

Ì ÅÄÈ×Í À ²Í ÔÎ ÐÌ ÀÒÈÊÀ  
ÒÀ ²Í ÆÁÍ ÅÐ²Β

(íàóêîî-ïðàèòè:íèé æóðíàë)

Ì ÅÄÈÖÈÍ ÑÊÀΒ ÈÍ ÔÎ ÐÌ ÀÒÈÊÀ  
È ÈÍ ÆÁÍ ÅÐÈΒ

(íàó:íî-ïðàèòè:áñèèé æóðíàë)

# MEDICAL INFORMATICS AND ENGINEERING

(scientific-practical journal)

2/2009

**Головний редактор** – О.П. Мінцер  
**Відповідальний секретар** – В.П. Марценюк  
**Редакційна рада:**

О.Ф. Возіанов,  
М.В. Банчук,  
О.М. Біловол,  
І.Є. Булах,  
О.П. Волосовець,  
Ю.В. Вороненко,  
Б.А. Кобрінський (Росія),  
Л.Я. Ковальчук,  
Ю.М. Колесник,  
О.С. Никоненко,  
О.В. Палагін,  
В.Д. Шинкарук,  
О.В. Чалий,  
Ч. Чернанський (США),  
Ю.І. Якименко

**Редакційна колегія:**

Р.А. Абизов,  
М.Ю. Антомонов,  
Г.Л. Апанасенко,  
Н.О. Артамонова,  
Л.Ю. Бабінцева,  
М.Ю. Болгов,  
В.В. Вишневський,  
Л.С. Годлевський,  
О.В. Гойко,  
В.С. Дідковський,  
І.Й. Єрмакова,  
Ю.Ф. Зіньковський,  
І.С. Зозуля,  
В.М. Ільїн,  
В.В. Кальниш,  
О.С. Коваленко,  
Л.М. Козак,  
О.І. Корнелюк,  
А.Л. Косаковський,  
А.Б. Котова,  
В.В. Краснов,  
О.М. Лисенко,  
П.П. Лошицький,  
К.Г. Лябах,  
Ю.Є. Лях,  
О.Ю. Майоров (заст. гол. ред.),  
В.П. Марценюк (заст. гол. ред.),  
І.Р. Мисула,  
В.Г. М'ясніков,  
Є.А. Настенко,  
Л.М. Овсяннікова,  
Б.Л. Палець,  
О.А. Панченко,  
М.С. Пономаренко,  
О.А. Рижов,  
В.І. Тимофеев (заст. гол. ред.),  
Г.С. Тимчик,  
М.Д. Тронько,  
П.І. Федорук,  
Я.В. Цехмістер,  
К.О. Чалий (заст. гол. ред.),  
А.Г. Шульгай,  
В.П. Яценко.

**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.

**Співзасновники:**

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

**Адреса редакції:**

04112, м. Київ, вул. Дорогожицька, 9  
тел./факс: (+38044) 456-72-09,  
тел.: (+38044) 205-49-55  
e-mail: miejournal@nmapo.edu.ua  
Web-site: <http://www.tdmu.edu.te.ua/mie/>

**Адреса видавництва:**

Тернопільський державний медичний університет  
імені І.Я. Горбачевського, видавництво “Укрмедкнига”,  
46001, м. Тернопіль, майдан Волі, 1,  
тел.: (+380 352) 43-49-56, факс: (+380 352) 52-80-09  
e-mail: [publishhouse@tdmu.edu.te.ua](mailto:publishhouse@tdmu.edu.te.ua)

Рекомендовано Вченою радою Національної медичної  
академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика МОЗ Ук-  
раїни (протокол № 6 від 10.06.2009) та Вченою радою Тер-  
нопільського державного медичного університету  
імені І.Я. Горбачевського (протокол № 13 від 26.05.2009).  
Журнал видається за сприяння Національного технічного  
університету України “Київський політехнічний інститут”

Підписано до друку 11.06.2009. Формат 60x84/8.  
Папір офсет. Ум. друк. арк. 8,60. Обл.-вид. арк. 8,38.  
Тираж 600 прим. Зам. № 101.  
Віддруковано в друкарні Тернопільського державного  
медичного університету імені І.Я. Горбачевського.

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  
© Тернопільський державний медичний університет  
імені І.Я. Горбачевського

ЗМІСТ

CONTENTS

- Ю.В. Вороненко, О.П. Мінцер, В.В. Краснов*  
**СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ ПОСІБНИКІВ 4**
- Yu. V. Voronenko, O. P. Mintser, V. V. Krasnov*  
**STANDARDIZATION OF APPROACHES TO DEVELOPMENT OF ELECTRONIC MANUALS**
- В.П. Марценюк, О.Л. Ковальчук, А.А. Лепяк*  
**ТЕЛЕМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В США: ОРГАНІЗАЦІЙНЕ, ПРОГРАМНЕ ТА АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 22**
- V. P. Martsenyuk, O. L. Kovalchuk, A. A. Lepyavko*  
**TELEMEDICAL TECHNOLOGIES IN THE USA: ORGANIZATIONAL, SOFTWARE AND HARDWARE SUPPORT**
- А.П. Алпатов, Ю.О. Прокопчук*  
**ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕДИЧНИХ СИСТЕМ. ЧАСТИНА 1. 32**
- A. P. Alpatov, Yu. O. Prokopchuk*  
**CONSTRUCTION OF SUBJECT DOMAIN MODEL FOR USE IN INTELLECTUAL MEDICAL SYSTEMS. PART 1.**
- М.Ю. Болгов, Н.Д. Тронько*  
**ПРОБЛЕМИ ВНЕДРЕННЯ МЕДИЦИНСКИХ ІНФОРМАЦІОННИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ 37**
- M. Yu. Bolgov, M. D. Tronko*  
**PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS IN UKRAINE**
- В.В. Чернов, І.Л. Владимировський, В.М. Голота, П.С. Родський, Л.Ю. Бабінцева*  
**ФОРМУВАННЯ МЕДИЧНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕДИЧНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПАСПОРТА ГРОМАДЯНИНА УКРАЇНИ: ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ТА ПРИНЦИПИ ВЗАЄМОДІЇ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ 43**
- V. V. Chernov, I. L. Vladymyrovsky, V. M. Holota, P. S. Rodsky, L. Yu. Babintseva*  
**FORMATION OF MEDICAL AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR INTRODUCTION OF MEDICAL ELECTRONIC PASSPORT OF THE CITIZEN OF UKRAINE: TECHNICAL REQUIREMENTS AND PRINCIPLES OF INTERACTION OF ITS ELEMENTS**
- В.П. Марценюк, Т.М. Дем'янова*  
**МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ХОДЖКІНА-ХАКСЛІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ КЛІТИН 51**
- V. P. Martsenyuk, T. M. Demyanova*  
**MATHEMATICAL DESCRIPTION AND PROGRAM REALIZATION HODGKIN-HUXLEY MODEL OF ELECTRICAL ACTIVITY OF BIOLOGICAL CELLS**
- І.А. Алпатова*  
**МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНОЇ СИТУАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ НА ХВОРОБИ ШКІРИ 57**
- I. A. Alpatova*  
**MODELS AND ALGORITHMS FOR ESTIMATION OF INFLUENCE OF ECOLOGICAL-HYGIENE SITUATION ON A STATE OF SKIN MORBIDITY OF THE INDUSTRIAL REGIONS POPULATION**
- Н.М. Басовська*  
**ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСУВАННЯ ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я: ОГЛЯД ЗАГАЛЬНИХ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ 62**
- N. M. Basovska*  
**ON MODELLING OF FINANCING PUBLIC HEALTH CARE: THE REVIEW OF THE GENERAL MACROECONOMIC MODELS**
- Н.Я. Климук*  
**ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА ПОПИТ У МЕДИЧНОМУ СТРАХУВАННІ 69**
- N. Ya. Klymuk*  
**THE EFFECT OF UNCERTAINTY ON THE DEMAND FOR HEALTH INSURANCE**

УДК 371.68

## СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ ПОСІБНИКІВ

Ю.В. Вороненко, О.П. Мінцер, В.В. Краснов

*Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика*

У статті висвітлено досвід НМАПО імені П.Л. Шупика зі створення електронних навчальних посібників, в основу якого покладено принципи трансформації знань при їх відображенні. Представлено принципи побудови електронних засобів навчання, особливості застосування стандартів у сфері електронного навчання.

**Ключові слова:** електронне навчання, електронні навчальні посібники, стандарти електронного навчання.

## СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ

Ю.В. Вороненко, О.П. Минцер, В.В. Краснов

*Национальная медицинская академия последипломного образования  
имени П.Л.Шупика*

В статье представлен опыт НМАПО имени П.Л.Шупика по созданию электронных учебных пособий, в основу которого положены принципы трансформации знаний при их отображении. Представлены принципы построения электронных средств обучения, особенности применения стандартов в сфере электронного обучения.

**Ключевые слова:** электронное обучение, электронные учебные пособия, стандарты электронного обучения.

## STANDARDIZATION OF APPROACHES TO DEVELOPMENT OF ELECTRONIC MANUALS

Yu.V. Voronenko, O.P. Mintser, V.V. Krasnov

*National Medical Academy of Postgraduate Education by P.L. Shupyk*

Experience of NMAPE named after P.L. Shupyk on development of electronic manuals is represented in the article. The basis of electronic manuals creation includes approaches on transformation of knowledge and its displaying. Principles of construction of electronic manuals and features of standard application in sphere of electronic training are presented.

**Key words:** electronic training, electronic manuals, standards of electronic training.

**Вступ.** Обсяг професійної інформації за останнє десятиліття перевищив все, що було накопичено людством за весь період його попереднього існування. При такій кількості нових знань стає особливо актуальним питання їх *представлення, стиснення, зберігання і передачі* в системах освіти.

Особливий інтерес в цьому питанні становить застосування інформаційних технологій.

В останні часи проблемам сучасного представлення знань, та їх передачі під час навчання надається особлива увага [10, 11]. Однак, систематизовані уявлення щодо оптимізації подібного процесу в медицині, на жаль, поодинокі. Можна лише назвати дослідження [12, 13, 14].

**Мета нашої роботи** – донести до викладачів вищих навчальних закладів узагальнені матеріали з підготовки електронних навчальних медичних посібників.

### Основна частина

Процес передачі знань при електронному навчанні складається із низки стадій:

1. Опанування експертом знань про елементи реальної професійної ситуації;
2. Перенесення знань в оболонку електронного засобу навчання (ЕЗН);
3. Витягнення (сприйняття та інтерпретація) знань з ЕЗН тим, хто навчається;
4. Застосування отриманих знань в реальній професійній ситуації.

© Вороненко Ю.В., Мінцер О.П., Краснов В.В.

Першу стадію – процес інформаційного (знаннєвого) відображення предметної області, можна назвати процесом *видобування* знань. У ньому обов'язково присутні чотири складові: а) предметна область як система гармонійно зв'язаних складових, б) експерт, який освоює предметну область, в) технології видобування знань, г) система понять і способів відображення їх зв'язків, якою користується експерт для представлення в своєму мисленні моделі предметної області.

Останні три складові: сам експерт, способи видобування знань, способи їх представлення в мисленні експерта, несуть на собі відбиток суб'єктивізму. Тобто кожна з них вносить погрішність у вид кінцевої моделі, яка формується в мисленні у експерта.

Наступна стадія навчання являє собою процес передачі (трансляції) знань тому, хто навчається. Цей процес складається з етапу *представлення* знань на носіях, за допомогою яких ці знання планується передавати кінцевому користувачу – тому, хто навчається, і етапу власне процесу *доставки* знань до кінцевого споживача.

Ми вважаємо, що в процесі представлення знань обов'язково присутні три складові: а) експерт, який є носієм знань; б) технології представлення моделі предметної області на носії; в) сам носій. Всі ці компоненти можуть вносити погрішність в процеси, їм відповідні.

Процес доставки, як правило, погрішностей в знання не вносить, оскільки сам тип носія створений з розрахунком мінімізації цих спотворень, а спосіб представлення знань орієнтований на носій і вже “увібрав” в себе всю суму викривлень.

Третя стадія навчання є процесом видобування знань кінцевим споживачем з носія і сприйняття цього знання. У даній стадії обов'язково присутні чотири складові: а) модель формалізованої для передачі предметної області; б) курсант, який освоює модель предметної області; в) технології видобування знань; г) система понять і способів відображення їх зв'язків, якою користується той, хто навчається, для представлення в своєму мисленні моделі предметної області.

Всі чотири складові також вносять погрішність у вид кінцевої моделі, яка формується в мисленні у того, хто навчається.

Остання стадія – стадія *застосування* отриманих знань тим, хто навчається, в своїй практичній діяльності. У цьому процесі відбувається переведення пасивних знань в активну форму і формування на їх основі відповідних навичок і умінь – тобто заданою початковою метою навчання моделі поведінки і мис-

лення. Процеси останньої стадії також схильні до суттєвих викривлень, оскільки спроби впливати на процеси реальної моделі предметної області технологіями, відповідними сформованій суб'єктивній моделі, призводять до викривлених результатів діяльності.

Процеси викривлення знань при їх *відображенні* на кожній стадії передачі називають трансформацією. Іншими словами *трансформація* – це зміна змістовної частини в процесах витягнення, передачі і засвоєння знань.

Таким чином, в системі неаудиторної передачі знань особливої актуальності набуває процес трансформації знань і, як один з його інструментів – процес *відображення* знань в освітньому просторі.

Для відображення важливі методи *формалізації й інтерпретації*. Перші пов'язані із завданням контролю засобів мовного відображення. Другі – зі збереженням значеннєвого поля, що становить суть знань [1].

Впровадження інноваційних процесів в освіту вимагає створення відповідного навчально-методичного забезпечення (навчально-методичного комплексу).

Навчальні електронні комплекси, що активно створюються, стають реаліями нашого існування, допомагають розвивати систему безперервної освіти, дозволяють одержувати яскраву, наочну інформацію в темпі, зручному для сприйняття того, кого навчають.

У той же час електронні навчальні видання потребують особливої системи підготовки. Більш високі вимоги пред'являються до ергономічних характеристик, тому що електронна навчальна інформація проглядається на екрані комп'ютера, і відповідно до вимог ергономічного подання матеріалу (чіткість і зрозумілість формулювань, передача кольору) додаються вимоги щодо технічної бази (читаність, навігація).

До *навчальних електронних видань* (НЕВ) належать видання, що містять систематизовані відомості наукового або прикладного характеру, викладені у формі, зручній для вивчення й викладання.

Поза залежністю від змісту й обсягу електронного навчального видання можна виділити три головних вимоги користувачів до нього: *адекватність змісту, ефективність форми подання, економічна ефективність*.

*Адекватність змісту* має на увазі відповідність державному освітньому стандарту й навчальним програмам дисциплін, що забезпечує:

– повноту навчального матеріалу, що відображений, достатню для освоєння дисципліни (розділу дисципліни);

– підтримку різних форм навчання (заочної, очної, індивідуальної й дистанційної);

– підтримку різних видів навчальних занять (вивчення теоретичного матеріалу, практичні й лабораторні роботи);

– підтримку різних форм контролю знань (проміжно-го, підсумкового, самоконтролю);

– урахування новітніх тенденцій у науці й техніці.

*Ефективність форми подання* інформації містить у собі такі вимоги, як простота й зручність застосування, ергономічність, підтримка активності того, кого навчають, забезпечення контакту з викладачем.

*Економічна ефективність* визначається тривалістю строку використання, можливістю модернізації в процесі експлуатації, низькою собівартістю, розумною конфігурацією необхідних технічних і загально-системних засобів.

Електронні навчальні й навчально-методичні матеріали можуть бути виконані як НЕВ в наступних випадках:

– апробація нового навчального або навчально-методичного матеріалу;

– необхідність якнайшвидшого використання в навчальному процесі (порівняно з друкованим виданням);

– необхідність ознайомлення з НЕВ великої кількості користувачів методами електронного розсилання по комп'ютерних мережах і через Інтернет;

– коли деякі методичні прийоми не можуть бути здійснені в друкованих навчальних виданнях (аудіо-, відео- і мультимедійні додатки).

Електронні видання містять структуровану навчальну, навчально-методичну інформацію й тестові завдання, що забезпечують підготовку сучасного кваліфікованого фахівця з будь-якої форми навчання.

НЕВ, залежно від повноти подання навчального матеріалу дисципліни, діляться на електронні підручники (ЕП) і електронні навчальні посібники (ЕНП), або електронні лекційні курси (ЕЛК), електронні методичні вказівки (ЕМВ), електронний наочний навчальний посібник (ЕННП), електронний практикум (ЕПр), електронні довідкові матеріали (ЕДМ), електронний навчально-методичний комплекс (ЕНМК), електронні методичні вказівки для викладачів (ЕМВВ).

*ЕП* – основне електронне видання з освітньої дисципліни, яке створене на високому методичному рівні, повністю відповідає вимогам і основним дидактичним одиницям державного освітнього стандарту спеціальності, відповідає навчальній програмі й забезпечує систематичний виклад навчальної дисципліни, її розділу. Зміст підручника повинен задоволь-

няти вимоги державних освітніх стандартів й повністю розкривати робочу програму з конкретної дисципліни. Назва підручника повинна відповідати найменуванню дисципліни ДОС.

*ЕНП* – це видання, створене на високому методичному рівні, що частково заміняє або доповнює електронний підручник (являє собою комплект лекцій, що відображає зміст навчальної дисципліни). Зміст електронного навчального посібника повинен відповідати вимогам і змісту навчальної програми дисципліни, затвердженої у встановленому в навчальному закладі порядку. ЕНП охоплює не всю дисципліну, а лише частину (кілька розділів) навчальної програми.

*ЕМВ* – навчальне видання, як правило, невелике за обсягом (до 2 друкованих листів), що містить матеріали з методики виконання лабораторних, курсових, дипломних й інших видів самостійної роботи.

*ЕННП* – навчальне видання, що містить матеріали на допомогу вивченню або викладанню.

*ЕПр* – навчальне видання, що містить практичні завдання й вправи, які сприяють засвоєнню вивченого матеріалу.

*ЕДМ* – навчальне видання, що містить короткі відомості наукового й прикладного характеру.

*ЕНМК* – навчальне видання, що містить комплекс навчально-методичних матеріалів, необхідних для проведення занять з однієї навчальної дисципліни.

*ЕМВВ* – це видання, що містить рекомендації для викладачів щодо методики викладання, вивчення навчальної дисципліни, її розділу або частини.

Серед великої кількості НЕВ, що розробляються і використовуються в освітній діяльності, особливе місце займають електронні навчальні посібники.

До незаперечних переваг електронних навчальних посібників (ЕНП) належить можливість організації “живого” подання інформації – мультимедійні технології дозволяють створити відповідні моделі, які включають аудіо- і відеофрагменти. Можливості наочно-го викладу матеріалу, залучення уваги й багатоканальний механізм подачі інформації є провідними досягненнями комп'ютерних освітніх систем. У цьому випадку викладач одержує потужний засіб, а той, кого навчають, – максимально ефективну можливість якісного засвоєння матеріалу.

На додаток до загальних дидактичних правил викладу матеріалу в посібнику існують особливі вимоги, пов'язані з нелінійною (екранною) структурою документа. Якість сприйняття, можливість узагальнення й аналізу, швидкість запам'ятовування, повнота засвоєння навчальної інформації значною мірою



залежать від розташування матеріалу на екрані комп'ютера, від навігаційних переходів між "сторінками".

У більшості публікацій, присвячених організації ЕНП, вказуються наступні параметри [2]:

- чітко структурована інформація, що представляє логічно закінчений фрагмент і представлена у вигляді гіпертекстової системи;

- включення аудіо– або відеоінформації з можливістю повтору з будь-якого місця;

- активне використання пояснювальної й довідкової інформації: контекстна довідка про об'єкти, довідкова система, гіпертекстовий перехід до словників і тезаурусів, підказка, що спливає і дає пояснення до об'єкта.

Ергономічні вимоги відбивають і максимально зручні обсяги тексту (можливість читати з екрана), передачу кольору й організацію підказки, навігації, структури вікна.

Вважається, що ЕНП повинен максимально полегшити розуміння й запам'ятовування (причому активне, а не пасивне) найбільш істотних понять, тверджень і прикладів, втягуючи в процес навчання ширші, ніж звичайний підручник, можливості людського мозку, зокрема, слухову й емоційну пам'ять, а також використовуючи комп'ютерні пояснення [2].

ЕНП торкається всіх каналів сприйняття навколишнього світу. Наочність (відеоінформація, статичні ілюстрації, анімаційні моделі й схеми) дозволяє одержувати достатнє уявлення про процеси, які складно зрозуміти за описом (краще один раз показати, ніж сто разів розповісти). Відеоматеріали дозволяють змінювати масштаб об'єкта (зйомки мікро– і макросвіту), змінювати перебіг часу (прискорена, уповільнена, вибіркова зйомка).

Багаторівнева форма подачі інформації й заданий користувачем темп полегшують сприйняття матеріалу, дозволяють повернутися до пройденого, переглянути текст або відеофрагмент, повторно прослухати дикторський текст.

У той же час ЕНП – це не самовчитель, призначений для абсолютно самостійного вивчення предмета. ЕНП, як і його традиційний аналог, виконує функцію супроводу живого викладача, що дає основні методичні роз'яснення, ставить цілі й завдання, перевіряє виконану роботу й відповідає на питання (часом нестандартні, які виходять за рамки досліджуваної теми) того, кого навчають.

ЕНП у сукупності може містити різні види цифрової інформації. Це, насамперед, *електронний текст*, що не містить або містить *гіперпосилання* й *веб-компоненти* й допускає посимвольну обробку. Ілю-

страцією до електронного тексту або наповнення гіперпосилання може бути *електронне зображення*, що являє собою графічну сутність і допускає перегляд, але не допускає посимвольної обробки. Одним з елементів ЕНП є *електронний звук*, що є цифровою звуковою інформацією. Найважливішим елементом ЕЗН є *мультимедійні додатки*, що розширюють відео– і аудіоряд ілюстрованого матеріалу, й призначені для посилення запланованого навчального ефекту.

ЕНП можуть:

- поширюватися мережею Інтернет;
- поширюватися в локальній мережі;
- бути встановленими на окремі комп'ютери;
- записуватися на оптичних носіях.

Форма подання інформації в ЕНП може змінюватися залежно від способу їх розповсюдження, змісту, розмаїтості ілюстраційних матеріалів і методичних прийомів. ЕНП класифікуються за:

- функцією, яку вони виконують в навчальному процесі;
- ступенем дидактичного забезпечення дисципліни;
- видом навчальної діяльності;
- характером подання інформації;
- ступенем інтерактивності.

В останні роки у системах освіти при застосуванні електронних технологій все більше уваги приділяється процесам стандартизації.

Стандарт – це формат, затверджений визнаним інститутом стандартизації або прийнятий підприємствами галузі де-факто як зразок. Існують стандарти для мов програмування, операційних систем, форматів подання даних, протоколів зв'язку, електронних інтерфейсів тощо.

Наявність стандартів важлива для будь-якого користувача інформаційних технологій, тому що саме завдяки стандартизації кожен користувач може комбінувати обладнання й програми різних виробників згідно зі своїми індивідуальними потребами. Якщо єдиний стандарт відсутній, то користувач повинен обмежуватися пристроями й програмами лише одного виробника. Стандартизації підлягають як обладнання, так і програмне забезпечення, зокрема програми, що використовуються в електронному навчанні.

Існує кілька організацій і проектів, що займаються на міжнародному й національному рівні проблемами стандартизації інформаційних технологій в освіті. Серед них значні дослідження проводять IMS Global Learning Consortium, IEEE Learning Technology Standards Committee, Computer Society, ISO/IEC JTC1 SC36, AICC, ADL-SCORM, ARIADNE, PROME-

TEUS й інші консорціуми. Всі ці організації по-різному визначають коло проблем.

До найпоширеніших стандартів у сфері електронного навчання належать такі:

**IMS** – Instructional Management Systems (Системи організації навчання);

**IEEE** – Institute of Electrical and Electronic Engineers (Інститут електротехніки й електроніки);

**AICC** – Airline Industry Computer Based Training Committee (Міжнародний комітет з комп'ютерного навчання в авіації);

**ADL** – Advanced Distributed Learning (Просунуте розподілене навчання);

**ARIADNE** (Консорціум АРІАДНА);

**SCORM** – Sharable Content Object Reference Model (Модель обміну навчальними матеріалами);

**LOM** – for Learning Object Metadata, IEEE 1484.12.1-2002 – міжнародні рекомендаційні стандарти, призначені для технологічного супроводу дистанційних освітніх технологій.

Стандарт **IMS** у першу чергу орієнтований на пакування контенту, мета-дані навчальних ресурсів, тестування, профілювання того, кого навчають, і компетенції. Learning management systems – LMS – **системи керування навчанням**. Під **системами керування навчанням** маються на увазі системи, які організовують електронне навчання: реєструють тих, хто навчається, інформують їх про те, які курси їм треба буде пройти, навчають їх за програмами цих курсів, ведуть облік оцінок тощо.

