс ткани резко снижался на 70% в течение первого импульса, во время второго — плавно еще на 50% и в дальнейшем, после колебания в начале импульса, стабильно находился на низком уровне. В дальнейшем электрическое напряжение было повышено до 120 В, и в 92,5% исследований уровень импеданса также резко снижался в течение первого импульса на 80%, но во время второго уже приобретал в целом стабильную форму. При линейном повышении напряжения в импульсе с 80 В до 120 В достигали улучшения электропроводности на втором импульсе в 87,5% исследований, где первичный провал импеданса в начале импульса сменился экспоненциальным ростом.

Выводы. Подача импульсов высокочастотного электрического напряжения с амплитудой, превышающей критический уровень для ткани, приводит к стабильному улучшению электропроводности стенок кишки между электродами, как правило, уже начиная со второго импульса. Полученные данные являются базой для установления параметров алгоритма, направленного на гомогенизацию электрических характеристик в месте создания межкишечного анастомоза.

Обсуждение. Обнаруженный при импульсной подаче напряжения эффект снижения импеданса стенок кишки между электродами и дальнейшее улучшение электропроводности является способом обеспечения равномерности и глубины структурных преобразований в ткани. Рост импеданса при возрастающем напряжении может свидетельствовать или об электрической инерционности ионных систем, или об углубленных преобразованиях в ткани. Использование импульсной подачи напряжения ограничивает нагрев ткани вследствие снижения вложенной мощности.

Ключевые слова: ткань, кишка, органокомплекс, импеданс, электрическое напряжение, импульс, анастомоз, электросварка.

Вступ. Електрозварний спосіб створення міжкишкового анастомозу є новітнім і перспективним для втілення [5]. Технології радіочастотної коагуляції та високочастотного електрозварювання живих біологічних тканин вже застосовують в різних галузях хірургії та визнають потенційно привабливими для створення нових способів хірургічного лікування [6, 7], тому з'єднання стінок кишки виглядає логічною та очікуваною технологією [5]. Створення електрозварного міжкишкового анастомозу потребує комбінаторного дослідження змін, що відбуваються в реальному часі в стінках кишки під впливом електрозварювального високочастотного струму та інших технологічних параметрів, оскільки специфічна морфологічна будова кишок визначає відмінність їхніх фізичних характеристик (щільності, імпедансу тощо) від інших тканин [4]. Параметри оптимального радіочастотного впливу на тканини, що розглядаються для з'єднання, суттєво різняться поміж дослідницьких груп [1, 3].

У первинних дослідженнях електрозварних з'єднань стінок кішок з використанням стандартних режимів роботи обладнання авторами була виявлена нерівномірна та недостатня глибина перетворень у тканинах, що свідчить про суттєву

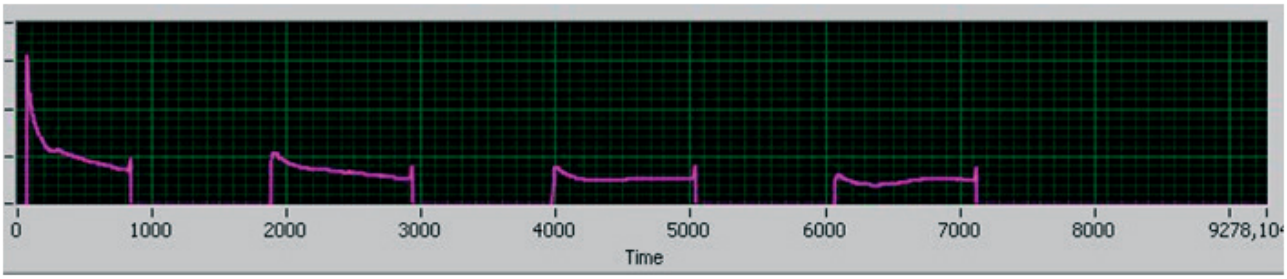


Рис. 1. Зміни електропровідності, відображені у графіку імпедансу стінок тонкої кишки при подаванні імпульсів стабільної напруги 80 В

невідповідність для цього випадку закладених робочих параметрів. У зв'язку з цим авторами було запропоновано ввести стадію «електричної» підготовки тканини до створення з'єднання.

Водночас було встановлено, що безперервна подача високочастотної електричної напруги 20–90 В на стінки кишки протягом 20–60 с приводить лише до нагрівання об'єкту досліджень до температур, що значно перевищують 100°С (в умовах експериментів до 125±5 °С) з відповідною зміною структури тканини зазвичай без надійного зварювання, що не може бути прийнятним.

Обмежити вплив нагрівання за умов досягнення з'єднання, вочевидь, можливо заміною безперервної подачі напруги на імпульсну, що дозволить зменшити теплову та збільшити чисто електричну складову впливу високочастотного струму.

Мета дослідження: дослідити вплив амплітуди напруги високої частоти залежно від способу її подавання в переривчастому (імпульсному) режимі на зміну діелектричної властивості тканин стінки кишки в моделі електрозварного міжкишкового анастомозу.

Матеріал і методи. В ході експериментів досліджували динаміку змін імпедансу тканин стінки кишки в моделі електрозварного міжкишкового анастомозу людини в залежності від алгоритму подачі високочастотної електричної напруги. Досліджували вплив високочастотної електричної напруги з амплітудою в діапазоні від 80 В до 120 В, постійний та зростаючий способи її подавання на тканину, тривалість одного імпульсу 0,2 секунди, тривалість проміжку між імпульсами 0,2 секунди.

Матеріалом для дослідження був біоімітатор кишки людини з відповідним діаметром та товщиною стінки органу, яким слугував органокомплекс сільськогосподарської тварини — свині. Органокомплекси забирали безпосередньо на фермі після умертвіння тварин, які були заплановані з не пов'язаних з експериментами причин та відбувалися з дотриманням вимог Закону України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження» та законодавства ЄС. Експерименти проводили в умовах лабораторії відділу електрозварювання живих тканин Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.

Об'єкт дослідження охолоджували до 4 °С та протягом 6–10 годин доставляли до лабораторії. В лабораторії його готували до експерименту, занурюючи у теплий (26–32 °С) розчин 0,9% NaCl на 10–20 хв, до досягнення тканиною температури розчину [2]. Температуру тканини та розчину вимірювали інфрачервоним безконтактним пірометром GM300 (Benetech).

Використовували розроблений в Інституті електрозварювання експериментальний електрозварювальний стенд з електродною частиною — прототипом клінічного інструменту для міжкішкового анастомозу.

Біоімітатор складали вдвічі, серозними оболонками до середини, моделюючи розташування кишки в циркулярному анастомозі, та фіксували між електродами експериментального стенду.

У 120 дослідженнях прикладали попередньо відкаліброване навантаження ззовні до електродів, створюючи ними тиск на тканину, величину якого встановлювали від 2,0 Н/мм^2 до 3,0 Н/мм^2. Після попереднього стиснення подавали електричну напругу на електроди. Показники тиску, тривалість стиснення та наведені вище базові електричні параметри імпульсів були встановлені нами в попередніх дослідженнях.

Як джерело високочастотного електричного струму використовували адаптований до умов експерименту апарат ЕКВЗ-300 «Патонмед» (базова робоча частота 440 кГц) конструкції та виробництва Інституту електрозварювання, дозволений до клінічного використання.

Реєстрацію значень струму і напруги в процесі експериментів та моніторинг процесу з виведенням

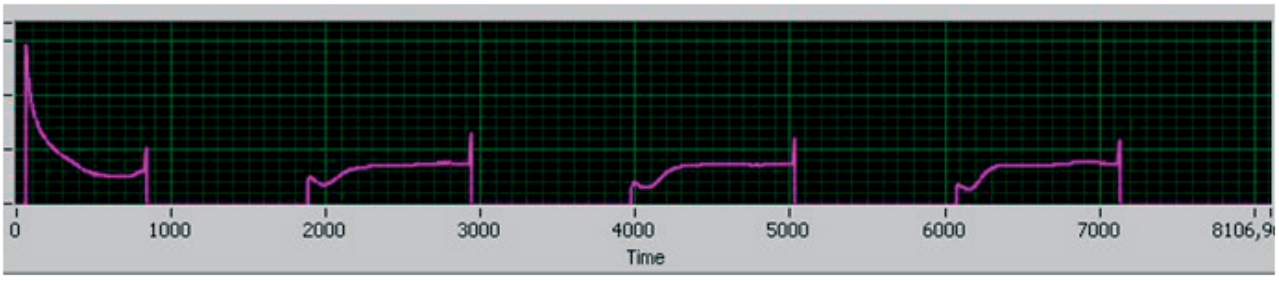


Рис. 2. Зміни електропровідності, відображені у графіку імпедансу стінок тонкої кишки при подаванні імпульсів стабільної напруги 120 В

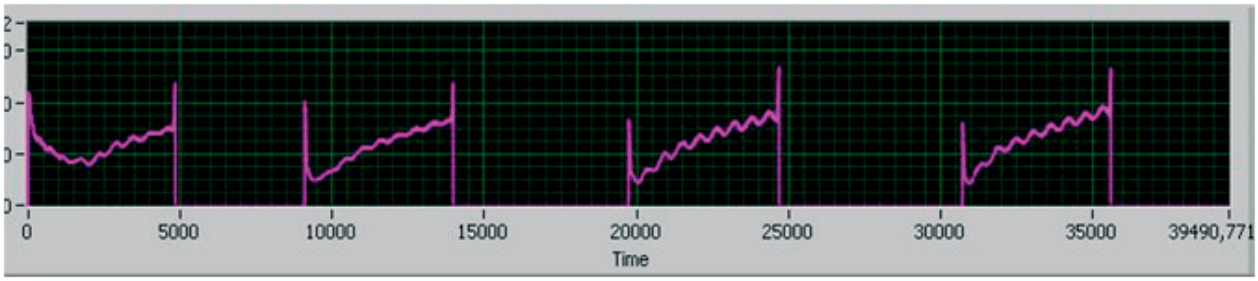


Рис. 3. Характер зміни імпедансу тканини під час подання імпульсів зі зростаючою амплітудою напруги від 80 В до 120 В

на екран в реальному часі цих значень, а також імпедансу та вкладеної в тканину потужності виконували за допомогою модуля швидкого аналого-цифрового перетворення та персонального комп'ютера.

Статистичну обробку отриманих даних виконували з використанням комп'ютерних програм пакету STATISTICA (StatSoft Statistica v.10.0.). Статистичну значимість порівнюваних показників з нормальним розподілом, яка визначалася за критерієм згоди Колмогорова — Смирнова, встановлювали з використанням дисперсійного аналізу (ANOVA) та t-крітерію Ст'юдента, при рівні значущості p=0,05. У тексті наведено репрезентативні фрагменти отриманих даних, представлені як «середнє ± стандартне відхилення» (M ± s).

Результати та їх обговорення. У перших дослідженнях дослідили зміну електропровідності стінок кишки при подаванні на тканини стінок тонкої кишки імпульсів з амплітудою електричної напруги 80 В, визначеною раніше як порогова для настання різкої зміни електричних параметрів тканини (критична напруга).

У 82,5% досліджень під час першого та другого імпульсів сила струму лінійно зростала впродовж імпульсу, а з третього — стабілізувалася. В решті 17,5% такий перехід відбувався на третьому або четвертому імпульсі. При цьому імпеданс різко знижувався майже на 70% впродовж першого імпульсу, далі під час другого плавно ще на 50% і надалі, після невеликого первинного коливання на початку імпульсу, стабільно перебував на низькому рівні, що свідчило про підвищену електропровідність (рис. 1).

У наступній серії досліджень амплітуда електричної напруги в імпульсах була підвищена до 120 В.

У 92,5% досліджень сила струму мала лінійно зростаючий профіль лише під час першого імпульсу, в кінці якого відбувався початок переходу на зниження. В наступних імпульсах відбувався лише первинний сплеск сили струму, коротший, аніж в попередньому дослідженні. Після сплеску сила струму була стабільною. В решті 7,5% спостережень така стабілізація форми відбувалася з третього імпульсу. Рівень імпедансу так само різко знижувався впродовж першого імпульсу майже на 80%, а під час другого вже набував загалом стабільної форми. При цьому, на відміну від попереднього дослідження, початок подавання імпульсу характеризувався миттєвим зниженням імпедансу, а надалі він вже перебував на відносно вищому рівні від попередньо спостереженого (рис. 2).

У спробі зменшити вкладення енергії в тканину, в подальшій серії досліджень лінійно підвищували амплітуду електричної напруги в імпульсі з 80 В до 120 В.

У цих дослідженнях досягали стабілізації електропровідності на другому імпульсі у 87,5% досліджень, у 10% — на третьому, і в 2,5%— на четвертому. Профіль імпедансу в першому імпульсі мав вигляд проміжного між попередніми двома спостереженими. Лінійне проходження точки мінімуму спостерігали лише під час першого імпульсу, а починаючи з другого первинний пік падіння на початку імпульсу змінювався експоненційним зростанням. Однак, враховуючи амплітуду зміни імпедансу в попередніх дослідженнях, його можна назвати стабільно зростаючим (рис. 3).

Отже, вплив імпульсами напруги, що дорівнює або перевищує критичну для стінок кишки в електрозварному анастомозі, вже після 2–3 імпульсів по 0,2 с викликає різку зміну та подальшу стабілізацію електропровідності тканини на рівні, який значно відрізняється як від первинного, так і від зареєстрованого при тривалому подаванні напруги з амплітудою, нижчою за критичну для даного виду тканин. При цьому зростаючий характер електричної напруги в імпульсі забезпечує нижчу кількість вкладеної в тканини енергії.

Ефект покращення електропровідності спостерігався в усіх дослідженнях. Відхилення в кількості необхідних для цього імпульсів: у дослідженнях з високою амплітудою імпульсів — 7,5–12,5 % спостережень, за нижчої амплітуди (у 17,5%) — співпадало з загрубілістю біоімітатора. Це дає підстави орієнтуватись на більш стабільну прояву цього ефекту в клінічних умовах та визначає необхідність перевірити відпрацьовані режими електрозварювання в передклінічному експерименті.

Висновки.

1. Подавання на стінки кишки у міжкишковому анастомозі імпульсів високочастотної електричної напруги з амплітудою, що перевищує критичний рівень для цієї тканини, приводить до стабільного покращення електропровідності тканин між електродами, як водиться, вже починаючи з другого імпульсу.
2. Отримані дані є базою для встановлення параметрів першої фази електрозварювального алгоритму створення міжкишкового анастомозу, спрямованої на покращення та гомогенізацію електричних характеристик у місці з'єднання тканин.

Обговорення та перспективи подальших досліджень. Виявлений у дослідженнях ефект зниження імпедансу тканин стінки кишки між електродами та його певна стабільність при умові імпульсної подачі напруги повинні забезпечувати рівномірність та глибину структурних перетворень в тканині, які формуватимуться впродовж повної тривалості електрозварного впливу. Початок та глибину таких перетворень слід вивчити у співставленні змін електропровідності під впливом оптимальної форми імпульсів та морфологічної характеристики тканини. Зростання імпедансу при зростаючій напрузі може свідчити або про електричну інерційність іонних систем, або про поглиблені перетворення в тканині.

З огляду на встановлену нами раніше відсутність позитивного впливу на електропровідність значного нагрівання тканин електричним струмом з постійною подачею напруги, в подальших дослідженнях слід віддавати перевагу використанню імпульсної подачі напруги, що обмежуватиме потужність, вкладену в тканину, та відповідне нагрівання.

Література.

1. Встановлення первинних вимог до експериментальних засобів дослідження та умов створення електрозварного з'єднання стінок кишечнику / С. С. Подпрятов, С. Є. Подпрятов, А. В. Макаров [та ін.] // Шпитальна хірургія. Журнал імені Л. Я. Ковальчука. — 2018. — № 2. — С. 56–60.
2. Кишечный шов. Физико-механические аспекты / В. И. Егоров, Р. А. Турусов, И. А. Счастливцев, А. О. Баранов. — Москва : Видар, 2004. — 200 с.
3. Bipolar radiofrequency-induced thermofusion of intestinal anastomoses — feasibility of a new anastomosis technique in porcine and rat colon / C. Holmer, H. Winter, M. Kröger [et al.] // Langenbecks Arch. Surg. — 2011. — Vol. 396, No. 4. — P. 529–533.
4. Electrical impedance spectroscopy study of biological tissues / D. A. Dean, T. Ramanathan, D. Machado, R. Sundararajan //. Journal of Electrostatics. — 2008. —Vol. 66, No. 3–4. — P. 165–177.
5. Ho Y. H. Techniques for colorectal anastomosis / Y. H. Ho, M. A. T. Ashour // World J. Gastroenterol. — 2010. — Vol. 16, No. 13. — P. 1610–1621.
6. Linchevskyy O. Lung sealing using the tissue-welding technology in spontaneous pneumothorax / O. Linchevskyy, A. Makarov, V. Hetman // European Journal of Cardiothoracic Surgery. — 2010. — Vol. 37. — P. 1126–1128.
7. Radiofrequency vessel-sealing system versus the clamp-crushing technique in liver transection: results of a prospective randomized study on 100 consecutive patients / A. Muratore, A. Mellano, G. Tarantino [et al.] // HPB: The Official Journal of the International Hepato

Pancreato Biliary Association. — 2014. — Vol. 16, No. 8. — P. 707–712.

References.

1. Egorov, V. I., Turusov, R. A., Schastlivtsev, I. A., Baranov, A. O. (2004). Kishechnyi shov. Fiziko-mekhanicheskie aspekty. [Intestinal suture. Physical and mechanical aspects]. Vidar, Moscow. [In Russian].
2. Podpriatov, S. S., Podpryatov, S. E., Makarov, A. V., Marinsky, G. S., Tkachenko, V. A., Chernets, O. V., Tarnavsky, D. V., & Lopatkina, K. G. (2018). Vstanovlennya pervinnikh vimog do eksperimental'nikh zasobiv doslidzhennya ta umov stvorennya elektrozvarnogo z'ednannya stinok kishechniku [Establishing the first requirements in experimental equipment for investigations and creation conditions of electric welding intestinal connection]. Shpital'na khirurgiya. Zhurnal imeni L. Ya. Koval'chuka (Hospital Surgery. Journal named by L. Ya. Kovalchuk), 2, 56–60. [In Ukrainian]. doi 10.11603/2414-4533.2018.2.9230.
3. Holmer, C., Winter, H., Kröger, M., Nagel, A., Jaenicke, A., Lauster, R., … Ritz, J. P. (2011). Bipolar radiofrequency-induced thermofusion of intestinal anastomoses — feasibility of a new anastomosis technique in porcine and rat colon. Langenbecks Arch. Surg., 396(4), 529–533. doi: 10.1007/s00423-011-0756-0.
4. Dean, D. A., Ramanathan, T., Machado, D., & Sundararajan, R. (2008). Electrical impedance spectroscopy study of biological tissues. Journal of Electrostatics, 66(3–4), 165–177. doi:10.1016/j.elstat.2007.11.005.
5. Ho, Y. H., & Ashour, M. A. T. (2010). Techniques for colorectal anastomosis. World J. Gastroenterol., 16(13), 1610–1621. doi: 10.3748/wjg.v16.i13.1610.
6. Linchevskyy, O., Makarov, A., & Hetman, V. (2010). Lung sealing using the tissue-welding technology in spontaneous pneumothorax. European Journal of Cardiothoracic Surgery, 37, 1126–1128 DOI: 10.1016/j.ejcts.2009.11.01.
7. Muratore, A., Mellano, A., Tarantino, G., Marsanic, P., De Simone, M., & Di Benedetto, F. (2014). Radiofrequency vessel-sealing system versus the clamp-crushing technique in liver transection: results of a prospective randomized study on 100 consecutive patients. HPB: The Official Journal of the International Hepato Pancreato Biliary Association., 16(8), 707–712. doi:10.1111/hpb.12207.

УДК 61:007
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9293

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ РАННЬОГО ДІАГНОСТУВАННЯ СПАДКОВИХ ОРФАННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

В. З. Стецюк, А. В. Малєй, О. І. Лісовиченко, Н. О. Пічкур[1], Л. Ю. Бабінцева[2]

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
[1]Національна дитяча спеціалізована лікарня «ОХМАТДИТ»
Міністерства охорони здоров'я України
[2]Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика

Представлено особливості розроблення концептуальної моделі для раннього діагностування спадкових орфанних захворювань. Наведено ряд теоретичних положень, що використовуються в розробці. Запропоновано концептуальні підходи щодо формалізації представлення переліку орфанних захворювань у вигляді математичної моделі та розглянуто ступені зв'язків.

Ключові слова: орфанні захворювання, граф, симптом, вроджені помилки метаболізму, модель розпізнавання.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MATHEMATICAL MODEL FOR THE PROCESS OF EARLY DIAGNOSTICS OF HEREDITARY ORPHAN DISEASES

V. Z. Stetsiuk, A. V. Maliei, O. I. Lisovychenko, N. O. Pichkur[1], L. Yu. Babintseva[2]

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
[1]National specialized children hospital «OKHMATDYT» of the Ministry of Health of Ukraine
[2]Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education

The article deals with the development of a conceptual model for early diagnostics of hereditary orphan diseases. A number of theoretical positions used in the development are given. Conceptual approaches to formalizing the presentation of orphan diseases list in the form of a connected model are offered and the connection degrees are considered.

Key words: orphan diseases, graph, symptom, group of inborn errors of metabolism, recognition model.

© В. З. Стецюк, А. В. Малєй, О. І. Лісовиченко, Н. О. Пічкур, Л. Ю. Бабінцева

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОЦЕССА РАННЕГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НАСЛЕДСТВЕННЫХ ОРФАННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

В. З. Стецюк, А. В. Малей, О. И. Лисовиченко, Н. А. Пичкур[1], Л. Ю. Бабинцева[2]

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
[1]Национальная детская специализированная больница «ОХМАТДЕТ» Министерства здравоохранения Украины
[2]Национальная медицинская академия последипломного образования имени П. Л. Шупика

Представлены особенности разработки концептуальной модели для ранней диагностики наследственных орфанных заболеваний. Приведен ряд теоретических положений, используемых в разработке. Предложены концептуальные подходы к формализации представления перечня орфанных заболеваний в виде математической модели и рассмотрены степени связей.

Ключевые слова: орфанные заболевания, граф, симптом, врожденные ошибки метаболизма, модель распознавания.

Вступ. Сьогодні розвиток такої науки, як генетика, значно пришвидшився. Вчені з України та інших країн активно працюють над класифікацією нині існуючих орфанних (метаболічних) захворювань, кількість яких вираховується вже тисячами. На жаль, лікувати ці захворювання сучасній медицині дуже складно. Проте своєчасне розпізнавання того чи іншого захворювання допомагає лікарям надавати своєчасну необхідну допомогу новонародженим. Варто зазначити, що історія хвороби пацієнтів центру метаболічних захворювань, на відміну від пацієнтів інших відділень, містить значно більше інформації, оскільки всі, без виключень, зовнішні чи внутрішні особливості пацієнтів мають велике значення.

На сучасному етапі розвитку лікарі-генетики змушені витрачати дорогоцінний час не на прийом пацієнтів, а на заповнення від руки історій хвороб пацієнтів, оскільки стандартні медичні програми для заповнення історій хвороб не мають відповідної класифікації. Саме для надання можливості лікарям-генетикам звільнитися від рутинної роботи з картками і створено розробку, що представляється.

При народженні дитина, яка має метаболічні захворювання, зазвичай має нормальний вигляд, але через декілька годин проявляються симптоми хвороби. Вроджені дефекти обміну речовин, при яких клінічні симптоми розвиваються повільніше, зазвичай характеризуються більш сприятливим протіканням. Діагностика таких порушень іноді може запізнюватись на місяці та навіть роки. Початкові симптоми також неспецифічні та їх іноді помилково приймають за наслідки недіагностованого перинатального інсульту.

Діагностика зазвичай вимагає проведення спеціальних лабораторних досліджень. І якщо негайно не почати проводити лікування, більшість вроджених дефектів обміну речовин можуть призвести до смерті дитини. Необхідно намагатися до якомога швидшого встановлення діагнозу.

В Україні протягом останнього десятиріччя досягнуто певного прогресу в діагностиці та лікуванні рідкісних захворювань. Сьогодні у світі розроблена та застосовується високовартісна замісна ферментотерапія для таких захворювань, як мукополісахаридози, хвороба Гоше, хвороба Помпе, хвороба Фабрі. Ряд захворювань коригуються дієтотерапією (фенілкетонурія, гомоцистінурія, інші спадкові порушення обміну амінокислот), комплексним лікуванням із залученням кофакторної терапії та спеціалізованих лікувальних сумішей (мітохондріальні, епігенетичні хвороби, порушення окиснення жирних кислот та інші).

Одним із кроків на шляху до вирішення проблеми рідкісних захворювань у нашій країні є створення Національного реєстру дітей з метаболічними захворюваннями. Робота в цьому напряму проводиться Центром орфанних захворювань Національної дитячої спеціалізованої лікарні «ОХМАТДИТ» (далі — Центр).

У Центрі впроваджено методи ферментодіагностики спадкових метаболічних хвороб накопичення, до яких відносяться і мукополісахаридози.

Протоколи діагностики відповідають сучасним світовим стандартам. Розроблено та впроваджено методи дородової діагностики. Всі пацієнти з підтвердженим діагнозом внесені до реєстру пацієнтів із метаболічними хворобами.

З метою зменшення навантаження на лікарів, медичних реєстраторів було розпочато розроблення програмного комплексу, одним із завдань якого є раннє діагностування спадкових орфанних захворювань. Використовуючи вже існуючий формалізований досвід лікарів, програмне забезпечення покликано виконувати функції зберігання, оброблення, опрацювання даних і, як результат, повинно стати надійним помічником (як для лікарів-генетиків, так і для пацієнтів) виконувати функцію системи підтримки прийняття рішень.

Основою створення даного спеціалізованого програмного комплексу, безперечно, є створення логічного блоку, що відповідає за сам алгоритм розрахунків. Відтак, постало завдання формалізації в єдиній моделі зв'язків тисяч захворювань з одного боку, та сотень параметрів з історії хвороби з іншого боку. Варто зазначити, що автоматизація процесу діагностування за допомогою програмного комплексу докорінно відрізняється від процесу діагностування лікарями. Першою принциповою відмінністю є те, що програмний комплекс покликаний лише допомогти лікарю підібрати варіанти вірного рішення в тій чи іншій ситуації, але остаточне рішення, безперечно, залишається за медичним працівником. Однак, з іншого боку, взявши на себе функції проведення великої кількості розрахунків, врахування досвіду історій пацієнтів, прогнозування, програмний комплекс може суттєво допомагати лікарю в прийнятті правильних рішень. Фактично все зводиться до розроблення та застосування якісної математичної моделі.

Математична модель дозволяє описати можливості досліджуваного об'єкта за допомогою системи формул математичних функцій і рівнянь. Наприклад, до математичних моделей природних явищ відносяться загальновідомі закони тяжіння, закон Ома. Для моделювання динамічних процесів використовується система диференційних рівнянь, що дають змогу відобразити зміну величин у дослідній системі за допомогою похідних. Математичне моделювання будь-якого процесу можливе лише за умови достатньої інформації щодо його фізичних і біологічних закономірностей. Але розвиток сучасних технологій, у тому числі інформаційних, дає змогу значно розширити можливості застосування саме математичної моделі в медицині не тільки для моделювання простих систем, але й для цілого комплексу складних.

Математичне моделювання дозволяє дослідити поведінку біологічних систем в умовах, що дуже складно й витратно відтворити в клінічному експерименті. Ще однією перевагою застосування математичної моделі є скорочення часу дослідження, оскільки комп'ютер розбирає достатньо велику кількість можливих варіантів досліду за короткий проміжок часу. Також математична модель спрощує розв'язання завдань із лікування хвороб, оскільки вона прискорює аналіз вхідних даних і вирішення питань, що можуть виникнути в процесі лікування.

Розглянемо складові математичної моделі, що змогла б врахувати всі особливості взаємодії великої кількості орфанних захворювань та параметрів історії хвороби пацієнтів.

Мета дослідження: надати опис концептуальної математичної моделі процесу ранньої діагностики спадкових орфанних захворювань.

Результати та їх обговорення. Особливості моделювання вроджених помилок метаболізму. Геном людини складається з близько 25 000 основних генів. Більшість з них виконують свої основні функції шляхом взаємодії з так званими малими молекулами та макромолекулами. Мережа, що виникає внаслідок всіх цих взаємодій, формує клітинні компоненти, зокрема білки та РНК [6]. Вроджені помилки метаболізму (ВПМ) є наслідком генетичної варіації, але фенотип хвороби формується не тільки внаслідок функціональної зміни ураженого генного продукту, а й з урахуванням поширення зав'язків по клітинних мережах [2].

Білки виконують клітинні функції, і всі білково-білкові зв'язки утворюють велику підмережу всередині людського організму [10]. Повна високоякісна карта мережі протеїнової взаємодії має принципове значення для розуміння захворювань [5]. Аналіз цих мереж з новими інструментами мережної медицини може допомогти зрозуміти клітинні механізми, що лежать в основі ВПМ, взаємозв'язків між різними ВПМ або між ВПМ та іншими захворюваннями.

Біологічні мережі не є випадковими та регулюються сукупністю принципів. Вони не мають масштабу, тобто є багато вузлів з кількома сусідами та декілька вузлів з багатьма сусідами, які називаються центрами [2]. Асоційовані з хворобами білки не розсіюються випадковим чином, а мають

тенденцію взаємодіяти один з одним [9]. Кластер пов'язаних з хворобами білків у тій самій мережі сусідів формує підграф, який є модулем хвороби [2]. Ці модулі можуть бути специфічними для тканини [8] та персоналізованими пучками експресії генів, які пов'язані з цими модулями, на вплив окремих виразів хвороби [3]. У межах модуля хвороби різні захворювання можуть виникати з загальних механізмів і відображати перехресні фенотипи, як це показано для складних захворювань, таких як запалення, бронхіальна астма та серцево-судинні захворювання [3].

Однак підходи до мережної медицини не були використані для систематичного вивчення ВПМ [1] як гетерогенної групи порушень, що впливають практично на всі біохімічні шляхи людини та погіршують функцію багатьох органів [11]. Ієрархічна класифікація ВПМ, надана Товариством вивчення вроджених помилок метаболізму (Society for the Study of Inborn Errors of Metabolism, SSIEM), містить 612 захворювань з числами МІМ [4] у 15 групах захворювань [7]. Використовуючи нові інструменти мережної медицини, можна дослідити, чи є суб'єкт ВПМ справді організованим як модулі захворювання у взаємодію білкових зв'язків, і як вони пов'язані один з одним.

Для подальшого поліпшення клінічної значимості стратегії було розглянуто відносини ВПМ з іншими захворюваннями, не пов'язаними з ВПМ, інтегровану базу даних, таку як функціональні анотації з генної онтології, фенотипні ознаки та посилання на ліки або біологічно активні сполуки.

Далі структуровано висвітлимо відомі зв'язки в групах ВПМ, оскільки на цьому і буде побудована подальша математична модель програмного забезпечення.

Взаємозв'язок ВПМ. В роботі [3] генотип людини подається як сукупність 13 460 білків, зв'язаних 141 296 стійкими зв'язками. Відповідно до класифікації SSIEM, 427 генів можуть асоціюватися з ВПМ, а 376 їх результуючих генів, ВПМ-асоційованих білків, були ідентифіковані в людському організмі. У межах набору з 376 ВПМ-асоційованих білків, 298 білків встановили 706 взаємодій (табл. 1) між собою, що призвело до можливого подання ВПМ у вигляді графу (рис. 1). В результаті схематично граф ВПМ сформувався в 7 компонентів (рис. 1), кожен з яких містить щонайменше 3 вузли, причому найбільший з'єднаний компонент містив 168 білків, пов'язаних з ВПМ із 14 з 15 груп ризику (табл. 2). Другий за величиною пов'язаний компонент з 22 вузлами головним чином складався з білків, пов'язаних із порушеннями енергетичного обміну (група 4), тоді як дев'ять білків, які утворили третій за величиною пов'язаний компонент, пов'язані з порушеннями амінокислот і пептидного обміну (група 1) та розладами в обміні вітамінів та (небілкових) кофакторів (група 13).

Таблиця 1

Параметри мережі білків в організмі людини та ВПМ

	Взаємодія в організмі людини	ВПМ
Ребра графу	13 460	298
Вершини графу	141 296	706
Зв'язані компоненти (кількість вершин >3)	3	7
Компонент з найбільшою кількістю зав'язків	13 329	168
Середній коефіцієнт кластеризації	0,17	0,32
Середнє значення зв'язки	21	4

Ступінь вузла в межах мережі (рис. 1) описує кількість з'єднань з іншими вузлами, у випадку мережної взаємодії з білками кількість взаємодій даного білка встановлюється з іншими білками. Як показано раніше для інших біологічних мереж, ступінь розподілу ВПМ має певну закономірність, що вказує на масштабну біологічну мережу з багатьма білками з низьким ступенем і декількома білками з високим ступенем (рис. 2). Аналіз ВПМ показав, що в середньому ВПМ-асоційовані білки мають лише чотири партнера по взаємодії, тоді як середній ступінь взаємодії в людини становить 21. Високозв'язані вузли беруть на себе специфічні біологічні ролі і можуть бути розділені. Вони можуть або утворювати центральний вузол в межах модуля або підключати кілька підграфів у мережі. В межах ВПМ було ідентифіковано 45 вузлів зі ступенем зв'язку ≥10. Коефіцієнт кластеризації вузла описує тенденцію, з якою сусіди цього вузла також взаємодіють один з одним. Середній коефіцієнт кластеризації (cl) ВПМ становив 0,32; таким чином, він більший, ніж для людського організму (cl, 0,17).

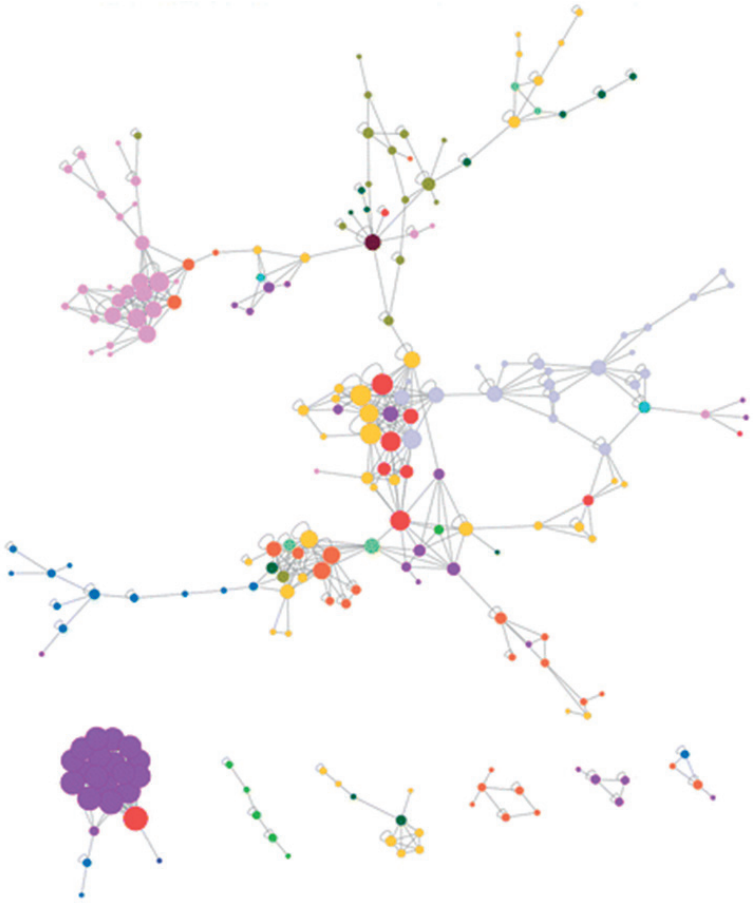


Рис. 1. Схематичне зображення зв’язків семи найбільших груп ВПМ

Таблиця 2

Перелік груп захворювань на графі

№ з/п	Група захворювань
I	Порушення обміну амінокислот і пептидного метаболізму
II	Розлади вуглеводного обміну
III	Порушення обміну жирних кислот та кетонів
IV	Порушення енергетичного обміну
V	Розлади в метаболізмі пуринів, піримідинів та нуклеотидів
VI	Розлади метаболізму стеринів
VII	Розлади порфірину та метаболізму гема
VIII	Розлади обміну ліпідів та ліпопротеїдів
IX	Вроджені порушення глікозилування та інші порушення модифікації білка
X	Лізосомальні розлади
XI	Пероксисомальні розлади
XII	Розлади метаболізму нейромедіаторів
XIII	Розлади в метаболізмі вітамінів та (небілкових) кофакторів
XIV	Розлади в метаболізмі мікроелементів та металів
XV	Розлади метаболізму ксенобіотиків

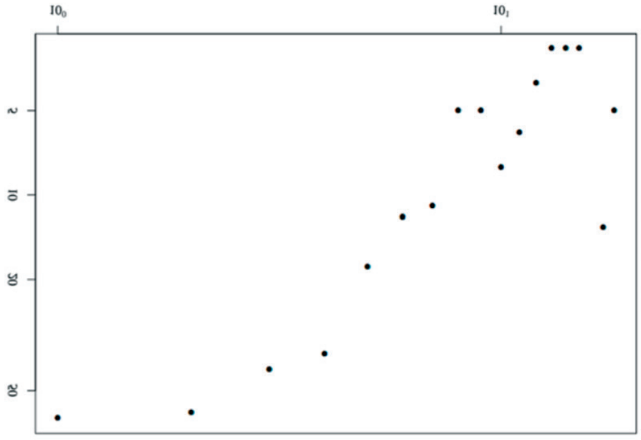


Рис. 2. Співвідношення значення кількості вершин у вузлі (вісь Y) до ступені білка (вісь X)

Діаметр — найбільша відстань між будь-якими двома парами вузлів у мережі. Діаметр дорівнює 22 для ВПМ та 13 для людського організму. Найбільша зв'язана складова ВПМ (168, z=5,3) була більшою, ніж випадкове очікування (52,4), тоді як середня коротка відстань ВПМ-пов'язаних білків на основі мережі була меншою (1,34, z=10,1), ніж випадкове очікування (1,81).

Взагалі, результати аналізу мережних заходів найбільшого пов'язаного компонента та середньої найкоротшої відстані підтримують уявлення про те, що ВПМ-асоційовані білки мають тенденцію знаходитись у тому самому сегменті мережі в людському організмі. Крім того, існує два різних шаблони кластеризації в ВПМ. Білки, пов'язані з певними групами захворювання, створювали досить однорідні кластери і, отже, відокремлювалися від інших ВПМ-асоційованих білків. Білки, пов'язані з іншими групами захворювань, також сприяли гетерогенним кластерам, центральним елементам найбільшого зв'язаного компонента, або вони були розподілені по віддаленим областям мережі.

Далі розглянемо відомі модулі в групах ВПМ, оскільки це також буде відігравати важливе значення у фінальному поданні концептуальної математичної моделі комплексу.

Модулі захворювань ВПМ. Для перевірки гіпотези про модулі захворювання для кожної з груп ВПМ-інфекції захворювань, що відповідає класифікації SSIEM, було розраховано мережні міри найбільшої пов'язаної компоненти та середні короткі відстані для всіх груп хвороб (рис. 3). Аналіз проводився для всіх ВПМ-асоційованих білків, що відтворювали взаємодію в людини (n, 376). Групи аналізу захворювань 6 (порушення метаболізму стеринів) та 15 (порушення обміну ксенобіотиків) були виключені з аналізу через низьку кількість пов'язаних з ними білків чи відсутність взаємодій. Групи ІЕМ захворювання порівнювалися з наборами вузлів з відповідним числом вузлів, що представляли загальні характеристики людської взаємодії. Було розраховано бали за кожне порівняння і в результаті 13 груп захворювань встановили значні модулі захворювання (найбільший зв'язний компонент, z-показники >1,6, середня найкоротша відстань, z<1,6). Найбільші модулі захворювання були ідентифіковані для лізосомних хвороб (25 вузлів), пероксисомних хвороб (22 вузли) та розладів енергетичного обміну (18 вузлів). Три модулі середнього розміру, що виникли внаслідок груп ризику 1, 5 та 8, були менш взаємопов'язаними. Решта модулів не були взаємопов'язаними (група захворювань 7) або були дуже малими (групи захворювань 12–14).

Далі необхідно дослідити зв'язки між групами захворювань ВПМ на основі білкових взаємодій (рис. 4). На цьому рівні можна виявити 211 взаємодій між білками, що належать до різних груп захворювань. Розлади амінокислотного і пептидного метаболізму (група 1 хвороби) мали центральне місце в цій мережі. Ця група — сформована підмережа

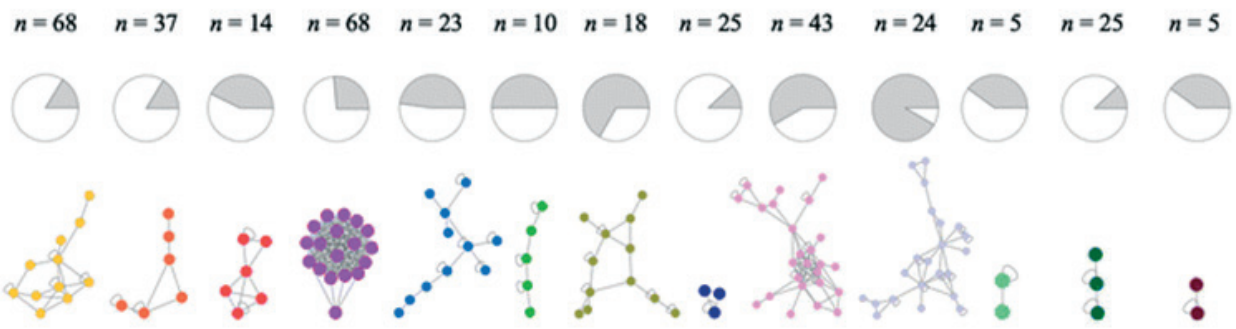


Рис. 3. Ідентифікація модулів груп захворювань у межах ВПМ

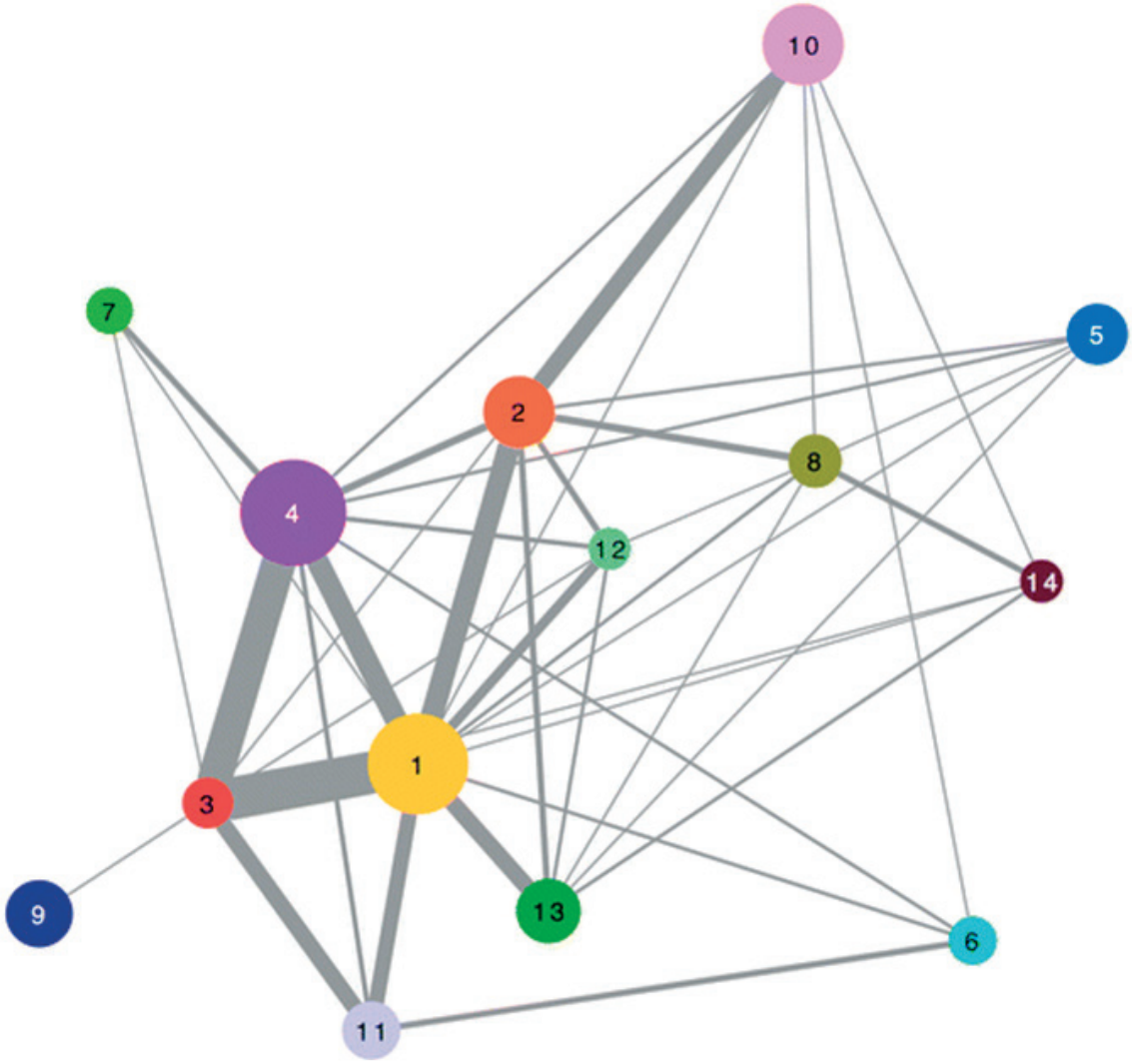


Рис. 4. Граф зв'язків між різними групами метаболічних захворювань

разом з порушеннями вуглеводного обміну (група 2), порушенням жирних кислот і метаболізму кетонових тіл (група 3), а також порушенням енергетичного обміну (група 4), які становлять 44% всієї взаємодії між групами захворювань.