Основним недоліком наявних систем організації навчання є те, що в системах різних виробників управлінські функції (наприклад, відстеження користування, обробка інформації про користувача, підготовка звітів про результати тощо) здійснюються по-різному. Це призводить до збільшення собівартості навчальних матеріалів. Пояснюється це декількома причинами.

По-перше, розробнику навчальних матеріалів доводиться створювати окремі прикладні програми для різних систем організації навчання – для того, щоб навчальні матеріали, які він розробляє, могли успішно використовуватися на різних платформах.

По-друге, творці систем організації навчання часто бувають змушені вкладати гроші в розробку власних засобів авторизації навчальних матеріалів.

Нарешті, розробники, як правило, не мають можливості розподіляти витрати на розробку між продавцями й, крім того, вони обмежують збут своєї продукції споживачам, що зупинили свій вибір на якось конкретних серіях їхніх виробів.

Стандарти, що розробляються Консорціумом глобального навчання IMS (IMS Global Learning

Consortium), допомагають уникнути цих труднощів і сприяють впровадженню технології навчання, заснованої на функціональній сумісності. Деякі специфікації IMS одержали всесвітнє визнання й перетворилися на стандарти для навчальних продуктів і послуг. Основні напрямки розробки специфікацій IMS – мета-дані, пакування змісту, сумісність питань і тестів, а також управління змістом.

Стандарти для мета-даних визначають мінімальний набір атрибутів, необхідних для організації, визначення місцезнаходження й оцінки навчальних об'єктів. Значимими атрибутами навчальних об'єктів є тип об'єкта, ім'я автора об'єкта, ім'я власника об'єкта, строки поширення й формат об'єкта. За необхідності ці стандарти можуть також містити в собі опис атрибутів педагогічного характеру – таких як стиль викладання або взаємодії викладача з учнем, одержуваний рівень знань і рівень попередньої підготовки.

Створена IMS інформаційна модель пакування змісту (ПЗ) описує структури даних, покликані забезпечити сумісність матеріалів, створених за допомогою Інтернету, з інструментальними засобами розробки змісту, системами організації навчання (learning management systems – LMS) і так званими робітничими середовищами, або оперативними засобами управління виконанням програм (run-time environments). Модель ПЗ IMS створена для визначення стандартного набору структур, які можна використати для обміну навчальними матеріалами.

Специфікація сумісності питань і систем тестування IMS описує структури даних, що забезпечують сумісність питань і систем тестування, створених на основі використання Інтернету. Головна мета цієї специфікації – дати користувачам можливість імпортувати й експортувати матеріали з питаннями й тестами, а також забезпечити сумісність змісту навчальних програм із системами оцінки.

Специфікація управління змістом, підготовлена IMS, встановлює стандартну процедуру обміну даними між компонентами змісту навчальних програм і робітничими середовищами.

**IEEE LTSC** займається розробкою стандартів, пов'язаних з архітектурою освітніх технологічних систем, моделлю того, кого навчають, освітнім контентом, мета-даними навчальних ресурсів, системами керування.

**SCORM** – еталонна модель об'єктів навчального забезпечення, що спільно використовуються. SCORM розроблялася з ініціативи ADL Міністерства оборони США, тому має відповідну спрямованість. Для відстеження успіхів і досягнутого рівня компетенції тих, хто



навчається, а також для розробки певного маршруту їх просування за матеріалами курсу потрібне дотримання специфікацій SCORM “Середовище виконання програм” і “Послідовність подачі матеріалу”.

Серед усіх продуктів стандартизації електронного навчання, що з’явилися останнім часом, SCORM одержав найширше визнання. Ця модель використовується при створенні систем навчання, що спираються на ресурси Інтернету. Еталонна модель SCORM складається із трьох частин: вступу, або оглядової частини (the Overview), опису моделі інтеграції змісту (the Content Aggregate Model) і опису робітничого середовища, або середовища виконання програм (the Run-Time Environment – RTE). У першій частині описуються стандарти ADL і дається логічне обґрунтування створення еталонної моделі. Друга частина містить практичні поради з виявлення ресурсів і перетворення їх у структурований навчальний матеріал. В останній частині даються практичні поради щодо здійснення зв’язку з веб-середовищем і відстеження його вмісту.

В ідеальній ситуації, що відповідає еталону SCORM, всі елементи навчальних програм функціонально сумісні з усіма системами LMS і середовищами VLE. Будь-яку навчальну комп’ютерну програму, що відповідає стандарту, можна ввести в наявну систему організації навчання / віртуальне середовище, і між ними буде можливий обмін даними.

SCORM – це швидше не стандарт, а еталон, за допомогою якого перевіряється ефективність і можливість практичного застосування набору окремих специфікацій і стандартів. Цей еталон використовують такі розробники стандартів, як IEEE і IMS для об’єднання створених ними специфікацій.

Відповідно до вимог SCORM, навчальні програми повинні містити три основних компоненти:

1. Мова взаємодії програм (run-time communications) – іншими словами, стандартна мова, якою навчальна програма “спілкується” із системою організації навчання (LMS) або з віртуальним середо-

вищем навчання (VLE). Наявність такої мови важлива насамперед тому, що вона дозволяє запустити й завершити програму навчання, перебуваючи в LMS або VLE. Крім того, ця мова дозволяє передавати дані про оцінки з навчальної програми в LMS.

2. Файл-маніфест / пакет змісту (Content package). Цей файл містить повний опис курсу навчання і його складових.

3. Мета-дані про курс. Кожний фрагмент курсу – зображення, сторінка HTML або відеокліп – асоціюється з певним файлом мета-даних, у якому містяться вказівки на те, що цей фрагмент собою являє й де перебуває.

**Microsoft LRN** – варіація IMS від Microsoft  
<http://www.microsoft.com/RUS/ctec/lrn.htm>

Пакет LRN Toolkit дає вичерпне подання про специфікації *IMS Content Packaging Specification* і містить засоби, які покликані допомогти у реалізації системи *дистанційного навчання*.

Пакет містить:

- набір засобів створення, перегляду й *тестування* матеріалів LRN;
- приклади, що демонструють сумісність і гнучкість технології LRN;
- специфікацію *IMS Content Packaging Specification*, версія 1.0;
- докладні презентації, інформаційні документи й документацію про пакет LRN Toolkit.

Додаткові відомості про корпорації Майкрософт і технології дистанційного навчання, а також зразки матеріалів LRN можна знайти за адресою [www.microsoft.com/eLearn](http://www.microsoft.com/eLearn).

Стандарт **AICC** за назвою Assignable Unit course structure format (Встановлювана Одиниця у форматі структури курсів).

Таке освітнє середовище реалізується сьогодні сучасними засобами зі створення он-лайн курсів та їхнього вивчення.

У світовій практиці розроблено досить багато засобів з розробки он-лайн курсів:

№	Назва	Інтернет-адреса програмного продукту
1	BlackBoard	<a href="http://www.blackboard.com">http://www.blackboard.com</a>
2	WebCT	<a href="http://www.webct.com">http://www.webct.com</a>
3	Learning Space	<a href="http://www.lotus.com/learningspace">http://www.lotus.com/learningspace</a>
4	ToolBook II	<a href="http://www.asymetrix.com">http://www.asymetrix.com</a>
5	Front Page 2002	<a href="http://www.microsoft.com">http://www.microsoft.com</a>
6	AuthorWare	<a href="http://www.macromedia.com">http://www.macromedia.com</a>
7	Director	<a href="http://www.macromedia.com">http://www.macromedia.com</a>
8	Virtual-U	<a href="http://www.virtual-u.cs.sfu.ca/vuweb">http://www.virtual-u.cs.sfu.ca/vuweb</a>
9	Convene	<a href="http://www.convene.com">http://www.convene.com</a>
10	Intrakal	<a href="http://www.anlon.com">http://www.anlon.com</a>

Програмне забезпечення електронного навчання містить у собі три основних компоненти:

- навчальні програми (*Courseware*) – власне програми комп'ютерного навчання;
- інструментальні засоби (*Authoring software*) – програми, що використовуються для розробки навчальних програм;
- системи управління навчанням (*Learning Management Systems – LMS*) і віртуальні середовища навчання (*Virtual Learning Environments – VLE*).

Системи управління навчанням – системи, які організують електронне навчання: реєструють тих, хто навчається, інформують їх про те, які курси їм треба буде пройти, навчають їх за програмами цих курсів, ведуть облік оцінок тощо.

Проте готові інструменти для розміщення контенту накладають деякі обмеження щодо творчості розробників – жорстка структуризація розміщення та подальшого відображення матеріалу не дозволяє експериментувати в нестандартних системах організації навчального процесу.

#### **Дизайн та інтерфейс посібника**

Інтерфейс (із загальних позицій) визначається як затверджена стандартами межа поділу двох систем, пристроїв або програм.

Інтерфейс користувача (англ. *user interface*) – сукупність засобів, за допомогою яких користувач спілкується з різними пристроями, найчастіше – з комп'ютером або іншим складним інструментарієм (системою).

Інтерфейс користувача комп'ютерного додатку включає:

- засоби відображення інформації – саме інформацію, що відображається, формати й коди;
- командні режими, мову “користувач – інтерфейс”;
- пристрої й технології введення даних;
- діалоги, взаємодію й транзакції між користувачем і комп'ютером, зворотний зв'язок з користувачем;
- підтримку прийняття рішень у конкретній предметній області;
- порядок використання програми й документацію на неї.

Під інтерфейсом користувача часто розуміють тільки зовнішній вигляд програми. Але насправді користувач сприймає через нього всю програму в цілому, тому таке розуміння є занадто вузьким.

Насправді інтерфейс користувача поєднує в собі всі елементи й компоненти програми, які здатні впливати на взаємодію користувача із програмним забезпеченням.

До цих елементів належать [3]:

- набір завдань користувача, який він вирішує за допомогою системи;
- метафора, що використовується системою (наприклад, робочий стіл в MS Windows®);
- елементи керування системою;
- навігація між блоками системи;
- візуальний (і не тільки) дизайн екранів програми;
- засоби відображення інформації, інформація, що відображається й формати;
- пристрої й технології введення даних;
- діалоги, взаємодія й транзакції між користувачем і комп'ютером;
- зворотний зв'язок з користувачем;
- підтримка прийняття рішень у конкретній предметній області;
- порядок використання програми й документація на неї.

Прогрес у розробці інтерфейсів користувача привів до появи відповідних стандартів – спочатку на рівні провідних компаній-розробників, а пізніше й стандартів ISO. У їхній основі лежить накопичений досвід розробки й оцінки якості найсучасніших інформаційних проєктів. У дизайні інтерфейсу користувача можна умовно виділити *декоративну* й *активну* складові. До першої відносяться відповідальні за естетичну привабливість програмного виробу. Активні елементи поділяються на операційні й інформаційні образи моделей обчислень, а також на керуючі засоби інтерфейсу користувача [4], за допомогою яких користувач керує програмою.

Значного прогресу досягнуто в області стандартизації інтерфейсу користувача, представленого класами й підкласами:

- символний (підклас – командний);
- графічний (WIMP, підкласи – простий, двовимірний, тривимірний);
- мовний (SILK);
- біометричний (мімічний);
- семантичний (суспільний).

WIMP-інтерфейс розшифровується як Windows (вікно) Image (образ) Menu (меню) Pointer (покажчик). При використанні *WIMP-інтерфейсу* на екрані висвічується вікно, що містить образи програм і меню дій. Для вибору одного з них використовується покажчик. У наш час практично всі розповсюджені операційні системи надають для своєї роботи графічний інтерфейс *WIMP*, що використовує вказівний пристрій (наприклад, “миша”), вибір команд із меню, надання програмам окремих вікон, використання для позначення програм образів у вигляді піктограм.

SILK-інтерфейс розшифровується як Speech (мовлення) Image (образ) Language (мова) Knowledge (знання). При використанні SILK-інтерфейсу на екрані за мовною командою відбувається переміщення від одних пошукових образів до інших за значеннєвими семантичними зв'язками.

Сучасні операційні системи підтримують командний, *WIMP*- і *SILK*- інтерфейси.

Останнім часом увагу привертають нові види інтерфейсу, такі як біометричний (мімічний) і семантичний (суспільний). У зв'язку із цим поставлена проблема створення суспільного інтерфейсу (social interface). Суспільний інтерфейс буде містити в собі кращі рішення *WIMP*- і *SILK*-інтерфейсів.

Передбачається, що при використанні суспільного інтерфейсу не потрібно буде розбиратися в меню. Екранні образи однозначно вкажуть подальший шлях. Переміщення від одних пошукових образів до інших буде проходити за значеннєвими семантичними зв'язками.

Система керуючих засобів інтерфейсу користувача конкретного підкласу є одночасно шаблоном можливого "тексту" на деякій (неявній) мові піктограм керування й імітацією за допомогою засобів машинної графіки керуючої панелі інструменту обробки даних. У різних типах інтерфейсу питома роль мовної та імітаційної складових може бути різною. При цьому роль синтаксису грають виразні форми інтерфейсу й послідовності маніпуляцій з ними. У такому вигляді інтерфейсу, як командний рядок, мова піктограм вироджується в конкретну програмну мову керування завданнями. Таким чином, складова інтерфейсу додатка, що управляє, є конкретною реалізацією явно або неявно обраного типу інтерфейсу користувача, його синтаксису, дизайну й маніпуляційних властивостей. Вибір типу (або типів) інтерфейсу в розвиненому додатку повинен визначатися характером предметної області, що не виключає можливості міграції елементів стилю з однієї області в іншу.

Виділяють два аспекти інтерфейсу користувача: функціональний і ергономічний, кожний з яких регулюється своїми стандартами.

Наприклад, *WIMP* підтримується наступними функціональними стандартами:

- стандарт ISO 9241-12-1998 регулює візуальне подання інформації, вікна, списки, таблиці, міпки, поля й ін.;
- стандарт ISO 9241-14-1997 – меню;
- стандарт ISO 9241-16-1998 – прямі маніпуляції;
- стандарт ISO/IES 10741-1995 – курсор;
- стандарт ISO/IES 12581-(1999-2000) – піктограми.

Оскільки інтерфейс є фізичним динамічним пристроєм, що взаємодіє з користувачем, то поряд з аб-

страктно-синтаксичним виникає й незалежний ергономічний аспект, що доповнює його. Останній перебуває у зародковій формі й відповідає звичайному текстовому об'єкту (розмір шрифту, оформлення кольором, навігація по сторінках тощо). У випадку комп'ютерного інтерфейсу з'являються нові особливості, пов'язані з комфортністю екранного відображення, достатньою оперативністю реакції програмного засобу на дії користувача, зручністю маніпулювання мишею й клавіатурою (і їхніми швидкісними показниками).

Стандарти, що включають ергономічні характеристики, є уніфікованими стосовно класів і підкласів:

– стандарт ISO 9241-10-1996 – керівні ергономічні принципи, відповідність до завдання, самоописовість, контрольованість, відповідність до очікувань користувача, толерантність до помилок, налаштування, можливість вивчення;

– стандарт ISO/IBS 13407-1999 – обґрунтування, принципи, проектування й реалізація проекту, орієнтованого на користувача;

Нормативні вимоги з ергономіки інтерфейсу користувача відрізняються за своєю природою від синтаксичних і маніпуляційних правил – вони відносяться до психофізіологічних властивостей конкретної реалізації вже обраного типу (стилю) інтерфейсу користувача (і відповідного стандарту) у конкретному додатку. У цих умовах ергономічні стандарти можуть лише вимагати досягнення деяких загальних керівних ергономічних принципів [5], яким повинні відповідати реалізація в додатку обраного типу (стилю). При цьому передбачається, що додаток повинен бути оптимально інкорпорований у технічне середовище. Ергономічні аспекти інтерфейсу користувача додатку є природним розширенням ергономіки технічних засобів і робочого місця. Сьогодні існує два підходи до оцінки ергономічної якості, які можна віднести до методів "чорної" і "білої скриньки".

У першому підході оцінює кінцевий користувач (або тестер), підсумовуючи результати роботи із програмою в рамках наступних показників ISO 9241-10-98 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). P. 11. Guidance on usability specification and measures [6]:

- ефективності (effectiveness) – впливу інтерфейсу на повноту й точність досягнення користувачем цільових результатів;
- продуктивності (efficiency) або впливу інтерфейсу на продуктивність користувача;
- ступеня (суб'єктивної) задоволеності (satisfaction) кінцевого користувача цим інтерфейсом.

Ефективність є критерієм функціональності інтерфейсу, а ступінь задоволеності (й, побічно, продуктивність) – критерієм ергономічності.

При використанні другого підходу намагаються встановити, яким (керівним ергономічним) принципам повинен відповідати інтерфейс користувача із точки зору оптимальності людино-машинної взаємодії. Розвиток цього аналітичного підходу був спричинений потребами проектування й розробки ПЗ, оскільки дозволяє сформулювати провідні вказівки з організації й характеристик оптимального інтерфейсу користувача. Цей підхід може бути використаний і при оцінці якості розробленого інтерфейсу користувача. У цьому випадку показник якості оцінюється експертом за ступенем реалізації керівних принципів або похідних від них більш конкретних графічних і операційних особливостей оптимального “людино-орієнтованого” інтерфейсу користувача.

*Графічний інтерфейс користувача* є обов’язковим компонентом більшості сучасних програмних продуктів, орієнтованих на роботу кінцевого користувача.

*Графічний інтерфейс користувача* (ГІК) (англ. *Graphical user interface*) – система засобів для взаємодії користувача з комп’ютером, заснована на поданні всіх доступних користувачеві системних об’єктів і функцій у вигляді графічних компонентів екрана (вікон, значків, меню, кнопок, списків тощо). При цьому, на відміну від інтерфейсу командного рядка, користувач має вільний доступ (за допомогою клавіатури або вказівного пристрою введення) до всіх видимих екранних об’єктів, а на екрані реалізується модель світу відповідно до деякої метафори й здійснюється пряме маніпулювання.

Можна виділити такі види ГІК:

- простий: екранні форми й стандартні елементи вводу-виводу;
- справжній – графічний, двовимірний: нестандартні елементи вводу-виводу й метафори;
- тривимірний: на даний момент слабо класифікований.

Уперше концепція ГІК була запропонована вченими з дослідницької лабораторії Xerox PARC в 1970-х, а комерційне втілення одержала в продуктах корпорації Apple Computer.

Найчастіше графічний інтерфейс реалізується в інтерактивному режимі роботи користувача для програмних продуктів, що функціонують у середовищі Windows, і будується у вигляді системи каскадних *меню* з використанням (як засобу маніпуляції) вказівного пристрою і клавіатури.

Робота користувача здійснюється з екранними формами, що містять об’єкти керування, панелі

інструментів з піктограмами режимів і команд обробки.

Стандартний графічний інтерфейс користувача повинен відповідати ряду вимог:

- підтримувати інформаційну технологію роботи користувача із програмним продуктом;
- орієнтуватися на кінцевого користувача, що “спілкується” із програмою на *зовнішньому* рівні взаємодії;
- задовольняти принципу “шести”, коли в одну лінійку меню включають не більше 6 понять, кожне з яких містить не більше 6 опцій;
- графічні об’єкти зберігають своє стандартизоване призначення й по можливості місце розташування на екрані.

Процедури підтримки віконного інтерфейсу покликані відобразити екран з вікнами, що розташовуються “поверх нього”, і розподіляти дії користувача між ними (при існуванні декількох рівноправних вікон введення користувачем здійснюється в те, яке у цей момент є активним).

Вікно зазвичай має прямокутну форму з обрамленням і/або кольорами фону, відмінним від кольорів основного екрана. За необхідності вікно має заголовки (з поясненням функції) і органи керування. Іноді використовуються різні ефекти для додання відчуття об’ємності інтерфейсу, у тому числі:

- “*тіні*” — затемнення під вікном зі зрушенням (як правило, униз, припускаючи наявність світла зверху). У графічному режимі тіні також можуть відкидати інші елементи інтерфейсу, наприклад курсор миші;
- створення ілюзії випуклих і увігнутих структур – ліній, написів, знижених або підвищених областей (наприклад, кнопок), рамок тощо, лініями підвищеної й зниженої яскравості та напівтонових переходів (для імітації криволінійних поверхонь);
- повна або часткова (напів-) *прозорість* вікна — просвічування крізь “підкладки” або інші вікна (застосовується тільки в графічному режимі).

Деякі вікна (вони називаються *модальними*) “монопольнують” фокус уваги користувача: роботу із програмою можна продовжити лише після закриття “модального” вікна.

Віконний інтерфейс дуже швидко завоював популярність і в цей час (частково, завдяки операційним системам із графічними віконними оболонками) є найпопулярнішим видом програмного інтерфейсу.

Існують деякі прийоми з розробки графічного інтерфейсу користувача [7].

Панель додатку звичайно розділяють на три частини:



- меню дій;
- тіло панелі;
- область функціональних клавіш.

Перевага використання *меню дій* (і меню, що випадає) полягає в тому, що ці дії наочні й можуть бути виконані користувачем за допомогою установки курсора, функціональної клавіші, введенням команди або якимось іншим простим способом.

*Тіло панелі* містить елементи:

- роздільники областей;
- ідентифікатор і заголовок панелі;
- інструкцію;
- заголовки стовпчика, групи, поля;
- покажчик позиції;
- області повідомлень і команд;
- поля введення й вибору.

*Область функціональних клавіш* – необов'язкова частина, що показує відповідність між клавішами і діями, які виконуються при їхньому натисканні. В області функціональних клавіш відображаються тільки ті дії, які доступні на поточній панелі.

Для вказівки поточної позиції на панелі використовується курсор вибору. Для більш швидкої взаємодії можна передбачити функціональні клавіші, номер об'єкта вибору, команду або мнемоніку.

Розбивка панелі на області заснована на принципі “об'єкт - дія”. Цей принцип дозволяє користувачеві спочатку вибрати об'єкт, потім виконати певні дії із цим об'єктом, а це мінімізує число режимів, спрощує й прискорює навчання роботі з додатками й створює для користувача комфорт.

Якщо панель розташовується в окремій обмеженій частині екрана, то вона називається *вікном*, що може бути первинним або вторинним.

У первинному вікні починається діалог, і якщо в додатку не потрібно створювати інші вікна, вікном вважається весь екран. Первинне вікно може містити стільки панелей, скільки потрібно для ведення діалогу.

Вторинні ж вікна викликаються з первинних. У них користувач веде діалог паралельно з первинним вікном. Часто вторинні вікна використовуються для підказки.

Первинні й вторинні вікна мають заголовок у верхній частині вікна. Користувач може переходити з первинного вікна у вторинне й навпаки.

Існує також поняття “спливаючі вікна”, які дозволяють поліпшити діалог користувача з додатком, що ведеться з первинного або вторинного вікна.

Шлях, за яким рухається діалог, називають навігацією. Він може бути зображений у вигляді графа, де вузли – дії, дуги – переходи. Діалог складається із двох

частин: запитів на обробку інформації й навігації по додатку. Частина запитів на обробку й навігацію є уніфікованою. Уніфіковані дії діалогу – це дії, що мають однаковий зміст у всіх додатках. Деякі уніфіковані дії можуть бути викликані з меню, що випадає, за допомогою дії “команда” функціональною клавішею.

До уніфікованих дій діалогу належать:

- “відмова”;
- “команда”;
- “введення”;
- “вихід”;
- “підказка”;
- “регенерація”;
- “добування”;
- “ідентифікатори”;
- “клавіші”;
- “довідка”.

При оцінюванні інформаційних технологій як критерії використовують також оцінки інтерфейсу користувача. Наприклад, як показник розглядають ефективність, яка характеризує функціональність інтерфейсу, а відповідність вимогам користувача – критерій ергономічності.

#### **Принципи навігації змістом**

Під *навігацією* розуміють можливість швидко перейти від однієї теми до іншої, одержати необхідну довідку, коментар, переглянути ілюстрацію (у тому числі відеофільми, інтерактивні анімації, віртуальні моделі), швидко знайти необхідну інформацію, вийти в Інтернет, обмінятися повідомленнями електронною поштою із викладачем-т'ютором.

При розробці електронного навчального засобу повинна приділятися особлива увага формі й засобам *ведення* того, кого навчають, по структурі електронного матеріалу. У першу чергу повинні реалізуватися такі функції:

- перегляд загальної структури електронного навчального засобу, його тематик і вибір конкретного об'єкта вивчення із загального списку;
- рекомендації з оптимальної послідовності дій у процесі самостійного навчання, які не повинні виключати можливості вибору послідовності вивчення на розсуд того, кого навчають;
- довільний вибір засобів навчання в рамках обраного об'єкта вивчення (теоретична частина, підсистема комп'ютерного тренінгу й контролю, підсистема моделювання, підсистема експериментального дослідження, підсистема обробки даних);
- фіксація вже вивченого навчального матеріалу з можливістю повторного вивчення за бажанням того, кого навчають;



– відображення поточного положення того, кого навчають, у структурі навчальної дисципліни з можливістю швидкого переходу на інший рівень.

Як правило, існують наступні загальноприйняті методи навігації по навчальному матеріалу будь-якого курсу [10].