Групи захворювань з високим ступенем самоорганізації, тобто де є багато вузлів, що належать до однієї і тієї ж групи захворювань, організовані в межах конкретного модуля (групи 5, 7, 8, 10, 11), мали невеликий ступінь взаємодії з іншими групами хвороб. У випадку груп хвороб, що демонструють низький ступінь самоорганізації, тобто лише невелика частина вузлів організована в рамках конкретного модуля, ступінь взаємозв'язку з іншими групами захворювань збільшується (групи 1, 2, 4) . Також виділено групи захворювань з високим ступенем взаємодії — опосередкованої взаємодії з іншими ВПМ. Особливий випадок представляла група захворювань 3 (розлади обміну жирних кислот та метаболізму кетонових тіл). Тут ми спостерігали комплексний специфічний модуль захворювання, в якому половина білків, що входили до групи захворювань, сприяли модулю. На додаток до цього досить високого ступеня самоорганізації були встановлені сильні взаємодії з групами захворювань 1 (порушення амінокислотного і пептидного обміну), 4 (порушення енергетичного обміну) та 11 (пероксисомальні розлади) та слабкі взаємодії з групами захворювань 2, 7, 9 і 12.

Висвітлений у даній статті опис математичної моделі є загальним і стосується тільки самих основних принципів взаємодій. Подальший опис математичної моделі детальніше буде подано в наступних статтях.

Висновки. Запропоновано концептуальну математичну модель процесу раннього діагностування спадкових метаболічних захворювань, що безпосередньо є базою для створення інформаційно-аналітичної системи. Формалізовано в єдиній системі схеми ВПМ, особливості їх взаємодії та їх розподіл на модулі.

Дана пропозиція має важливе значення, оскільки на сьогодні в Україні відсутнє спеціалізоване програмне забезпечення в сфері діагностики орфанних захворювань через що часто втрачається дорогоцінний час. Існуючі протоколи діагностування пацієнтів підходять лише для роботи лікаря (тобто людського розуму), але в початковому вигляді не можуть бути правильно застосовані в програмному забезпеченні. Створення нової єдиної інформаційно-аналітичної системи на базі наведеної математичної моделі може суттєво покращити ефективність процесу діагностування.

Література.

1. A next generation multiscale view of inborn errors of metabolism / C. A. Argmann, S. M. Houten, J. Zhu, E. E. Schadt // Cell. Metab. — 2016. — Vol. 23, No. 1. — P. 13–26.
2. Barabási A. L. Network medicine: a network-based approach to human disease / A. L. Barabási, N. Gulbahce, J. Loscalzo // Nat. Rev. Genet. — 2011. — Vol. 12. — P. 56–59.
3. Integrating personalized gene expression profiles into predictive disease-associated gene pools / J. Menche, E. Guney, A. Sharma [et al.]. — Syst. Biol. Appl. — 2017. — Vol. 3. — P. 10.
4. OMIM — Online Mendelian Inheritance in Man [Електронний ресурс] // Режим доступу : www.omim.org.
5. Proteome-scale human interactomics / K. Luck, G. M. Sheynkman, I. Zhang, M. Vidal //Trends Biochem. Sci. — 2017. — Vol. 42, No. 5. — P. 342–354.
6. Schadt E. E. Molecular networks as sensors and drivers of common human diseases / E. E. Schadt // Nature. — 2009). — Vol. 461, No. 7261. — P. 218–223.
7. SSIEM: Society for the Study of Inborn Errors of Metabolism [Електронний ресурс] // Режим доступу: www.ssiem.org/resources/IEC.asp.
8. Tissue specificity of human disease module / M. Kitsak, A. Sharma, J. Menche, [et al.] // Nat. Sci. Rep. — 2016. — Vol. 6. — P. 35241.
9. The human disease network / K. Goh, M. Cusick, D. Valle [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. — 2007. — Vol. 104, No. 21. — P. 8685–8690.
10. Vidal M. Interactome networks and human disease / M. Vidal, M. E. Cusick, A. L. Barabási. // Cell. — 2011. — Vol. 144, No. 6. — P. 986–998.
11. Woidy M. Inborn errors of metabolism and the human interactome: a systems medicine approach. M. Woidy, A. C. Muntau, S. W. Gersting // J. Inherit. Metab. Dis. — 2018. — Vol. 41, No. 3. — P. 285–296.

References.

1. Argmann, C. A., Houten, S. M., Zhu, J., & Schadt, E. E. (2016). A next generation multiscale view of inborn errors of metabolism. Cell Metab., 23(1), 13–26. doi. rg/10.1016/j.cmet.2015.11.012.
2. Barabási, A. L., Gulbahce, N., & Loscalzo, J. (2011). Network medicine: a network-based approach to human disease. Nat. Rev. Genet., 12, 56–59.
3. Menche, J., Guney, E., Sharma, A., Branigan, P. J., Loza, M. J., Baribaud, F., Dobrin, R. & Barabási, A. L. (2017). Integrating personalized gene expression profiles into predictive disease-associated gene pools. Syst. Biol. Appl., 3, 10. doi:10.1038/s41540-017-0009-0.
4. OMIM — Online Mendelian Inheritance in Man. (n. d.). Retrieved from: www.omim.org.
5. Luck, K., Sheynkman, G. M., Zhang, I., & Vidal, M. (2017). Proteome-scale human interactomics. Trends Biochem. Sci., 42(5), 342–354. doi: 10.1016/j.tibs.2017.02.006.
6. Schadt, E. E. (2009) Molecular networks as sensors and drivers of common human diseases. Nature, 461(7261), 218–223. doi: 10.1038/nature08454.
7. SSIEM: Society for the Study of Inborn Errors of Metabolism. (n. d.). Retrieved from: www.ssiem.org/resources/IEC.asp.
8. Kitsak, M., Sharma, A., Menche, J., Guney, E., Ghiassian, S. D, Loscalzo, J., & Barabási, A. L. (2016). Tissue specificity of human disease module. Sci. Rep., 6, 35241. doi: 10.1038/srep35241.
9. Goh, K., Cusick, M., Valle, D., Childs, B., Vidal, M., & Barabási, A. L. (2007). The human disease network. Proc. Natl. Acad. Sci., 104(21), 8685–8690. doi. org/10.1073/pnas.0701361104.
10. Vidal, M., Cusick, M. E., & Barabási, A. L. (2011). Interactome networks and human disease. Cell, 144(6), 986–998. doi: 10.1016/j.cell.2011.02.016.
11. Woidy, M., Muntau, A. C., & Gersting, S. W. (2018). Inborn errors of metabolism and the human interactome: a systems medicine approach. J. Inherit. Metab. Dis., 41(3), 285–296. doi: 10.1007/s10545-018-0140-0.

УДК 004.652
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9295

МЕТОДОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ КЛІНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ КИТАЙСЬКОЇ ОБРАЗНОЇ МЕДИЦИНИ В КОНТЕКСТІ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ

В. П. Марценюк, С. А. Лупенко[1], А. С. Сверстюк[2], А. В. Павлишин[2]

Університет Бєльсько-Бяли, Республіка Польща
[1]Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя
[2]ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»

Стаття присвячена обґрунтуванню актуальності розробки методології організації клінічних випробувань ефективності та безпечності китайської образної медицини в контексті доказової медицини. У роботі розглянуто стратегію організації та проведення клінічних випробовувань китайської образної медицини. Розроблено інформаційну систему забезпечення проведення клінічних випробовувань китайської образної медицини.

Ключові слова: методологія клінічних випробувань, китайська образна медицина, доказова медицина, інформаційна система.

METHODOLOGY FOR ORGANIZING CLINICAL TRIALS ON THE EFFECTIVENESS AND SAFETY OF CHINESE FIGURATIVE MEDICINE IN THE CONTEXT OF EVIDENCE-BASED MEDICINE

V. P. Martsenyuk, S. A. Lupenko[1], A. S. Sverstiuk[2], A. V. Pavlyshyn[2]

University of Bielsko-Biala, the Republic of Poland
[1]Ternopil National Technical University n. a. I. Puluj
[2]SHEE «I. Horbachevsky Ternopil State Medical University of the Ministry of Health of Ukraine»

The article is devoted to the substantiation of the relevance of the development of a methodology for organizing clinical trials of the effectiveness and safety of Chinese figurative medicine in the context of evidence-based medicine. The paper considers the strategy of organizing and conducting clinical trials of Chinese figurative medicine. An information system for conducting clinical tests of Chinese figurative medicine has been developed.

Key words: methodology of clinical trials, Chinese visual medicine, evidence-based medicine, information system.

МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ КЛИНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ КИТАЙСКОЙ ОБРАЗНОЙ МЕДИЦИНЫ В КОНТЕКСТЕ ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

В. П. Марценюк, С. А. Лупенко[1], А. С. Сверстюк[2], А. В. Павлишин[2]

Университет Бельско-Бялы, Республика Польша
[1]Тернопольский национальный технический университет имени И. Пулюя
[2]ГВУЗ «Тернопольський государственный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского МЗ Украины»

Статья посвящена обоснованию актуальности разработки методологии организации клинических испытаний эффективности и безопасности китайской образной медицины в контексте доказательной медицины. В работе рассмотрены стратегии организации и проведения клинических испытаний китайской образной медицины. Разработана информационная система обеспечения проведения клинических испытаний китайской образной медицины.

Ключевые слова: методология клинических испытаний, китайская образная медицина, доказательная медицина, информационная система.

© В. П. Марценюк, С. А. Лупенко, А. С. Сверстюк, А. В. Павлишин

Вступ. Актуальність наукових клінічних досліджень китайської образної медицини (КОМ). Розвиток та вдосконалення медицини, інфраструктури надання населенню медичних послуг є важливим та актуальним завданням, яке стоїть перед фахівцями як медичної, так і інших сфер діяльності людини. На сьогодні, в епоху інтенсивної глобалізації економіки, політики, науки, технологій, суспільного та культурного життя, процеси глобалізації та інтеграції не оминули і медичну галузь. Зокрема це стосується і проблеми інтегрування, синтезу, взаємного узгодження та доповнення конвенційної (західної) та неконвенційної (альтернативної, комплементарної) медицини, що проявилося у формуванні такого сучасного напряму медицини, як інтегральна (інтегративна) медицина [3–7].

Здоров'я — одне з головних надбань людини. Між тим, у міру розвитку цивілізації, зростає і число факторів, що ушкоджують здоров'я. Кількість хвороб, відомих сучасній медицині, становить вже понад 10 тисяч одиниць. Західна медицина все більше заходить у «глухий кут», оскільки в основі її принципів лікування закладено використання фармакологічних препаратів — чужорідних для організму хімічних речовин. Кожне їх застосування породжує нові проблеми, оскільки нешкідливих для організму людини препаратів просто не існує. У гострий період хвороби їх застосування, можливо, виправдано, а ось для профілактики і лікування хронічних процесів такий підхід не приносить бажаних результатів, оскільки при цьому страждає якість життя хворих.

Основи КОМ принципово інші. Це цілісна філософія, унікальні методи лікування і профілактики, високоефективні лікувальні засоби, які черпають свою силу в законах самої природи. Висловлювання: «Людина хвора не тоді, коли у неї виникає хвороба, а хвороба виникає тоді, коли людина хвора» абсолютно точно відображає суть погляду китайської медицини на здоров'я людини. Коли захисні сили організму ослаблені, а резерви вичерпані, безліч чинників вступає у взаємодію, допускаючи виникнення хвороби. Джерелом хвороби може з'явитися будь-яка умова, що створює напруження для організму, з якими він не може впоратися. Це може бути і шкідлива речовина, й інше відчуття, і надлишкові кліматичні фактори, такі як тепло, вологість, холод та ін.

Здоров'я в китайській медицині розглядається як здатність організму реагувати на широку різноманітність подразників таким чином, щоб підтримувалися рівновага і цілісність.

Основним правилом лікування є усунення причини захворювання, з урахуванням індивідуальних особливостей, конституції, географічного положення, пори року та ін.

Мета дослідження: представлення сучасної технології збору, аналізу, синтезу та застосування наукової медичної інформації КОМ для прийняття оптимальних клінічних рішень.

Результати та їх обговорення. Доказова медицина. Принципи, методи та ступені вірогідності клінічних випробувань. Доказова медицина (англ. evidence-based medicine — медицина, що базується на доказах; науково обґрунтована медична практика) — підхід до медичної практики, при якому рішення про застосування профілактичних, діагностичних і лікувальних заходів приймаються виходячи з наявних доказів їх ефективності та безпеки, а такі докази піддаються пошуку, порівнянню, узагальненню та широкому розповсюдженню для використання в інтересах хворих (Evidence Based Medicine Working Group, 1993). Використовується в щоденній медичній практиці (у діагностиці, лікуванні й профілактиці) медичних технологій і лікарських препаратів, ефективність яких доведена у фармакоепідеміологічних дослідженнях із застосуванням математичних оцінок імовірності успіху й ризику.

Відомо, що навіть існуючі тривалий час медичні традиції і «загальновизнані методи» досі не були піддані адекватній науковій перевірці. Поступово в медицині виникали ідеї, що підвищують її ефективність, наприклад «золотий стандарт терапії» і «препарат вибору».

Доказова медицина поширилася наприкінці 80-х років XX ст. як концепція нового клінічного мислення в процесі формування нової галузі медичних знань — клінічної епідеміології, що використовує методи епідеміології стосовно результатів застосування різних медичних технологій. Доказову медицину можна визначити як новітню технологію збирання, аналізу, синтезу та застосування наукової медичної інформації, яка дозволяє приймати оптимальні клінічні рішення як з погляду допомоги хворому, так і економічної ефективності. У процесі становлення доказової медицини сформувалися такі напрямки медичної науки: фармакоепідеміологія, нові напрямки фармакоінформатики, фармакоекономіка, формулярна система.

Принципи доказової медицини. В основі доказової медицини лежить перевірка ефективності та безпеки методик діагностики, профілактики та лікування в клінічних дослідженнях. Під практикою доказової медицини розуміють використання даних, отриманих з клінічних досліджень, в повсякденній роботі лікаря.

У більшості країн стали загальновизнаними деякі правила проведення клінічних досліджень, викладені в стандарті GCP (Good Clinical Practice, «Належна клінічна практика»), а також правила виробництва лікарських засобів (стандарт GMP — Good Manufacturing Practice; «Належна виробнича практика») та виконання лабораторних досліджень (стандарт GLP — Good Laboratory Practice; «Належна лабораторна практика»).

Головний принцип доказової медицини — кожне клінічне рішення повинно ґрунтуватися на наукових фактах, що доведені статистично на великій репрезентативній групі пацієнтів; жодна нова медична технологія (новий метод лікування, діагностики, профілактики) не може бути визнана без обов'язкової перевірки в умовах проведення рандомізованих контрольованих досліджень. Механізмом упровадження принципів доказової медицини в широку клінічну практику є проведення стандартизації медичної допомоги та впровадження формулярної системи.

Розглянемо основні принципи доказової медицини.

- Принцип використання науково-медичної інформації лише найвищого рівня доказовості.
- Принцип постійного знайомства всіх учасників медичної галузі з досягненнями науки і практики.
- Принцип оптимальної діагностичної доцільності.
- Принцип науково обґрунтованого прогнозу захворювання.
- Принцип постійного підвищення безпеки медичних втручань.
- Принцип стандартизації медичних втручань.
- Принцип мінімізації економічних затрат.
- Принцип колективної відповідальності за високу ефективність діагностичних і лікувальних технологій.
- Принцип постійної оптимізації діяльності національних систем охорони здоров'я.

Методи доказової медицини. Основним методом доказової медицини («золотим стандартом») є рандомізовані контрольовані дослідження, коли пацієнти розподіляються на групи випадковим шляхом з використанням засобів рандомізації. У практичному плані доказова медицина ставить перед собою такі завдання:

1) підвищити якість надання медичної допомоги з огляду на ефективність, безпечність та вартість;
2) оптимізувати діяльність національної системи охорони здоров'я.

До основних понять доказової медицини відносяться експеримент, стандартизація та метрологічна повірка приладів, дотримання вимог рандомізації, статистичної обробки, застосування загальноприйнятих стандартів діагностики та лікування, метааналіз, Кокранівське співробітництво.

Інформація, яка надходить із різних джерел способом, який можна відтворити, дозволяє проводити метааналіз — систематизований аналіз зі статистичними узагальненнями (зіставленням доказів), що включає мету аналізу, вибір способів оцінки результатів, систематизований пошук інформації, аналіз інформації за допомогою статистичних методів, інтерпретацію результатів.

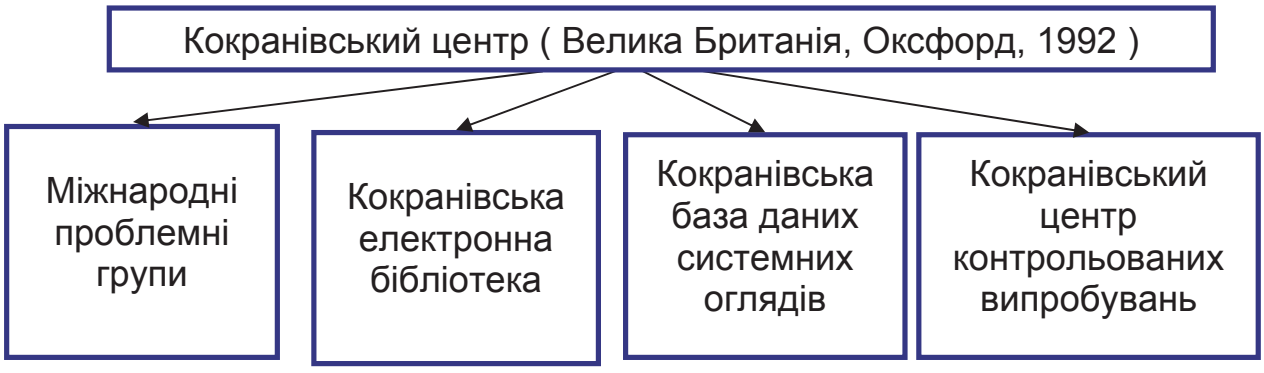


Рис. 1. Структура Кокранівського центру

Важлива роль у доказовій медицині належить Кокранівському співробітництву (засноване Арчі Кокраном у 1972 році) — міжнародній організації, метою якої є пошук та узагальнення вірогідної інформації про результати медичних втручань. Серед її засновників — провідні країни світу. До складу цієї організації входить Кокранівський центр, структура якого наведена на рис. 1.

У практичному аспекті медицина, що базується на доказах, є інтеграцією індивідуальних клінічних знань та досвіду в галузі лікування та профілактики.

Важливим аспектом доказової медицини є визначення ступеня вірогідності результатів досліджень, що беруться за основу при складанні систематизованих даних.

Відповідно до рішення Шведської ради з методології оцінки в системі охорони здоров'я, вірогідність різних джерел неоднакова та знижується в такій послідовності: рандомізовані контрольовані дослідження, нерандомізовані контрольовані дослідження з одночасним контролем, нерандомізовані контрольовані дослідження з історичним контролем, когортні дослідження, дослідження типу «випадок — контроль», перехресні клінічні дослідження, результати спостережень, описи окремих випадків.

Зважаючи на рівень наукових досліджень в КОМ, пропонуємо почати з методу опису окремих випадків.

Стратегія організації та проведення клінічних випробовувань КОМ. У лікарняних установах для ефективнішого лікування за допомогою доказових методів дослідження необхідно доповнити існуючі методики лікування методами КОМ.

Одним з напрямів доказової медицини є аналіз результатів клінічних досліджень, причому ступінь вірогідності отриманих результатів залежить від організації клінічних випробовувань.

Аналіз результатів досліджень імідж-терапевтами проводиться згідно діагностичних карт (рис. 2).

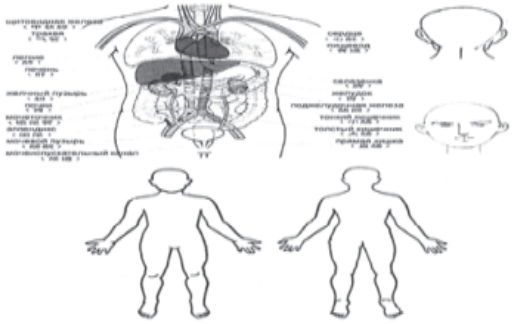
Доказова медицина у випробовуванні методів КОМ. Необхідно провести контроль та оцінку клінічної ефективності діяльності імідж-терапевтів, результатів лікування пацієнтів за допомогою імідж-терапевтичних методик, які повинні базуватись на основних засадах стандарту GCP.

Одним з головних аспектів проведення оцінки результативності та надійної ефективності імідж-терапевтів є перш за все захист пацієнта відповідно до Хельсинської декларації 2008 року.

ОЦІНКА СТАНУ ЗДОРОВЯ КЛІЄНТА

Імя:		Дата народження:	

1.1. ОБРАЗ



1.2. СКАРГИ КЛІЄНТА

1.3. ДІАГНОЗ З ТОЧКИ ЗОРУ ЗАХІДНОЇ МЕДИЦИНИ

1.4. ПЛАН ДОСЛІДЖЕННЯ. ЛІКАРСЬКІ ЗАСОБИ. ПРИЗНАЧЕННЯ ФАХІВЦЯ

1.4. ПЛАН ДОСЛІДЖЕННЯ. ЛІКАРСЬКІ ПРЕПАРАТИ. ПРИЗНАЧЕННЯ ФАХІВЦЯ.

Дата:		Підпис спеціаліста:	

Рис. 2. Діагностична карта аналізу результатів досліджень імідж-терапевта

Перед початком клінічних досліджень необхідно протоколи лікування та іншу супровідну документацію погодити в комісії з питань етики лікувально-профілактичної установи, яка також передбачає страхування. Пацієнт при цьому отримує письмову інформацію щодо повного плану запропонованих заходів дослідження, отримує інформовану згоду. Страхуванню піддаються всі пацієнти, які беруть участь в дослідженні. Строк дії страхового договору не може бути меншим, ніж саме дослідження.

Протокол дослідження ефективності імідж-терапевтичних методик КОМ повинен включати зміст, перелік скорочень, загальну інформацію щодо дослідження, мету дослідження, опис самого дослідження, схему дослідження, вибір пацієнтів для дослідження (врахування критеріїв включення в дослідження), лікування, схему терапевтичних впливів, супутнє лікування.

Після підписання інформаційної згоди пацієнти проходять клінічні і лабораторні обстеження, за

Таблиця 1

Результати обстеження пацієнта

№ візиту	1	2	3	4
Кількість днів	2–0	1	16	30
Підписання інформованої згоди	●			
Демографічні та антропометричні показники	●			
Медичний анамнез	●			
Оцінка критеріїв включення / невключення	●			
Об’єктивне обстеження	●		●	●
Систолічний, діастолічний артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, термометрія	●		●	●
Загальний аналіз крові	●			●
Загальний аналіз сечі	●			●
Біохімічний аналіз крові	●			●
Коагулограма	●		●	●
Клінічний огляд, збір скарг	●		●	●
Розподіл пацієнтів по групах		●		
Видача досліджуваного препарату		●		
Видача щоденника пацієнта		●		
Вилучення заповненого щоденника пацієнта				●
Реєстрація побічних реакцій / побічних явищ		●	●	●

Скринінговий номер

Ініціали пацієнта

Місце проведення дослідження №

Об’єктивне обстеження

Показник	Результат
Температура тіла , °С	
ЧСС, уд./хв.	
САТ/ДАТ, мм.рт. ст.	

№	Органи та системи	Норма	
		ТАК	НІ
1	Загальний стан		
2	Шкірні покриви, видимі слизові оболонки		
3	Серцева-судинна система		
4	Органи дихання		
5	Ендокринна система		
6	Шлунково-кишковий тракт		
7	Сечостатева система		

Коментарі

_____

_

Дата: □□ □□ □□□□ **Підпис:**

Рис. 3. Бланк реєстрації об’єктивного обстеження пацієнта.

Таблиця 2

Види діагностичної інформації в системі «Імідж-терапевт»

Персональна інформація	
(вік, стать, члени сім’ї та ін.)	Медична інформація про пацієнта включає інформацію, яка отримана методами конвенційної (західної) медицини, а саме історія хвороби та результати медичних обстежень (лабораторні аналізи, результати функціональної діагностики, заключення лікаря, тощо)
Інформація самооцінки (фізичний та психологічний стан) пацієнта до та після терапії, із використанням методів психологічного шкалювання	Діагностична інформація, яка отримана методами ТКМ та КОМ, а саме результати діагностування методами ТКМ (огляд, вислуховування, результати пальпаційного діагностування), результати енергетичного діагностування рукою та внутрішньої образної діагностики

результатами яких приймається рішення щодо їх включення в клініку.

Аналіз клінічних досліджень пропонуємо проводити згідно табл. 1 та рис. 3.

З першого дня пацієнти повинні вести щоденники, в яких необхідно реєструвати свої суб'єктивні відчуття після терапії, наявність побічних явищ та ускладнень.

На 16-й та 30-й день досліджень всі учасники проходять повторно лабораторне та інструментальне обстеження.

Інформаційна система забезпечення проведення клінічних випробовувань КОМ. Інформаційна система професійної цілительської діяльності «Імідж-терапевт» призначена для централізованої організації, підвищення якості (ефективності, безпечності, контрольованості, достовірності, економічності, інтенсивності) професійної діяльності та обміну досвідом діючих КОМ-терапевтів [1]. Сформулюємо основні вимоги до цієї інформаційної системи.

1. До складу інформаційної системи повинні входити: 1) електронний персональний кабінет КОМ-фахівця з графічним інтерфейсом; 2) модуль формування результатів діагностування методами КОМ; 3) модуль формування терапевтичних рішень (терапевтичних карт); 4) медична база даних; 5) модуль для обміну даними між КОМ-терапевтами (рис. 4).
2. Інформаційна система «Імідж-терапевт» повинна мати доступ до таких інформаційних систем: база знань КОМ, експертна система КОМ, інформаційна система електронного навчання КОМ, інформаційна система наукових досліджень (ІСНД) КОМ.
3. Модуль формування результатів діагностування методами КОМ повинен забезпечувати ввід персональної та медичної інформації пацієнтів, що включає інформацію, яка отримана методами конвенційної медицини, а саме історія хвороби та результати медичних обстежень (лабораторні аналізи, результати функціональної діагностики, заключення лікаря, тощо), а також включає діагностичну інформацію, яка отримана методами традиційної комплементарної медицини (ТКМ) та КОМ, а саме результати пальпаційного діагностування, результати енергетичного діагностування рукою, результати внутрішньої образної діагностики, та інформацію самооцінки (фізичний та психологічний стан) пацієнта до та після терапії (табл. 2). При цьому пропонуємо використовувати нову генерацію сенсорів (імуносенсори), які використовують в своїй конструкції біологічні матеріали, що надають високу вибірковість, селективність, точність, дають можливість здійснювати швидкі і прості вимірювання біологічних показників. Імуносенсори характеризуються високою ефективністю і широко використовуються в медицині [9] як інструмент для встановлення діагнозів, раннього виявлення речовин, що викликають серцеві захворювання, швидкого виявлення вірусу папіломи людини та ін. На сьогодні імуносенсори є предметом інтенсивних досліджень, що стимулює інтерес і уяву вчених [2, 8].
4. Медична база даних окрім традиційної персональної інформації про пацієнта та його медичних даних, отриманих методами конвенційної медицини (історія захворювань, лабораторні аналізи, результати функціональної діагностики і т. п.), міститиме дані візуальної (образної) діагностичної інформації КОМ-фахівця, а також терапевтичні схеми, які застосовував імідж-терапевт, лікуючи пацієнта. Елементи медичної бази даних повинні використовуватися як конкретні екземпляри класів онтології КОМ, входячи таким чином до складу онтоорієнтованої бази знань КОМ.

Узагальнену архітектуру інформаційної системи професійної цілительської діяльності «Імідж-терапевт» подано на рис. 4.

Зважаючи на нестандартний, незвичний для західної медицини характер діагностичних методів та діагностичної інформації в КОМ, перед створенням інформаційної системи «Імідж-терапевт» необхідно приділити значну увагу розробці нових моделей, методів та засобів подання діагностичної інформації, зокрема образної інформації в КОМ. Насамперед, необхідно розробити інтерактивну інформаційну підсистему відображення образної діагностичної інформації. Основний підхід до розробки інтерактивної системи відображення образної діагностичної інформації КОМ ґрунтується на образній моделі тіла людини та його ділянок, включаючи фізичний, енергетичний та інформаційний їх аспекти. А саме, ця модель повинна включати у себе ієрархічно організовану множину A вкладених розбиттів образа тіла людини на ділянки (частини тіла людини, системи органів, окремі органи та ділянки органів), множину відношень R між

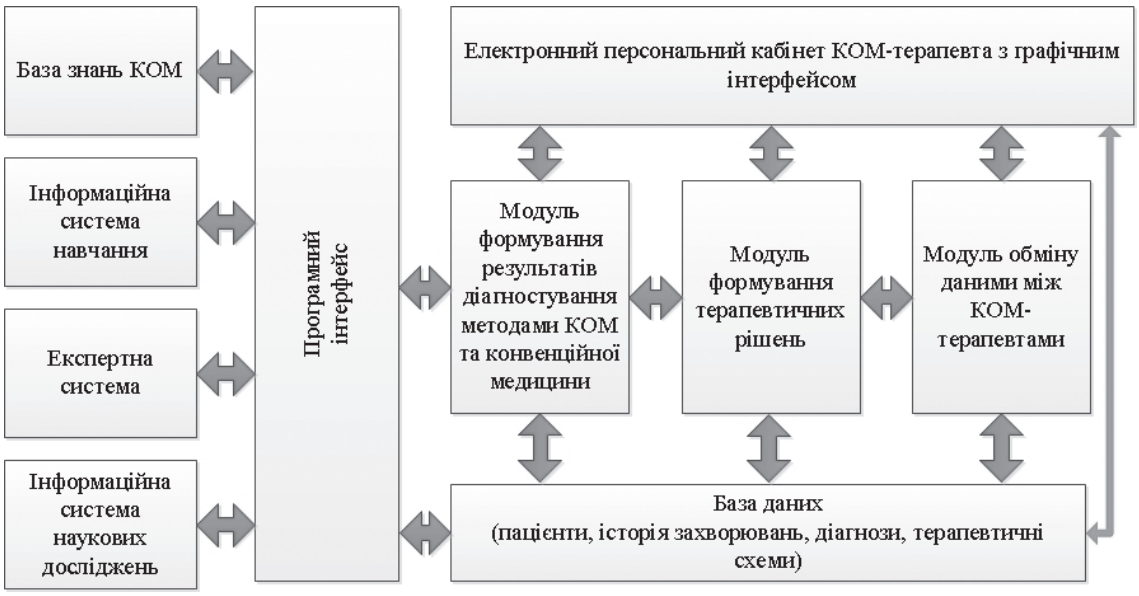


Рис. 4. Узагальнена архітектура інформаційної системи професійної цілительської діяльності «Імідж-терапевт»

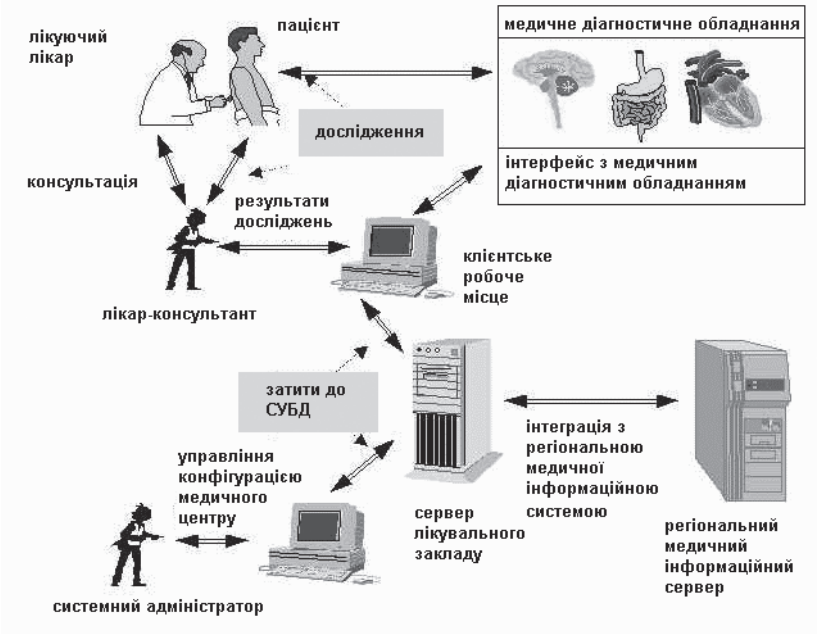


Рис. 5. Узагальнена схема збору діагностичної інформації

елементами цих розбиттів, що відображають патологічні взаємозв'язки, виявлені КОМ-фахівцем, а також множини атрибутів, які характеризують кожний елемент розбиття та кожний елемент відношення (фізичний, енергетичний, інформаційний рівні захворювання, ступінь прояву захворювання у певній вимірювальній шкалі (10-бальна шкала), додаткові дані).

Узагальнена схема збору діагностичної інформації представлена на рис. 5.

ІСНД КОМ. Ця система призначена для аналізу, верифікації, прогнозування, оцінювання ефективності, оптимізації результатів діагностування та лікування КОМ-фахівців. ІСНД КОМ дасть змогу провести всебічний аналіз та прогнозування результатів діагностування та лікування КОМ-фахівців, оцінити рівень їх ефективності та безпечності, що є вкрай необхідним та важливим для включення КОМ в лоно інтегральної медицини. Ця система уможливить верифікацію (апробацію) нових концепцій, теорій, моделей, методів, що пояснюють механізми отримання діагностичної інформації та лікувальних ефектів КОМ на підставі результатів дослідження.

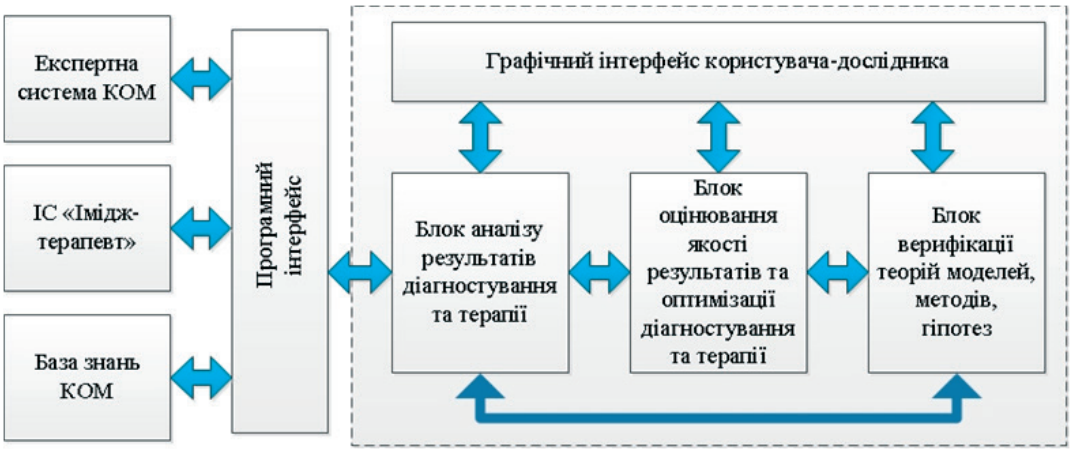


Рис. 6. Узагальнена архітектура ІСНД КОМ

Основними вимогами до ІСНД КОМ є такі:

1. До складу ІСНД КОМ повинні входити: 1) графічний інтерфейс користувача (дослідника, науковця); 2) модуль аналізу результатів діагностування та терапії методами КОМ; 3) модуль оцінювання якості та оптимізації результатів діагностування та терапії методами КОМ; 4) модуль верифікації теорій, моделей, методів та гіпотез у науковому напрямі КОМ.
2. ІСНД КОМ повинна мати доступ до таких інформаційних систем: інформаційна система професійної цілительської діяльності «Імідж-терапевт», база знань КОМ, експертна система КОМ.

Узагальнену архітектуру інформаційної системи наукових досліджень подано на рис. 6.

Для ефективної роботи інформаційної системи професійної цілительської діяльності «Імідж-терапевт» та ІСНД КОМ необхідно забезпечити зв'язок між інформаційними системами діагностичних центрів (рис. 7).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Вивчення досвіду КОМ, наукове обґрунтування та впровадження у практику імідж-терапевтичних методів оздоровлення населення, здійснення координаційної та експертної діяльності є важливою проблемою медицини. Доцільність впровадження цих методів у медичну практику підтверджено розробками останніх років.

Подальше вивчення і розвиток методів КОМ повинне приділяти увагу науково-методичному

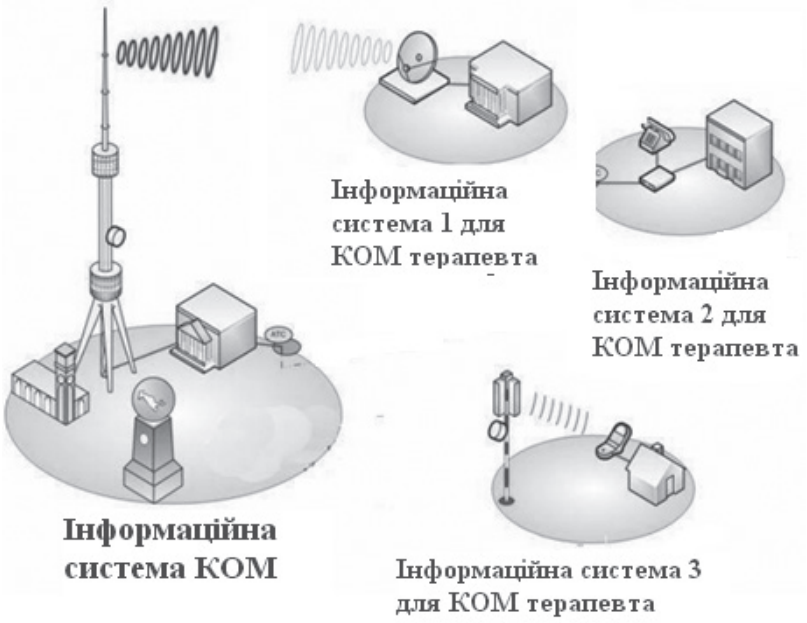


Рис. 7. Узагальнена схема зв'язку між інформаційними системами діагностичних центрів

обґрунтуванню цих методів через впровадження в стандарти лікування, формування цілісного підходу до реформування галузі з метою підвищення рейтингу, покращання якості надання первинної медичної допомоги, реабілітації та профілактики імідж-терапевтичними методами, упередження некомпетентному їх використанню, підвищення рівня довіри до спеціалістів, які використовують ці методи.

1. Проводити подальші заходи щодо висвітлення і впровадження на принципах наукової доказовості методів та засобів КОМ.
2. Консолідувати зусилля лікарів та цілителів на проведенні науково-методичних досліджень з використання методів КОМ в медичній практиці.
3. Популяризувати через засоби масової інформації імідж-терапевтичні методи, проводити роз'яснювальну роботу серед населення щодо використання цих методів з метою збереження та зміцнення здоров'я.
4. Удосконалювати законодавчу базу з урегулювання заняття КОМ шляхом прийняття відповідних постанови Кабінету Міністрів України.
5. Розширювати міжнародне співробітництво та партнерство у галузі КОМ.
6. Впроваджувати методи КОМ в стандарти лікування, реабілітації та профілактики.
7. Сприяти впровадженню в первинну медико-санітарну допомогу лікарських засобів та спеціальних харчових продуктів рослинного, тваринного, мінерального походження, що зареєстровані в установленому порядку в Україні, Європі та інших країнах світу.

Література.