– *посторінковий доступ до матеріалу* – цей найбільш близький до традиційного використання навчальних посібників метод використовується при одержанні знань з будь-якої дисципліни у всіх випадках, коли важливою є послідовність у викладі матеріалу, при цьому відбувається просування по тексту з демонстрацією всіх зв'язаних елементів мультимедіа;

– *можливість доступу до розділів, тем і підтем* матеріалу важлива для розуміння логіки курсу в цілому й часто застосовується для повторного звернення до інформації й при користуванні довідниками;

– *пошук за ключовим словом, словосполученням, рядком* дає можливість знаходити необхідні відомості з потрібних понять, навіть не маючи уявлення про логіку представлення інформації в даній дисципліні;

– *можливість навігації в текстах за “гарячими” словами і зв'язаними темами* означає, що при читанні тексту користувач може з'ясувати значення виділених понять, переміститися в пов'язаний з викладом фрагмент іншої теми, наприкінці тексту перейти до однієї з тем, що логічно продовжує прочитану;

– *доступ за мультимедійними елементами*, що є в навчальній системі, полегшує пошук потрібної інформації, оскільки для людської пам'яті зручніше оперувати із зоровими й звуковими образами, а не з абстрактними поняттями. Залежно від організації матеріалу такими медіаелементами можуть бути таблиці, графіки, схеми, малюнки, картографічні зображення, анімація, звукові й музичні фрагменти, фотографії, кіно- і відеоматеріали, інтерактивні елементи.

Характеристики зручної навігації:

– навігація відповідає цілям, очікуванням та поведінці користувача;

– елементи навігації супроводжують користувача, але не вимагають основної уваги;

– навігація повинна бути інтуїтивною;

– навігація базується на стандартах (графічний інтерфейс користувача) та повинна бути зрозумілою без додаткових пояснень;

– навігація є послідовною в межах усієї навчальної програми;

– навігація пропонує альтернативні шляхи доступу до певної веб-сторінки.


Гіпертекстова навігація в даному посібнику має свою специфіку.


Існує підхід щодо стандартного визначення гіпертекстових переходів: виділення кольором та підкреслення тексту. Але гіпертекстове посилання може виконувати низку дій:

- 1) рух по матеріалу посібника;
- 2) запуск відео;
- 3) виклик в окреме вікно фото або рисунка;
- 4) запуск програмного методу розрахунку;
- 5) виклик в окреме вікно тезауруса;
- 6) виклик тексту у додаткове вікно;
- 7) виклик документації у \*.pdf форматі.


Для того, щоб користувач знав, яка дія виконається при виклику гіпертекстової команди, в посібнику поряд з гіпертекстовим рядком можуть використовуватися відповідні піктограми, наприклад:

 – відео;

 – фото або рисунок;

 – програмний метод розрахунку.

На сторінці можуть зустрічатися і текстові посилання на мультимедійні елементи, а також на іншу сторінку чи тезаурус.

Тезаурус позначається в тексті піктограмою – .

Для переходу до текстового посилання необхідно на нього натиснути курсором миші. Також текст може містити додаткові сторінки, що відкриваються у додатковому вікні та несуть додаткову інформацію. В тексті вони позначені відповідними символами.

Якщо на сторінці міститься більше ніж один мультимедійний елемент, з'являється додаткова нижня панель, з якої можна відкрити відповідний мультимедійний елемент.

**Мультимедійні елементи.**

Мультимедійні елементи – це найважливіша складова електронного засобу навчання (ЕЗН). Сюди входить як ілюстративна частина навчального матеріалу, так і інтерфейс користувача продукту. Компоненти візуального ряду можуть бути статичними й динамічними. При цьому вони можуть бути отримані за допомогою фото-, відеозйомки або синтезовані комп'ютером. Таким чином, компоненти візуального ряду діляться на чотири класи:

- статичні реалістичні зображення (фото);
- динамічні реалістичні зображення (відео);
- статичні синтезовані зображення (графіка);

– динамічні синтезовані зображення (анімація).

Можна сформулювати ряд вимог до мультимедійних елементів:

- весь візуальний ряд ЕЗН рекомендується витримувати в одному стилі й подібних поєднаннях кольорів;
- не рекомендується перевантажувати зображення зайвими деталями;
- асоціативні образи, народжувані візуальним рядом, не повинні випадати з контексту основної інформації;
- зображення не повинні викликати негативних емоційних відчуттів;
- перетворення зображення у формат зберігання не повинне викликати погіршення якості, що ускладнює сприйняття представленої інформації;
- зображення повинне відображатися із прийнятною для сприйняття якістю.

*Статичні реалістичні зображення (фото).*

Особливості використання: основний об'єкт або суб'єкт повинен бути в центрі композиції й досить добре освітленим, щоб запобігти відверненню уваги користувача на фон.

*Динамічні реалістичні зображення (відео).*

Відео повинне використовуватися там, де воно або краще, ніж інші мультимедійні компоненти представляє суть змісту, або складність створення альтернативного компонента (анімації) істотно перевищує складність створення відеофрагмента.

Особливості використання:

- нові об'єкти або суб'єкти повинні триматися у фокусі досить довго, щоб користувачі могли розглянути й запам'ятати їх. Надалі ці об'єкти або суб'єкти не повинні без особливої необхідності надовго затримуватися у фокусі;
- основний об'єкт або суб'єкт повинен бути досить добре освітленим, щоб запобігти відверненню уваги користувача на фон;
- у випадку відсутності у відео звукового ряду відеофрагменти повинні відтворюватися з відповідним дикторським супроводом, що пояснює відеоряд;
- відеоінформацію рекомендується подавати у вигляді, який її найкраще представляє й підтримує інтерес користувача.

*Статичні синтезовані зображення (графіка).*

Синтезовані зображення рекомендується використовувати тоді, коли:

- реалістичне зображення містить велику кількість другорядних деталей;
- використання реалістичного зображення пов'язане із проблемами його створення (наприклад, через проблеми, пов'язані з розміром предмета або явища, що відображається, його доступністю тощо);

– для виділення ключової інформації.

Особливості використання:

- поєднання кольорів не повинне заважати сприйняттю інформації та має бути естетично витримане.
- об'єкти, що несуть основне значення навантаження, рекомендується виділяти кольорами або контрастом.
- об'єкти синтезованого зображення повинні бути пізнавані.

*Динамічні синтезовані зображення (анімація).*

Динамічні синтезовані зображення (анімація) створюються з послідовності статичних зображень, що змінюють одне одного. Тому всі рекомендації, що відносяться до статичних синтезованих зображень, стосуються і анімації.

Особливості використання:

- час відтворення анімації повинен бути достатнім для засвоєння інформації;
- для поліпшення засвоєння навчального матеріалу рекомендується ілюстрацію складних процесів розбивати на кілька послідовних етапів;
- швидкість відтворення анімації повинна бути не менше 10 кадрів за секунду.

*Вимоги до звукового супроводу.*

Звуковий ряд ЕЗН включає:

- мовний звуковий ряд (мова);
- звукову інформацію (звук);
- музику;
- звукові ефекти;
- звукові ремарки.

Особливості використання:

- при використанні одночасно декількох звуків необхідно погоджувати рівень їхньої гучності;
- мовний звуковий ряд в ЕЗН повинен бути записаний у студії професійними дикторами або акторами;
- дикторська мова повинна мати емоційний характер, може включати риторичні питання, вигуки, звертання до аудиторії, повинна бути зразковою за інтонацією, вимовою та ясністю звучання.
- звук використовується, коли візуальний канал сприйняття перевантажений;
- для більшого ефекту необхідно, щоб текст і звук доповнювали (або повторювали) один одного;
- неприпустимо, щоб текст і звук суперечили або заважали один одному;
- небажано, щоб звуковий ряд перехоплював увагу того, кого навчають, коли візуальний ряд представляє щось важливе;
- необхідно вказувати звуком на важливі місця візуального ряду;
- коментування відео й анімації звуком покращує сприйняття інформації, а текстом – погіршує;

– при використанні звукових ефектів необхідно приділяти особливу увагу їхній реалістичності та синхронізації звукової й візуальної інформації;

– якість звукової інформації повинна відповідати встановленим навчальним завданням, і в цьому випадку можливе використання інших форматів звукозапису;

– музичний супровід може бути використаний як фон при відтворенні статичного або динамічного візуального ряду, наприклад, слайд-шоу або відео. При цьому рекомендується надавати користувачеві можливість вибору музичного супроводу;

– звукові ефекти являють собою записи реальних звуків або синтезовані звуки в цифровому форматі. Вони можуть бути використані в імітаційних моделях, що відтворюють фізичні процеси. Крім цього звукові ефекти можуть бути закріплені за навігаційними елементами при використанні метафор в організації екранного простору.

Дизайн-ергономічні вимоги до мультимедійних видань визначені в міжнародному стандарті ISO 14915 “Дизайн (проекування) мультимедійного інтерфейсу користувача – Ергономічні вимоги для інтерактивного людино-комп’ютерного мультимедійного інтерфейсу”. (ISO 14915 Multimedia user interface design – Ergonomic requirements for interactive human computer multimedia interfaces).

Цей стандарт використовується як розробниками мультимедійного продукту, які застосовують норми стандарту під час процесу його створення, так і експертами, які повинні встановлювати, чи відповідає продукт рекомендаціям стандарту.

У третій частині стандарту визначені рекомендації з вибору мультимедійних компонентів і їхніх комбінацій (ISO 14915-3: Selection of media and media combination). При цьому приймається, що мультимедійні компоненти можуть комбінуватися паралельно або послідовно.

Безумовно, деякі положення міжнародного стандарту повинні застосовуватись при формулюванні кваліфікаційних вимог до освітніх електронних видань. Подібні вимоги можна представити в такий спосіб:

– різні комбінації мультимедійних компонентів забезпечують різний вплив на користувача, таким чином, мультимедійні компоненти повинні комбінуватися для виконання цілей і завдань користувача;

– вибір комбінації мультимедійних компонентів повинен надавати слухачеві максимальний обсяг необхідної інформації;

– при виборі комбінації мультимедійних компонентів необхідно враховувати можливість розуміння представленої інформації цільовою аудиторією (вік, початкові знання, спеціалізація);

– може бути забезпечена можливість вибору слухачем окремого мультимедійного компонента з комбінації відповідно до індивідуальної потреби (наприклад, якщо інформація представлена мовою й текстом, то може бути надана можливість відключення звуку);

– необхідно враховувати значеннєвий зміст, що залежить від комбінації мультимедійних компонентів, тобто не повинно виникати ситуації, коли відключення одного з мультимедійних компонентів змінює зміст повідомлення (наприклад, якщо відео показує деяку дію, а супровідний мовний коментар пояснює, у чому помилковість цієї дії, то відключення звуку призведе до неправильного розуміння змісту повідомлення);

– коли представляється дуже важлива інформація, то необхідно забезпечити надмірність подання для повного розуміння змісту;

– не можна представляти інформацію двома мультимедійними компонентами з конфліктуючим змістом;

– не можна використовувати комбінації, що одночасно завантажують один канал сприйняття інформації (наприклад, не рекомендується супроводжувати відео текстом, що пояснює, тому що зоровий канал сприйняття буде сконцентрований тільки на одному джерелі інформації);

– комбінація компонентів може забезпечити подання інформації, що стосується однієї теми, з різних точок зору (наприклад, зображення кардіограми і її звуковий супровід), при цьому обрані комбінації не повинні перевантажувати канали сприйняття інформації.

– слухачі повинні мати час і можливість сприйняти всю представлену інформацію;

– комбінація мультимедійних компонентів повинна збільшувати мотивацію користувача й підвищувати естетичне сприйняття презентації;

– деякі комбінації компонентів здатні перевантажити технічні канали відтворення й передачі інформації, це може призвести до неможливості подання презентації в прийнятній формі.

Найчастіше при демонстрації використовується відеоінтеграція динамічного зображення, мовного звукового ряду й звуку. Ця комбінація може бути ефективно використана для мовного пояснення візуальної інформації, при цьому звукові ефекти застосовуються для надання додаткової інформації про зображення.

Текст може використовуватися для поліпшення комунікаційної ефективності фотографій або малюнків у вигляді підписів або окремого тексту, що їх пояснює. Мовний коментар може використовуватися для залучення уваги до особливо важливих частин зоб-

раження або передачі основних ідей тексту. При цьому вся важлива інформація повинна бути представлена у вигляді тексту, а мова використовуватися тільки як доповнення. Проте, дизайн повинен забезпечувати таке комбінування текстової й звукової інформації, щоб слухачеві було достатньо часу для читання текстових коментарів і без звукового супроводу.

Зображення можуть зіставлятися або порівнюватися одне з одним, при цьому підписи до малюнків і мовний коментар мають вказувати слухачеві на важливі елементи зображень. У цьому випадку підписи до малюнків повинні вказувати на окремі важливі моменти, а мова повинна бути використана для загального коментаря.

Вважається, що для підвищення рівня дидактичного сприйняття змісту електронного посібника вкрай необхідно задіяти максимально можливу кількість сенсорних каналів людини. Тобто в електронному навчальному посібнику можуть бути застосовані текст, відео, графіка, звук.

**Визначення додаткових компонентів навчального процесу: тезаурус, пошук, історія**

#### **Тезаурус**

Сприйняття нової інформації в будь-якій предметній області можливе тільки за умови володіння професійною мовою й наявності вихідного запасу знань. У медичній сфері, що стрімко розвивається в останні роки, вимоги до обсягу й змісту вихідного запасу знань фахівців постійно зростають. Значною мірою це зумовлено глобальністю інформатизації всіх сторін суспільно-виробничої діяльності світового співтовариства.

Важливою проблемою при масовому застосуванні й розвитку інформаційних технологій зв'язку й керування є створення єдиного адекватного і корисного на практиці словника-тезауруса, побудова якого виглядає доцільною на основі комплексного інформаційно-кібернетичного підходу з урахуванням останніх досягнень науки й технології, а також сучасних вимог у предметній області інформатизації керування складно-організованими об'єктами.

Відсутність або непогодженість у цей час загальноприйнятого словника ускладнює спілкування між фахівцями і знижує продуктивність науково-технічних дискусій на представницьких форумах і конференціях.

Створення адекватного, відкритого для поповнення й розвитку словника може проводитись на основі моделювання предметної області й розробки так званого тезауруса (від греч. *thesaurus* – скарб), під яким розуміється вихідний запас семантично зв'язаних, несуперечливих знань у вигляді довідника (словника), що містить слова, поняття, назви, відносини, вла-

стивості відносин та ін. При цьому головну увагу доцільно приділяти розробці впорядкованих за ієрархічними рівнями моделей предметної області з урахуванням:

- відносин інформаційних діячів (людина, соціальна група, соціум – суспільство й ін.);
- людино-машинних об'єктів і систем керування й зв'язку в інформаційних середовищах (природних, штучних і гібридних).

Тоді стає можливою розробка відповідної несуперечливої сукупності термінів, яку надалі можна стандартизувати.

Є офіційно прийняте визначення тезауруса, відображене в державному стандарті [8]: Багатомовний інформаційно-пошуковий тезаурус (БПТ) – погоджена сукупність одномовних інформаційно-пошукових тезаурусів, що містить еквівалентні дескриптори на мовах – компонентах БПТ, необхідні й достатні для міжмовного обміну, і яка включає засоби для вказівки їхньої еквівалентності. БПТ призначений для обробки й пошуку інформації, а також обміну даними між інформаційними системами, що користуються різними мовами. Дескриптор БПТ – основна лексична одиниця БПТ, що є сукупністю еквівалентних дескрипторів одномовних версій, зв'язаних засобами вказівки еквівалентності.

Елементами, між якими встановлюються семантичні відповідності, є дескриптори (“описувачі”), що мають форму слів або словосполучень. Перелік дескрипторів у тезаурусах повинен бути впорядкований за алфавітним й систематичним принципами. Кожна словникова стаття тезауруса, крім основного елемента, повинна містити посилання на інші дескриптори або поняття, що перебувають із даним дескриптором у відносинах роду, виду, асоціації, синонімії й інших.

Розробка багаторівневої (стратифікованої) моделі предметної області інформаційних відносин суб'єктів і об'єктів в інформаційних середовищах можлива на основі застосування методів інформаційно-кібернетичної системології й відповідного комплексного інформаційно-кібернетичного підходу (системного підходу з акцентуванням уваги на його інформаційному й кібернетичному аспектах).

Розробка тезауруса може здійснюватися групою фахівців з даної предметної області, і тоді метод побудови тезауруса називається методом експертної оцінки. Часто цей метод поєднують зі статистичним методом, що використовує комп'ютерний аналіз текстів по даній області знання.

Використання для реалізації тезауруса засобів веб-технології робить можливими посилання на інформа-



цію, наявну як у самому тезаурусі, так і на будь-якому вузлі Інтернет, передбачає виклик конкретної гіпертекстової сторінки, що містить який-небудь термін. Стає можливим використовувати в словниковій статті графічну, відео й інші види інформації. Значно спрощується організація посилань і інтерфейсу користувача.

Форма дескрипторної статті в різних тезаурусах може бути неоднаковою. Але усередині одного тезауруса форма дескрипторної статті повинна бути єдиною. Це дозволить тому, кого навчають, систематизувати знання, отримані при ознайомленні з матеріалом підручника, а також швидко відшукати не тільки його нові поняття, що його цікавлять, але й вивчити всі основні зв'язки цих понять із іншими.

Тезаурус є необхідним елементом електронного навчального посібника. Використання інформаційних технологій робить значно ефективнішим процес реалізації й подальшого використання тезауруса. Бажаючи, щоб з дескрипторної статті були реалізовані посилання на змістові елементи в електронному навчальному посібнику, у якому викладається матеріал, пов'язаний з даним дескриптором. І, навпаки, у текст посібника – показчик на відповідний дескриптор. При складанні такого додатку може бути використаний метод автоматичного складання тезауруса.

### **Пошук**

Вимоги до організації пошуку інформації:

- засіб навчання повинен забезпечувати можливість реалізації тими, кого навчають, різних способів пошуку інформації (предметний та іменний покажчики, каталог, пошук за ключовими словами) і створювати для користувача “ситуацію успіху”;
- предметний та іменний покажчики повинні мати структуру, яка відповідає поліграфічним виданням;
- каталог повинен мати структуру бібліотечного покажчика;
- для пошуку інформації за ключовими словами повинне бути передбачене текстове вікно з полем, що допускає введення тексту будь-якої довжини;
- час пошуку інформації не повинен перевищувати 10-15 секунд;
- всі системні повідомлення повинні виводитися на екран у коректній і ввічливій формі;
- при негативному результаті пошуку за ключовими словами необхідно виводити на екран відповідне повідомлення із пропозицією перевірити правильність написання ключових слів, виправлення помилок і пропозицією повторити пошук.

### **Історія**

Однією з найважливіших проблем системи освіти на сучасному етапі є вирішення питань гуманізації

освіти, що припускає процес навчання, орієнтований на різнобічний розвиток особистості того, кого навчають, і ефективно оволодіння знаннями. Сучасне суспільство має гостру потребу у творчій особистості фахівця, але в умовах існуючої системи вищої освіти, з її твердою регламентацією процесу навчання, дуже важко сформувати *ініціативну, діяльну людину з яскраво вираженою творчою індивідуальністю, різносторонньо розвинену особистість, самостійного громадянина демократичного суспільства.*

У зв'язку із цим, запити суспільства, адресовані до якості вищої освіти, реалізуються з метою здійснення перетворень системи вищої освіти, спрямованих на індивідуалізацію системи багаторівневого навчання, одним зі шляхів реалізації якої може стати проектування індивідуально-освітнього маршруту того, кого навчають.

Наприклад, у доповіді Міністра освіти і науки України В.Г. Кременя на II Всеукраїнському з'їзді працівників освіти йдеться про важливість “застосування особистісно орієнтованих педагогічних технологій. Їх сутнісними ознаками є навчання і виховання особистості з максимально можливою індивідуалізацією, створенням умов для саморозвитку і самонавчання, осмисленого визначення своїх можливостей і життєвих цілей”.

Розвитку освітньої самостійності сприяють: індивідуально підібрані освітні маршрути й швидкість їхнього засвоєння, можливість навчання в зручній для студента час і самостійний вибір місця засвоєння освітніх маршрутів, використання різноманітних форм і методів забезпечення індивідуалізації процесу навчання (відеолекції, навчальні програми, індивідуальні тренінги на основі використання нових інформаційних технологій тощо).

У цілому забезпечення розвитку освітньої самостійності ведеться на основі використання сучасних технічних засобів навчання, різноманітних форм і методів індивідуальної роботи, спеціально організованої педагогічної підтримки. Педагогічна підтримка є найважливішою умовою забезпечення розвитку студентів в умовах дистанційного навчання й спрямована, головним чином, на організацію й керування різнорівневою самостійною діяльністю студентів.

Педагогічний супровід процесу електронного навчання накладає на розробників нові функції, пов'язані з вимогою забезпечити користувача необхідними знаннями й уміннями для прийняття відповідальних рішень у різноманітних навчальних і особистісних ситуаціях, коли тому, кого навчають, потрібно зробити вибір. Цей вибір може бути пов'язаний з використанням тих або



інших технологій, освітніх маршрутів, визначенням додаткової спеціалізації тощо.

Таким чином, мова йде про індивідуалізацію навчання, під якою розуміють навчання, при якому способи, прийоми й темпи узгоджуються з індивідуальними можливостями того, кого навчають, та з рівнем розвитку його здібностей.

З появою електронних навчальних засобів почалися розробки технологій, які дозволять побудувати індивідуалізоване навчання на базі нових інформаційних технологій. Почали з'являтися розробки на основі адаптивних технологій.

Під адаптивністю розуміють персоніфікацію процесу навчання на основі створення електронних курсів, що враховують індивідуальні особливості тих, кого навчають, у тому числі психологічні особливості, швидкість сприйняття, рівень початкових знань, а також індивідуальні цілі й завдання навчання.

Адаптація досягається на основі використання моделі того, кого навчають, складовими якої є цілі навчання, початкові знання в області навчання, індивідуальні особливості того, кого навчають. Модель того, кого навчають, може реалізуватися у вигляді семантичної мережі. На початку навчання будується апріорна модель того, кого навчають, на основі його самооцінки, потім, за результатами поточного контролю процесу навчання, модель може бути перевизначена з урахуванням зміни стану знань того, кого навчають. Адаптивна технологія містить у собі адаптивне подання матеріалів курсів, адаптивне тестування й адаптивну навігацію [9].

### **Контроль знань**

Для **контролю знань і вмінь** в ЕЗН передбачаються питання, навчально-тренувальні завдання, тести (далі – завдання). Основним засобом контролю служать завдання, результати й хід виконання яких оцінюються автоматично.

Серії завдань виконуються в рамках контрольних заходів (блоків контролю). Крім того, завдання можуть включатися в навчальний матеріал, забезпечуючи поточний контроль. Завдання повинні відповідати змісту й призначенню ЕЗН.

Залежно від охоплення навчального матеріалу й призначення виділяють чотири види блоків контролю:

- вхідний – виконується на початку роботи з ЕЗН і служить для оцінювання вхідної підготовленості того, кого навчають, з предмета;
- проміжний – охоплює навчальний матеріал, розрахований на кілька годин контактного часу, виконується безпосередньо після його опрацювання й служить для оперативного оцінювання його засвоєння;

- рубежевий – відповідає заліку в галузі курсу (глави, розділу) і забезпечує вибіркочку перевірку набутих у його рамках знань і вмінь;

- підсумковий – охоплює зміст курсу в цілому; його результати є основою для атестації того, кого навчають.

ЕЗН, а також комп'ютерні засоби теоретичної й практичної підготовки, які можуть виступати як функціональні компоненти ЕЗН, повинні мати засоби підсумкового або рубежевих контролів, у сукупності покриваючі відповідні курси.

Завдання, що входять у блок контролю, повинні охоплювати відповідну йому частину курсу й бути достатніми для обґрунтованої оцінки набутих у її рамках знань і вмінь.

Блок контролю повинен забезпечувати наступні основні функції:

- вибір завдання або генерація його варіанта й пред'явлення умови тому, кого навчають;
  - забезпечення можливостей взаємодії того, кого навчають, з моделлю завдання;
  - забезпечення можливості введення відповіді (результату);
  - надання інформаційної допомоги щодо завдання за запитами того, кого навчають;
  - демонстрація еталонного рішення завдання;
  - контроль дій того, кого навчають, а також проміжних і підсумкових результатів, пояснення допущених помилок;
  - контроль параметрів, що відображають вимоги до виконання завдання (час рішення, гранична кількість помилок, граничні кількості звертань до різних видів інформаційної допомоги й ін.);
  - контроль параметрів, що відображають вимоги до проходження блоку контролю (загальний час виконання, гранична сумарна кількість помилок, граничні сумарні кількості звертань до різних видів інформаційної допомоги й ін.);
  - оцінювання рівня знань (умінь) того, кого навчають, і формування рекомендацій з коректування навчального процесу за результатами контролю;
  - збір і обробка відомостей про хід і результати контролю, запис їх до протоколу або передача системі керування навчальним процесом, виведення узагальнених даних на екран і друк.
- В ЕЗН можуть бути передбачені можливості, які дозволяють викладачам, що курують навчальний процес, визначати:
- кількість, склад і ступінь складності завдань, що входять у блоки контролю;
  - параметри, що відображають вимоги до виконання окремих завдань і контрольних заходів у цілому;

– правила й критерії, що використовуються при оцінюванні рівня знань (умінь).