1. Інтегроване онтоорієнтоване інформаційно-аналітичне середовище наукових досліджень, професійної цілительської діяльності та електронного навчання китайської образної медицини / С. А. Лупенко, Д. В. Вакуленко, А. С. Сверстюк [та ін.] // Інформаційні системи та мережі. — 2017. — № 872. — С. 10–19.
2. Об использовании решетчастых дифференциальных уравнений с запаздыванием для моделирования иммуносенсора / В. П. Марценюк, И. Е. Андрущак, П. Н. Зинько, А. С. Сверстюк // Проблемы управления и информатики. — 2018. — № 3. — С. 37–45.
3. Ananth S. Complementary and alternative medicine survey of hospitals: summary of results / S. Ananth ; Health Forum (American Hospital Association), Samueli Institute. — September 2011. — Режим доступу : http://www.samueliinstitute.org/File%20Library/Our%20Research/OHE/CAM_Survey_2010_oct6.pdf. — 22 p.
4. Barnes P. M. CDC National health statistics report #12. The use of complementary and alternative medicine in the United States / P. M. Barnes, B. Bloom, R. Nahin // 2007 National Health Interview Survey (NHIS) / National Center for Complementary and Alternative Medicine (NCCAM), National Center for Health Statistics. — December 2008. — Режим доступу: http://nccam.nih.gov/news/camstats/2007/cam-survey_fs1.htm (дата звернення : 23.11.2016).
5. Guarneri E. The efficacy and cost effectiveness of integrative medicine: a review of the medical and corporate literature / E. Guarneri, B. Horrigan, C. Pechura // The Journal of Science and Healing. — 2010. — Vol. 5. — P. 308–312.
6. Horrigan B. What is integrative medicine? / B. Horrigan; The Bravewell Collaborative. — 2010. — Режим доступу: http://www.bravewell.org/integrative_medicine/what_is_IM. (дата звернення : 23.11.2016).
7. Maizes V. Integrative medicine and patient-centered care / V. Maizes, D. Rakel, C. Niemiec //The Journal of Science and Healing. — 2009. — Vol. 5, No. 5. — P. 277–289.
8. Martsenyuk V. P. Stability, bifurcation and transition to chaos in a model of immunosensor based on lattice differential equations with delay / V. P. Martsenyuk, A.rKlos-Witkowska, A. S. Sverstiuk // Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations. — 2018. — No. 27. — P. 1–31.
9. Martsenyuk V. P. Study of classification of immunosensors from viewpoint of medical tasks / V. P. Martsenyuk, A. Klos-Witkowska, A. S. Sverstyuk // Medical informatics and engineering. — 2018. — № 1(41). — P. 13–19.

References.

1. Lupenko, S. A., Vakulenko, D. V., Sverstyuk, A. S., Gorkunenko, A. B., & Orobchuk, O. R. (2017). Integrovane ontoorientovane informatsiino-analitichne seredovishche naukovikh doslidzhen', profesiinoi tsilitel's'koi diyal'nosti ta elektronnogo navchannya kitais'ko obraznoi meditsini [Integrated ontooriented information and analytical environment for scientific research, professional healing and e-learning of Chinese figurative medicine]. Informatsiini sistemi ta merezhi (Information systems and networks), 872, 10–19.

2. Martsenyuk, V. P., Andrushchak, I. E., Zin'ko, P. N., & Sverstyuk, A. S. (2018). Ob ispol'zovanii reshetchastykh differentsial'nykh uravnenii s zapazdyvaniem dlya modelirovaniya immunosensora [On the use of latticed differential equations with delay for simulation of the immunosensor]. Problemy upravleniya i informatiki (Problems of management and informatics), 3, 37–45.
3. Ananth, S. (2011 September). Complementary and alternative medicine survey of hospitals: summary of results. Health Forum (American Hospital Association), Samueli Institute. Retrieved from: http://www.samueliinstitute.org/File%20Library/Our%20Research/OHE/CAM_Survey_2010_oct6.pdf.
4. Barnes, P. M., Bloom, B., & Nahin, R. (2008 December). CDC National Health Statistics Report #12. The Use of Complementary and Alternative Medicine in the United States. Findings from the 2007 National Health Interview Survey (NHIS) conducted by the National Center for Complementary and Alternative Medicine (NCCAM) and the National Center for Health Statistics. Retrieved from: http://nccam.nih.gov/news/camstats/2007/cam-survey_fs1.htm.
5. Guarneri, E., Horrigan, B., & Pechura, C. (2010). The efficacy and cost effectiveness of integrative medicine: a review of the medical and corporate literature. The Journal of Science and Healing, 5, 308–312.
6. Horrigan. B. (2010). What is integrative medicine? The Bravewell Collaborative. Retrieved from: http://www.bravewell.org/integrative_medicine/what_is_IM.
7. Maizes, V., Rakel, D., & Niemiec, C. (2009). Integrative medicine and patient-centered care. The Journal of Science and Healing, 5(5), 277–89.
8. Martsenyuk, V. P., Klos-Witkowska, A., & Sverstyuk, A. S. (2018). Stability, bifurcation and transition to chaos in a model of immunosensor based on lattice differential equations with delay. Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations, 27, 1–31. doi: https://doi.org/10.14232/ejqtde.
9. Martsenyuk, V. P., Klos-Witkowska, A., & Sverstyuk, A. S. (2018). Study of classification of immunosensors from viewpoint of medical tasks. Medical informatics and engineering, 1(41), 13–19. doi: https://dx.doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.1.8887.

УДК 004.9:004.65:004.42:614.2
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9306

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КРИПТОГРАФІЧНО-ЗАХИЩЕНОГО ЕКСПОРТУ/ІМПОРТУ РЯДКІВ ТАБЛИЦЬ БАЗИ ДАНИХ

Є. Б. Лопін

Науково-дослідний інститут проблем військової медицини Української військово-медичної академії

У статті наведено опис розробленої інформаційної технології криптографічно-захищеного експорту/імпорту інформації таблиць бази даних медичної інформаційної системи, а також результати здійснених за допомогою даної технології експериментів із експорту/імпорту інформації двох баз даних обліку пацієнтів закладів охорони здоров'я Міністерства оборони України. Отримані результати хронометражу експорту/імпорту інформації були зіставлені та порівняні із визначеними можливими щодобовими обсягами експорту/імпорту інформації у двох закладах охорони здоров'я Міністерства оборони України, в результаті чого зроблено висновки про можливість використання розробленої технології у медичних інформаційних системах. Наведено переваги, що забезпечуються шляхом застосування розробленої інформаційної технології. Визначено напрями використання розробленої інформаційної технології для побудови комплексних систем захисту інформації.

Ключові слова: експорт інформації баз даних, імпорт інформації до бази даних, криптографічний захист інформації, медична інформаційна система.

INFORMATION TECHNOLOGY OF CRYPTOGRAPHY-PROTECTED EXPORTS (IMPORTS) OF ROWS OF DATABASE TABLES

Ye. B. Lopin

Military Medicine Problems Research Institute of Ukrainian Military Medical Academy

Background. Despite the recent developments in eastern Ukraine and complicated economic situation in the state, Ukraine Armed Forces Medical Service is introducing medical information systems for informatization of Ukraine Ministry of Defense healthcare facilities functioning and, in particular, is planning the creation of the medical information system of components of defense forces.

At the same time, this project will be performed in low-resource environment with insufficiently developed information infrastructure, shortage of medical service funding and lack of qualified personnel.

This article is devoted to the possible solution of the scientific problem of ensuring functioning of territorially (geographically) and structurally scalable information systems in the absence of direct access to global networks (Internet, etc.) by developing and implementing information technology for cryptographic-protected export/import of databases information.

Materials and methods. Materials used for research: the database of patients registered and classified as combat casualties of the Military Medical Clinical Center of the Southern Region (Odessa) for the period of 2015-2016; the databases of patients registered and treated in the National Military Medical Clinical Center (Kyiv) and the Military Medical Clinical Center of Occupational Pathology of the Ukraine Armed Forces Personnel (Irpin) patients.

For the purposes of this study the developed by the author software and computer equipment that has characteristics similar to the characteristics of the equipment, which is employed in the health facilities of the Ukraine Armed Forces, were utilized.

Results. In order to resolve the research task, the information technology for cryptographically-protected export/import of database tables rows has been developed. The developed information technology is presented as the technological processes of an export and import of information. The description of this technology in a form of a list of stages and the algorithms of information processing is in this article.

The time intervals of execution of the technological processes of export and import of information from the patients' records databases tables of the Ukraine Armed Forces health facilities have been determined with the developed information technology-based software. The results of these experiments, namely, the average time of export and import, is presented in tables in the article.

In order to assess the amount of information that can be exported and imported daily in the medical information system, frequency characteristics of the number of patients who were admitted in the above-mentioned health facilities of the Ukraine Armed Forces.

On the basis of the frequency characteristics data, the ranges of values (the number of admitted patients) that include the maximum value and values, which are most often found in the sample, also have been determined.

© Є. Б. Лопін

Also, in the article the main directions of application of the developed information technology for the construction of integrated information security systems have been considered.

Conclusions. Based on the results of the above studies, conclusions about the advantages and a possibility of daily use of the developed information technology for an export and import of information during functioning of medical information system is formulated.

In particular, the main advantages of the developed information technology are: providing with it the possibility of territorial and structural scaling of medical information systems in the absence of access to global information networks (Internet, etc.); suitability and ease using for the construction of integrated information security systems; ensuring a reduction of dependence of informatization projects in military medicine from a underdeveloped information infrastructure of segregate health facilities or their groups.

Key words: export of database information, import of information into the database, cryptographic protection of information, medical information system.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИ ЗАЩИЩЁННОГО ЭКСПОРТА / ИМПОРТА СТРОК ТАБЛИЦ БАЗЫ ДАННЫХ

Е. Б. Лопин

Научно-исследовательский институт проблем военной медицины Украинской военно-медицинской академии

В статье приведено описание разработанной информационной технологии криптографически-защищенного экспорта/импорта информации таблиц базы данных медицинской информационной системы, а также результаты проведенных с помощью данной технологии экспериментов по экспорту/импорту информации двух баз данных учета пациентов учреждений здравоохранения Министерства обороны Украины. Полученные результаты хронометража экспорта/импорта информации были сопоставлены и сравнены с определенными возможными ежесуточными объемами экспорта/импорта информации в двух учреждениях здравоохранения Министерства обороны Украины, в результате чего были сделаны выводы о возможности использования разработанной технологии в медицинских информационных системах. Перечислены преимущества, обеспечиваемые за счет применения разработанной информационной технологии. Определены направления использования разработанной информационной технологии для построения комплексных систем защиты информации.

Ключевые слова: экспорт информации базы данных, импорт информации в базу данных, криптографическая защита информации, медицинская информационная система.

Вступ. Незважаючи на події останніх років на сході України та складну економічну ситуацію в країні, в медичній службі Збройних Сил України тривають роботи з впровадження в діяльність закладів охорони здоров'я Міністерства оборони України сучасних інформаційних технологій, зокрема, медичних інформаційних систем (МІС).

Відповідно до завдання 4.2.7 Матриці досягнення стратегічних цілей і виконання основних завдань оборонної реформи Стратегічного оборонного бюлетеня (СОБ) України, схваленого указом Президента України від 06.06.2016 № 240/2016 [1], передбачається створення медичної інформаційної системи складових сил оборони. Враховуючі те, що СОБ був покладений в основу Державної програми розвитку Збройних Сил України на період до 2020 року [1, 2], створення медичної інформаційної системи складових сил оборони на даний час є фактично запланованим.

У той же час, у медичній службі, як і в Збройних Силах України в цілому, існує цілий ряд проблем (повний перелік див. у Концепції інформатизації Міністерства оборони України, далі – Концепція [3]), серед яких слід зазначити:

- недостатній розвиток інформаційної інфраструктури;
- недостатнє фінансування галузі військової охорони здоров'я як у цілому, так і цільове, на потреби інформатизації;
- недостатня кількість або повна відсутність у закладах охорони здоров'я спеціалістів із інформаційних технологій, які мають відповідну освіту.

Відповідно за таких умов створення та впровадження територіально (географічно), функціонально та структурно масштабованих інформаційних систем, особливо побудованих за клієнт-серверною архітектурою, вимагатиме застосування

економічно обґрунтованих, а іноді – й нестандартних компромісних технічних рішень.

Можливим шляхом зменшення впливу ризиків на процес створення, впровадження та функціонування медичних інформаційних систем і, в тому числі, МІС складових сил оборони, є забезпечення здатності МІС до повноцінного функціонування та масштабування за відсутності локальних обчислювальних мереж, а також відсутності прямого доступу до глобальної мережі Інтернет або подібних.

Враховуючі те, що переважна більшість МІС базується на технологіях баз даних і передбачають використання певної системи управління базами даних (СУБД), здатність МІС до функціонування та обміну даних за відсутності доступу до мереж може бути досягнута за допомогою спеціальних прикладних інформаційних технологій, наприклад, інформаційної технології криптографічно-захищеного експорту/імпорту рядків таблиць локальної бази даних.

Мета дослідження: дослідження можливості вирішення наукової проблеми забезпечення функціонування територіально та структурно масштабованих медичних інформаційних систем в умовах відсутності прямого доступу до глобальних мереж (Інтернет або інш.)

Матеріали та методи дослідження. Для проведення даного дослідження використовувалось розроблене в ліцензійному середовищі програмування Delphi 7 прикладне програмне забезпечення (комп'ютерна програма "MilitaryCasualties", впроваджена наказом директора Військово-медичного департаменту Міністерства оборони України від 19.05.2015 р. № 31 тощо). Для реалізації функцій криптографічного захисту інформації під час проведення експериментів була використана програмна реалізація [4] незапатентованого та дозволеного для вільного використання симетричного криптографічного алгоритму Blowfish [5].

Для виконання тестувань та визначення швидкості роботи (хронометражу) процедур експорту та імпорту використовувались 3 комп'ютери такої конфігурації:

№ 1 – процесор DualCore Intel Celeron E1200, системна пам'ять 1014 Мб, операційна система Microsoft Windows XP Professional (Service Pack 3), спеціальне захисне програмне забезпечення – ESET Smart Security;

№ 2 – процесор Intel Core 2 Duo E8400, системна пам'ять 3584 Мб, операційна система Microsoft Windows XP Professional (Service Pack 3), спеціальне захисне програмне забезпечення – Norton Internet Security;

№ 3 – Dell OptiPlex 780, процесор Intel Core 2 Duo E8500, системна пам'ять 3968 Мб, операційна система Microsoft Windows 7 Professional (Service Pack 1), спеціальне захисне програмне забезпечення – Dr.Web Security Space.

Для проведення дослідження використовувались такі локальні бази даних:

- база даних облікованих у Військово-медичному клінічному центрі Південного регіону (м. Одеса) протягом 2015-2016 років пацієнтів, віднесених до категорії бойових втрат;
- бази даних обліку пролікованих пацієнтів Національного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» (НВМКЦ «ГВКГ») та Військово-медичного клінічного центру професійної патології особового складу збройних Сил (ВМКЦ ППОС).

Стисла характеристика зазначених баз даних (БД) та отриманих із них вибіркових даних, що використовувались для експериментів, наведено в табл. 1.

Дослідження виконувалось наступним чином: 10 разів до 10 файлів (1.bak, 2.bak … 10.bak) здійснювався експорт рядків стосовно 50 (100, 150 … 500) пацієнтів, після чого з кожного файлу (10 файлів – 10 разів) здійснювався імпорт до попередньо очищеної бази даних.

Для визначення типового обсягу експорту/імпорту даних на практиці було проведено визначення частотних характеристик потоку надходження пацієнтів до НВМКЦ «ГВКГ» та ВМКЦ ППОС на основі накопичених в інформаційних системах даних закладів облікових даних:

- з 01.01.2014 до 31.08.2017 для НВМКЦ «ГВКГ» (надійшло 114 769 пацієнтів);
- з 01.01.2014 до 10.07.2017 для ВМКЦ ППОС (надійшло 29 952 пацієнтів).

Під час створення частотної характеристики для укрупнення інтервалів використовувалась формула Стерджеса (Herbert Arthur Sturges) [6].

Результати та їх обговорення. В травні 2015 року пунктом 7 рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року, введеним у дію указом Президента України від 26 травня 2015 року № 285/2015, Міністерству оборони України в двотижневий строк було доручено створити автоматизовану базу даних обліку військовослужбовців Збройних Сил України, інших утворених відповідно до законів України

Таблиця 1

Характеристика баз даних та отриманих із них вибіркових даних

База даних	Формат бази даних	Драйвера, що використовувались	Кількість таблиць, що використовуються для зберігання даних	Кількість стовпчиків у таблицях	Обсяг вибірки, пацієнтів	Середній обсяг даних про 1 пацієнта, байт
1	2	3	4	5	6	7
БД поранених ВМКЦ Південного регіону	Paradox 7	Borland Database Engine	2	58 та 4	500	2311
БД обліку пацієнтів НВМКЦ «ГВКГ»	Microsoft Access	ActiveX Data Objects (Microsoft.-Jet. OLE-DB.4.0)	1	85	500	1930

військових формувань, що були поранені, контужені або отримали каліцтво під час участі в антитерористичній операції [7, 8].

Враховуючи вкрай стислі терміни для виконання даного завдання було вирішено створити зазначену автоматизовану базу даних на основі географічно віддалених однотипних, прямо не підключених до мереж, локальних робочих місць, об'єднаних в інформаційну систему за допомогою інформаційної технології криптографічно-захищеного експорту/імпорту даних.

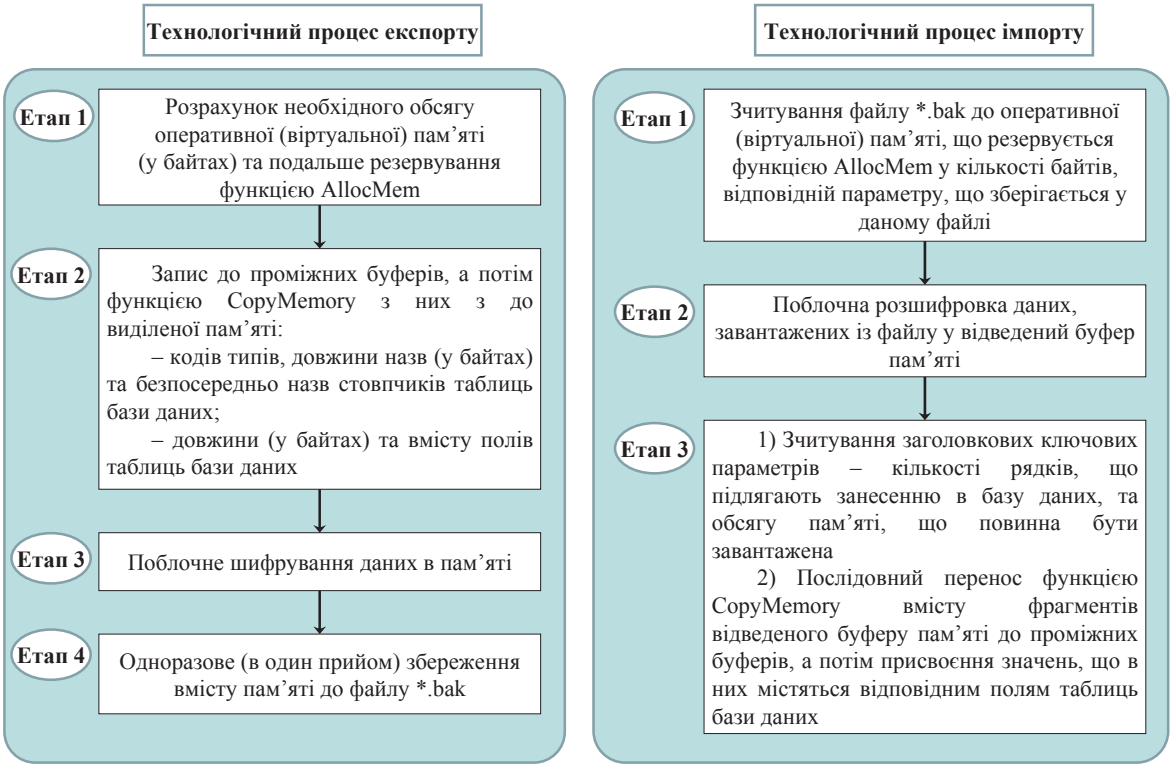


Рис. 1. Етапи технологічних процесів експорту та імпорту[1]

[1] Тут і далі використовуються назви функцій, що застосовуються в середовищі програмування Delphi.

Для реалізації даного підходу була розроблена комп'ютерна програма "MilitaryCasualties", що під час серії відряджень була розповсюджена та впроваджена по закладам охорони здоров'я Міністерства оборони України. Окрім цього з дослідницькою метою додатково розроблено інше програмне забезпечення.

Відповідно до описаних у літературі підходів [9, 10] інформаційну технологію експорту/імпорту записів (рядків) таблиць бази даних, що є компонентою розробленого програмного забезпечення, можна представити у вигляді технологічних процесів, які розподіляються на етапи, а ті у свою чергу – на операції.

Технологічними процесами в даному випадку будуть (рис. 1):

- технологічний процес експорту рядків (кортежів) таблиць бази даних до зашифрованого файлу (далі технологічний процес експорту);
- технологічний процес імпорту рядків (кортежів) таблиць бази даних із зашифрованого файлу (технологічний процес імпорту).

У тексті розробленого програмного забезпечення (комп'ютерної програми "MilitaryCasualties" та іншого) технологічні процеси криптографічно захищеного експорту та імпорту представлені процедурами Delphi, алгоритми та принципи роботи яких наведені на рис. 2 та рис. 3.

Під час експорту можливі два варіанти розрахунку пам'яті – окремо, на 1 етапі (рис. 1), перед початком усіх операцій, або послідовне збільшення початкового буферу по мірі зчитування даних із таблиць (наприклад, функцією Delphi ReallocMem).

Середній час виконання технологічних процесів експорту та імпорту для різних обсягів даних наведений у табл. 2.