Відповідні показники можуть описуватися в індивідуальних завданнях тих, кого навчають, або встановлюватися для груп користувачів ЕЗН. Зазначені можливості забезпечують засоби налаштування ЕЗН.

До розглянутої групи функціональних характеристик також належать:

– кількість завдань, представлених в ЕЗН (загальні й за блоками контролю);

– можливості генерації завдань і кількість моделей завдань, що визначають їхні типи;

– структура масиву завдань (декомпозиція завдань за типами, за складністю, за тематикою тощо);

– характеристики інтерактивних моделей, що використовуються у завданнях;

– можливості алгоритму контролю (правила вибору пропонованого завдання, система якісних оцінок рішення й глибина оцінювання, склад контрольованих показників, можливості діагностики причин помилок тощо);

– набір параметрів, що можуть налаштуватися, і можливості їхньої індивідуалізації;

– перелік видів інформаційної допомоги, що надаються тому, кого навчають;

– склад даних про хід і результати контролю, що заносяться до протоколу або передаються системі керування навчальним процесом.

Після завершення виконання блоку контролю тому, кого навчають, повинна бути надана інформація про отримані результати.

У випадку реалізації функції автоматичного оцінювання рівня знань (умінь) поряд з отриманою оцінкою, тому, кого навчають, і викладачеві повинні надаватися фактичні дані про хід і результати контролю.

Рекомендується, щоб ЕЗН забезпечував можливості генерації завдань і індивідуалізації засобів контролю.

Контроль знань є обов'язковим елементом освітнього процесу. У рамках самостійної роботи роль контролю значно підвищується. Дана функція дозво-

ляє тому, кого навчають, самостійно оцінити якість засвоєного змісту електронного навчального посібника й вчасно відреагувати на прогалини в побудованій системі знань.

**Висновок.** На порозі третього тисячоліття світ вступає в період інформаційного суспільства, тісно пов'язаного з інформатизацією освіти. Унаслідок швидкого розвитку нових інформаційних і комунікаційних технологій і обумовлених ними соціальних трансформацій, процес створення, набуття й передачі знань зазнав істотних змін. При цьому людство зіштовхується з інформаційним хаосом, який безупинно розростається, і навчитися контролювати його незабаром стане одним з основних завдань. Для інформатизації освіти основними важелями прикладення зусиль, які повинні привести до інформаційної еволюції, є створення електронних систем передачі й контролю знань. Тільки з їхнім використанням можливе підвищення ефективності навчального процесу на основі індивідуалізації й інтенсифікації.

Електронне навчання в рамках глибокого реформування вищої школи в довгостроковому плані спричинить щось серйозніше, ніж просте прискорення процесу навчання. На думку експертів, інформаційні освітні технології можуть *повністю й остаточно* витиснути традиційну систему освіти (у тому числі, університети) як *місце отримання знань*. З іншого боку, найважливішого значення набувають університети як *елемент соціальної системи передачі знань*. Уже сьогодні філософія навчання змінюється. На зміну біхевіористським, когнітивістським, конструктивістським уявленням про сутність передачі знань прийшли *інтерактивність і співробітництво* у взаємодії між викладачем і тим, кого навчають, а *також індивідуальна робота* останнього над джерелами знань.

Забезпечення реалізації цих тенденцій найефективніше відбувається з використанням інформаційних технологій, зокрема, електронних засобів навчання.

### Література

1. Мильнер Б.З. Управление знаниями. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 178 с.
2. Зими́на О.В. Печатные и электронные учебные издания в современном высшем образовании: Теория, методика, практика /О.В. Зими́на. –М.: Изд-во МЭИ, 2003.
3. Рагулин П.Г. Информационные технологии. Электронный учебник. – Владивосток: ТИДОТ Дальневост. ун-та, 2004. – 208 с.

4. Скопин И.Н. Разработка интерфейсов программных систем. “Системная информатика”, вып. 6. Новосибирск: Наука, 1998
5. Мандел Тео. Разработка пользовательского интерфейса. – М.: ДМК Пресс, 2001
6. Волченков Е. Стандартизация пользовательского интерфейса <http://www.osp.ru/os/2002/04/181312/>
7. Экономика, разработка и использование программно-

- го обеспечения ЭВМ: Учебник / В.А. Благодатских, М.А. Енгибарян, Е.В. Ковалевская и др. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 288 с.
8. Государственный стандарт союза ССР. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Тезаурус информационно-поисковый многоязычный. Состав, структура и основные требования к построению. ГОСТ 7.24-90. Дата введения 01.01.91
9. Henze N., Naceur K., Nejd W., Wolpers M.: Adaptive hyperbooks for constructivist teaching // *Kunstliche Intelligenz*. – 1999. – Vol. 4. – P. 26-31.
10. Вуль В. Электронные издания. Серия “Учебное пособие”. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.
11. Kronberg Declaration on the Future of Knowledge Acquisition and Sharing, UNESCO High Level Group of Visionaries on Knowledge Acquisition and Sharing, 22-23 June 2007. – Kronberg (Germany).
12. Кобринский Б.А. Искусственный интеллект и медицина: возможности и перспективы систем, основанных на знаниях // *Новости искусственного интеллекта*. – 2001. – № 4. – С. 44-51.
13. Минцер О.П. Информатизация медицинского образования // *Український медичний часопис*. – № 5 (37) – IX/X 2003. – С. 83-89.
14. Hubbard I.P. Measuring medical education. – Philadelphia, 1996. – 971 p.

УДК 61:371.322.7

## **ТЕЛЕМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В США: ОРГАНІЗАЦІЙНЕ, ПРОГРАМНЕ ТА АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**В.П. Марценюк, О.Л. Ковальчук, А.А. Лепявко**

*Тернопільський державний медичний університет імені І.Я.Горбачевського*

У статті представлено сучасний стан впровадження телемедичних технологій в США. Показано причини, які зумовлюють використання телемедицини. Вказано основні проблеми, які є актуальними в телемедицині США і які становлять державний інтерес. Здійснено систематичний аналіз програмних та апаратних засобів, які пропонуються на ринку телемедичних технологій в США.

**Ключові слова:** телемедичні технології, апаратне та програмне забезпечення.

## **ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В США: ОРГАНИЗАЦИОННОЕ, ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**В.П. Марценюк, А.Л. Ковальчук, А.А. Лепявко**

*Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я. Горбачевского*

В статье представлено современное состояние внедрения телемедицинских технологий в США. Показаны причины, которые обуславливают использование телемедицины. Указаны основные проблемы, являющиеся актуальными в телемедицине США и которые составляют государственный интерес. Осуществлен систематический анализ программных и аппаратных средств, которые предлагаются на рынке телемедицинских технологий в США.

**Ключевые слова:** телемедицинские технологии, аппаратное и программное обеспечение.

## **TELEMEDICAL TECHNOLOGIES IN THE USA: ORGANIZATIONAL, SOFTWARE AND HARDWARE SUPPORT**

**V.P. Martsenyuk, O.L. Kovalchuk, A.A. Lepyavko**

*Ternopil State Medical University by I.Ya.Horbachevsky*

Current state of telemedical technologies implementation in the USA is presented in the paper. The reasons resulting in telemedicine application are shown. Important problems for US telemedicine and national interest are indicated. Systematic analysis of software and hardware tools available on US market of telemedical technologies is implemented.

**Key words:** telemedicine technologies, hardware and software support.

**Вступ.** Ефективне використання сучасних медичних знань, враховуючи їх складність, є актуальною проблемою в глобальному масштабі. На сьогодні в медицині широко використовуються досягнення електронної техніки (комп'ютерні томографи, ЕКГ, ЕЕГ, УЗД і інші апарати, обладнання для малоінвазивної хірургії тощо). Але в основному це використання має локальний характер і переважно стосується діагностики та лікування в стаціонарних умовах. Поряд з величезними досягненнями медицини і високою кваліфікацією лікарів відчувається різьчача нестача висококваліфікованого персоналу у деяких районах мегаполісів і, тим більше, у віддалених від великих

міст населених пунктах [1]. Це ж стосується навіть цілих країн, що розвиваються. Цю проблему якраз і може вирішити телемедицина. Під телемедициною розуміють сукупність засобів забезпечення на великих відстанях, в тому числі і в глобальному масштабі, медичною інформацією будь-якого об'єкта, що обладнаний комп'ютерною технікою [2]. Питанням організації надання телемедичної допомоги надається важливе значення у високорозвинутих країнах, таких як США [3].

**Мета роботи** – висвітлити актуальні питання впровадження телемедичних технологій в США та проаналізувати їх програмне і апаратне забезпечення.

---

© В.П. Марценюк, О.Л. Ковальчук, А.А. Лепявко

**Основна частина.** З 26 по 30 квітня 2009 року відбувалася 14 щорічна міжнародна конференція та виставка Американської асоціації телемедицини (АТА) (м. Лас-Вегас, США). Делегація Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського, до складу якої увійшли автори



**Рис. 1.** Під час виставки мобільних клінік.

Як зазначив президент асоціації доктор Крупінські, в 2007 році витрати на охорону здоров'я в США становили 2,3 трильйона доларів, що становило 16 % ВВП. До 2015 року витрати на охорону зростуть до 4,2 трильйонів доларів, або 20 % ВВП. У 2006 році премії по медичному страхуванню вдвічі перевищили рівень інфляції (7,7 %). Експерти приходять до висновку, що система охорони здоров'я США зіткнулася з неефективністю, зростаючими адміністративними витратами та невідповідним лікуванням – дорогим та неадекватним. Ці проблеми значно збільшують вартість медичної допомоги та медичного страхування.

Відповідно до звіту департаменту охорони здоров'я США (травень 2008):

**Таблиця 1.** Збільшення кількості пацієнтів з хронічними захворюваннями

Рік	2000	2005	2010	2015
Кількість пацієнтів з хронічними захворюваннями, млн	125	133	141	149

Все це зумовлює широке використання в США телемедичних технологій.

Як свідчить тематика конференції, основними напрямками національних програм США в галузі телемедицини є:

– дистанційний моніторинг при лікуванні хронічних захворювань;

статті, взяла участь в конференції (рис. 1, 2). Більш ніж 2700 учасників з 51-ї країни світу взяли участь в цьому найбільшому міжнародному зібранні і виставці, присвяченим винятково телемедицині. В ході конференції було представлено понад 350 усних та стендових доповідей за 8-ма тематичними напрямками.



**Рис. 2.** На виставці хірургічної робототехніки.

- 77 % американців віком понад 65 років мають два і більше хронічних захворювань;
- 60 % дорослих американців мають принаймні одне хронічне захворювання;
- 90 % витрат США на охорону здоров'я йде на лікування хронічних захворювань.

Центр контролю захворюваності в США оцінює в 133 мільйони кількість людей з хронічними захворюваннями, на лікування яких щорічно витрачається 1,5 трильйона доларів.

Також існує проблема нестачі лікарів та медсестер – зростання кількості медичних працівників не відповідає зростанню кількості пацієнтів (табл. 1).

- розробка великих телемедичних мереж;
- технологія Mobile 2.0 при створенні телемедичних систем нової генерації;
- організаційні підходи телемедицини поза межами США;
- телемедицина при лікуванні діабету;
- телепсихіатрія;



- використання стільникового зв'язку в охороні здоров'я;
- протоколи доказової медицини в домашній телемедицині: програма для ветеранів армії США;
- телемедицина в офтальмології;
- інноваційні технології в телемедицині;
- телемедицина в неврології;
- телемедичні технології для покращення лікування ветеранів армії США із сільської місцевості;
- покращення засобів комунікації при використанні телемедицини;
- юридичні питання телемедицини;
- проекти дистанційної хірургії;
- телемедицина в педіатрії;
- дистанційний аналіз медичних зображень;
- теледерматологія;
- телемедицина в реабілітації;
- дистанційне лікування травм.

Підсумовуючи зміст досліджень, про які йшла мова, хочеться зазначити, що більшість з них присвячена організації надання телемедичної допомоги, розробці відповідних алгоритмів, протоколів і стандартів. Тобто висвітлювалися доволі прагматичні питання – і це позитивно. Цілий ряд доповідей було присвячено дослідженням в галузі телемедицини, які ще плануються, з метою задекларувати наміри на здобуття державного гранту. Основний акцент було зроблено на обґрунтуванні важливості цього питання (наприклад, створення спеціального підрозділу для надання телемедичної допомоги ветеранам армії США). При цьому пропонувалося створити цілий ряд адміністративних структур із складною вертикаллю підпорядкування. Науковці з України, які претендують на

отримання американського фінансування, із таких доповідей можуть взяти багато позитивного – не тільки як формулювати мету дослідження, обґрунтовувати його актуальність, а й обґрунтовувати реальність його виконання визначеними людськими та матеріальними ресурсами.

Величезне враження на авторів справила виставка телемедичних технологій, яка відбувалася в рамках конференції. Її основна тематика представлена далі.

### **1. Апаратне та програмне забезпечення телемедицини в режимі «лікар-пацієнт»: програмна та апаратна підтримка, периферійні пристрої для діагностики та лікування.**




Компанія LifeWatch Corp. розробила безпроводову теледіагностичну мережу PMP<sup>4</sup>. Її метою є надання засобів для відображення, моніторингу та дистанційної діагностики пацієнтів, які хворіють на:

- серцеву недостатність;
- серцево-судинні захворювання;
- гіпертензію;
- хронічні захворювання легень та плеври, астму;
- ожиріння;
- діабет.

Кожен медичний пристрій PMP<sup>4</sup> з'єднується завдяки технології Bluetooth із спеціалізованим комутатором, стільниковим або звичайним телефоном, або ноутбуком, які під'єднані до веб-сервера, з метою дистанційного перегляду, збереження і побудови висновку медичним фахівцем:

Система підтримує дружній інтерфейс;

Система може включати такі безпроводові медичні монітори:

	<p>Записувач ЕКГ – може записувати та безпроводово передавати ЕКГ з 12-ма відведеннями. Пристрій ЕКГ простий в управлінні, має великий цифровий дисплей, може під'єднуватися до центру даних з метою редагування, отримання висновків та друкування ЕКГ з 12-ма відведеннями</p>
	<p>Пристрій ЕКГ, розроблений для моніторингу симптомів, які можуть спостерігатися при патологічних серцевих ритмах. Може використовуватися як записувач ЕКГ з 1-м або 12-ма відведеннями</p>
	<p>Пристрій типу «два в одному» для вимірювання рівня глюкози та тиску крові</p>

	<p>Спірометр для вимірювання дихальних функцій легень, таких як VC, FVC, volume-time and flow-volume curves, FVC, FEV1, FEV3, PEF, FEF25%, FEF50%, FEF75%, FEF25%-75%, extrapolated volume</p>
	<p>Професійний Bluetooth-монітор для вимірювання тиску крові та пульсу при гіпертензії.</p>
	<p>Оксиметр для вимірювання рівня кисню в крові та пульсу в реальному часі. Розрахований на 18 годин неперервного користування</p>
	<p>Bluetooth-модуль</p>

Компанія Universal BioSound, LLC представила сенсори для неперервної дистанційної аускультатції:



Компанія InTouch Health розробила систему-робот дистанційної присутності RP-7i. Ця система є платформою надання медичної допомоги, розробленою для використання лікарями багатьох спеціальностей. До системи можуть бути під'єднані діагностичні пристрої з метою безпечного та ефективного дистанційного обстеження пацієнтів. Сюди ж входить спеціально розроблене програмне забезпечення для створення документації. До складу системи входять:

- станція керування, де перебуває лікар;

- безпосередньо робот, який перебуває біля пацієнта вдома;
- відеокамера;
- периферійні пристрої: стетоскоп, принтер, телефон;
- зарядний пристрій.

Компанія MedicalPlace (яка належить, до речі, до фірм, заснованих ветеранами армії США) розробила цілий ряд дистанційних вимірювальних моніторів, сумісних з відомою системою HealthBuddy: автома-

тичний монітор для вимірювання тиску крові та рівня цукру тощо, цифровий сенсорний пульсоксиметр, спірограф, який вимірює PEF та FEV1 та зберігає до 240 зчитувань.

Компанія MedApps розробила медичну моніторингову систему, метою якої є забезпечити зв'язок пацієнтів, їх сімей та закладів охорони здоров'я завдяки технологічному рішення для дистанційної передачі висновків та зберігання в часі медичної інформації. Для досягнення цього MedApps створила систему, яка об'єднує портативні безпроводові пристрої для збору і передачі біометричних даних, робить їх доступними для моніторингу професіоналами-медиками. Система має гнучкий набір засобів керування пацієнтами онлайн. Зібрані дані допомагають клініцистам при лікуванні пацієнтів з хронічними захворюваннями.

Компанія TabSafe Medical Services, Inc. розробляє фармацевтичні машини (сейфи) для домашнього використання пацієнтами.

Машина має 9 картриджів для наповнення 9-ма різними таблетками (до речі, встановлено, що в США особи пенсійного віку приймають, в середньому, 8 лікарських препаратів). Апарат під'єднується до телефонної мережі (новіша версія передбачає Інтернет-з'єднання). Компанія здійснює наповнення картриджів таблетками та слідкує за дотриманням порядку їх прийому. В необхідний момент звучить голосовий сигнал та на екрані апарата з'являється повідомлення пацієнту про порядок прийому препаратів, які потрапляють до лотка.

## **2. Веб-, голосові та відеоконференції в телемедицині.**

Лідерами в галузі відеоконференцзв'язку і надалі залишаються компанії Tanberg та Polysom, які представили свої розгорнуті експозиції. Зазначимо, що досить часто монітори Tanberg використовувалися в телемедичних апаратно-програмних комплексах інших фірм, представлених на виставці.

Компанія AT&T Connect запропонувала програму, яка дозволяє трансформувати багатоточкові голосові та веб-конференції в єдиний програмний продукт, яким можуть користуватися усі працівники корпорації подібно до e-mail. Програма використовує переваги як голосового зв'язку так і веб-технології, забезпечуючи при цьому автоматичні онлайнві зустрічі від 2 до 125 учасників.

Компанія LifeSize представляла системи відеокommунікації. Їх визначальними рисами є висока роздільна здатність аудіоінформації та відеоінформації та їх налаштованість на IP-мережу. Такі системи легко інтег-

руються у вже існуючі середовища та є надійними в керуванні. Було запропоновано три рішення:

- найпростіша система – орієнтована на кінцевого користувача;

- система, орієнтована на спілкування в робочих групах. Підтримується до 4-х одночасних під'єднань;

- поліпшена система, орієнтована на спілкування в конференцзалах. Підтримується до 6-ти одночасних під'єднань.

## **3. Використання медичних зображень в телемедицині: апаратне та програмне забезпечення для отримання, обробки та передачі зображень.**

Компанія Dr Systems є одним з лідерів на ринку PACS (англ. Picture Archiving and Communication System — Системи передачі та архівування зображень) та RIS (Radiology Information System – радіологічні інформаційні системи).

Компанія пропонує такі PACS-системи:

- The Dominator (Diagnostic Reading Station) – призначена для інтерпретації та відображення усіх типів обстежень у вигляді медичних зображень та створення відповідних висновків. Система надає лікарям розширену інформацію щодо пацієнта, історії хвороби, алергій, попередніх обстежень, заключень та попередніх висновків інших лікарів. Система може конфігуруватися для використання в госпіталах, діагностичних центрах та віддалених місцях, а також вдома у пацієнта.

The Dominator є інтегрованою системою, що використовує професійну робочу станцію та дисплеї медичного моніторингу з високою роздільною здатністю. Система може конфігуруватися з різноманітними моніторами.

- Integrated RIS Solution (інтеграція радіологічної інформаційної системи (RIS) з Dr SYSTEMS PACS).

- Catapult Technologist QC Workstation – робоча станція, що дозволяє оперувати інформацією про пацієнта та його обстеження, описувати зображення (ставлячи на ньому помітки) та використовувати удосконалену обробку зображень, залишаючись в той же час з пацієнтом.

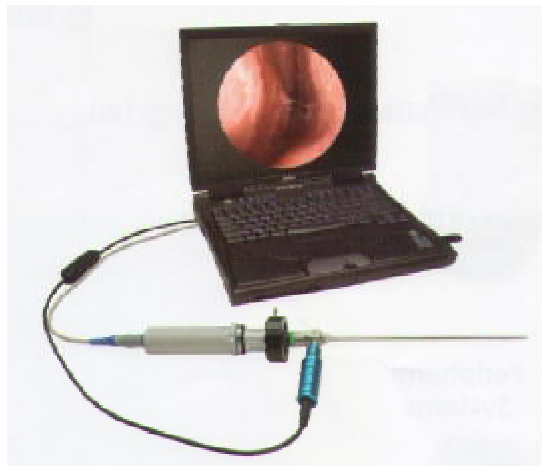
- Physician Clinical Review – розподілена система (через LAN, Web, CD, DVD), яка дозволяє лікарям, які працюють дистанційно, надійно та безпечно переглядати зображення обстежень, прослухати аудіовисновки, прочитати текстові висновки. Така система може працювати через: LAN Ambassador (інтегрована апаратно-програмна клієнтська станція, яка розроблена для відображення зображень в межах лікувального закладу, наприклад в операційній, реанімаційній і ін.); CSLA (Customer Supplied LAN



Ambassador) надає такі ж можливості, але програмним способом; Web Ambassador надає ці ж можливості через Інтернет до комп'ютера в офісі, вдома; Media Ambassador надає ці можливості, записуючи обстеження на CD або DVD; Standard Web browser може використовуватися за відсутності продуктів типу Ambassador – дозволяє лікарям здійснювати доступ до зображень і висновків через Windows IE.

Компанія JedMed працює на ринку телемедичних периферійних пристроїв для захоплення зображень. Відеоскопічна система VSS складається із камери з високою роздільною здатністю, високоінтенсивного джерела світла та швидкозамінних оптичних головок, які дозволяють отримувати зображення в різних локалізаціях.

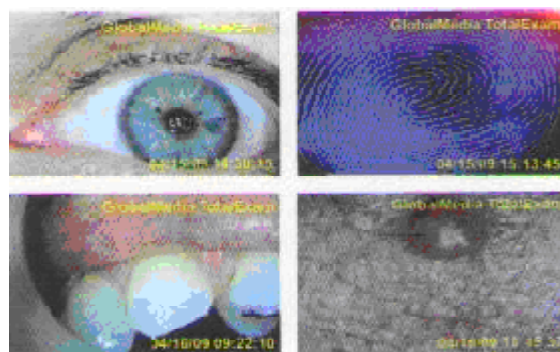
Відеосистема DigiCAM 2.0 – це відеокамера з високою роздільною здатністю, яка з'єднується через USB-порт з комп'ютером або ноутбуком із здатністю зберігати відео- або просто зображення на жорсткому диску. Такі зображення можуть передаватися через e-mail, висновки лікарів або картки пацієнтів.



Компанія GlobalMedia розробила відеокамеру TotalExam Cam – камеру цифрового обстеження. Це

перша цифрова камера з високою роздільною здатністю, розроблена для загального та спеціалізованого обстежень. Камера відповідає вимогам високо-роздільної цифрової обробки зображень при загальних оглядах, в дерматології, оториноларингології та ін. Камера має двояке під'єднання (USB та S-Video), працює в режимах білого та ультрафіолетового світла. Її дані можуть бути використані в системах EMR (електронних медичних записів).

На фото показано реальні зображення, отримані камерою:



Компанія MinXRay Inc. представила портативні рентгенографічні системи. CMDR-1S-MIL – це повністю мобільна цифрова рентгенографічна система.

Система включає панель обробки зображення Canon CXDI-50G та портативний рентгеновський модуль MinXray PowerPlus, який використовується у збройних силах США. Система легко переміщується на двох колесах, панель обробки зображень Canon надійно запаковується, система встановлюється менше ніж за одну хвилину (рис. 3).

Також компанія окремо пропонує модуль комп'ютерної рентгенографії VERTX CR, який працює як самостійна система цифрової обробки зображень, та портативний стоматологічний рентгенологічний



Рис. 3. Мобільна цифрова рентгенологічна система

модуль (який може використовуватися як з плівкою, так і з цифровою системою обробки зображень).

Компанія Canon розробила плоскопанельні детектори для цифрової рентгенографії, цифрову портативну рентгенографічну систему, а також сучасні камери для офтальмологічних обстежень.

#### **4. Системи передачі комп'ютерного відео для телемедицини та відеоконференцій.**

Відео є ключовим компонентом для вирішення задач телемедицини.

Компанія Rivulet розробила технологію IP Extension Gateway (IEG), яка надає користувачам веб-інтегрований інтерфейс для захищеного доступу до відеоконтенту з будь-якого місця. Ця технологія має ряд переваг:

- дозволяє перегляд медичних процедур поза межами лікарняної мережі;
- надає віддаленим користувачам негайний захищений доступ до медіаконтенту (як в прямому ефірі, так і до попередньо збереженого);
- забезпечує співпрацю лікарів з різних місць для надання кращої медичної допомоги пацієнтам;
- покращує фаховий досвід через використання відеотехнології.

Ця технологія також має значення в медичній освіті. Оскільки хірургічні процедури стають щоразу більше спеціалізованими, то виникає потреба пропагувати сучасні методики серед спеціалістів. Передові медичні школи часто використовують відео в реальному часі та відеоархіви як центральні компоненти процесу тренінгу та навчання. Rivulet підтримує такий аспект медичної освіти, надаючи:

- покращений тренінг за допомогою передачі медичного відео та аудіо між операційною та конференц-залом (або ж персональними комп'ютерами користувачів);
- зберігання та запит хірургічного відео, яке дозволяє глядачу відчувати, що здійснюється перегляд хірургічної операції в реальному часі;
- інтенсивніший багатогранний тренінг, що дозволяє краще підготувати штат працівників;
- мінімізація загрози передачі інфекції, оскільки в операційній знаходиться набагато менше людей.

Співпраця з операційною в режимі реального часу. Колаборативна медицина приводить до значного покращення лікування пацієнтів шляхом використання віддалених медичних експертів. З цією метою передається відео та аудіо в різні місця через мережу, яка включає комп'ютери користувачів. Rivulet забезпечує:

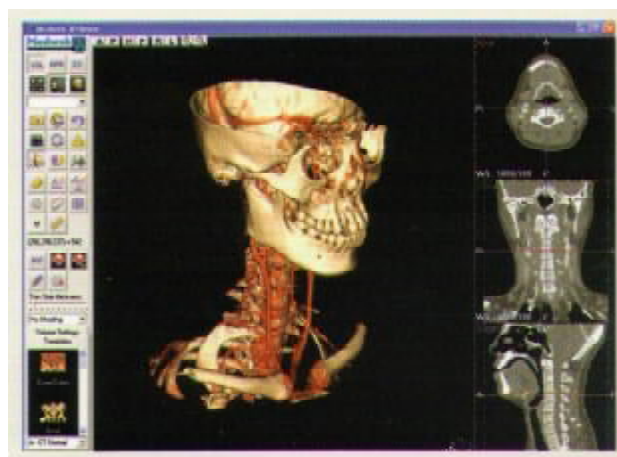
- мережу високоякісного відео в режимі реального часу, що надає можливість співпраці таких відділень як хірургічного та патологічного;

– можливість швидше приймати рішення щодо лікування пацієнтів.

#### **5. Телемедичні спеціалізовані системи.**

Компанія Otto Bock HealthCare представила мікропроцесорно керований протез колінного суглоба. На сьогодні протез використовується більш ніж 30 тисячами пацієнтів. На основі даних, які надають вбудовані сенсори, мікропроцесор розпізнає фазу циклу ходи, в якому знаходиться користувач і в протезі виконуються налаштування з метою забезпечення стійкості в реальних життєвих ситуаціях.

Компанія Medweb розробила радіологічну інформаційну систему. Система є справжнім конвеєром для отримання, зберігання та обробки медичних зображень (рис. 4). Адміністраторам лікувальних закладів система дозволяє планувати розклад прийому і обстежень пацієнтів, через Веб можна довідатися про поточний стан пацієнта, оцінити стан, замовити інформацію, отримати висновок, підтвердити призначення, з'ясувати стан оплати за обслуговування. Система дозволяє архівувати дані на дисках і при потребі поновлювати втрачені дані з диску.



**Рис 4.** 3-вимірний переглядач системи Medweb.

Радіологам-технологам система надає засоби для роботи зі стандартом DICOM, веб-доступ, підтримку компресування зображень, портативну робочу станцію з встановленим переглядачем, єдину операційну систему, систему формування запитів в стандарті DICOM. Стандартний переглядач Medweb пропонує повний арсенал засобів: багаторівневі вікна, клонування вікон, скролінг МРТ-зображень, кути Кобба, бігунці, поворот зображень, стандартні відхилення, масштабування та зберігання на сервері, що підтримує доступ онлайн. Щодо підтримки стандарту DICOM, то зображення в системі завантажуються швидше за рахунок використання подвійної буферизації.



Для радіологів система пропонує захищений дистанційний доступ. Система підтримує надиктовку висновку радіолога через диктофон з подальшим розпізнаванням голосу програмами Dragon або Powerscribe. Система надає радіологу удосконалений 3D-переглядач Medweb з такими можливостями як подорож всередині судин та обчислення їх діаметра.

Компанія Emerging Health Information Technology розробила систему Clinical Looking Glass (CLG), яка призначена для лікарів-діабетологів. Система дозволяє будувати часові криві на основі лабораторних даних, даних про ефективність лікарського препарату, відсоток часу, коли показники були в заданій області, вплив контролю за діабетом на рівень госпіталізації. Система має потужні засоби для роботи з базою даних з метою побудови багаторівневих запитів, візуалізації даних, їх агрегування, сортування і статистичної обробки.

Компанія Bosch представила програму курсів для пацієнтів з гострою серцевою недостатністю. В основу програми курсів покладено користування приладом HealthBuddy (розробка Bosch), за допомогою якого пацієнт може самостійно визначити цілий ряд показників.

Компанія NeuroCall розробила систему неврологічного консультування в реальному часі. Система пропонується для використання у лікувальних закладах для дистанційного консультування неврологічних пацієнтів. При цьому огляд пацієнтів здійснюється у відеокімнатах. Система збирає дані радіологічних та лабораторних досліджень. При необхідності встановлюється додаткове обладнання для отримання показників ЕЕГ, нервової провідності, електроміографії. Система також здійснює інтерпретацію цих даних.

#### **6. Компанії, що розробляють апаратне та програмне забезпечення телемедицини.**

Канадська компанія Sykes Assistant Services Corporation починаючи з 1997 року реалізує проект із впровадження телекомунікаційних технологій з метою оцінки симптомів засобами телефонного зв'язку і допомоги тим, хто телефонує, шляхом надання найприйнятніших медичних рішень. Медсестри-бакалаври надають поради, які можуть включати самолікування на дому, контактування з лікарем або виклик невідкладної медичної допомоги.

Компанія Polysom, яка є одним з лідерів в розробці обладнання для організації відеоконференцій, спільно з Університетом Нью Мехіко реалізує проект ЕСНО для віддалених регіонів із безпечного та ефективного лікування хронічних та ускладнених захворювань, а також моніторингу результатів лікування. На сьогодні проект включає 40 відеоконференцсистем Polysom, які підтримують багатоточкові конференції.

Компанія General Dynamics Information Technology є лідером у створенні військових медичних інформаційних систем. Компанія складається з таких спеціалізованих підрозділів: програмне управління медичних систем; підтримка та навчання роботі в медичних інформаційних системах; підтримка медичної науки та технології; служба інформаційних систем профілактичної медицини; спеціалізовані системи (комп'ютерне навчання, веб-інтегровані служби і ін.).

Компанія California Telemedicine and eHealth Center є консалтинговою фірмою по впровадженню телемедицини лікувальними закладами. Вона розробляє програми впровадження телемедицини згідно з такими етапами:

1. Визначення потреб; визначення і опис програмної моделі; розробка бізнес-плану.
2. Планування програми і технології; розробка моніторингового плану реалізації.
3. Реалізація програми телемедицини; оцінка і вдосконалення програми на основі отриманих результатів.
7. Спеціалізовані мобільні клініки.

Медичний центр університету Лома Лінда розробив автомобіль мобільної телемедицини:



Компанія Matthews Specialty Vehicles представила ряд спеціалізованих мобільних клінік:

- стоматологічну;



- мамографічну;
  - профілактичну.
- Компанія Oshkosh представила:
- мобільне травматологічне відділення (на 6 ліжок)



- мамографічну клініку;
- мобільну установку МРТ.



Також були представлені мобільні клініки компаній ADI Mobile Health, Farber Specialty Vehicles, LDV.

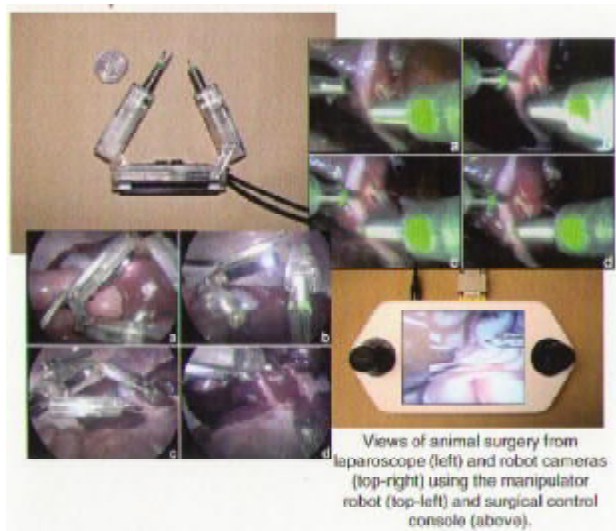
### 8. Телемедичні освітні проекти.

Університет Південної Індіани (коледж медсестринства та медичних професій) презентував інтерактивні навчальні програми для медсестер, фармацевтів та лікарів, які охоплюють питання лікування хвороби Альцгеймера, терапевтичного лікування антикоагулянтами, лікування хронічних серцевих захворювань, діабету, травм і опіків, онкологічних захворювань, профілактики професійних захворювань.

Компанія Philips представила власний навчальний центр, який є провайдером неперервної медсестринської освіти і пропонує онлайнні курси. Центр сертифіковано Медсестринською асоціацією штату Меріленд та Американським медсестринським акредитаційним центром. Адреса центру – [www.healthcare.philips.com/clinicaleducation](http://www.healthcare.philips.com/clinicaleducation).

### 9. Мініатюрна хірургічна робототехніка.

Центр передових хірургічних технологій університету Небраска представив мініатюрну хірургічну робототехніку, а саме: робот-маніпулятор (рис. 5.) (складається із зовнішньої хірургічної консолі і робота з двома руками, двох камер, ультрасвітлого рідкокристалічного дисплея і вмонтованих магнітів, фіксується і позиціонується використовуючи магнітну взаємодію із зовнішньою консоллю управління); робот для отримання зображень (прикріплюється до черевної стінки використовуючи взаємодію між магнітом, вмонтованим у робот, і зовнішнім магнітним тримачем, може позиціонуватися для забезпечення візуалізації кожного квадранту черевної порожнини); безпроводовий робот, який є мобільною платформою, що розміщує пристрої для різних хірургічних задач, відеокамеру, фізіологічні сенсори, які можуть бути інтегровані в цю платформу; мобільні камера і біопсійний робот.



**Рис.5.** Робот-маніпулятор.

**Висновки.** Телемедицина стає невід'ємною компонентою сучасної якісної охорони здоров'я, яка дозволяє покращити лікування та заощадити кошти. На сьогодні світ переживає бум у використанні дистанційної охорони здоров'я. Майже половина лікарень в США використовують дистанційну передачу медичних зображень. Телемедичні мережі в США зв'язують більш ніж 3200 служб. Члени асоціації АТА представляють телемедичні програми в 40 країнах на шести континентах. Тому, як зазначається в рішеннях конференції, телемедицина визначатиме розвиток охорони здоров'я впродовж більше ніж 10-ти наступних років.

#### Література

1. Rygh E.M., Hjortdahl P. Continuous and integrated health care services in rural areas: A literature study // *Rural Remote Health*. – 2007. – Vol. 7. – P. 766-781.
2. Taylor P. A survey of research in telemedicine // *J. Telemed. Telecare*. – 1998. – Vol. 4. – P. 63-71.
3. Hersh W.R., Hickam D.H., Severance S.M. et al. Telemedicine

Цей науковий форум буде сприяти загальносвіттовому розвитку сучасних телемедичних технологій, що спираються на результати передових фундаментальних і прикладних досліджень і впровадженню їх результатів у різні сектори теоретичної і прикладної медичної науки і практики. А той рівень, на якому відбувалася конференція АТА-2009 є ще одним яскравим підтвердженням вірності напрямку, який започатковано ректором Тернопільського медичного університету членом-кореспондентом АМН України проф. Л.Я. Ковальчуком [4] на впровадження в медичній освіті України відеоконференцз'язку та викладання основ телемедицини.

- for the Medicare population: Update // *Evid. Rep. Technol. Assess.* – 2006. – Vol. 131. – P. 1-41.
4. Ковальчук Л.Я., Марценюк В.П. Телемедицина в Україні: сучасність та перспективи розвитку. В зб. "Інформаційна підтримка охорони здоров'я, біомедичних досліджень та освіти". – Львів: Ліга-Прес, 2002. – С. 15-18.



УДК 65.011.56:519.23:616

## **ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕДИЧНИХ СИСТЕМ. ЧАСТИНА 1.**

**А.П. Алпатов, Ю.О. Прокопчук**

*Український державний хіміко-технологічний університет, ІТМ НАНУ і НКАУ,*

*itk3@ukr.net*

У статті розглядаються питання побудови моделі природної предметної області для використання в інтелектуальних медичних системах. Основне завдання полягає в розробці достатньо простого і, разом з тим, ефективного формалізму для представлення інформаційних об'єктів предметної області. У першій частині розглядаються найбільш загальні питання побудови моделі предметної області, такі як загальна структура моделі, подання тестів і емпіричних даних.

**Ключові слова:** банк знань, конфігуратор тесту, метод граничних узагальнень, модель предметної області.

## **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ. ЧАСТЬ 1.**

**А.П. Алпатов, Ю.А. Прокопчук**

*Украинский государственный химико-технологический университет, ИТМ НАНУ и НКАУ*

В статье рассматриваются вопросы построения модели естественной предметной области для использования в интеллектуальных медицинских приложениях. Основная задача состоит в разработке достаточно простого и, вместе с тем, эффективного формализма для представления информационных объектов предметной области. В первой части рассматриваются наиболее общие вопросы построения модели предметной области, такие как общая структура модели, представление тестов и эмпирических данных.

**Ключевые слова:** банк знаний, конфигурактор теста, метод предельных обобщений, модель предметной области.

## **CONSTRUCTION OF SUBJECT DOMAIN MODEL FOR USE IN INTELLECTUAL MEDICAL SYSTEMS. PART 1.**

**A.P. Alpatov, Yu.O. Prokopchuk**

*Ukrainian State Chemical-Technological University*

Questions of construction of a subject domain model for use in intellectual medical systems are considered. The main task is in the development of rather simple and effective formalism for representation of information object of subject domain. In the first part are considered the most common questions of creating the model of subject domain, in particular, general structure of the model, representation of tests and empiristic data.

**Key words:** model of subject domain, bank of knowledge, configurator of the test, method of limiting generalizations.

**Вступ.** Одним з важливих напрямків інформатики на сучасному етапі є створення багатоцільових банків знань (БкЗ). БкЗ є ресурсом, що об'єднує всю інформацію, яка використовується в наукових дослідженнях, освітній та практичній діяльності в рамках конкретної предметної області (ПрО). Отже концепція багатоцільового банку знань лежить у руслі створення Єдиного інформаційного науково-освітнього простору [1-10].

Призначення БкЗ у медицині: розв'язання широкого класу інформаційних завдань у клінічній практиці, освіті та наукових дослідженнях; створення шпитальних систем нового покоління – інтелектуальних ІШС; створення телемедичних систем (ТМС) нового покоління – інтелектуальних ТМС; створення навчальних тренажерів нового покоління – інтелектуальних тренажерів; створення комп'ютерно-орієнтованих



описів клінічних теорій, які забезпечать вирішення попередніх завдань.

БкЗ є сховищем інформаційних об'єктів ПрО, з яким взаємодіють численні клієнтські додатки (шпитальні, телемедичні, навчальні, наукові), і повинен містити в собі, зокрема, такі розділи [3, 7]:

- формальні теорії і онтології клінічних ПрО й суміжних ПрО; формальні мови різного рівня для опису запитів і лікарських завдань; моделі оптимізуючих перетворень лікарських завдань; моделі стандартної лексики (професійної мови) [2-4];

- різноманітні моделі виводу і добування знань, включаючи алгоритми діагностики, лікування й прогнозування; різноманітні моделі консилиумів вирішальних правил і інтелектуальних агентів [4, 8]; моделі тестування знань і тренінгу;

- моделі органів і систем, моделі фізичних і хімічних процесів; моделі пацієнта й моделі лікаря [4];

- Банк моделей тестів (спостережень) [9]; Банк моделей захворювань; Банк моделей технологічних процесів, Банк математичних моделей [4, 7];

- довільні інформаційні ресурси, що стосуються суміжних питань.

Концепція БкЗ ґрунтується на понятті моделі предметної області.

**Метою дослідження є:** 1. Розробка формалізму для опису інформаційних об'єктів предметної області; 2. Розробка структури моделі предметної області; 3. Розробка ефективних методів обробки та узагальнення інформації; 4. Розробка методів системної реконструкції медико-біологічних процесів на організаційному і популяційному рівнях.

#### Основна частина.

**Опис емпіричних даних.** Нехай  $\{\tau\}$  – множина елементарних тестів, за допомогою яких описуються всі фактори, обставини і явища, що мають відношення до досліджуваної системи (у минулому, сьогодні й майбутньому). “Елементарність” тесту означає, що його результат може бути представлений у вигляді “тест = значення”. Конкретний результат тесту  $\tau$  будемо позначати через  $\underline{\tau}$ . Приклади: <Прізвище, Тарасов>, <Вік, 52>, <Скарги, Головний біль, блювання, озноб>, <Тиск, 120/78>, <Головний біль, Є>.

Результати тестів можуть вибиратися (формуватися) з різних доменів (базових множин). Для фіксації того, що в якості множини результатів тесту  $\tau$  використовується домен  $T$ , будемо використовувати нотацію:  $\tau/T$ . Використовуючи різні домени, можна управляти спільністю (масштабом) результату того самого тесту. Висновки (діагнози) також можуть вибирати-

ся з різних доменів, що можна зафіксувати за допомогою нотацій:  $d/D$ ,  $\{d\}/D$  (висновки є різновидом тестів). Приклади доменів для тесту  $\tau = \text{‘Вік’}$ :  $B1 = [0 \dots 120]$ ;  $B2 = \{\text{юний, молодий, середній, літній, старечий}\}$ ;  $B3 = \{\text{до 20; 20-40; 41-60; старше 60}\}$ . Приклади результатів тестів: <Вік/  $B2$ , літній>; Вік/  $B1$ ? 87; Вік/  $B3 = \text{“старше 60”}$ . Правила перерахування ‘ $B1 \rightarrow B2$ ;  $B2 \rightarrow B3$ ’ задають *орієнтований граф доменів* для тесту ‘Вік’. Подібний граф може бути побудований для будь-якого тесту крім дихотомічного [4, 5].

Нехай  $t/\Lambda$  – виділений тест, що означає час. Приклади доменів  $\Lambda$ :  $\Lambda1 = \text{‘Дата: час’}$ ;  $\Lambda2 = \text{‘Дата: \{ранок, день, вечір, ніч\}}$ ;  $\Lambda3 = \text{‘Дата’}$ ;  $\Lambda4 = \text{‘Місяць’}$ ;  $\Lambda5 = \text{‘Рік’}$ . Можливі і інші домени. Конкретне значення часу відповідно до прийнятої нотації будемо позначати:  $t/\Lambda$ . Приклади конкретних значень часу:  $t/\Lambda1 = \text{‘10.01.09:08.30’}$ ,  $t/\Lambda2 = \text{‘10.01.09: ранок’}$ ,  $t/\Lambda3 = \text{‘10.01.09’}$ ,  $t/\Lambda4 = \text{‘січень’}$ ,  $t/\Lambda5 = \text{‘2009’}$ . Цілком очевидний спосіб завдання перерахування з одного домену в інший (з більшим номером), тобто визначений обчислювальний ланцюжок (орієнтований граф доменів):  $\Lambda1 \rightarrow \Lambda2 \rightarrow \Lambda3 \rightarrow \Lambda4 \rightarrow \Lambda5$ .

Визначимо дві *елементарних події*:  $e_1 = \langle \underline{\tau}/T, t/\Lambda \rangle$  і  $e_2 = \langle -\underline{\tau}/T, t/\Lambda \rangle$ . Подія  $e_1$  означає, що в момент часу  $t/\Lambda$  тест  $\tau/T$  мав значення  $\underline{\tau}/T$ . Подія  $e_2$  означає, що в момент часу  $t/\Lambda$  тест  $\tau/T$  не мав значення  $\underline{\tau}/T$ . Покладемо:  $e_1 = -e_2$ ,  $e_2 = -e_1$ . Приклади елементарних подій: <Кашель/ {Є; Відсутній}? Є,  $t/\Lambda1$ ? 12.45>, <–/Le крові/ {Знижено; Норма; Підвищена}? Норма,  $t/\Lambda3$ ? 23.02.08>.

На основі елементарних подій можна визначити *складені події* у такий спосіб:  $e = \langle \{\underline{\tau}/T\}, t/\Lambda \rangle$  і  $e' = \langle -\{\underline{\tau}/T\}, t/\Lambda \rangle$ . *Протяжною подією* назвемо подію  $e = \langle \{\underline{\tau}/T\}, \delta/\Lambda \rangle$ , де  $\delta$  – довільний часовий інтервал (можливо не однозв'язний). Для інтервалів визначена операція об'єднання:  $e = \&_i \langle \{\underline{\tau}/T\}, \delta_i/\Lambda \rangle = \langle \{\underline{\tau}/T\}, \delta/\Lambda \rangle$ , де  $\delta = \&_i \delta_i$ . Приклад протяжної події: <Креатинін / {мг / 100 мол}? 1.3, [12.02.09; 14.02.09]/ $\Lambda3$ >, де  $\delta = [12.02.09; 14.02.09]$  (у термінах домену  $\Lambda3$ ).

Якщо для будь-якого моменту часу у розглянутому періоді спостереження значення деякого тесту  $\tau/T$  не змінюється, то такий результат назвемо *фактом*. Так, наприклад, перенесені в минулому операції або травми є фактами, захворювання батьків (спадковість) є фактами й т.д. *Життєвим циклом* довільного тесту, який не є фактом, назвемо множину  $\{\langle \tau/T, t/\Lambda \rangle \mid \tau/T \text{ фіксоване, } \Lambda \text{ фіксоване}\}$ .

Довільну ситуацію дійсності (клінічний випадок, дані про здоров'я популяції в регіоні) позначимо через  $\alpha = \alpha(\{\underline{\tau}/T, t/\Lambda\})$ , а множину ситуацій дійсності позначимо через  $\Omega = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$ .

**Модель предметної області.** Модель ПрО представимо у вигляді кортежу  $\langle O, k \rangle$ , де  $O$  – модель онтології цієї предметної області, а  $k$  – модель адекватної системи знань. Модель знань  $k$  містить у собі наступні компоненти:

$$k = k_C \cup k_M \cup k_A \cup k_O \quad (1)$$

де  $k_C$  – обчислювальні знання;  $k_M$  – опис моделей динамічних процесів (наприклад, захворювань та технологічних процесів);  $k_A$  – множина аксіом, фактів, висловлень із оцінкою їхньої істинності;  $k_O$  – інші знання. Онтологія  $O$  містить у собі, зокрема, Банк тестів разом з конфігураторами кожного тесту, Банк формалізованого опису захворювань, онтологічні угоди [4]. Модель знань  $k$  формується шляхом системної реконструкції множини ситуацій дійсності  $\Omega = \{\alpha\}$ .

У розгорнутому вигляді модель обчислювальних знань  $k_C$  представимо в такий спосіб [3]:

$$k_C = \{f/\mu: k^l \rightarrow k^2 \mid \mu \in \{\mu\}_f\} \cup P_k \quad (2)$$

де  $f/\mu$  – відображення, що реалізують ті або інші математичні моделі;  $\{\mu\}_f$  – різні механізми реалізації відображень (зі своєю енергетикою і ресурсами);  $k^l$  – вхідні дані завдання (опис інформаційного середовища і завдання);  $k^2$  – вихідні дані завдання;  $P_k$  – правила композиції схем завдань, тобто правила, що описують способи об'єднання локальних завдань.

Позначимо елементарні тести через  $a, b, c, d, \{a\}$  і т.д. Нехай  $W(\{c/C\})$  – деяке різноманіття на множині результатів тестів  $\{c/C\}$ . З урахуванням прийнятої моделі емпіричних даних будь-яке відображення моделі знань  $k_C$  можна представити в такий спосіб:

$$f/\mu_f: \{b/B\} \rightarrow \{a/A\}, \quad (3)$$

для  $\{c/C\} \in W(\{c/C\})$ ,  $\mu_f \in \{\mu\}_f$ .

Модель обчислювальних знань (2) – (3) повністю відповідає синергетичним принципам: являє собою взаємодію (у процесі рішення завдання) великої кількості квантів знань, що представляються відображеннями; будь-який обчислювальний процес істотно нелінійний, тому що є композицією різних відображень (детермінованих, нечітких, нейромережевих, агентних і т.д.); система відкрита, тому що активно здійснюється обмін із зовнішнім середовищем (участь у консиліумах, безперервний пошук інформації в агентному середовищі і в Інтернет); кванти знань у загальному випадку мають фрактальну структуру; метод граничних узагальнень (МПУ) описує процеси горизонтальної й вертикальної самоорганізації, формуючи мінімальні ненадлишкові моделі знань на будь-якому рівні спільності [5, 6]. “Параметри порядку” у знаннях – перелік тестів мінімаль-

ної ненадлишкової моделі знань із доменами максимального рівня спільності. Таким чином, МПУ створює ступені свободи в описі ситуацій дійсності, що, відповідно до принципів синергетики, створює передумови для виникнення процесів самоорганізації.