Обсяг інформації, що щоденно накопичується МІС, та, відповідно, підлягатиме експорту

Таблиця 2

Середній час виконання технологічних процесів експорту та імпорту[1]

Середній час виконання технологічного процесу	Кількість пацієнтів, дані про яких експортуються та імпортуються									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Комп'ютер № 1, база даних обліку поранених ВМКЦ Південного регіону										
експорту	2,77	5,51	7,97	10,44	12,89	15,33	17,95	20,47	23,11	25,82
імпорту	4,95	9,26	13,46	17,97	23,03	27,37	31,89	35,90	40,49	45,13
Комп'ютер № 2, база даних обліку поранених ВМКЦ Південного регіону										
експорту	1,26	2,54	3,67	4,80	5,94	7,10	8,23	9,31	10,48	11,67
імпорту	2,37	4,30	6,13	8,04	9,92	11,73	13,54	15,21	17,06	19,09
Комп'ютер № 1, база даних обліку пацієнтів НВМКЦ «ГВКГ»										
експорту	0,35	0,69	0,80	0,90	1,01	1,11	1,23	1,34	1,45	1,59
імпорту	1,39	1,92	2,26	2,68	3,06	3,57	3,94	4,38	4,86	5,20
Комп'ютер № 2, база даних обліку пацієнтів НВМКЦ «ГВКГ»										
експорту	0,16	0,30	0,38	0,49	0,60	0,71	0,80	0,88	1,06	1,20
імпорту	0,89	1,13	1,32	1,50	1,61	1,80	2,00	2,19	2,39	2,56
Комп'ютер № 3, база даних обліку пацієнтів НВМКЦ «ГВКГ»										
експорту	0,22	0,42	0,52	0,61	0,71	0,81	0,90	1,01	1,12	1,23
імпорту	1,25	1,41	1,55	1,73	2,03	2,32	2,60	2,62	2,80	3,05

[1] Часові показники експорту та імпорту, наведені в таблиці, були отримані під час експорту з таблиць, що містили лише експортовані рядки, та імпорту в попередньо очищені таблиці бази даних. У випадку таблиці, що містить, наприклад, 490 тис. рядків, час експорту та імпорту значно збільшується, але це збільшення обумовлено особливостями роботи драйверів баз даних

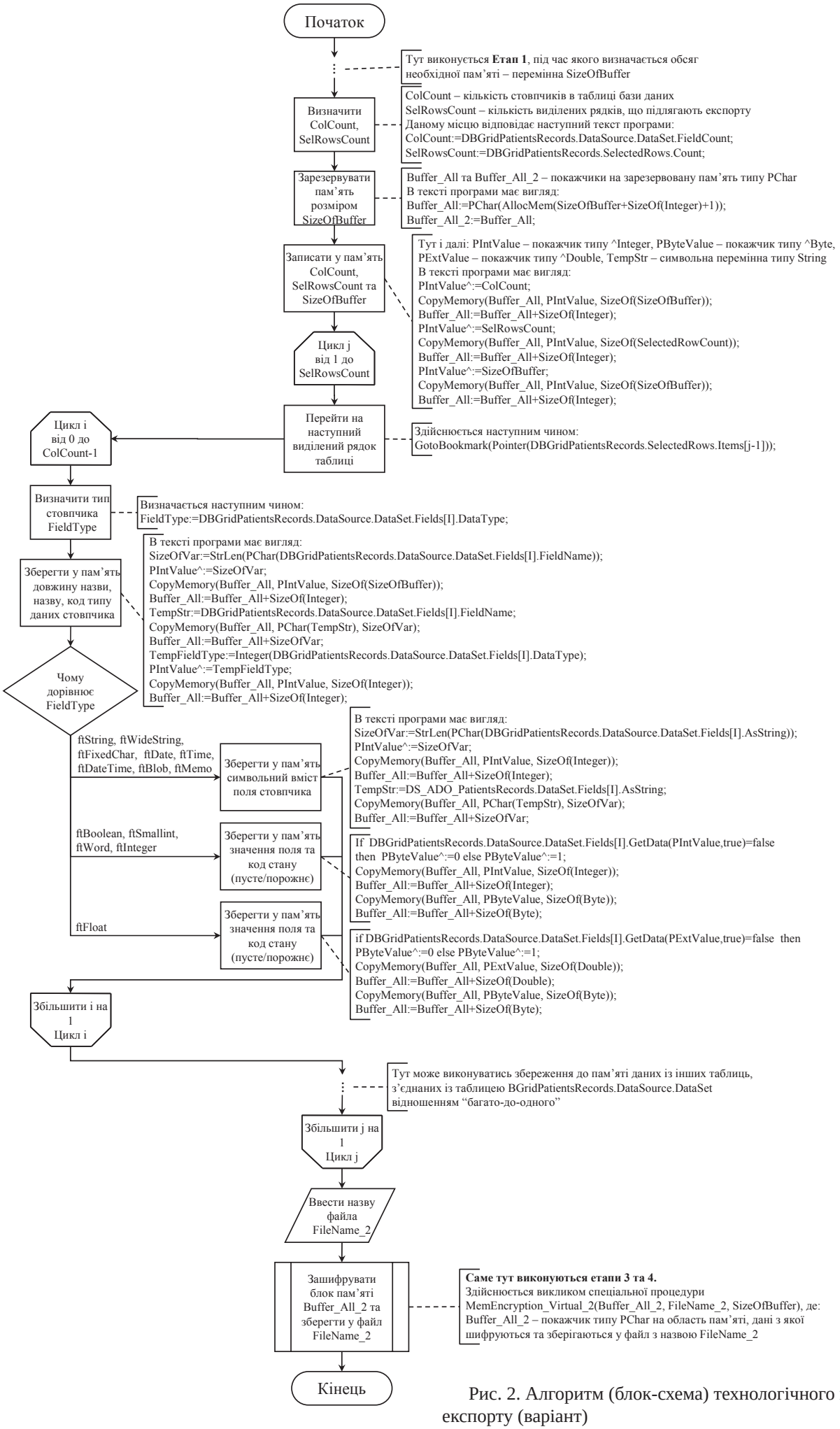


Рис. 2. Алгоритм (блок-схема) технологічного процесу експорту (варіант)

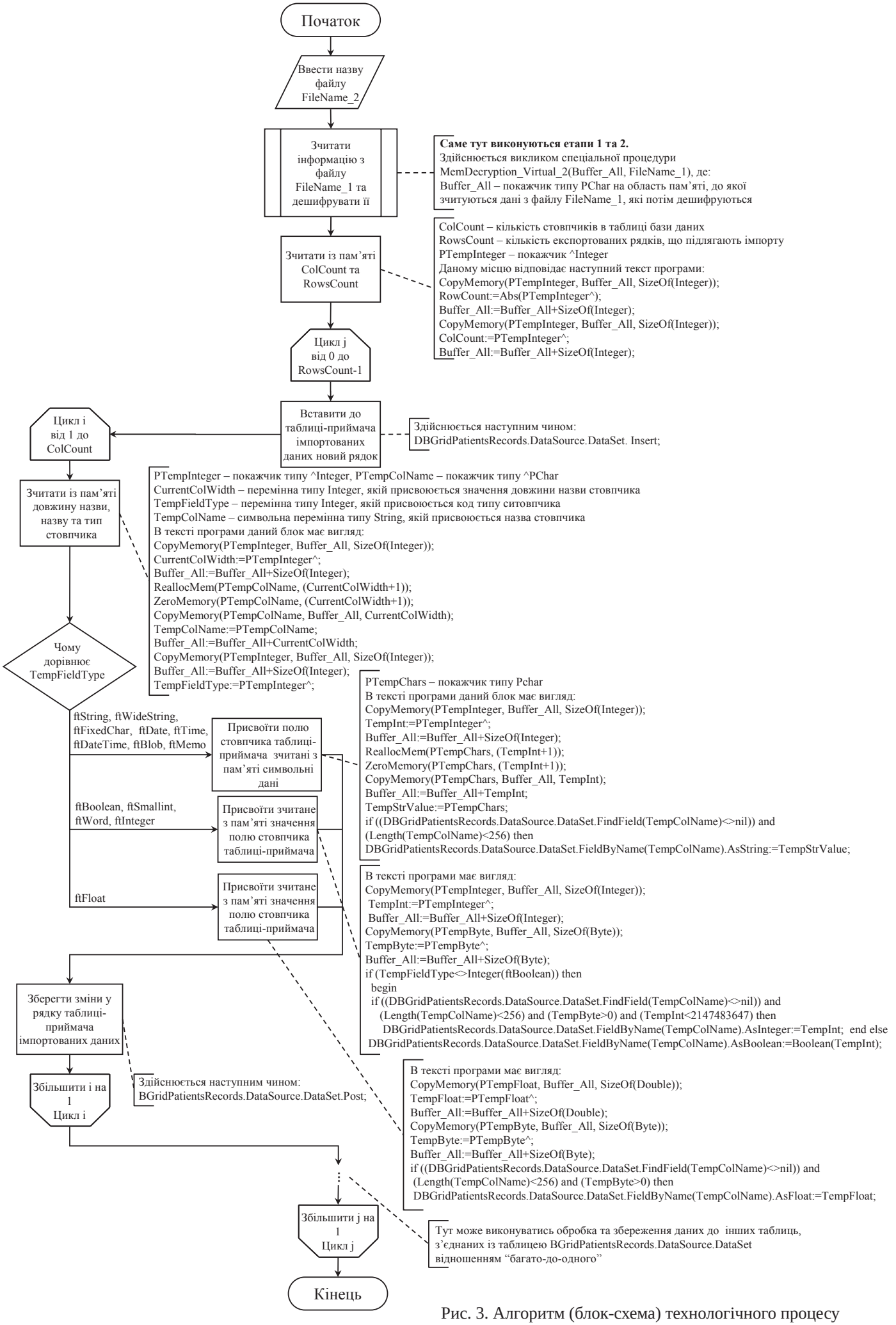


Рис. 3. Алгоритм (блок-схема) технологічного процесу імпорту (варіант)

та імпорту, може бути оцінений за допомогою частотних показників вхідного потоку пацієнтів до закладів охорони здоров'я Міністерства оборони України. Частотні характеристики вхідного потоку пацієнтів до НВМКЦ «ГВКГ», що є найбільшим закладом у медичній службі Збройних Сил України, та ВМКЦ ППОС наведено на рис. 4.

Відповідно до рис. 4 до НВМКЦ у робочі дні тижня найбільш часто надходила кількість пацієнтів в інтервалі від 91 до 112, максимальна кількість госпіталізованих пацієнтів склала 254. Кількість госпіталізованих пацієнтів до ВМКЦ ППОС була значно меншою та складала більше 83 пацієнтів лише в 4 випадках (157, 129, 183 та 199 пацієнтів відповідно 01.07.2014, 01.07.2015, 04.07.2016 та 03.07.2017), коли заклад приймав на обстеження кандидатів на навчання в Українській військово-медичній академії.

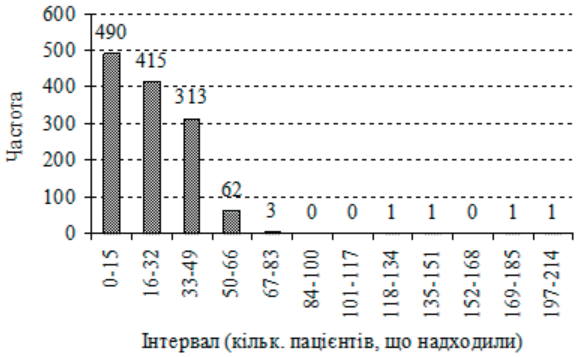
Відповідно до даних, наведених у табл. 1 та на рис. 4, можна зробити висновок, що часові показники експорту та імпорту даних за допомогою розробленої інформаційної технології мають прийнятну величину та негативно не вплинуть на функціонування медичної інформаційної системи.

За час експлуатації комп'ютерної програми "MilitaryCasualties" було встановлено ряд переваг розробленої інформаційної технології і, в тому числі, наведених на рис. 2 та рис. 3 алгоритмів:

- алгоритми роботи процедур експорту та імпорту фактично не прив'язані до формату таблиць бази даних, так як їх робота базується на використанні властивостей та методів візуальних компонентів Delphi, згідно яких для об'єктів, наприклад, типу TTable (TDataSet), можливе представлення вмісту полів таблиць бази даних у вигляді стандартних типів даних (синтаксичні конструкція …AsString, …AsInteger, …AsFloat, …AsVariant тощо);
- алгоритми дозволяють використовувати у вигляді модулів включені процедури або функції, призначені для криптографічного захисту інформації [4], перевагою даного підходу є можливість використовувати програмні реалізації практично всіх відомих у світі криптографічних алгоритмів, призначених для захисту інформації [11];
- після незначної модифікації програмного коду за допомогою процедур експорту та імпорту можна здійснювати конвертацію даних із одного формату баз даних до іншого (наприклад, конвертацію з формату Paradox 7 до формату MySQL), у цьому випадку створювані під час технологічного процесу експорту файли являються універсальним проміжним сховищем-шлюзом;
- запропоновані технічні рішення дозволяють зменшити залежність від мережевих комунікацій та забезпечують можливість автономної роботи із географічно дистанційно розташованою базою даних в умовах недоступності прямого підключення до глобальної мережі (Інтернет або інш.);
- технологічні процеси експорту та імпорту дозволяють організувати автоматизоване часткове або повне резервне копіювання бази даних, внаслідок чого можна суттєво підвищити захист інформації в МІС.

Можливість використовувати розроблену технологію для побудови комплексних систем захисту інформації (КСЗІ) для МІС заслуговує на особливу

НВМКЦ «ГВКГ»



ВМКЦ ППОС

Рис. 4. Частотні характеристики вхідного потоку пацієнтів до НВМКЦ «ГВКГ» та ВМКЦ ППОС (з укрупненням інтервалів)

увагу. Як відомо, відповідно до нормативних документів із питань технічного захисту інформації в Україні до комп'ютерних систем висуваються вимоги можливості забезпечення так званого відкату та відновлення після збоїв [12]. При цьому комплекс засобів захисту інформації (КЗЗ) навіть технічно найпростіших автоматизованих інформаційних систем Класу «1» (одномашинний однокористувачевий комплекс, що обробляє інформацію однієї або кількох ступенів обмеження доступу [13]), повинний відповідно до стандартних функціональних профілів захищеності [13] забезпечувати відповідність мінімальним критеріям захищеності інформації, що характеризують можливість відкату та відновлення системи після збоїв.

Оскільки за допомогою запропонованої технології автоматизовано створюється придатна для зворотного завантаження повна або часткова копія бази даних, розроблена технологія дозволяє КЗЗ комп'ютерної системи досягнути відповідності критерію відкату ЦО-2 ("Повний відкат"). Окрім цього дана технологія може бути використана як компонент КЗЗ інформації, що забезпечуватимуть відповідність комп'ютерної системи критеріям відновлення після збоїв ДВ-1 ("Ручне відновлення"), ДВ-2 ("Автоматизоване відновлення") або ДВ-3 ("Вибіркове відновлення").

Окрім цього технологія може бути використана для забезпечення відповідності КЗЗ комп'ютерної системи критеріям конфіденційності.

Висновки. За результатами проведеного дослідження було встановлено:

- розроблена прикладна технологія експорту/імпорту даних дозволяє створювати МІС шляхом організації зв'язку між географічно віддаленими окремими робочими місцями та, відповідно, дозволяє здійснювати територіальне та структурне масштабування МІС в умовах відсутності прямого доступу до глобальних мереж (Інтернет або подібні);
- розроблена прикладна технологія експорту/імпорту даних може бути використана для побудови КСЗІ МІС;
- доведено можливість реалізації у закладах охорони здоров'я Збройних Сил України електронного обліку госпіталізованих пацієнтів при мінімальних економічних затратах, що особливо актуально в умовах відсутності фінансування та недостатнього розвитку інформаційної інфраструктури.

Література.

1. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року "Про Стратегічний оборонний бюлетень України": Указ Президента України від 6 червня 2016 року № 240/2016 [Електронний ресурс] / Президент України. – Електрон. дан. – [б. м.], [20—?]. – Редакція від 06.06.2016. – Режим доступу : http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/240/2016/paran10#n10. – Загол. з екрану. – Мов. укр.
2. Про Державну програму розвитку Збройних Сил України на період до 2020 року : рішення РНБО України від 29 грудня 2016 року, введене в дію Указом Президента України від 22 березня 2017 року № 73/2017 [Електронний ресурс] / РНБО України. – Електрон. дан. – [б. м.], 2016. – Редакція від 24.03.2017. – Режим доступу : http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0017525-16/paran2#n2. – Загол. з екрану. – Мов. укр.
3. Про затвердження Концепції інформатизації Міністерства оборони України : Наказ Міністра оборони України від 17.09.2014 № 650 [Електронний ресурс] / МО України. – Концепція інформатизації МОУ (1 файл). – К., 2014. – Режим доступу: http://www.mil.gov.ua/content/other/MOU650_2014.pdf. – Загол. з файлу. – Мова укр.
4. Лопін Є. Б. Аналіз часових показників шифрування/дешифрування файлів баз даних медичних інформаційних систем / Є. Б. Лопін // Медична інформатика та інженерія. – 2013. – № 4. – С. 28-35.
5. Blowfish [Электронный ресурс] / созд. 83.102.141.21; Wikimedia Foundation, Inc. – Электрон. дан. – [б. м.], созд. 5 декабря 2006. – Корректируется часто; послед. корректировка: 20 марта 2013. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Blowfish. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Основы математической статистики: Учебное пособие для ин-тов физ. культ. / Под ред. В. С. Иванова. – М.: Физкультура и спорт, 1990. – 176 с., ил.
7. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року "Про стан виконання рішень Ради національної безпеки і оборони України та додаткові заходи щодо забезпечення обороноздатності держави": Указ Президента України від 26 травня 2015 року № 285/2015 [Електронний ресурс] / Президент України. – Електрон. дан. – [б. м.], [20—?]. – Редакція від 26.05.2015. – Режим доступу:

http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/285/2015. – Загол. з екрану. – Мов. укр.
8. Про стан виконання рішень Ради національної безпеки і оборони України та додаткові заходи щодо забезпечення обороноздатності держави : рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 р. [Електронний ресурс] / РНБО України. – Електрон. дан. – [б. м.], [20—?]. – Редакція від 28.05.2015. – Режим доступу : http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0007525-15/paran2#n2. – Загол. з екрану. – Мов. укр.
9. Козырев А. А. Информационные технологии в экономике и управлении: Учебник / А. А. Козырев. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб: Михайлов В. А., 2003. – 496 с.
10. Технологический процесс [Электронный ресурс] / созд. Tpyvvikky ; Wikimedia Foundation, Inc. – Электрон. дан. – [б. м.], созд. 2 октября 2009. – Корректируется часто ; послед. корректировка : 27 марта 2016. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Технологический_процесс. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
11. Delphi Encryption Compedium Part I v.3.0 [Електронный ресурс] / Hagen Reddmann. – Електрон. дан. – [б. м.], [20—?]. – Редакция от 31 Aug 1999. – Режим доступа : http://torry.net/authorsmore.php?id=1881. – Загол. с экрана. – Яз. англ.
12. НД ТЗІ 2.5-004-99 "Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу" [Електронний ресурс] / Держспецзв'язку України. – НД ТЗІ (1 файл). – [б. м.], [20—?]. – Режим доступу : http://dstszi.kmu.gov.ua/dstszi/doccatalog/document?id=106342. – Загол. із сторінки "Інформаційний перелік Фонду НД ТЗІ та КЗІ" ("http://dstszi.kmu.gov.ua/dstszi/control/uk/publish/article?art_id=89740&cat_id=89734"). – Мова укр.
13. НД ТЗІ 2.5-005-99 "Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу" [Електронний ресурс] / Держспецзв'язку України. – Електрон. дані. – [б. м.], [20—?]. – Режим доступу : http://dstszi.kmu.gov.ua/dstszi/control/uk/publish/article;jsessionid=5510AAB9DB971D6B6F895BBA3ECD8BAD.app1?showHidden=1&art_id=101870&cat_id=89734&ctime=1344501089407. – Загол. з екрану. – Мова укр.

References.

1. Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 6 chervnia 2016 roku № 240/2016 "Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 20 travnia 2016 roku "Pro Stratehichnyi oboronnyi biuleten Ukrainy" [Decree of the President of Ukraine dated June 6, 2016 No. 240/2016 "On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated May 20, 2016, "On the Strategic Defense Bulletin of Ukraine"]. (n.d.). Retrieved from http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/240/2016/paran10#n10 [in Ukrainian].
2. Rishennia RNBO Ukrainy vid 29 hrudnia 2016 roku, vvedene v diiu Ukazom Prezydenta Ukrainy vid 22 bereznia 2017 roku № 73/2017 "Pro Derzhavnu prohramu rozvytku Zbroinykh Syl Ukrainy na period do 2020 roku" [The decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated December 29, 2016, put into effect by the Decree of the President of Ukraine dated March 22, 2017 No. 73/2017 "On the State Program for the Development of the Armed Forces of Ukraine for the period up to 2020]. (n.d.). Retrieved from http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0017525-16/paran2#n2 [in Ukrainian].
3. Nakaz Ministra oborony Ukrainy vid 17.09.2014 № 650 "Pro zatverdzhennia Kontseptsii informatyzatsii Ministerstva oborony Ukrainy" [Order of the Minister of Defense of Ukraine No. 650 dated 17.09.2014 "On Approval of the Concept of Informatization of the Ministry of Defense of Ukraine"]. (n.d.). Retrieved from http://www.mil.gov.ua/content/other/MOU650_2014.pdf [in Ukrainian].
4. Lopin, Ye.B. (2013) Analiz chasovykh pokaznykiv shyfruvannia/deshyfruvannia failiv baz danykh medychnykh informatsiinykh system [Analysis of time distances of encryption/decryption of medical information systems databases files]. Medychna informatyka ta inzheneriia – Medical Informatics and Engineering, 4, 28-35 [in Ukrainian].
5. Blowfish [Descr. of cryptographic algorithm]. (December 5, 2006). Retrieved from http://ru.wikipedia.org/wiki/Blowfish [in Russian].
6. Ivanov, V.S. (Eds.), (1990). Osnovy matematicheskoj statistiki: Uchebnoe posobie dlya in-tov fiz. kul't. [Fundamentals of mathematical statistics: Textbook for institutes of physical culture]. Moscow: Fizkul'tura i sport [in Russian].
7. Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 26 travnia 2015 roku № 285/2015 "Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 6 travnia 2015 roku "Pro stan vykonannia rishen Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy ta dodatkovi zakhody shchodo zabezpechennia oboronozdatnosti derzhavy" [Decree of the President of Ukraine dated May 26, 2015, No. 285/2015 "On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated May 6, 2015 "On the state of implementation of the decisions of the National Security and Defense Council of Ukraine and additional measures to ensure the defense of the state"]. (n.d.). Retrieved from http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/285/2015 [in Ukrainian].
8. Rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 6 travnia 2015 r. "Pro stan vykonannia rishen Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy ta dodatkovi zakhody shchodo zabezpechennia oboronozdatnosti

derzhavy" [The decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated May 6, 2015 "On the state of implementation of the decisions of the National Security and Defense Council of Ukraine and additional measures to ensure the defense capability of the state"]. (n.d.). Retrieved from http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0007525-15/paran2#n2 [in Ukrainian].

9. Kozyrev, A.A. (Eds.), (2003). Informacionnye tekhnologii v ehkonomike i upravlenii: Uchebnik. [Information Technologies in Economics and Management: A Textbook]. Saint Petersburg: Izd-vo Mihajlova V.A. [in Russian].
10. Tekhnologicheskij process [Technological process]. (October 2, 2009). Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/Технологический_процесс [in Russian].
11. Delphi Encryption Compedium Part I v.3.0. (n.d.). Retrieved from http://torry.net/authorsmore.php?id=1881 [in English].
12. ND TZI 2.5-004-99 "Kryterii otsinky zakhyshchenosti informatsii v komp'iuternykh systemakh vid nesanktsionovanoho dostupu" [Normative document on technical protection of information 2.5-004-99 "Criteria for assessing the security of information in computer systems from unauthorized access"]. (n.d.). Retrieved from http://dstszi.kmu.gov.ua/dstszi/doccatalog/document?id=106342 [in Ukrainian].
13. ND TZI 2.5-005-99 "Klasyfikatsiia avtomatyzovanykh system i standartni funktsionalni profili zakhyshchenosti obrobliuvanoi informatsii vid nesanktsionovanoho dostupu" [Normative document on technical protection of information 2.5-005-99 "Classification of automated systems and standard functional profiles of protection of processed information from unauthorized access"]. (n.d.). Retrieved from http://dstszi.kmu.gov.ua/dstszi/control/uk/publish/article;jsessionid= 5510AAB9DB971D6B6F895BBA3ECD8BAD.app1?showHidden=1&art_id=101870&cat_id=89734&ctime=1344501089407 [in Ukrainian].

УДК 61/60+62.004/002.6
DOI: https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9297

МОДУЛЬНЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

Л. В. Ільницька

Міжнародна академія медичної освіти

У статті розглядається перспективний напрям аналізу модульного функціонування інформаційної медичної системи. Прикладом формування базового шляху при визначенні внутрішніх механізмів упорядкування багаторівневої інформаційної структури є українська медична система «ЕМСІМЕД». Підхід до пошуку чіткого алгоритму модульного відтворення дозволяє обґрунтовано розкрити процес автоматизованої інтеграції на науково-технологічному рівні.

Ключові слова: модульне функціонування, архітектура інформаційної медичної системи.

MODULATED FUNCTIONS OF THE ARCHITECTURE OF THE UKRAINIAN INFORMATION MEDICAL SYSTEM

L. V. Ilnytska

International Academy of Medical Education

The article deals with the perspective direction of analysis of the modular functioning of the information medical system. An example of a basic approach in identifying internal mechanisms for streamlining the multilevel information structure is the Ukrainian medical system, known as «EMSIMED». The approach to finding a clear modular playback algorithm allows to reasonably disclosing the process of automated integration at the scientific and technological level.

Key words: modulated functioning, architecture of information medical system.

МОДУЛЬНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ

Л. В. Ильницкая

Международная академия медицинского образования

В статье рассматривается перспективное направление анализа модульного функционирования информационной медицинской системы. Примером выведения базового пути при определении внутренних механизмов упорядочивания многоуровневой информационной структуры является украинская медицинская система «ЭМСИМЕД». Подход к поиску чёткого алгоритма модульного отображения позволяет аргументировано раскрыть процесс автоматизированной интеграции на научно-технологическом уровне.

Ключевые слова: модульное функционирование, архитектура информационной медицинской системы.

© Л. В. Ільницька

Вступ. Ускладнений процес розробки медичних інформаційних систем пов'язаний із певною специфікою маловивченого унікального технологічного процесу застосування на практиці відібраних теоретико-методологічних засад. Задля того, щоб позбавитися умовної вірогідності у встановленні деталізованих параметрів розробки науково-структурованого явища автоматизованої інформаційної моделі в системі охорони здоров'я, потрібно обґрунтувати вже набутий багаторічний вітчизняний досвід конкретизованого впровадження параметрів підвищеної ефективності по створенню інноваційного продукту.

Мета дослідження: відтворення цілісної, науково-технологічної основи діючих параметрів архітектури інформаційної медичної системи охорони здоров'я України в контексті авторської розробки функціонально-модульного впровадження.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження базується на комплексній методології порівняльного обґрунтування та функціональної об'єктивації представленої у тематиці.

Результати та їх обговорення. У структурній розробці постійної пошукової аналітики знаходяться дві медичні інформаційні системи. Це вже відомі на ринку науково-технічних інноваційних винаходів автоматизовані стратегічні платформи: «ЕМСІМЕД» та «Доктор Елекс» [5]. Обидві системи миттєво скоординовують інформаційні потоки щоденного та постійного запиту.

Ретельніше вивчаючи ці дві медичні розробки, є можливість відпрацювати базові кроки послідовного моделювання цілісної складової по створенню базового комплексу наукової медичної інформації в Україні. Функціонально спільні зазначені інформаційні системи орієнтовного напряму пацієнто-лікарських електронних систем та майбутньої української бази даних наукової медичної інформації дозволяють чіткіше відтворити алгоритм автоматизованого контролю за специфічним медичним інформаційним навантаженням. Адже створення інформаційного відбору свідчить про органічно-цілісні супровідні дії по встановленню моделюючих чинників консолідації програмно-ідентифікаційних складників.

Відтак, послідовна конфігурація дотриманих науково-технологічних етапів допомагає також і у винайденні дотичних до медичної галузі обов'язкових прикладних завдань. Наприклад, при формулюванні нормативного переліку групи необхідних базових завдань щодо встановлення медичної інформаційної системи «Доктор Елекс» розробники, передусім, наголошують на дійсних перевагах цього медико-інформаційного нововведення. Отже, на фахову думку компетентного кола спеціалістів, саме така автоматизована інноваційна конструкція «дозволить швидко знаходити потрібну інформацію, структурує збереження медичних даних, впроваджує контроль за процесом лікування та підвищує якість обслуговування пацієнтів» [5].

Науковим девізом розробників нової системи є налаштування власної роботи засадами «системної інтеграції». Цей супровідний вектор декларується сучасним підходом інформаційно-аналітичного забезпечення медичної галузі технологічними знахідками «розумного документообігу». Зрештою, універсальне, в даному разі винахідницьке інтеграційне зосередження спрямовується намаганнями якомога якісніше підійти до процесу «централізованого збереження інформації».

Разом із тим, медична інформаційна система «ЕМСІМЕД» є гарним прикладом розробки інтеграційного покращення опрацювання звичних документаційно-реєстраційних завдань медичних закладів за рахунок нагального введення інтенсивної програмної інформаційної автоматизації. Відтак, кардинальні зміни у роботі з професійною обробкою широкого спектру медичних даних дозволяють структурувати багатофункціональні інформаційні потоки, розвантажують персонал, оскільки полегшують координацію загальної планової роботи кожної окремої медичної установи.

Технологічні параметри запропонованої медичної системи «ЕМСІМЕД» підпорядковані структурному перерозподілу інформаційних потоків внутрішнього ресурсного призначення по модульним підрозділам, що відрізняються функціонально спрощеним інтерфейсом автоматизованої якості налаштування. Як зазначають автори цієї розробки: «завдяки своїй модульній структурі система в кожному окремому випадку конфігурується під конкретні потреби закладу і тому не потребує реорганізації бізнес-процесів» [5]. Зрештою, саме модульний підхід відрізняється інтегративним способом наслідування структурного розуміння призначення медичної інформаційної аналітики. Обов'язковість дотримання правил розбудови централізованого врівноваження відноситься до головного спрямування новоствореної системи — нести безумовну відповідальність стосовно підвищених вимог щодо процесу бездоганного захисту конфіденційних даних. Отже, «серед

інших медичних інформаційних систем на ринку України «ЕМСІМЕД» як засіб автоматизації відрізняється зручною архітектурою, можливостями впровадження та супроводу, рівнем захисту даних та підтримкою інтеграції зі сторонніми продуктами» [5]. Врешті-решт, на прикладі українського інноваційно-програмного технологічного впровадження «ЕМСІМЕД» стає зрозумілим, що модульні рівні системної інтеграції інформаційної медичної розробки наділені особливим інструментарієм та виконують ролі самостійного автоматизованого контролю за відповідним полем системної інформаційної координації. Відтак, архітектурна розбудова модульної структури системи «ЕМСІМЕД» складається з основного самостійного модуля широкої інформаційно-комунікаційної дії і додаткового, пов'язаного із телефонним сполученням, що дозволяє, зі свого боку, автоматизовано включати у роботу цієї досліджуваної системи SMS-комунікаційний режим профільних відправлень. Тобто за архітектурою інформаційно-аналітичного забезпечення системи охорони здоров'я України розробка «ЕМСІМЕД» є двохмодульною. До першого модульного рівня медичної інформаційної системи «ЕМСІМЕД» відноситься вся площина первинних службових функцій — реєстраційних, адміністративно-управлінських та адміністративно-організаційних. Окреме місце відводиться статистичному супроводу цього модуля та функції архівації послідовно згрупованих організаційно-класифікаційним чином автоматично зібраних сегментів, що неабияк важливо для профільної медичної інформації.

При характеристиці функціонального призначення першого модуля слід звернути увагу, що інтегративним сполучником виступає саме показник автоматизованості. Оскільки ряд базових системно призначених позицій взаємопов'язано співпрацюють лише автоматизованим чином, це означає, що тільки засади перспективного програмного налаштування усієї інформаційної медичної системи дають умовивідну платформу для спільного планування та подальшого вдосконалення набутого креативного інформаційно-технологічного досвіду. Згідно із цим аспектом слід вказати наступний пояснювальний перелік функціональних характеристик медичної інформаційної системи «ЕМСІМЕД».

Реєстраційна функція системи автоматично опрацьовує основні реєстраційні завдання, допомагає спрощено обробляти вхідну інформацію.

Адміністративна функція спирається на «зручний і практичний інструмент, що дозволяє вирішити усі проблеми ведення документообігу та задачі його автоматизації в медзакладі».

Управлінсько-менеджментська функція автоматично виконує «процеси взаємодії, завдяки чому з'являється можливість оцінювати ефективність та результативність роботи».

Функція контролю здебільшого допомагає в автоматизованому режимі виконувати процеси планування та ведення обліку.

Статистична функція «дозволяє користувачам системи збирати оперативну інформацію».

Функція архівації «автоматизує процес формування, архівації, пошуку та доступу» [5]. До цієї функції також належить і **функція редагування** надісланої інформації.

Практичність представленого шляху — унікальної медико-інформаційної архітектури — відповідає закладеним у цій розробці технічним нормам, де відзначається, що перевага надається функціональному налаштуванню модульних рівнів на технологічних позиціях системно-інтеграційного структурування [5].

Підтвердженням розпочатої стадії алгоритмізації дотримання модульних рівнів при створенні первинних ланок стосовно впровадження архітектурної модифікації інформаційної медичної структури є також архітектура інформаційної системи підтримки тестового контролю знань «LOGIT» [1]. Зокрема, український дослідник Р. М. Дубан зазначає, що фактично головним масштабним чинником при ефективному налаштуванні будь-якої інформаційної системи є «функціональна структура, елементами якої є основні модулі інформаційної системи, а зв'язками між елементами виступають потоки інформації» [1, с. 78]. Тобто передбачений розробниками функціонально-модульний перелік необхідних процесуальних розгалужених диспозицій буде відображатися і на загальному вигляді архітектури майбутньої науково-інформаційної медичної системи України. За Р. М. Дубаном, повний модульний перелік заздалегідь відзначених на стадії алгоритмізації системних функцій входить до вже іншої — наступної стадії програмного адміністрування інтегрованої модульної інформаційної цілісності з чіткими адресними, встановленими розробниками параметрами компетентнісного аналізу медичних службових даних.

Алгоритм проходження поетапної організації нового, іншого формату медичної інформації

спирається на системно-структурний базис науково-технологічної діяльності. Стандартне розгорнуте бачення розвитку переформатованого впровадження лінійної послідовності необхідної динаміки відшліфованого обробленого інформаційного контексту логічно переходить від однієї стадії налаштування до іншої за рахунок передбаченого змісту алгоритмічного кваліфікованого планування. Тобто з одного процесу виринає інший — із етапу обробки медичної інформації, що важливо, автоматично розпочинається етап огляду, а потім йде плавний перехід до процесу системного накопичення.

Отже, Р. М. Дубан рекомендує застосовувати термін «модульна структура системи» [1]. У цій площині комплексного понятійного дискурсу існує певний перелік модульних моделей, системні пріоритети яких спираються на апаратну підтримку якісного програмного забезпечення. Структурний задум розміщення виокремлених моделей по необхідним ланкам поетапного зв'язку — саме цей процес відбувається із посиланням на зазначені рівні організаційно-адміністративного поступу. Відлуння такого напрямку науково-технічних роздумів виявляє спрямований реєстр алгоритмічних кроків — органічної розбудови тих умовиводів, які ще утворилися на стадії формування концепції медичної інформаційної системи. Дотичні профілі підзвітних підсистем групуються у структурні моделі з функціональною прив'язкою виконання конкретизованих завдань медичного інформаційного навантаження. Такими багатосистемними значеннями автоматичного усвідомлення надання швидких наявних відповідей на нагальні запити володіють лише модульні структурні системи. Складний технічний арсенал базових дій здійснює найголовніший системний перехід від стану функціонального адміністрування, пов'язаного з етапом формування модульної мови систематизації інформаційних джерел, до стану оцінювання – у випадку з науковою медичною інформацією цей крок має складнішу конфігурацію та набуває вже іншого, профільного відтінку алгоритмічного оцінювання та системного накопичення.

Отже, до модульної структурної системи входять наступні модульні функціональні площини:

- модуль формування;
- модуль оцінювання;
- модуль апаратної підтримки;
- модуль адміністрування.

Якщо два перших модулі формують спільний системний інформаційний перехід конфігураційного впровадження організаційного впорядкування медичних даних, то решта модульних функціональних площин, а саме модуль апаратної підтримки та модуль адміністрування, не тільки доповнюють базовий інформаційний структурний комплекс, але й успішно відтворюють здатність до комплексної перевірки очікуваних результатів. Що найголовніше, «апаратна підтримка повинна мати вигляд простих спеціальних технічних засобів... що забезпечать потік інформації від респондента до бази даних» [1].

Модульний дороговказ, що виконує функцію адміністрування, фактично допомагає виконувати кроки по встановленню неперервного нагляду за інформаційною медичною системою в цілому. Тому що «модуль адміністрування має доступ до всіх інших модулів, що дає змогу адміністраторам та менеджерам інформаційної системи здійснювати контроль, технічну та функціональну підтримку» [1]. Риса нагального технічного супроводу за усією системою запрограмована на встановлення автоматизованого режиму безпеки — цей цілеспрямований інформаційно-комунікаційний намір внутрішнього та постійного контролю можливо надавати завдяки модулю адміністрування. Відтак, результат у вигляді текстового повідомлення стисло вказує на змодульований системою вектор самозгрупованої, тобто автоматично відтвореної функціональної ідентифікації, де незабаром отримана відповідь проходить повний замкнений безперервний модульний цикл.

Структурний каркас модульних зв'язків демонструє безперервність внутрішнього шляху відібраної медичної інформації, адже електронний рух згрупованих за вказаним користувачем потрібним контекстом конкретним діапазоном даних віддзеркалюється від модуля до модуля і виявляє явище повного системного циклу: запит — звернення, обробка — надходження. Зрештою, саме такий нагляд за відтворенням функціонального навантаження на професійні інноваційні медичні розробки розкриває інтегративний підхід до актуального вітчизняного винаходу — архітектурної структури наукової інформаційної медичної системи.

Проте, варто зауважити, що існує й інший тип модульної інформаційної регуляції — створення інформаційного медичного ресурсу за допомогою технології використання табличного процесора Excel. Так само варто зазначити, що утворений

системний простір на існуючій базі з відповідними формотворчими елементами — це вже не циклічно-інтеграційна система, а лінійно-множинна. Проте обидва представлених способи створення модульної інформаційної архітектурної конструкції мають спільну характеристику — завдяки налаштуванню функціонально-ідентифікаційного предикату автоматично встановлюються інформаційно-медичні пріоритети найактуальніших результатів, бо функція Excel полягає у створенні інтеграційного масиву внутрішнього адміністрування чітких інформаційних списків. Таким чином завдання по розпізнаванню інформаційної конфігурації виконується за системними списками в автоматичному режимі користування зведеною базою даних.

Саме «табличний процесор Excel розглядає таблицю введених особливих інформаційних даних як список, з яким можна здійснювати низку операцій» [4,с. 144] модульного зразка:

- сортування медичної інформації;
- фільтрацію медичної інформації.

Ці два функціональні режими модифікують інформаційний список за якостями важливих для користувачів наголосів, а саме: за найчастішим зверненням до скоординованих в ручному режимі записів. Тобто у даному разі відбувається розмежування існуючої площини інформаційного всезагального скупчення на оперативну медичну інформацію та однотипну медичну інформацію. Разом з тим, цей розподіл має функціональну основу виваженого впорядкування табличного формату. Спеціальний режим дотримання влучної перевірки створеного списку за типом даних вказує на характер встановлення модульних операцій, адже типізований реєстр автоматизованим чином відкидає непослідовну вірогідність, натомість нагальність централізованим ґатунком надає встановленому списку неабияку корисну якість оперативного формату.

Отже, типізація запрограмованого модульного зразка відкриває можливості для налаштування стандартизованих форм автоматизованої надійності. Такі процеси, як сортування та фільтрація, ідентифікуються інформаційною системою на модульній основі самостійного входження до реєстративної форми базового встановлення. Відтак, завдяки вже цьому положенню, виявляються й інші багатозмістовні аспекти автоматизованої якості інформаційного середовища. Фактор стабільності — це по-особливому утримувана адміністративним чином рівновага бази даних, яка і надає користувачам повноцінного доступу з безперешкодним рухом до потрібної частини інформаційного джерела.

Створення базової ієрархії системно-інформаційного медичного осередку виявляє комплексність новітнього науково-технологічного потенціалу. Зрештою, інноваційні засади важливої присутності у структурі архітектури будь-якої інформаційної системи такого масштабного принципу, як комплексність, дозволяють розглядати функціональні складові технологічного процесу не окремо, а у сукупності згенерованих аналітичних позицій прикладного арсеналу взаємосумісності елементів системи. Зі свого боку, взаємосумісність спирається на вагомі характеристики автоматизованої сутності модульної функціональності. «Взаємосумісність тепер вважається основним фактором при створенні безпечного та надійного обміну медичними даними пацієнтів» [2, с. 14]. Інформаційний обмін та одержання запрограмованого результату — це влучне співставлення усіх модульних рівнів системи. Ресурсна підтримка кожної функціональної частини спільного стану оперативного налаштування єдиного сполучення в автоматизованому режимі технологічного узгодження приєднуються до алгоритмічного інформаційно-медичного комплексу. Алгоритм поступового зведення різносумісних елементів відбувається не відокремлено один від одного модуля обраного структурного рівня, а навпаки: з'єднання щільного абсолюту унеможливлює розбіжності у визначенні стратегічного рішення при отриманні результатів на виконання первинних функціональних завдань. Отже, така риса інформаційної медичної системи, як взаємосумісність, демонструє загальний стан розробленої наукової моделі, тому її наявність неможлива без автоматизованого процесу надійного забезпечення наведеної вище управлінсько-менеджментської функції безупинної взаємодії.

Розробникам архітектури наукової інформаційної медичної системи слід не забувати, що «однією з передумов розвитку взаємосумісності є розвиток стандартизації в медичній інформатиці» [2]. Життєва енергія модульного ритму залежить від наперед встановленого впорядкування. Циклічний рух, пов'язаний із обробкою інформації, — це розпланований технологічно-методологічний традиційний шлях пошуку та обміну даними. Доцільна розбудова системи спирається на структурований ритм модульних взаємозв'язків, архітектурна стратегія якої відрізняється тяжінням до нормованих

стандартів. Як наголошує В. О. Качмар: «медичні інформаційні стандарти умовно можна розділити на дві групи: а) термінологічні стандарти; б) стандарти обміну інформацією» [2].

В основу термінологічних стандартів спеціалізованої медико-інформаційної системи покладені стабільно-незмінні знання у галузі лікувальної справи. Відкрита площина обігу медичними даними знаходиться у середовищі загальноприйнятих світових положень термінологічного зразка. Зокрема і обмін інформаційною звітністю, навіть у полі зору особливого алгоритмічного модульного встановлення, у будь-якому разі проходить крізь умовиводи стандартизованого медичного ґатунку. Зібрані у чіткі групи конкретні понятійні утворення дозволяють легко орієнтуватися в інформаційній системі — проводити навігацію за пошуковим принципом типізованого, тобто стандартизованого способу дотримання міжнародних правил розподілу основного масиву медичної проблематики на позиціях наперед ухваленої рубрикації. Звичний вигляд пошукового вікна допомагає створити інформаційний запит, зрозумілий для користувача, але, що важливо, із стандартизовано укладеною пропозицією, задля того, щоб виявити потрібний інформаційний блок, розміщений за типізованою схемою організаційно-модульного впровадження. Відтак, лексичні одиниці медично-інформаційної систематизації демонструють шлях надходження вказаних у пошуковому запиті даних. Стандарти лінійно-графічної рубрикації теж полегшують входження до системних символів, позначок медичного лексичного рівня навігаційного процесу. Розроблена ієрархічна структура на основі обґрунтування проблемно-тематичної класифікації спрощує орієнтири при формулюванні запитів. Стратегія взаємосумісної стандартизації лексикографічного зразка дозволяє полегшувати роботу адміністративного чинника багатофункціонального ідентифікаційного модульного підпорядкування.