Наведемо специфікації завдань деяких класів моделей обчислювальних знань ( $\underline{t}/T$  – результати тестів;  $\underline{t}/\Lambda$  – моменти часу;  $\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle$  – події;  $d/D$  – висновки, діагнози;  $h/H$  – прогностичні гіпотези;  $r/R$  – програми керування;  $T, \Lambda, D, H, R$  – сорти або домени;  $J$  – оператор оцінки істинності довільної формули  $\varphi$ ):

$F_1 = \{f/\mu: \{\underline{t}/T\}_1 \rightarrow \{\underline{t}/T\}_2\}$  – клас моделей обчислювальних знань;

$F_2 = \{f/\mu: \{\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle\} \rightarrow d/D\}$  – клас моделей діагностичних знань;

$F_3 = \{f/\mu: \{\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle\} \rightarrow -d/D\}$  – клас моделей знань, що описують область заборон;

$F_4 = \{f/\mu: \{\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle\}, \{d/D\} \rightarrow \{h/H\}\}$  – клас моделей прогностичних знань;

$F_5 = \{f/\mu: \{\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle\}, \{d/D\}, \{h/H\} \rightarrow \{r/R\}\}$  – клас моделей знань із оптимізації керування;

$F_6 = \{f/\mu: \{\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle\} \rightarrow \{\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle\}'\}$  – клас моделей знань, що представляє собою сукупність причинно-наслідкових зв'язків (як структурних, так і часових);

$F_7 = \{f/\mu: \{J_\beta \varphi\}, \{\langle \underline{t}/T, \underline{t}/\Lambda \rangle\} \rightarrow \{J_\gamma \varphi\}'\}$  – клас моделей знань, що дозволяє змінювати оцінку істинності формул – відображень залежно від тих або інших подій дійсності (відображення можуть належати кожному із класів  $F_1 - F_6$ ). Оцінка істинності в загальному випадку має фрактальну структуру.

Загальна модель обчислювальних знань  $k_C$  містить у собі всі згадані вище класи моделей, а саме:  $F_1 \cup F_2 \cup F_3 \cup F_4 \cup F_5 \cup F_6 \cup F_7 \subseteq k_C$ . Опис практичної реалізації представленої моделі обчислювальних знань наведено в роботах [3, 5, 7].

**Лексичні дерева.** БкЗ зберігає значну частину інформації в текстових файлах певної структури. Основним засобом для подання інформації в БкЗ є лексичні дерева (ЛД), які можуть бути декількох типів. Залежно від типу ЛД є можливість аналізу додаткових характеристик ЛД, властивих конкретному типу [2 – 4].

Спочатку лексичні дерева були розроблені для формалізації професійної лексики в рамках шпитальних систем [2]. Їхнє використання дозволило кардинально змінити підхід до автоматизації ведення медичних записів (вдалося відмовитися від фіксованих шаблонів медичних протоколів). Пізніше вони були використані для формального запису алгоритмів діагностики, лікування і прогнозування [3]. У роботах [3, 4] сфера зас-

тосування ЛД розширена до опису клінічних теорій (множин тестів, клінічних картин захворювань, клінічних ситуацій і т.д.) і об'єктів Банку математичних моделей. Таким чином, розвиток концепції банку знань йшов від потреб практики й практика залишається критерієм корисності пропонуваніх рішень.

Простота базових принципів побудови ЛД – їхня головна перевага. Приклад фрагменту лексичного дерева:

#### СКАРГИ НА

```
|постійний; нападпоподібний| !головний біль {голов_біль
|помірний; інтенсивний|
головний біль
що |виникає; посилюється| при
підвищенні тиску
фізичному навантаженні
зміні положення |голови; тіла|
< ? >
протягом _____ |років; року; міс; дн|
|постійне; нападпоподібне| !запаморочення {запаморочення}.
```

Наведемо запис довільного відображення моделі знань (3) з використанням ЛД і Банку тестів (ФВ – функціональне відображення):

```
<Повне ім'я ФВ> - f {ФВ_ <Абревіатура для ФВ>
[Умова {cond_
<тести - умова> - {c/C}}]
Вхід {inp_
<вхідні тести> - {b/B}}
Вихід {out_
<вихідні тести> - {a/A}}
Методи {met_
<методи обробки> - {μ}_}}
Відображення поєднуються в семантичні групи
різного рівня вкладеності [3]:
<Ім'я предметної області> {ПРО_ <Ім'я >
[Визначення {def_
<Скорочене ім'я тесту> - <Повне ім'я тесту>
[ {Посилання}
.....]
[<ПРО_Ім'я>]
<ФВ_1>
...
<ФВ_N>
} [ПрО]
```

**Конфігуратори тестів.** Базовим доменом назвемо домен, за допомогою якого описуються максимально точні значення тесту (область можливих значень – ОМЗ). Для таких тестів як, наприклад, “Температура”, “Ріст”, “Вага”, “Швидкість”,

“Прискорення”, “Час” у якості базового домену можна прийняти відрізок числової прямої. Для тесту “Вік” базовим доменом буде інтервал від 0 до 120 і т.д. Дискретний домен максимальної спільності назвемо *N-арним конструктом тесту*, де *N* – число елементів домену. Приклади бінарних конструктів: {+; -}, {Норма: Відхилення}, {Ефективно; Неефективно}, {Скарги є; Скарги немає}, {Сприятливий; Несприятливий} і т.д. Для того самого тесту може бути потенційно задано нескінченно багато *N*-арних конструктів. Між базовим доменом тесту і *N*-арним конструктом також може бути задано як завгодно багато проміжних доменів. Усередині ієрархії доменів задаються правила перерахування елементів одного домену в елементи домену більш високого рівня спільності. Правила перерахування можуть бути самими різними: детермінованими, нечіткими, нейромережевими і т.д.

Конкретну ієрархію доменів, основою якої служить базовий домен, вершиною – *N*-арний конструкт, з фіксованими правилами перерахування, назвемо *конфігуратором тесту*. Конфігуратор тесту  $\tau$  будемо позначати в такий спосіб:

$$fr_{\tau}: OMZ(\tau) \rightarrow \delta_N(\tau), \quad (4)$$

де  $OMZ(\tau)$  – базовий домен,  $\delta_N(\tau)$  – *N*-арний конструкт. Множину конфігураторів для тесту  $\tau$  позначимо  $\{fr\}_{\tau}$ . Для числових тестів конфігуратор може задавати основу у вигляді фізичного фракталу типу “Канторівський пил”. Конфігуратори зберігаються в Банку тестів. Приклади конфігураторів (D1 - D4 - домени):

```
Anemum {
D1 {Апетит нормальний ^N; Апетит змінений ^b}
D2 {Відраза до їжі ^b; Апетит знижений ^b; Апетит нормальний ^N; Апетит підвищений ^b}
Рівень гемоглобіну ^Hb {
D1 {Нормальний рівень Hb ^N; Ненормальний рівень Hb ^a b}
D2 {Анемія ^a; Нормальний рівень Hb ^N; Підвищений рівень Hb ^b}
D3 {Різко виражена анемія ^a [20; 50]; Виражена анемія ^a [51; 90]; Помірна анемія ^a [90;119]; Нормальний рівень Hb ^N [120; 160]; Рівень Hb помірно підвищений ^b [161; 170]; Підвищений рівень Hb ^b [171; 180]; Різко підвищений рівень Hb ^b [181; 200] }
D4 {[20; 200]}
D4 ->> D3 ({параметри скейлінгу})}
```

**Висновок.** Головною перевагою запропоновано-го формалізму є його відносна простота й прозорість.

Більшість інформаційних об'єктів моделі ПрО на процедурному рівні описується за допомогою лексичних дерев, що забезпечує загальну методичну основу. Розроблений формалізм дозволяє описувати ме-

дичні тести будь-якої складності, професійну лексику, клінічні картини захворювань, клінічні критерії й клінічні ситуації.

### Література

1. Мінцер О.П., Вороненко Ю.В. На шляху до суспільства медичних знань // Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. Зб.наук.праць Вип. XVI. – Запоріжжя: У ЗДМУ, 2006. – С. 3-15.
2. Алпатов А. П., Прокопчук Ю. О., Костра В. В. Шпитальні інформаційні системи: архітектура, моделі, рішення. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2005. – 257 с.
3. Алпатов А. П., Прокопчук Ю. О., Юденко О. В., Хорошилов С. В. Інформаційні технології в освіті та охороні здоров'я. – Дніпропетровськ: ІТМ НАНУ і НКАУ, 2008. – 287 с.
4. Прокопчук Ю.О. Інтелектуальні медичні системи: формально-логічний рівень. – Дніпропетровськ : ІТМ НАНУ й НКАУ, 2007. – 259 с.
5. Прокопчук Ю.О. Метод граничних узагальнень – ефективний принцип роботи обчислювального інтелекту // Штучний інтелект. – 2008. – № 3. – С. 727 - 736.
6. Prokopchuk Yu.O. Method of Limiting Generalizations for Solving Logical and Computing Tasks // Proceedings of 2nd International Conference on Inductive Modelling (September 15–19, 2008, Kyiv, Ukraine). – Kyiv: IRTC ITS, 2008. – P. 62-65.
7. Прокопчук Ю.О. Багатоцільовий банк знань в області клінічної медицини // Вісник ХНТУ. – 2008. – № 1(30). – С. 14-20.
8. Прокопчук Ю.О. Проведення лікарських консилиумів за участю інтелектуальних систем // Вісник ХНТУ. – 2007. – № 4 (27). – С. 198-202.
9. Черняховская М.Ю., Клещев А.С., Кулаков Ю.В., Онищенко С.Б. База знаний для системы интеллектуальной поддержки обследования больных для врача терапевта. – Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 1998. – 46 с. (Препринт/ ИАПУ ДВО РАН; № 16).
- Орлов В. А., Клещев А. С. Компьютерные банки знаний. Многоцелевой банк знаний // Информационные технологии. – 2006. – № 2. – С. 2-8.



УДК: 616.43/45-07-08:002.6:681.3

## ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УКРАИНЕ

М.Ю. Болгов, Н.Д. Тронько

ГУ «Институт эндокринологии и обмена веществ им. В.П. Комиссаренко АМН Украины»

Проведен анализ основных характеристик медицинских информационных систем, представленных сегодня на рынке Украины. Выделены ключевые факторы, влияющие на эффективность использования медицинских информационных систем в практике здравоохранения. Приведены наиболее перспективные подходы к внедрению и реализации функционирования основных подсистем прикладного программного обеспечения в сфере информатизации лечебно-диагностического процесса. Рассмотрены преимущества авторской медицинской информационной системы «TherDep» как средства автоматизированного ведения медицинской документации для врачей.

**Ключевые слова:** медицинские информационные системы, информатизация здравоохранения.

## ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ

М.Ю. Болгов, М.Д. Тронько

ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка АМН України»

Проведено аналіз головних характеристик медичних інформаційних систем, що представлені сьогодні на ринку України. Визначені ключові фактори, що впливають на ефективність використання медичних інформаційних систем у практиці охорони здоров'я. Наведено найбільш перспективні підходи до впровадження та реалізації функціонування основних підсистем прикладного програмного забезпечення в галузі інформатизації лікувально-діагностичного процесу. Розглянуті переваги авторської медичної інформаційної системи «TherDep» як засобу автоматизованого ведення медичної документації для лікарів.

**Ключові слова:** медичні інформаційні системи, інформатизація охорони здоров'я.

## PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS IN UKRAINE

M.Yu. Bolgov, M.D. Tronko

State Institution "Institute of Endocrinology and Metabolism by V.P. Komisarenko of AMS of Ukraine"

The analysis of basic descriptions of the medical information systems which are offered nowadays at the market is conducted. Key factors which influence on efficiency of the use of medical information systems in practice of healthcare are selected. The most perspective approaches to introduction and realization of functioning the basic subsystems of application software in the field of informatization of diagnostic and therapeutic process are represented. Advantages of domestic medical information systems "TherDep" are considered as the means of automatization management of medical document for doctors.

**Key words:** medical information systems, informatization of healthcare.

**Введение.** На рынке медицинских информационных систем (МИС) существует достаточно предложений [1-3]. В подавляющем большинстве речь идет о комплексной информатизации медицинских учреждений с первоочередным решением финансовых, максимум управленческих задач. Чаще всего подразумевается, что потенциальный покупатель имеет достаточно средств для автоматизации всего

лечебно-диагностического процесса и во главе угла для него стоит учет медицинских услуг и формирование отчетных документов. Удобство представления информации для врача, эффективность его работы с электронной медицинской картой и, тем более, возможность хранения и обработки своих (профильных) медицинских и научных параметров часто остаются вне основного поля зрения и решаются "как

© М.Ю. Болгов, Н.Д. Тронько

получится”, ибо главное – возможность учесть все выполненное пациенту и представить отчет руководителю и в вышестоящую организацию. Для работы с такими системами чаще всего требуются отдельные операторы, которые должны пройти соответствующую подготовку. Врач может вообще не контактировать с системой напрямую, а только через таких операторов. Соответственно и качество представления в системе медицинской информации вообще уходит с повестки дня. Первостепенной задачей является – правильно учесть выполненную услугу, выдать кассовый чек и провести финансовую операцию. Стоят такие системы в целом достаточно дорого. Средним масштабом цены является около \$1000 за одно рабочее место врача или сестры. К этому добавляется стоимость серверной части, инсталляции, настройки и обучения. Заметьте, что это все без цены за компьютерную и сетевую технику и, разумеется, ее настройку. Обычно автоматизация медицинского учреждения (опять же без техники) обходится минимум в несколько десятков тысяч долларов. Это при охвате нескольких рабочих мест, если же говорить о десятках рабочих мест, то счет идет на сотни тысяч. Не всегда производители медицинских информационных систем сообщают сразу свои цены, предлагая обсуждать этот вопрос непосредственно с заказчиком по конкретному факту внедрения. Понятно, что окончательная цена в реальных проектах не может быть заранее predetermined, но масштаб лучше представлять клиенту с самого начала (это наша позиция).

**Основная часть.** Одним из факторов, сдерживающих внедрение в медицинских учреждениях Украины информационных систем, являются высокие технические характеристики компьютерной техники для работы на ней в большинстве современных МИС. В сегодняшних реалиях нашей действительности минимальные требования к аппаратуре следует отнести к положительным факторам. В идеале МИС должна быть в состоянии работать там, где работает Windows. Разумеется, что чем мощнее техника, тем быстрее будет идти работа, но реальное ощущение этого приходит только при значительном накоплении данных. Если МИС изначально спроектирована как нетребовательная к ресурсам, то те компьютеры, которые люди обычно покупают для домашнего пользования, имеют намного более высокие технические характеристики, чем те, которые необходимы для работы офисных приложений. Основная мощь обычно востребуется для современных игрушек с серьезной графикой и просмотра филь-

мов. Эти рассуждения не могут быть перенесены на сетевую технику и вообще организацию большой локальной сети (десятки компьютеров), тем более работающую в режиме реального времени, когда количество одновременных подключений к базе данных также исчисляется десятками, а поток данных велик. Но в условиях постоянного поиска максимальной экономической целесообразности стоит признать более рациональным хранение графической и видеоинформации в отдельных файлах, а не в самой базе данных, что значительно снижает потребность в ресурсах для всех операций с данными. Если планируется обеспечение хранения всех графических и, тем более, скопических исследований, то придется серьезно подготовиться в смысле подбора оптимальной компьютерной техники. В противном (наиболее типичном случае) хранить всю необходимую информацию можно на отдельном компьютере, обеспечив автоматическую привязку всех графических данных к пациентам, обследованиям, операциям и т.д. Достаточно реализовать функцию импорта данных с любых носителей в специальную структуру, хранение и поиск в которой могут быть обеспечены полностью автоматически. Фактически для пользователя не будет никакой разницы в том, где хранится эта информация: в базе данных или в отдельных файлах. Это окажется важным для понимания только при резервном копировании, когда создание архива не будет включать в себя архивирование всей графической и видеоинформации. Но обычно работу с графикой обеспечивают специалисты, а для них здесь не будет никаких сложностей. Для пользователей же важно то, что в системе будет обеспечена возможность хранения всего спектра дополнительной информации по каждому пациенту, каждой его консультации, каждому обследованию и т.д. Вся эта информация автоматически импортируется в систему и легко доступна в любой момент времени.

Учет стоимости медицинских услуг, особенно в преддверии внедрения страховой медицины, что является лишь вопросом времени, безусловно, заслуживает отдельного внимания со стороны МИС. Как минимум, он должен включать в себя средства установления цены на каждую услугу (консультацию, обследование, операцию и т.д.), возможность неоднократного ее изменения (с корректным учетом этого факта вплоть до минут в итоговых документах), возможности автоматического формирования отчетности по выполненным услугам, врачам и пациентам за любой период времени. Стоимость каждой оплачиваемой услуги может отличаться от установленной

по умолчанию (индивидуальные тарифы, льготы и т.п.), что также должно быть корректно учтено при подведении итогов и составлении финансовых таблиц. Тем не менее, полноценный бухгалтерский учет – это много большее. Он включает в себя приход, расход, долги, зарплату, учет основных средств, списание по счетам и многое другое. Следует отметить, что существует возможность интеграции с известной бухгалтерской системой «1С». Зачем “изобретать велосипед”, если уже существует бухгалтерская система, которая обеспечивает весь спектр потребностей учреждения? Мы полагаем, что гораздо эффективнее продумать механизмы интеграции. Следует отметить, что они не так просты, как это может показаться на первый взгляд, но вполне реализуемы. Дело в том, что большая часть медицинской информации о пациенте бухгалтерскую систему вообще «не интересуется» и не должна «интересовать». Так, например, зачем в ней текст консультации специалиста? Бухгалтеру важны время и сумма, которая должна фигурировать по факту совершения консультативного приема. Именно здесь и кроется одна из серьезных причин медленного продвижения информатизации в медицине, которой чаще всего предлагаются те или иные модифицированные бухгалтерские системы. Однако, МИС прежде всего должна удовлетворять потребностям врача в его профессиональной деятельности. Реализация такого подхода привела нас к целому ряду моделей, принципов и подсистем, которые отсутствуют в бухгалтерских системах, не могут и не должны быть их составной частью. Поэтому если медицинскому учреждению необходим полный документооборот, включающий бухгалтерию, то лучше всего обеспечить его путем интеграции МИС и «1С», что позволит всем получать максимум от внедрения информационных технологий.

Идеально для медицинских учреждений, чтобы МИС могла функционировать вообще без наличия отдельной службы поддержки, была достаточно надежной и простой в настройке и эксплуатации. Разумеется, исправность техники – это отдельный вопрос. Распределением прав пользователей и настройкой системы, конечно, придется заниматься в любом случае, но это само по себе не должно требовать наличия ни программистов, ни системных администраторов. Эффективная МИС должна проектироваться как простой и универсальный механизм работы с медицинской информацией для врача без всякой специальной подготовки. Сегодня уже трудно найти медика, который никогда не работал с компьютером. Подробно документированная МИС мо-

жет осветить все вопросы настройки и сопровождения, не требуя никаких специальных знаний от своего администратора. Вся необходимая информация должна быть изложена в документации. Реализация локальной сети как таковой, безусловно, выходит за эти рамки и требует соответствующей квалификации. Однако если в учреждении уже создана и настроена локальная сеть, то ее использование чаще всего не требует постоянных хлопот, а все вопросы работы с медицинской информацией, в рамках этой сети, должны решаться средствами самой МИС, вплоть до наблюдения за работой пользователей и отсылки им административных сообщений. Таким образом, для использования системы в небольшой и не очень загруженной локальной сети, не должна быть необходима служба технической поддержки как таковая, достаточно иметь возможность обратиться к специалисту при необходимости. Единственным исключением является необходимость обеспечения ПОСТОЯННОЙ работоспособности системы, так как техника действительно может выйти из строя в любой момент. Если это недопустимо, то служба технической поддержки понадобится, причем не менее постоянная, чем требуемая степень непрерывности работы. На практике для всякой информационной системы реального времени существуют допустимые сроки простоя. Исходя из них и должна определяться структура службы поддержки. Если допустимыми являются считанные минуты – одна поддержка, если часы – другая, дни – третья. В идеале, разумеется, медицинская информационная система не должна лишать врача возможности получения информации вообще никогда, но такая поддержка очень дорого стоит и требует специальной техники и программного обеспечения, поддерживающего мгновенное определение всех видов поломок и переключение на другие источники электропитания, хранения и обработки данных. Чаще всего врачам приходится допускать возможность небольших простоев (до часа), так как тогда стоимость поддержки резко сокращается. К этому следует добавить, что надежность современной компьютерной техники достаточно высока и проблемы встречаются действительно очень редко (не каждый месяц) и еще реже носят серьезный характер с потерей данных (чаще всего никогда). Конечно, это при условии рационального построения сети и распределения прав пользователей (имеются в виду системные права клиентов сети). Принимая во внимание, что в большинстве случаев речь не идет о полностью электронном документообороте (т.е. все-

гда имеются бумажные копии всех документов), то небольшие простои обычно допускаются и в этом случае техническая поддержка может быть минимальной. Еще раз оговоримся, что администрирование требуется в любой МИС: назначение прав сотрудникам, редактирование справочников лекарственных средств, расписаний, процедур, их стоимости и т.д. Но все это требует не технической, а медицинской и организационной подготовки, знания особенностей работы медицинского учреждения, т.е. входит в компетенцию руководящих и медицинских работников и вообще не должно быть задачей инженерного персонала.

Одной из преград на пути внедрения МИС являются сложности с непосредственным подключением медицинского оборудования. Действительно ли возможность получать данные в систему прямо с аппаратуры является ключевой и серьезно тормозит использование МИС? Теоретически возможность импорта данных в МИС непосредственно с оборудования является однозначно положительным моментом. Однако на практике такой импорт является сложным и многоступенчатым процессом. Дело в том, что единого стандарта по протоколам обмена данными с аппаратурой не существует. Наиболее общепризнанным (но не единственным) для передачи изображений является стандарт DICOM. Однако для большинства аппаратного обеспечения опция включения возможности его использования требует отдельной оплаты. Также отдельных затрат требует техника для обеспечения хранения и обработки больших массивов графической и видеоинформации. Собственно, существуют отдельные системы (PACS), которые предназначены для выполнения задач хранения и обработки оцифрованных графических данных. По аналогии с бухгалтерскими системами, наиболее рациональным является подход интеграции PACS-систем с медицинскими информационными, задачи которых в части работы с медицинской информацией много шире, чем у PACS, а в части обработки графики обычно выходят за пределы ее компетенции. Еще сложнее обстоит дело с лабораторным оборудованием, т.к. даже не существует однозначного лидера. Фактически под каждый аппарат необходимо производить отдельные работы по интеграции с ним. Эти работы могут быть выполнены, однако не всегда производители лабораторного оборудования предоставляют техническую информацию об использованных протоколах, что фактически не позволяет обеспечивать интеграцию сторонним разработчикам. На практике чаще всего

удается найти компромисс по значительной эффективности работы с результатами лабораторных исследований и без непосредственной интеграции с оборудованием. Но если необходимо сделать все “lege artis”, то нет никаких проблем, просто придется запастись терпением, временем и деньгами для реализации такой задачи. В большинстве случаев требуется техническая адаптация МИС к конкретному оборудованию.

Весьма важным моментом в практическом использовании МИС является возможность формирования отчетной документации, в частности Министерства здравоохранения. Многие МИС предлагают в своем составе готовые формы документов, однако очень редко можно встретить возможности пользовательской настройки этих документов и, тем более, создания новых форм. В то же время потребности в анализе данных далеко не исчерпываются стандартными формами, которые, к тому же, имеют тенденцию изменяться, обычно в сторону расширения. Кроме того, подавляющему большинству медицинских учреждений приходится подавать ряд дополнительных отчетных форм, которые требуются профильными вышестоящими организациями. Все это требует от МИС возможности создания отчетных форм в процессе эксплуатации и, разумеется, желательно, чтобы этот механизм был максимально гибким и, в то же время, доступным для использования медицинскими работниками без специальной подготовки. Следует отметить, что здесь речь идет именно о медицинских документах, в частности и отчетных. В определенном смысле отчетные документы выполняют функцию анализа данных, так как могут содержать любую итоговую информацию, в том числе как угодно сгруппированную, однако анализ данных как таковой – это несколько иное понятие. Тогда как для документа главная форма представления данных (заголовки, шапки таблиц, выделения и т.д.), то для анализа данных важна возможность получения разнообразной статистики, не ограниченной какой-либо одной формой (в идеале вообще произвольной). Собственно такой универсальный анализ, результатом которого является получение максимально широкого спектра цифровой информации в табличном виде, является отдельной функцией МИС, которой чаще всего не уделяется должного внимания разработчиками. Может быть, это делается и умышленно, чтобы иметь постоянные заказы на выполнение тех или иных расчетов. В любом случае качественная медицинская информационная система должна позволять решать проблему анализа данных в максимально широком диапазоне в режиме



реального времени и встроенными средствами системы, а не только через регулярные заказы у разработчика.

Немаловажным аспектом является сложность обучения работе с МИС, особенно для персонала, ранее не работавшего с компьютером. Как указывалось выше, сегодня уже тяжело найти медицинского работника, не имеющего навыков работы в Windows, и, тем не менее, так как медицина в целом достаточно консервативна, такие среди врачей все еще встречаются. Но даже и для тех, кто имеет такие навыки, обучение приемам работы с медицинской информационной системой, как, впрочем, и с любой другой, составляет проблему, степень выраженности которой прямо пропорциональна логичности и простоте ее интерфейса. Оптимально, на наш взгляд, строить МИС по тому же принципу, что и офисные приложения (например в Word). Вы можете прекрасно работать в нем даже не подозревая о его громадных возможностях, до тех пор, пока они Вам не понадобятся. Весь его дополнительный функционал не мешает начинающему выполнять основные операции, которые предельно упрощены. Когда же настанет время, и Вы почувствуете необходимость в расширении функциональных возможностей системы, то в ее настройках Вы должны найти очень много полезного. Достаточный объем и адекватность таких настроечных и функциональных возможностей отличают эффективно спроектированную МИС.

Одной из очень важных характеристик МИС является ее гибкость в возможности хранения и обработки нестандартных (пользовательских) параметров. Фактически при разработке медицинской информационной системы, даже для конкретного заказчика, на этапе проектирования невозможно предусмотреть все возможные данные, хранение и обработка которых смогут понадобиться на протяжении всего периода эксплуатации. Большинство предлагаемых на рынке медицинских информационных систем построены таким образом, что все, необходимые для хранения и учета графы должны быть заранее оговорены в техническом задании и их последующая модификация, как и дополнение, требуют непосредственного участия разработчика. Понимая всю сложность и неоднородность медицинской информации мы считаем такой путь малоэффективным. На нем есть много терний и он фактически бесконечен, так же как непрерывен процесс развития общества, науки и медицины. Считаем оптимальной схему, при которой изначально в МИС закладываются только те данные, которые существуют вне зависимости от профиля, типа учреждения и особенностей оказания медицинской

помощи. Все профильные, организационные и иные параметры должны быть учтены путем настройки специальной подсистемы, которая должна позволять хранение и обработку практически любой информации по каждому пациенту, истории болезни, операции, исследованию и т.д. Такой подход позволяет обеспечить универсальные средства учета, отображения, анализа и печати всего спектра существующих и возможных в будущем медицинских данных.

Одной из принципиально отличающихся медицинских информационных систем является отечественная разработка TherDep [3] (первоначально название произошло от небольшой программы для терапевтического отделения «**Therapeutic Department**»). Эта система была создана именно для медицинского персонала, для эффективности и удобства его работы с медицинской информацией. Все возможности учета, в том числе и финансового, появились в ней позже и, что самое главное, являются подчиненными по отношению к работе врачей и сестер с данными о пациентах. Таким образом, начиная с рабочего места одного врача, система TherDep, в своей пятой версии, пришла к охвату практически всех сторон медицинского учета, включая статистические формы и оплату услуг. Заметим, что в этом историческом аспекте ее кардинальное отличие от большинства существующих медицинских информационных систем, которые задумывались и реализовывались начиная с задач статистического учета, так необходимого руководителям, но не врачам. Есть достаточно примеров автоматизации медицинских учреждений, когда целые отделы занимаются обработкой данных по больнице на основе предоставляемых врачами (РУКОПИСНЫХ!) статистических форм. В отличие от такого подхода, в системе TherDep реализуется принцип, согласно которому вся информация о пациенте вначале попадает в базу данных, а затем многократно используется. Ни один документ не должен создаваться врачом в рукописном варианте – все должно распечатываться, ибо в этом колоссальная экономия времени и залог того, что вся информация останется в базе данных. Именно такой взаимовыгодный подход положен в основу разработки TherDep.

Еще одним историческим аспектом (связанным с созданием программы во врачебной, а не лабораторной среде) является решение множества тактических проблем хранения медицинской информации, что необходимо для одновременного обеспечения удобства как практических врачей, которым необходима большая свобода при определении всех аспектов течения болезни и ее лечения у конкретного

пациента, так и администраторов и научных сотрудников, которым необходима высокая степень дискретности для составления итоговых документов. На практике попытки объединить эти направления в рамках одной системы регулярно наталкиваются на противоречия, начиная с диагноза: врачу более всего подходят текстовые графы, в которых можно написать все, что угодно (имело место, разумеется), а для анализа больших массивов данных текст практически непригоден. Как только врача начинают ограничивать, например рубриками МКБ, он сразу ощущает неудобство, так как болезни пациентов не хотят протекать исключительно в рамках predetermined состояний, регулярно отличаясь своими уникальными особенностями, требующими фиксации в медицинских документах.

**Выводы.** За более чем 14 лет создания системы пришлось найти и апробировать множество оригинальных подходов к хранению и обработке медицинской информации. Успешная работа системы TherDep во многих клиниках Украины, России и других стран СНГ является главным подтверждением правильности найденных тактических решений, что, разумеется, не исключает дальнейшего ее развития и усовершенствования.

Существует полностью бесплатная версия TherDep Light, которая позволяет автоматизировать работу регистратуры и консультативных кабинетов поликлиники. Все, что нужно для работы регистратора и врача консультативного приема (любого профиля) в этой версии присутствует. В ней нет никаких ограничений по количеству пациентов или времени работы (существует ограничение только на количество рабочих мест в сети, а именно допускается не более 5). Тем не менее TherDep Light не идентична платной версии (с тем же минимальным комплектом утилит). Во-первых, бесплатная версия имеет открытый (не зашифрованный) файл соединения, в котором хранится ин-

формация о настройках на базу данных и пароль администратора TherDep. Если использовать систему в рамках ограниченного круга неискушенных пользователей, то этого ограничения Вы просто не заметите. Какая Вам разница, как будет храниться настроечная информация и пароль администратора? Но если речь идет о работе серьезно относящегося к конфиденциальности информации учреждения, тем более коммерческого, тем более работающего в крупной локальной сети (где, к тому же, могут найтись свои хакеры), то это обстоятельство является весьма серьезной брешью в системе защиты данных. Именно таким образом мы и предлагаем определяться пользователям: если необходимо автоматизировать обычную поликлинику без претензий на серьезную безопасность (или частный прием одного врача), то Вам вполне подойдет TherDep Light. Если же Вы представляете коммерческую медицинскую структуру и хотите иметь безопасность в своей работе с медицинской информацией, то лучше приобрести лицензионную версию, хотя бы и с меньшими функциональными возможностями. Что касается последних, то в бесплатной версии отсутствует возможность работы с госпитализациями, нет отдельных утилит для диагностических кабинетов и лабораторий, а также средств универсального анализа данных. Все это не мешает реальной практической работе, так как данные о всех пациентах, их консультациях, обследованиях и анализах Вы успешно сможете хранить, находить и распечатывать. Следует также отметить, что и возможности формирования медицинских документов присутствуют в бесплатной версии без ограничений. Таким образом, самому первичному звену оказания медицинской помощи – поликлиникам – сделан подарок без всяких претензий на взаимность. По нашим данным, на такой шаг пока не решился ни один из производителей МИС, как минимум на просторах СНГ.

#### **Література**

1. Мінцер О.П. Медицинские информационные системы: пути развития и перспективы в реальной жизни // Кибернетика и вычислительная техника. – 2001. – № 131. – С. 37-60.
2. Гусев А.В., Романов Ф.А., Дуданов И.П., Воронин А.В. Медицинские информационные системы. – ПетргУ, 2005. – 404 с.
3. Коваленко О.С., Голубчиков М.В., Орлова Н.М. Информационные системы в охране здоровья та основні вимоги до їх створення // Управління закладами охорони здоров'я. – 2007. – № 1. – С. 42-46.
4. Болгов М.Ю. Автоматизация медицинских учреждений

(Руководство пользователя TherDep5). – Кулприянова. – 2006. – 464 с.

5. Мінцер О.П., Москаленко В.З., Веселий С.В. Інформаційні технології в хірургії – К.: Вища школа, 2004. – 423 с.
  6. Інформаційно-аналітична система закладів охорони здоров'я “Електронна лікарня”: Режим доступу: <http://www.softline.kiev.ua/control/uk/publish/article/>.
- Мінцер О.П. Информационная основа медицины третьего тысячелетия – медицинский электронный паспорт // Медичний всесвіт. – 2002. – Т. 2, № 1-2. – С. 150-160.

УДК: 61:681.3:002.6(061):614.2.008.0:362.11

## ФОРМУВАННЯ МЕДИЧНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕДИЧНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПАСПОРТА ГРОМАДЯНИНА УКРАЇНИ: ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ТА ПРИНЦИПИ ВЗАЄМОДІЇ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

**В.В. Чернов, І.Л. Владимировський, В.М. Голота,  
П.С. Родський, Л.Ю. Бабінцева<sup>1</sup>**

*Державне підприємство “Українські спеціальні системи”  
Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика<sup>1</sup>*

У статті розглянуто питання про створення в Україні державної медичної автоматизованої інформаційної системи з метою впровадження медичного електронного паспорта громадянина України. Представлені основні принципи побудови системи, взаємодії її елементів, технічні вимоги, що висуваються до них, а також надана структурна схема системи.

Акцентовано увагу на створенні комплексної системи захисту інформації, визначенні рівнів прав доступу до інформації, ідентифікації та аутентифікації в системі користувачів цієї інформації.

Обґрунтовано необхідність забезпечення можливості взаємодії системи, що розробляється, з іншими інформаційно-телекомунікаційними системами.

**Ключові слова:** медична автоматизована інформаційна система, медичний електронний паспорт, інформаційно-телекомунікаційна система, комплексна система захисту інформації, акредитований центр сертифікації ключів.

## ФОРМИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПАСПОРТА ГРАЖДАНИНА УКРАИНЫ: ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЕЁ ЭЛЕМЕНТОВ

**В.В. Чернов, И.Л. Владимировский, В.М. Голота,  
П.С. Родский, Л.Ю. Бабинцева<sup>1</sup>**

*Государственное предприятие “Украинские специальные системы”  
Национальная медицинская академия последипломного образования  
имени П.Л. Шупика<sup>1</sup>*

В статье рассмотрены вопросы создания в Украине государственной медицинской автоматизированной информационной системы с целью внедрения медицинского электронного паспорта гражданина Украины. Представлены основные принципы построения системы, взаимодействия её элементов, технические требования, которые к ним предъявляются, а также структурная схема системы.

Акцентируется внимание на создании комплексной системы защиты информации, определении уровней прав доступа к информации, идентификации и аутентификации в системе её пользователей.

Обоснована необходимость обеспечения возможности взаимодействия разрабатываемой системы с другими информационно-телекоммуникационными системами.

**Ключевые слова:** медицинская автоматизированная информационная система, медицинский электронный паспорт, информационно-телекоммуникационная система, комплексная система защиты информации, аккредитованный центр сертификации ключей.

## FORMATION OF MEDICAL AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR INTRODUCTION OF MEDICAL ELECTRONIC PASSPORT OF THE CITIZEN OF UKRAINE: TECHNICAL REQUIREMENTS AND PRINCIPLES OF INTERACTION OF ITS ELEMENTS

V.V. Chernov, I.L. Vladymyrovsky, V.M. Holota, P.S. Rodsky, L.Yu. Babintseva<sup>1</sup>

*State Enterprise "Ukrainian Special Systems"*

*National Medical Academy of Post-Graduate Education by P.L. Shupyk<sup>1</sup>*

Questions of creation in Ukraine the state medical automated information system with the purpose of introduction of the medical electronic passport of the citizen of Ukraine are considered. Main principles of construction of system, interaction of its elements, technical requirements which to them are shown as well as block diagram of system are presented.

The attention is paid to creation of complex system of protection of the information, definition of levels of access rights to the information, identifications and authentication in system of its users.

Necessity of a possibility of interaction of developed system with other information-telecommunication systems is proved.

**Key words:** medical automated information system, medical electronic passport, information-telecommunication system, complex system of information protection, accredited center of certification of the keys.

**Вступ.** Для забезпечення тривалого соціально-економічного розвитку України одним з пріоритетів державної політики визначено збереження та зміцнення здоров'я населення шляхом формування здорового способу життя та підвищення доступності й якості медичної допомоги.

В свою чергу ефективне функціонування системи охорони здоров'я визначається такими загальними системоутворювальними факторами:

– вдосконалення організаційної структури медичної автоматизованої інформаційної системи (МАІС), що дозволить забезпечувати формування здорового способу життя та надання якісної медичної допомоги всім громадянам України (у межах державних гарантій);

– розвиток інфраструктури та ресурсного забезпечення охорони здоров'я, що містять фінансове, матеріально-технічне та технологічне оснащення лікувально-профілактичних закладів (ЛПЗ), на основі інноваційних підходів і принципу стандартизації;

– наявність достатньої кількості підготовлених медичних фахівців, які спроможні вирішувати завдання, що постають перед системою охорони здоров'я України.

Метою роботи є висвітлення переліку технічних вимог та низки кроків, що надають можливість формування державної МАІС про стан здоров'я громадян України. При цьому головною концепцією системи є висунута раніше взаємодія глобальної інформаційної системи та медичного електронного паспорта (МЕП) громадянина України [5, 7].

Створення МАІС на основі розвинутого комунікаційного середовища з єдиним центром збору медичної інформації та розгалуженими на території Украї-

ни регіональними банками даних медичної інформації, підсистемою ситуаційного моніторингу й управління та підсистемою захисту інформації повинно суттєво підвищити ефективність діяльності Міністерства охорони здоров'я України в таких напрямках:

· підвищення ефективності збору, опрацювання та зберігання медичної інформації за рахунок оптимізації потоків даних, структури та функціонального складу прикладних автоматизованих інформаційних підсистем;

· прискорення підготовки та підвищення рівня обґрунтування й якості рішень, що приймаються лікарем, за рахунок впровадження сучасних технологій та за підтримки багатofункціональних банків знань в реальному масштабі часу в єдиному інформаційному просторі з використанням сучасних телекомунікацій;

· підвищення ефективності праці лікарів за рахунок впровадження електронного документообігу з тотальною системою контролю виконавчої дисципліни та можливістю доступу до будь-яких інформаційних ресурсів медичних інформаційних систем (МІС) у межах, наданих через єдиний інтерфейс прав;

· оптимізація ресурсів МІС за рахунок впровадження централізованих підсистем управління процесами лікування, персоналом, проектами тощо;

· підвищення рівня безпеки інформації, що циркулює в МІС, за рахунок централізації управління процесами моніторингу стану об'єктів та зовнішнього середовища;

· підвищення рівня підготовки та перепідготовки медичних працівників за рахунок застосування технологій дистанційного навчання та телемедицини.

Основним інструментом інтеграції різних підсистем у межах МІС за підтримки технічних засобів



інформаційної безпеки (ТЗІБ) є підсистема електронного документообігу. Такий підхід дозволяє зафіксувати відповідальність конкретних посадових осіб за надану в МІС інформацію та внесок кожної особи в процеси проведення лікувальних заходів, прийняття рішень і контролю за їх виконанням.

**Основна частина.** Розглянемо структуру, принципи взаємодії основних елементів медичної автоматизованої інформаційної системи та вимоги, що висуваються до них.

МАІС має забезпечувати можливість функціонування на такій технологічній базі:

- окремих ПЕОМ (автоматизованих систем класу 1) – автоматизованих робочих місць (АРМ) медичного персоналу або автоматизованих систем пацієнтів (АСП);
- локальних обчислювальних мереж (автоматизованих систем класу 2) – МАІС медичних закладів;
- інформаційно-телекомунікаційних систем (автоматизованих систем класу 3) – інформаційно-телекомунікаційних систем, що об'єднують декілька МАІС медичних закладів або декілька МАІС одного медичного закладу.

Зазначимо, що у створенні МАІС необхідно забезпечити можливість поетапного вдосконалення її складових, їх інтеграції в інші МАІС та створення єдиної загальнодержавної МАІС. Початок функціонування системи буде проходити за умови відсутності розвинутої інфраструктури МАІС медичних закладів, єдиних стандартів відображення та зберігання медичних даних та єдиної системи електронного документування медичних даних.

БД, у яких зберігається інформація про пацієнтів, мають пройти державну реєстрацію за встановленим порядком.

Система має забезпечувати належний захист персональних і медичних даних пацієнтів, технологічної інформації про своє функціонування. Тобто комплексна система захисту інформації (КСЗІ) повинна бути розроблена таким чином, щоб забезпечувати належний захист інформації незалежно від наявності та правильності функціонування КСЗІ в МАІС медичних закладів.

Відповідальність за впровадження та забезпечення захисту персональних та медичних даних, що обробляються в АСП, покладається на пацієнта.

Медичні та персональні дані поза межами території, що контролюється адміністрацією медичного закладу, мають передаватися тільки у криптографічно захищеному вигляді.

В МАІС також мають бути передбачені методика і процедури переходу від ведення медичної картки у

паперовому вигляді до застосування МЕП (перенесення медичних даних з паперових до електронних носіїв).

Кожна подія, що відбувається в МАІС або МЕП з ініціативи особи (власника чи персоналу) або процесу, має бути забезпечена підтвердженням авторства та фіксацією часу.

Медичні та персональні дані пацієнта, що обробляються в МАІС, мають бути дзеркальним відображенням інформації, що існує в МЕП.

Основна місія МАІС полягає в можливості отримання медичними працівниками інформації про пацієнта *вчасно та в повному обсязі*.

Повинна бути здійснена система перевірки валідності, релевантності та пертинентності медичної інформації, що вноситься до МЕП та МАІС.

Система також повинна забезпечувати можливість моніторингу стану пацієнта, для чого вона має спеціальне програмне забезпечення.

Система повинна мати можливість забезпечувати підтримку прийняття рішень у складних клінічних ситуаціях.

Система повинна мати програмне забезпечення, що забезпечує проведення перевірки несуперечливості медичної інформації, що вноситься до МЕП чи МАІС.

В МАІС може виконуватись автоматизована обробка інформації з МЕП із збереженням біотичних правил, які існують в державі чи обумовлені в контракті з пацієнтом. Необхідно забезпечити можливість зміни чи додавання нових методів обробки даних під час функціонування МАІС чи МЕП (удосконалення інтерфейсу, додавання нових підсистем обробки тощо).

Система має забезпечувати можливість статистичної обробки, узагальнення, аналізу інформації про стан здоров'я пацієнтів для потреб розвитку системи охорони здоров'я. Перелік форм та інші показники визначаються з урахуванням вимог державних органів. Потрібно передбачити можливість створення системи екстреного надання консультативної допомоги лікарю швидкої допомоги, шляхом розгортання мобільної компоненти системи з розташуванням її в автомобілі швидкої допомоги (зокрема on-line консультації вузьких спеціалістів в режимі телеконференції). Має бути передбачено не тільки читання інформації, а й її внесення до МЕП.

ТЗІБ МАІС також мають відповідати визначеним вимогам, що впливають із потреб захисту персональних даних, складу та обсягу інформації, котра обробляється та накопичується в сегментах МАІС,

прикладним завданням, що вирішуються в компонентах МАІС, рівнем організаційних заходів щодо забезпечення безпеки сегментів ТЗІБ МАІС, моделями вірогідних дій порушників, грифом інформації, що захищається.

При цьому ТЗІБ МАІС повинні забезпечувати:

- захист інформації від несанкціонованого зчитування, копіювання, модифікації або знищення даних;
- моніторинг подій персоналу та аудит подій, що мають відношення до інформаційної безпеки;
- захист інформаційних ресурсів МАІС від мережових атак;
- захищений обмін інформацією між різними сегментами МАІС.

**Загальний опис МАІС.**

Структурно МАІС складається з інформаційної, телекомунікаційної компонент та компоненти безпе-

ки інформації. Інформаційна компонента на всіх етапах створення та експлуатації МАІС повинна забезпечувати автоматизацію процесів збору, оброблення, збереження та надання інформації. Завданням телекомунікаційної компоненти є забезпечення інтеграції програмно-технічних рішень з інформаційно-телекомунікаційними мережами, що входять до складу МАІС, з урахуванням вимог уніфікації проектних рішень, технологій її створення та експлуатації. Компонента забезпечення інформаційної безпеки повинна служити інтегруванню методів та засобів забезпечення інформаційної безпеки з урахуванням фактора системності їх розвитку.

Загальними складовими підсистемами МАІС є (рис. 1):

1. Підсистема зберігання даних (ПЗД) складається з електронного архівного сховища, що при-



**Рис. 1.** Структурна схема медичної автоматизованої інформаційної системи.

значене для зберігання “дзеркала” Центральної загальнодержавної бази медичних даних (ЦБД) та надає можливість відновлення будь-якої інформації (рис. 2). Другою складовою ПЗД є оперативне сховище, що зберігає дані, котрі зібрані за визначений термін та не пройшли шлях структурування й обробки. Наступною складовою є багатовимірне сховище даних, що створюється для збереження спеціалізованих даних. Усі сховища щільно пов’язані з ЦБД, котра є еталонним сховищем усієї медичної інфор-

мації про громадян України, статистичної та іншої інформації, що використовується в МАІС.

2. *Існуюча МІС лікувального закладу* складається з окремих ПК, де зберігається деяка БД, або локальна мережа лікувального закладу. Така ІС не має виходу до глобальної мережі Інтернет та інформація в ній не захищена.

3. *Загальнодержавна МАІС, що планується*, являє собою організаційно-технічну систему, створену на базі МАІС та АСПІ; має точки виходу до гло-

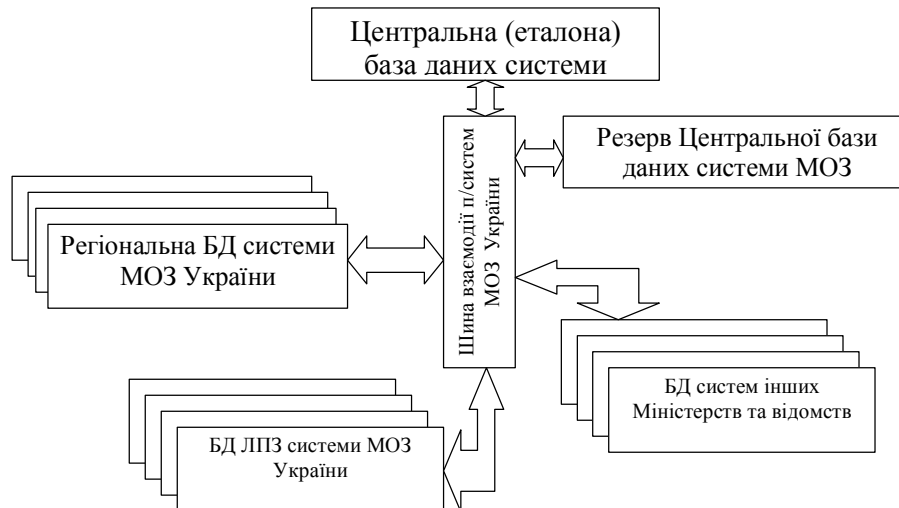


Рис. 2. Структурна схема підсистеми зберігання даних.

бальної мережі Інтернет; забезпечує впровадження та функціонування МЕП, за дозволом надає доступ до інформації, що обробляється в МЕП, уповноваженим на те особам; має належний захист інформації.

4. *Шина взаємодії підсистем МАІС* складається з інформаційно-телекомунікаційних мереж МАІС і повинна бути розрахована на інтенсивні вхідні інформаційні потоки та диференційованість за джерелами. Інформація повинна надходити з внутрішніх та зовнішніх джерел. З точки зору надходження інформації до МАІС вона може бути регулярною, нерегулярною та разовою. Інформаційна система повинна збирати інформацію у розгалужену БД, структурувати та зберігати її в центральній або регіональних БД, залежно від типу, складу та важливості отриманої інформації. Вся інформація повинна бути захищеною та засвідченою електронним цифровим підписом (ЕЦП).

*Внутрішніми джерелами та одержувачами* інформації МАІС є: пацієнти, медичні дані яких обробляються в МАІС та МЕП; медичний персонал, який вводить дані до МАІС та МЕП і використовує їх; адміністрації державних органів (органів місцевого самоврядування) у сфері охорони здоров'я та адміністрація медичного закладу, що забезпечують створення належних умов для функціонування МЕП; системні адміністратори, адміністратори безпеки тощо.

*Зовнішніми джерелами та одержувачами* інформації МАІС є: персонал з навчальної роботи; органи законодавчої та виконавчої влади, що визначають вимоги законодавства України з медичного забезпечення та захисту інформації; державні органи, регулюючі органи (МОЗ, Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України,

Міністерство юстиції України тощо); інші інформаційно-телекомунікаційні системи, призначені для забезпечення аналогічних завдань; акредитовані центри сертифікації ключів; страхові компанії; судові та правоохоронні органи.