Навіть вузька експертна конкретизація опції спеціалізованого пошуку обумовлюється за принципом адміністративної належності взаємосумісними стандартами — шаблонами типізованої площини системної розробки інформаційно-медичної бази даних за миттєвим алгоритмічним визначенням індексовано укорінених значень. Медичний лексичний стандарт — це поступово створюваний світовий конгломерат уніфікованого англомовного термінологічного реєстру: «...рубрифікатор медичних термінів, розроблений Американською національною медичною бібліотекою, складається з набору термінів та їх опису. Цей стандарт є найоб'ємнішою термінологічною системою, яка включає не тільки специфічні лабораторні та діагностичні терміни, а також і значну кількість ключових слів» [2]. Така стандартизована лексична структура унормованого канону є корисним ресурсним критерієм перевірки встановленої термінологічної класифікації при впровадженні архітектурної моделі української наукової медичної інформаційної системи.

Якщо окремо обговорювати принципи надійної довгострокової діяльності медико-інформаційної структури, то до другої групи медичних інформаційних стандартів традиційно відносять обмін медичною інформацією. У випадку системного обліку нетипізованого підходу до налаштування наукової медичної інформації слід наперед встановлювати видозмінюваний об'єктивний вектор міжмодульного обміну, існування якого пов'язане із остаточною стандартизацією фахової професійної обробки спеціалізованої медичної інформації. Зрештою, конкретизація механізмів нетипового пошуку поки що «використовується для індексації, каталогування та отримання доступу до світової медичної літератури» [2]. Отже, процес накопичення основної ресурсної інформаційної науково-медичної площини теж проходить запрограмовані, стандартизовані стадії налаштування навігаційно-пошукового та адміністративно-організаційного сегментів потрібного безпечного функціонування системи у межах дотримання чітких параметрів модуля формування взаємосумісної конфігурації централізованої автоматизації.

Все ж таки, обмін медичною інформацією розроблюється за зразками надійного дотримання принципів укладання структурних взаємозв'язків, адже встановлений алгоритм розвитку системної інноваційності передбачає типізований взаємоузгоджений погляд на налаштування з'єднаних частин в єдиний комплекс автоматизованого проходження джерела інформації від модуля до модуля. Взаємосумісний сполучник полегшує здійснення режиму внутрішньої операційної комунікації між прихованими окремими частинами інформаційно-модульної системи для надання спільного результату. Якість обміну інформаційними значеннями залежить від розуміння науково-технологічного типізованого зведення вітчизняними спеціалістами західних конструктивних підходів щодо введення головного алгоритму системного встановлення

— саме цей вектор спільного, а отже і стандартного узгодження, зі свого боку, допомагає у проведенні «найважливіших глобальних індустріальних стандартів передачі та зберігання медичних зображень (рентген, МРТ, КТ, УЗД)» [2].

Зовнішня координація стосується взаємоузгодження наведених підстав для відпрацювання у експериментальному режимі певних форм стандартизованої взаємосумісності системних розгалужень, особливо цю обставину слушно згадати з приводу інколи різнорідного термінологічного навантаження. Проте, якщо спостерігати за західно-американським напрямком формування системної інформаційно-медичної всезагальної стандартизації, виявляється, що це пріоритетна зона координації відповідальних кваліфікованих інноваційних наукових лабораторій. «У США розробка стандартів медичної інформатики координується відповідними підкомітетами Американського національного інституту стандартизації ANSI» [2]. Отже, «розробка стандартів — це прерогатива держави. Поки не будуть прийняті стандарти для зберігання та передавання інформації, єдино правильним рішенням є розробка архітектури, орієнтованої на європейські стандарти» [2].

Стабільність модульної інформаційної регуляції відпрацьовується фахівцями на різних функціональних рівнях програмної розробки. Науковий аналіз розгалуженої структури інформаційної медичної системи вимагає відтворення взаємосумісних інтегративних модульних рівнів, шлях яких оприлюднюється у певних теоретичних класифікаціях. Існування «структурно-функціональної взаємодії» та «функціонально-організаційної моделі» інформаційно-аналітичних вимірів медичного спрямування дозволяє відзначити нерегламентовані методологічні та технологічні протиріччя та прискорити отримання бажаного ефекту від бездоганної діяльності вказаної системи.

Вітчизняний дослідник Є. М. Кривенко [3] пропонує провести класифікаційно-функціональний перелік найсуттєвіших завдань при впровадженні у життя змістовної архітектурної організації інформаційної медичної системи України. Ця розробка за новими сучасними вимогами має автоматично виконувати такі дії:

- збір інформації;
- аналіз отриманих даних;
- отримання узагальненої інформації в електронній формі;
- проведення інформаційного аналізу одержаних результатів;
- порівняння результатів з існуючими стандартами;
- виявлення відхилення при подачі інформації [3].

Цей перелік демонструє стратегію органічного співіснування декількох функціональних механізмів виконання. Слушно вказати на той факт, що паралельно цей список процесуальних, багатоступеневих кроків стає також і арсеналом по відтворенню структурної шкали функціонального налаштування. Тобто це підхід, у якому чергуються операційні кроки від найзагальнішого — збору інформації до включення адміністративного модуля, за допомогою якого зафіксовуються не просто наявні відхилення, а й причини розбіжностей та надаються користувачу швидкі способи усунення проблеми. Разом з тим, Є. М. Кривенко стверджує, що ця консолідація структурно-функціонального руху медичних даних отримує видове призначення, за яким відбувається типологізація зведеного, систематизованого інформаційного результату. Цей видовий реєстр оцінювання технологічного функціонування розробленого ресурсу вже у межах архітектури медичної інформаційної системи зводиться до двох форм:

1) поточна медична інформація;
2) планова медична інформація [3].

Обидві перераховані форми структурно організовані в інтеграційний системний простір, який має наукову назву «достовірна комплексна інформація» медично-інформаційного способу функціонального моделювання. При окремому науковому з'ясуванні значення достовірності слід звернути увагу на якісне проходження запиту користувача по структурній шкалі функціонального налаштування — саме тоді автоматично утворюється достовірний зміст отриманого інформаційного медичного повідомлення. Разом з тим, розуміння розширеного фактору багатоступеневої комплексності може бути в інтеграційній структурі автоматизованої цілісності досліджуваної системи перегруповане на лаконічний функціональний поступовий тривекторний шлях: «структура, процес, результат» [3].

Висновки. Об'ємність тривалого алгоритмічного малюнку відтворює багатолінійну поліаспектність системного хронометражу автоматизації. Безпосередня дієвість архітектурного впорядкування тримається на інтегративній систематизації аналітичного базису

комплексних науково-методологічних пропозицій. Функціональна приналежність взаємних еквівалентів співпадає із згрупованою модульністю. Структура, процес, результат — ці напрямки алгоритмічного руху відкривають інноваційний резонанс до доцільного впровадження інформаційної медичної системи. Якісні показники відповідного зваженого технологічного розкриття поставленого завдання вдосконалюють підпорядковані функції багатоступеневої структури. Апробація ресурсного потенціалу модульного призначення базується на автоматизованих взаємозв'язках — це прикладна структурна шкала функціонального налаштування. Механізми проведення стандартизації врівноваженого моделювання окреслюють життєву потребу інфраструктурного позиціонування державницької програми по оснащенню медичних закладів України інформаційними системами надсучасного рівня.

Література:

1. Дубан Р. М. Архітектура інформаційної системи підтримки тестового контролю знань «Logit» / Р. М. Дубан // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. — 2011. — Т. 15. — С. 77–86.
2. Качмар В. О. Медичні інформаційні системи — стан розвитку в Україні / В. О. Качмар // Український журнал телемедицини та медичної телематики. — 2010. — Т. 8, № 1. — С. 12–17.
3. Кривенко Є. М. Сучасна структура функціонально-організаційної моделі інформатизації охорони здоров'я на регіональному рівні / Є. М. Кривенко // Україна. Здоров'я нації. — 2014. — № 2. — С. 75–82.
4. Медична інформатика в модулях / І. Є. Булах, Л. П. Войтенко, М. Р. Мруга [та ін]. — К. : ВСВ «Медицина», 2012. — 208 с.
5. Що таке «ЕМСІМЕД» для керівника медичного закладу? — [Електронний ресурс] Режим доступу: http://tg.ck.ua/%D0%BC%D1%81-%D0%BC%D0%B5%D0%B4/.

References.

1. Duban, R. M. (2011). Arkhitektura informatsiinoi sistemi pidtrimki testovogo kontrolyu znan' «Logit» [The architecture of the information system for the support of the test knowledge control «Logit»]. Aktual'ni problemi avtomatizatsii ta informatsiinikh tekhnologii (Problems of Automation and Information Technologies), 15, 77–86 [In Ukrainian].
2. Kachmar, V. O. (2010). Medichni informatsiini sistemi – stan rozvitku v Ukraini [Medical information systems – the state of development of Ukraine]. Ukrains'kii zhurnal telemeditsini ta medichnoi telematiki (Ukrainian Journal of Telemedicine and Medical Telematics), 8(1), 12–17 [In Ukrainian].
3. Krivenko, E. M. (2014). Suchasna struktura funktsional'no-organizatsiinoi modeli informatizatsiї okhoroni zdorov'ya na regional'nomu rivni [Modern structure of the functional and organizational model of health informatization at the regional level]. Ukraina. Zdorov'ya natsii (Ukraine. Health of Nation), 2, 75–82 [In Ukrainian].
4. Bulakh, I. E., Voitenko, L. P., Mruga, M. R., Alita, O. S., Zhegrii, T. I., & Krivenko, I. P. (2012). Medichna informatika v modulyakh [Medical Informatics in Modules]. Kyiv: Meditsina (Medicine) [In Ukrainian].
5. Shcho take «EMSIMED» dlya kerivnika medichnogo zakladu? [What is «EMSIMED» for the head of the medical institution?] Retrieved from: http://tg.ck.ua/%D0%BC%D1%81-%D0%BC%D0%B5%D0%B4/ [In Ukrainian].

ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ ЖУРНАЛУ «МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

Програмними цілями науково-практичного журналу «Медична інформатика та інженерія» є інформування працівників галузі охорони здоров'я України, науковців, науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів, співробітників науково-дослідних інститутів медичного, фармацевтичного та біологічного профілів, громадськості про результати фундаментальних і прикладних досліджень із біомедичної інформатики та інженерії, про сучасні тенденції та процеси інформатизації, що відбуваються в галузі охорони здоров'я України.

Журнал «Медична інформатика та інженерія» приймає до публікації статті, короткі повідомлення, листи до Редакції, що містять оригінальні матеріали досліджень з таких тем:

1. Інформатизація системи охорони здоров'я. Тенденції розвитку медичної і біологічної інформатики та інженерії.
2. Медичні інформаційні, експертні та інтелектуальні системи.
3. Інформаційні технології системних досліджень у медицині та біології.
4. Проблеми управління в медичних і біологічних системах.
5. Оптимізація управління процесами профілактики, діагностики, лікування та реабілітації.
6. Телемедичні технології.
7. Математичне моделювання в медицині, фармації та біології.
8. Доказова медицина.
9. Медична інженерія та електроніка.
10. Інформаційні технології отримання, збереження, передавання та аналізу медичної та біологічної інформації.
11. Отримання й аналіз медичних і біологічних зображень і сигналів.
12. Комп'ютерна діагностика захворювань і комп'ютерне прогнозування перебігу та наслідків патологічного процесу.
13. Розроблення та застосування біометричних методів.
14. Структуризація знань, бази знань, організація пошуку, оброблення та розповсюдження знань.
15. Сучасні інформаційні технології в медичній і біологічній освіті. Засоби самоосвіти.
16. Теорія та практика дистанційної освіти.
17. Проблеми побудови «суспільства знань».
18. Інформатика, суспільство та національна безпека.

За рішенням редакційної колегії до друку також можуть прийматися огляди з актуальних питань медичної інформатики та інженерії, описи перспективних наукових досліджень, рецензії, довідкові, інформаційні та навчально-методичні матеріали, оголошення щодо наукових заходів і повідомлення рекламного змісту.

Рішення щодо публікації приймається редакційною колегією на підставі результатів рецензування статей. Редакція не бере на себе зобов'язань щодо роз'яснення причин відмови від публікації статті. Надіслані до редакції матеріали авторам не повертаються. Рукописи мають представляти матеріали, що не були опубліковані раніше та не були подані до інших видань.

Веб-сторінка журналу на порталі Наукова періодика України, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського:

http://www.nbuv.gov.ua/cgibin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=juu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=PREF=&S21COLORTERMS=0&S21STR=Mii .

Включення до переліку наукових фахових видань України наказ МОН України від 21.12.2015 № 1328 (медичні та біологічні науки); до переліку фахових видань ВАК України: постанова Президії ВАК України від 27.05.2009 № 1-05/2 (медичні науки); постанова Президії ВАК України від 10.11.2010 № 3-05/7 (біологічні науки).

Журнал включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Ulrichsweb, Directory of Open Access Journals, Google Scholar.

Web-site: http://www.tdmu.edu.ua, http://inmeds.com.ua/periodics/mii/.

Журнал видається на платформі Open Journal System із можливістю крос-реферування за умови правильного оформлення статей.

ВИМОГИ ЩОДО ПІДГОТОВКИ РУКОПИСУ

Відповідно до наказу МОНмолодьспорту України від 17.10.2012 № 1111 із 01 січня 2013 року до вимог внесено зміни.

До розгляду приймаються рукописи українською, російською чи англійською мовами. Обсяг оригінальної статті, включаючи таблиці, рисунки, список літератури, анотації, не повинен перевищувати 8 сторінок, обсяг проблемної статті, огляду літератури, лекції – 12 сторінок, короткого повідомлення, рецензії тощо – до 5 сторінок.

До рукопису необхідно додати такі матеріали, що надсилаються у форматі *.pdf, відсканованої з роздільною здатністю не менше 150 dpi: 1) супровідний лист від керівника закладу (підрозділу), в якому виконувалася робота з рекомендацією до друку; 2) експертний висновок, завірений печаткою, щодо можливості відкритої публікації матеріалів дослідження; 3) незалежну рецензію на роботу; 4) узгодження про відсутність конфлікту інтересів. Рукописи приймаються до журналу тільки через систему електронної реєстрації публікацій на порталі: http://pub.inmeds.com.ua.

За відсутністю експертного висновку всю відповідальність за подану інформацію несуть автори. Всі автори мають поставити підписи на першій сторінці статті. Вартість видавницьких послуг відшкодовують автори.

Статті, що містять оригінальні матеріали досліджень, мають бути структуровані відповідно до вимог п. 3 постанови Президії ВАК України від 15.01.2003 № 7-05/1, оформлені з урахуванням рекомендацій ВАК України щодо публікації матеріалів дисертацій і з дотриманням основних вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

Усі одиниці фізичних величин слід наводити відповідно до Міжнародної системи одиниць (СІ) згідно вимог групи стандартів ДСТУ 3651-97 «Одиниці фізичних величин»; у разі обґрунтованого використання несистемних одиниць вимірювання слід представити приклад їх переводу в систему СІ. Медична термінологія має відповідати Міжнародній класифікації хвороб (МКХ-10). Назви фірм, приладів, реактивів і препаратів наводити в оригінальній транскрипції.

Прізвища авторів повинні бути транслітеровані або вказані так само, як у раніше опублікованих статтях у зарубіжних журналах.

На початку статті зазначаються:

УДК – у верхньому лівому куті.

Українською, англійською, російською мовами:

– назва статті (по центру, жирно, кегль – 16). У назві статті не допускається використання скорочень;

– ініціали та прізвище (-а) автора(-ів) (по центру);

– повна назва установи;

– **анотація** (українською та російською мовами): до 200 слів;

– **ключові слова**: до восьми слів.

Розширений структурований реферат статті англійською мовою до 500 слів, що містить такі розділи: вступ (Background), матеріали і методи (Materials and methods), результати (Results), висновки (Conclusions).

Основна частина статті містить такі розділи: Вступ (постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями, аналіз останніх опублікованих досліджень, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, виділення невирішеної частини загальної проблеми, якій присвячена означена робота). **Мета дослідження**. **Матеріали та методи дослідження** (викладається об'єкт дослідження та методи, опис яких повинен бути достатнім для розуміння їх доцільності та можливості відтворення). **Результати та їх обговорення** (викладається основний матеріал дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів). **Висновки** з даного дослідження та перспективи подальших шляхів до розв'язання проблеми.

Весь текст повинен бути надрукований через 1,5 інтервали, шрифт Times New Roman, кегль – 14, з одного боку листа на білому папері формату А4 (1800-2000 друкованих знаків на сторінці). Поля: зліва – 3 см, справа – 1,5 см, зверху та знизу – 2,5 см. Текст набирати в одну колонку. Прийнятні формати текстового файлу: MS Word (rtf, doc, docx).

Підзаголовки повинні бути надруковані прописними літерами, жирно.

Рівняння необхідно друкувати у редакторі формул MS Equation Editor, що входить до складу текстового редактора MS Word.

Посилання на літературу в тексті подаються в квадратних скобках. Література формується за алфавітом. Для оформлення посилань слід використовувати Національний стандарт України «Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. ДСТУ 8302:2015».

Рисунки – шириною до 8 см або до 16 см кожен подаються на окремому аркуші. На зворотній стороні вказати номер рисунка, прізвище першого автора та підпис до рисунка (скорочено) та відмітки «Верх», «Низ». Усі рисунки повинні бути пронумеровані в порядку їх появи в тексті. Товщина осі на графіках повинна складати 0,5 pt, товщина кривої – 1,0 pt. Одиниці виміру на осях графіків повинні бути позначені після коми (не в круглих дужках). Рисунки повинні бути якісні, розміри підписів до осей та шкали – 10 pt при вказаних вище розмірах рисунка. Прийнятні графічні формати для рисунків: TIF, JPEG. Рисунки створені за допомогою програмного забезпечення для математичних і статистичних обчислень, повинні бути перетворені до одного з цих форматів.

Ілюстрації приймаються до друку тільки високоякісні. Підписи та символи повинні бути вдруковані. При скануванні слід забезпечити роздільну здатність зображення 300 dpi. Пріоритетним є надсилання оригіналів ілюстрацій. Невеликі за об'ємом ілюстрації можна розміщувати по ходу тексту статті.

Фотографії повинні надаватися у вигляді оригінальних контрастних відбитків. У підписах до мікрофотографій вказувати збільшення і метод фарбування матеріалу. Не приймаються до друку негативи, слайди.

Таблиці повинні бути представлені на окремих аркушах. Таблиці повинні мати короткі заголовки і власну нумерацію. Відтворення одного і того ж матеріалу у вигляді таблиць і рисунків не допускається.

Діаграми, графіки бажано створювати у Microsoft Excel.

Підписи до рисунків і таблиць повинні бути надруковані в рукопису після списку літератури на окремому аркуші.

Інформація про авторів – подається на окремому аркуші та містить такі відомості про кожного автора: прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада, службова адреса, телефон, факс і електронна пошта. Прізвище автора, з яким слід вести листування, має бути підкреслено.

Збір та оброблення персональних даних здійснюються відповідно до вимог Закону України «Про захист персональних даних».

Інформація про конфлікт інтересів. Автори повинні розкрити потенційні та явні конфлікти інтересів, пов'язані з рукописом. Конфліктом інтересів може вважатися будь-яка ситуація (фінансові відносини, служба або робота в установах, що мають фінансовий або політичний інтерес до опублікованих матеріалів, посадові обов'язки тощо). Здатна вплинути на автора рукопису та призвести до приховування, спотворення даних або змінити їх трактування. Наявність конфлікту інтересів у одного або декількох авторів не є приводом для відмови в публікації статті. Виявлене редакцією приховування потенційних і явних конфліктів інтересів із боку авторів може стати причиною відмови у розгляді та публікації рукопису.

У зв'язку з відмінністю національних стандартів оформлення літератури та вимог міжнародних баз необхідно оформляти два списки літератури. Другий список літератури – **References** слід наводити після першого, наданого відповідно до Національного стандарту України. Роботи українською/російською мовами повинні бути транслітеровані відповідно до постанови КМУ «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» від 27 січня 2010 № 55 зі змінами. Виконані іншими мовами роботи, на які є посилання, повинні бути транслітеровані на англійську відповідно до системи British Standards Institution (BSI). Після транслітерованої назви роботи у квадратних дужках повинен бути переклад назви англійською. Назва наукового журналу в транслітерованому списку літератури має збігатися з транслітерованою назвою журналу, що зареєстровано за його включення до міжнародних баз даних. Роботи у списку, наданому латиницею, повинні бути представлені відповідно до вимог APA 6th (American Psychological Association, 6th Edition).

Статті, оформлені без дотримання вищенаведених вимог, не реєструються. У першу чергу друкуються статті передплатників журналу, а також матеріали, що замовлено редакцією.

Редакція залишає за собою право виправляти термінологічні та стилістичні помилки; за погодженням авторів усувати зайві ілюстрації та скорочувати текст.

Рукописи направляти за адресою:
вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112
Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика,
редакція журналу «Медична інформатика та інженерія» (кафедра медичної інформатики).
Електронна пошта: mijournal@nmapo.edu.ua, k-minf05@nmapo.edu.ua.