5. *Підсистема управління державною МАІС* складається з двох основних підсистем: підсистеми одержання інформації з державної МАІС та підсистеми управління її складовими.

#### **Вимоги щодо прав пацієнтів.**

Після реєстрації медичним персоналом пацієнта в МАІС вводяться його медичні дані. З цією метою розробляється перелік персональних даних та формат їх введення і зберігання.

Зауважимо, що доступ до персональних та медичних даних є обмеженим. Пацієнт особисто або через уповноважену ним особу визначає рівень захисту власних даних, для чого в системі необхідно передбачити різні можливі рівні захисту.

Передбачається право пацієнта на перегляд власних персональних та медичних даних, але без права внесення до них змін або їх знищення.

Адміністрація медичного закладу зобов'язана надати пацієнту у паперовому вигляді достатню інформацію про порядок і ступінь захисту його персональних і медичних даних, режим поводження з ними, перелік необхідних заходів і засобів захисту даних у випадку використання пацієнтом власної АСП.

Технологія МЕП передбачає занесення результатів усіх досліджень, спостережень та заходів лікувального, профілактичного, реабілітаційного та іншого характеру, виконаних в різних медичних закладах, що відображені на електронних або паперових носіях, з подальшим їх перенесенням, за документованою

згодою пацієнта, до МАІС медичного закладу за місцем реєстрації пацієнта. Для цього слід забезпечити функціонування МАІС та можливість доступу до інформації в МЕР у будь-якому медичному закладі України. Система має забезпечувати підтримку гнучких переліків та оперативне внесення змін і доповнень до переліків такої інформації.

Інформація, що використовується в екстрених випадках, на прохання пацієнта має надаватись йому у паперовому вигляді при первинному записі та щоразу після внесення до неї змін і доповнень.

У випадку втрати МЕР можливе його поновлення за умови необхідності резервування даних. Для поновлення доступу пацієнт може бути аутентифікований за паспортом чи іншим документом, який посвідчує його особу.

#### **Вимоги щодо прав медичного персоналу.**

Медичний персонал, з метою розмежування прав доступу до інформації, пропонується поділити на такі категорії:

1. Сімейний лікар (терапевт).
2. Лікар – вузький спеціаліст.
3. Лікар швидкої допомоги.
4. Лікар-експерт.
5. Адміністрація медичного закладу.
6. Середній медичний персонал.

Медичний персонал має пройти процедуру реєстрації фахівцями служби захисту інформації. Під час реєстрації визначаються права доступу, можливість зміни рівня доступу, надається інформація для ідентифікації та аутентифікації в системі.

Орієнтовні права доступу медичного персоналу до персональних і медичних даних пацієнта можуть бути такими:

1. Всі лікарі мають право доступу до читання персональних даних пацієнта та право запису в МЕР результатів своїх обстежень, висновків та рекомендацій, а також діагнозів.

2. Сімейний лікар (терапевт) має отримати доступ на читання до всієї інформації, що знаходиться в МЕР його пацієнта.

3. Лікар – вузький спеціаліст має отримати доступ на читання до інформації його профілю лікування, результатів діагностики та консультацій, виконаних за його ініціативою або ним особисто.

4. Лікар швидкої допомоги має отримати доступ до інформації, що призначена для використання в екстрених ситуаціях. Розроблений перелік такої інформації погоджується з відповідним органом охорони здоров'я та закладами швидкої (невідкладної) допомоги.

5. Лікар-експерт може отримати, виключно за дозволом пацієнта або за рішенням суду, право доступу на читання до всієї інформації, що знаходиться в МЕР пацієнта.

6. Адміністрація медичного закладу не має доступу до персональних та медичних даних, що зберігаються в МЕР (без спеціального дозволу пацієнта). Адміністрації забезпечується доступ до узагальненої інформації, яка створюється в МАІС за результатами медичного обслуговування пацієнтів, без її персоналізації.

7. Середній медичний персонал може мати право доступу тільки до інформації про медичні призначення пацієнту, які необхідно виконати.

Повинна існувати можливість відновлення (регенерації) даних та доступу до них у разі втрати носія, паролю тощо. У цьому разі для відновлення лікар може бути аутентифікований за паспортом чи іншим документом, що посвідчує його особу.

*Обмеження:* пропонується встановити термін відновлення доступу лікаря до особистих даних пацієнта не більше 3 місяців.

Усі дії медичного персоналу щодо доступу до інформації МЕР (отримання доступу, читання, внесення змін) повинні протоколюватися. Перегляд протоколів можливий виключно адміністраторами безпеки системи та, за вмотивованою необхідністю, лікарями-експертами. Файли протоколів мають бути захищені від модифікації та знищення користувачами та персоналом системи і зберігатись як у МАІС, так і у МЕР.

Необхідно передбачити навчання лікарів користуванню МЕР та МАІС (курси підготовки, дистанційна служба підтримки тощо).

Забезпечити наступність медичної допомоги шляхом використання МЕР, у разі, якщо медична допомога надається поетапно: спочатку на місці події, а потім у стаціонарі, як правило, різним медичним персоналом, що вимагає обов'язкових оперативних відміток про попередні дії, які були проведені щодо пацієнта.

#### **Вимоги до розробників системи.**

Необхідно забезпечити можливість проведення тестових випробувань системи, а також протоколювання функціонування системи. До протоколів слід відносити інформацію щодо: доступу до даних; передачі даних захищеними мережами; виникнення помилок в системі; несанкціонованого доступу та інших загроз, визначених при створенні КСЗІ системи тощо.

#### **Вимоги щодо обслуговуючого персоналу.**

МАІС, що створюється має забезпечувати: реєстрацію адміністраторів та операторів системи; управл-



іння правами доступу до інформації; функціонування централізованого управління системою; функціонування комплексного захисту інформації у системі та/або у її структурних елементах, локальних автоматизованих системах медичних закладів; навчання та підтримку обслуговуючого персоналу системи.

#### **Взаємодія з іншими автоматизованими системами.**

Зрозуміло, що порядок обробки інформації в МАІС має забезпечувати можливість взаємодії з іншими інформаційно-телекомунікаційними (автоматизованими) системами, у тому числі закордонними, призначеними для виконання аналогічних чи подібних завдань, у частині використання статистичної чи іншої узагальнюючої інформації, а з окремого дозволу пацієнта – його персональних і медичних даних. Зазначеного можна досягти шляхом створення інтерфейсів обміну медичною інформацією та адаптації або уніфікації стандартів (форматів) зберігання такої інформації.

Має бути визначений механізм безпечного обміну даними та отримання гарантій щодо наявності атестованих систем захисту інформації в автоматизованих системах організацій, з якими планується здійснювати обмін даними.

#### **Вимоги до акредитованого центру сертифікації ключів (АЦСК).**

На етапі, поки не визначені технічні специфікації форматів базових об'єктів національної системи ЕЦП в частині форматів підписаних документів, протоколів фіксування часу, протоколів визначення статусу сертифікатів має бути визначений єдиний АЦСК, що надаватиме послуги ЕЦП користувачам системи. При цьому слід забезпечити можливість взаємодії з користувачами, які обслуговуються у різних АЦСК.

**Висновки.** В сучасних умовах суттєвим фактором, що визначає динаміку соціально-економічного розвитку держави, зокрема розвитку системи охорони здоров'я населення, є інформаційні та комунікаційні технології (ІКТ). Одним з найважливіших стратегічних напрямів розвитку системи охорони здоров'я, що включає медичну науку і освіту, є організація єдиного інформаційного простору і його технологічної інфраструктури.

Змістовно процес інформатизації галузі полягає в раціоналізації й організації робочих процесів медичних установ та органів управління охороною здоров'я з використанням сучасних ІКТ.

Узагальнюючи вимоги щодо формування державної МАІС з метою впровадження МЕР громадянина України та принципи взаємодії її елементів відзначимо головне:

- для забезпечення функціонування МАІС необхідно формалізувати та затвердити технічні вимоги до елементів системи та принципи взаємодії цих елементів;

- інформаційна система створюється з метою зберігання медичної інформації про пацієнтів, причому інформація може бути представлена у різних форматах;

- система повинна забезпечувати конфіденційність, цілісність, доступність та наступність інформації, що зберігається;

- система повинна забезпечити обмін конфіденційною інформацією з використанням сучасних засобів телекомунікації й електронного цифрового підпису.

Впровадження в медичну практику інформаційних технологій дозволить докорінно змінити ситуацію, хоча на цьому шляху існує безліч проблем, які необхідно вирішувати.

#### **Література**

1. Гребнев В., Скиба А. Направление правового регулирования вопросов использования ЕЦП // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. – 2003. – № 6. – С. 6-10.
2. Закон України “Про інформацію” № 2657-ХІІ від 02.10.1992.
3. Закон України “Про захист інформації в автоматизованих системах” № 80/94-ВР від 05.07.1994.
4. Закон України “Про електронний цифровий підпис” від 22.05.2003 № 852-ІХ.
5. Мінцер О.П. Концепция создания медицинского электронного паспорта гражданина Украины. – Авторське свідоцтво ПА № 4523 від 23.07.01.

6. Мінцер О.П. Обеспечение валидности процедур использования медицинского электронного паспорта в здравоохранении. - Авторське свідоцтво ПА № 4539 від 26.07.01.
7. Мінцер О.П. Концепция создания информационной системы на основе медицинской электронной документации. – Авторське свідоцтво ПА № 4525 від 23.07.01.
8. Мінцер О.П. Информационная основа медицины третьего тысячелетия – медицинский электронный паспорт // Медичний всесвіт. – 2002. – Т. 2, № 1-2. – С. 150-160.
9. Мінцер О.П., Гойда Н.Г., Бабінцева Л.Ю. Статистика будущего – путь через персоналифицированные базы данных // Матеріали конференції “Демографічна та медична статистика України у ХХІ столітті. Медичні інформаційні

системи у статистиці”, 4 – 5 листопада 2004 р., м. Київ. – С. 29-31.

10. Мінцер О.П. Розвиток медичної техніки: проблеми та логіка // Медична техніка. – 2008. – № 2 (3). – С. 42-43.

11. Мьялковский Д., Скиба А. Организационно-технические вопросы построения и функционирования национальной системы ЭЦП // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. – 2003. – № 6. – С. 11-15.

12. Пат. А54195 Україна, МКИ 7G06F17/60. Спосіб формування фармацевтичної інформації та її надання абоненту: Пат. А54195 Україна, МКИ 7G06F17/60 / О.П. Мінцер,

Л.Ю. Бабінцева, М.С. Пономаренко, В.В. Соломонов, А.Б. Жданов. – Заявл. 06.06.02; Опубл. 17.02.03, Бюл. №2.

13. Постанова КМУ від 13.06.2004 № 903 “Порядок акредитації центру сертифікації ключів”.

14. Постанова КМУ від 28.10.2004 № 1454 “Порядок обов’язкової передачі документованої інформації”.

15. Правила посиленої сертифікації, затверджені наказом ДСТСЗІ СБ України № 50 від 10.05.06 та зареєстровані у Міністерстві Юстиції за № 568/12442 від 17.05.06.

16. Ричард Э. Смит. Аутентификация: от паролей до открытых ключей. – М.: Мир, 2002. – 236 с.

Wikipedia. Режим доступу: <http://en.wikipedia.org/wiki/>

УДК: 519.718:616-092

**МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ХОДЖКІНА-ХАКСЛІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ КЛІТИН****В.П. Марценюк, Т.М. Дем'янова***Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського*

У статті здійснено опис електричної провідності біологічних клітин шляхом використання моделі Ходжкіна-Хакслі. Здійснено програмну реалізацію моделі, яка дозволяє розв'язати клас задач, пов'язаних з біоелектричною активністю.

**Ключові слова:** модель Ходжкіна-Хакслі, електрична провідність біологічних клітин.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ХОДЖКИНА-ХАКСЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ КЛЕТОК****В.П. Марценюк, Т.М. Демьянова***Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я. Горбачевского*

В статье осуществлено описание электрической проводимости биологических клеток путем использования модели Ходжкина-Хаксли. Осуществлена программная реализация модели, которая позволяет решить класс задач, связанных с биоэлектрической активностью.

**Ключевые слова:** модель Ходжкина-Хаксли, электрическая проводимость биологических клеток.

**MATHEMATICAL DESCRIPTION AND PROGRAM REALIZATION HODGKIN-HUXLEY MODEL OF ELECTRICAL ACTIVITY OF BIOLOGICAL CELLS****V.P. Martsenyuk, T.M. Demyanova***Ternopil State Medical University by I.Ya. Horbachevsky*

The article describes the activity of biological cells by use of Hodgkin-Huxley model. Program realisation of model which allows to solve a class of the problems connected with bioelectric activity is carried out.

**Key words:** Hodgkin-Huxley model, electrical activity of biological cell.

**Вступ.** Вивчення процесів електростимуляції вимагає створення адекватних моделей, що описують закономірності передачі стимулюючого впливу від вихідних каскадів апаратури до збудливих нервових структур, генерації і проведення порушення в нервових тканинах. Характерним об'єктом впливу при електронейростимуляції є нервове волокно, у якому під дією стимулів утворюються нервові імпульси – потенціали дії, що поширюються від тіла клітини її пресинаптичними закінченнями.

Мета роботи – здійснити опис моделі Ходжкіна-Хакслі, для якої в подальшому здійснити програмну реалізацію.

**Основна частина.** Мембранний струм.

Перший крок в аналізі мембранного струму полягає в поділі його на ємнісний, іонний і синаптичний:

$$I = C_M \frac{dV}{dt} + I_i + I_{syn}, \quad (1)$$

де,  $I$  – щільність сумарного трансмембранного струму (зовнішній струм – позитивний),  $I_i$  – щільність іонного струму,  $I_{syn}$  – щільність синаптичного струму,  $V$  – зсув трансмембранного потенціалу від рівноважного (деполяризація позитивна),  $C_M$  – питома ємність мембрани,  $t$  – час.

Наступний поділ мембранного струму можна провести, розбиваючи іонний струм на натрієвий ( $I_{Na}$ ), калієвий ( $I_K$ ), і інші ( $I_L$ ):

$$I_i = I_{Na} + I_K + I_L. \quad (2)$$

Іонна проникність мембрани може бути задовільно виражена в термінах іонної провідності ( $g_{Na}$ ,  $g$ ,  $g_L$ ). Тоді індивідуальний іонний струм може бути виражений у такий спосіб:

$$I_{Na} = g_{Na}(E_{Na} - E),$$

$$I_K = g_K(E_K - E),$$

$$I_L = g_L(E_L - E),$$

де  $E_{Na}$  і  $E_K$  – рівноважний потенціал для іонів натрію і калію,  $E_L$  – потенціал, при якому струм витоку (хлор і ін.) дорівнює нулеві. Для практичного використання можна застосувати ці рівняння у формі:

$$I_{Na} = g_{Na}(V_{Na} - V), \quad (3)$$

$$I_K = g_K(V_K - V), \quad (4)$$

$$I_L = g_L(V_L - V), \quad (5)$$

де

$$V = E - E_r,$$

$$V_{Na} = E_{Na} - E_r,$$

$$V_K = E_K - E_r,$$

$$V_L = E_L - E_r,$$

де  $E_r$  – абсолютна величина рівноважного потенціалу,  $V$ ,  $V_{Na}$ ,  $V_K$ ,  $V_L$  – зміна трансмембранного потенціалу щодо рівноважного.

#### **Іонна провідність**

Основне ускладнення при описі іонної провідності викликає той факт, що натрієва і калієва провідність зростає з затримкою при деполяризації мембрани, але знижується без відчутних затримок при реполяризації. Якщо розглядати змінну  $g$ , то вона повинна описуватися рівнянням четвертого порядку при збільшенні провідності і рівнянням першого порядку при її зменшенні. Корисне спрощення можна одержати припустивши, що  $g$  пропорційне змінним четвертого ступеня, що описується рівнянням першого порядку. У цьому випадку збільшення калієвої провідності від нуля до скінченної величини пропорційно  $(1 - \exp(-t))^4$ , тоді зменшення буде пропорційним  $\exp(-4t)$ . У результаті цього наближення одержимо, що збільшення калієвої провідності матиме характерну затримку, а зменшення буде експонентним. Для опису збільшення натрієвої провідності, була запропонована заміна четвертого ступеня на третій, але для опису зменшення натрієвої провідності необхідно включати змінну, що є більш тривалою зміною провідності.

#### **Калієва провідність**

Формальний вираз, використаний для опису калієвої провідності:

$$g_K = \bar{g}_K n^4, \quad (6)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(1 - n) - \beta_n n, \quad (7)$$

де  $g_K$  – константа, що описує проникність і має розмірність питомої провідності,  $\alpha_n$  і  $\beta_n$  – параметри, що залежать від трансмембранного потенціалу і не залежать від часу і мають розмірність, обернену часу,  $n$  – змінна проникності, що змінюється в межах від 0 до 1.

З фізичної точки зору формальну інтерпретацію цих виразів можна провести, якщо представити, що калієві іони можуть перетинати мембрану тільки у випадку, якщо чотири іони калію займають визначену область поблизу мембрани.  $n$  представляє пропорцію іонів у визначеному положенні (наприклад, усередині мембрани) і  $1 - n$  – пропорцію в іншому положенні (наприклад, поза мембраною).

Теоретичне розв'язання (6) має такий вигляд:

$$n = n_\infty - (n_\infty - n_0) \exp(-t / \tau_n), \quad (8)$$

де  $n_0 = \frac{\alpha_{n0}}{\alpha_{n0} + \beta_{n0}}$  початковий стан коефіцієнта проникності (при  $V=0$ ).

$$n_\infty = \alpha_n / (\alpha_n + \beta_n), \quad (9)$$

$$\tau_n = 1 / (\alpha_n + \beta_n), \quad (10)$$

Коефіцієнти  $\alpha_n$  і  $\beta_n$  і визначаються шляхом розв'язку системи:

$$\alpha_n = n_\infty / \tau_n,$$

$$\beta_n = (1 - n_\infty) / \tau_n,$$

де  $n_\infty$  і  $\tau_n$  визначаються з оптимізації рівняння (8) по експериментальних кривих для набору значень  $V$  у межах від 0 до 110 мВ. Таким чином одержують набір значень параметрів  $\alpha_n$  і  $\beta_n$  в залежності від  $V$ , по ньому підбирають оптимальну функціональну залежність, що має вигляд:

$$\alpha_n = 0.01(10 - V) \left/ \left[ \exp \frac{10 - V}{10} - 1 \right] \right., \quad (11)$$

$$\beta_n = 0.125 \exp(-V / 80), \quad (12)$$

де  $\alpha_n$  і  $\beta_n$  мають розмірність  $ms^{-1}$ ,  $V$  має розмірність мВ, розмірність постійних коефіцієнтів вибирається на підставі дотримання розмірності в рівнянні.

#### **Натрієва провідність**



Існує два підходи для опису натрієвої провідності.

Перший полягає в описі провідності за допомогою однієї змінної, зміна якої описується диференціальним рівнянням другого порядку. За допомогою другого методу можна описати провідність у термінах двох змінних, що змінюються відповідно до рівнянь першого порядку. Другий метод більш прийнятний, оскільки є простим в математичному описі й експериментальному визначенні параметрів.

Формальний вираз для натрієвої провідності має вигляд:

$$g_{Na} = m^3 h \bar{g}_{Na} \quad (13)$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m (1 - m) - \beta_m m \quad (14)$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h (1 - h) - \beta_h h \quad (15)$$

де  $\bar{g}_{Na}$  – константа, а  $\alpha$  і  $\beta$  – функції  $V$ , але не залежать від  $t$ .

Аналітичний розв'язок рівнянь (14-15) має такий вигляд:

$$m = m_\infty - (m_\infty - m_0) \exp(-t / \tau_m) \quad (16)$$

$$h = h_\infty - (h_\infty - h_0) \exp(-t / \tau_h) \quad (17)$$

де  $m_0$  і  $h_0$  визначаються аналогічно  $n_0$ ,

$$m_\infty = \alpha_m / (\alpha_m + \beta_m) \quad (18)$$

$$h_\infty = \alpha_h / (\alpha_h + \beta_h) \quad (19)$$

$$\tau_m = 1 / (\alpha_m + \beta_m) \quad (20)$$

$$\tau_h = 1 / (\alpha_h + \beta_h) \quad (21)$$

Коефіцієнти  $\alpha$  і  $\beta$  визначаються в такий спосіб:

$$\alpha_m = 0.1(25 - V) / \left( \exp \frac{25 - V}{10} - 1 \right) \quad (18)$$

$$\beta_m = 4 \exp(-V / 18) \quad (19)$$

$$\alpha_h = 0.07 \exp(-V / 20) \quad (20)$$

$$\beta_h = 1 / \left( \exp \frac{30 - V}{10} + 1 \right) \quad (21)$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  мають розмірність  $ms^{-1}$ ,  $V$  має розмірність мВ, розмірність постійних коефіцієнтів вибирається на підставі дотримання розмірності в рівнянні.

### Синаптична провідність

Опис синаптичної провідності займає окреме місце в даній моделі, оскільки необхідність у її розгляді виявляється при вивченні сукупності нейронів. Нейрони зв'язані один з одним за допомогою синапсів, про-

тікання струму по яких звичайно моделюється за допомогою  $\alpha$ -функції зв'язування, яке характеризує швидке збільшення і повільне загасання постсинаптичного потенціалу після генерації потенціалу дії [9,14]. Таким чином, синаптичний струм можна записати у формі:

$$I_{syn}(t) = - \sum_i G_{syn_i} (V - V_{syn}) \quad (22)$$

або в розгорнутому вигляді:

$$I_{syn}(t) = - \sum_i g_{syn_i} \alpha(t - t_i - \tau_d) (V - V_{syn}) \quad (23)$$

де  $\alpha$ -функція  $\alpha(t) = \frac{t}{\tau} \exp(-\frac{t}{\tau})$ ,  $\tau$  – характерний синаптичний час (час дифузії нейромедіатора в синаптичній щілині від пресинаптичної до постсинаптичної мембрани),  $g_{syn_i}$  – максимальна синаптична провідність  $i$ -го синаптичного контакту,  $t_i$  – час активації останнього потенціалу дії в  $i$ -му пресинаптичному нейроні,  $\tau_d$  – затримка, що характеризується часом поширення імпульсу уздовж аксона,  $V_{syn}$  – характерний синаптичний потенціал. Звичайно синаптичний контакт називають збудливим при  $V_{syn} > E_r$  і інгібуючим або гальмовим при  $V_{syn} < E_r$ . Звичайно величині  $\tau$  присвоюють постійне значення, рівне 2 мс.

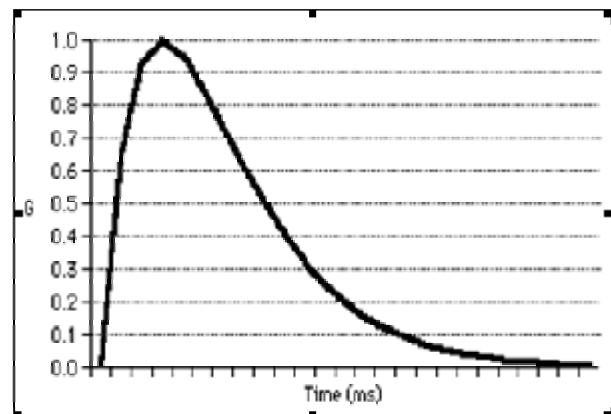


Рис. 1. Залежність синаптичної провідності  $G_{syn}$  від часу.

Завдяки  $\alpha$ -функції зв'язування потенціал дії одного нейрона передається іншому з деякою затримкою і цей вплив не зникає миттєво (рис. 1).

### Вплив шумових перешкод

Для створення найбільш точної і повної моделі необхідно врахувати вплив різного роду шумів, що виявляються при реєстрації клітинної активності [10]. Як сигнал, так і перешкоди, що його спотворюють, є випадковими процесами, причому наші судження про ці процеси ґрунтуються на вибірках кінцевого розміру, що представляють у конкретному випадку кінцеву безліч чисел, тобто якусь дискретну вибірку. Тому

для обліку впливу шуму можна використовувати якусь випадкову функцію розподілу амплітуд, що має вигляд:

$$V_{noise} = \sqrt{4(R_{seal} + R_e)kTB} \quad (24)$$

де  $R_{seal}$  – опір ізоляції (характеристика з'єднання нейрона з мікроелектродом),  $R_e$  – реальна частина мікроелектродного імпедансу,  $k$  – стала Больцмана,  $T$  – температура,  $B$  – ширина смуги пропускання в Гц (характеристика смуги частот, що фіксуються апаратно). Необхідно зазначити, що при фільтрації сигналу можливо відбудуться значні втрати корисної складової сигналу. Тобто сумарна помилка при детекції сигналу складатиметься із суми помилок у випадку, коли шум робить значний внесок у сигнал (при малих співвідношеннях сигнал/шум) і детектор не виявляє сигналу серед шуму, а також у випадку помилкових спрацювань детектора, тобто коли серед чистого шуму детектор виявляє сигнал. Тому дуже важливо мати фільтр високої вибіркової, що реагує на сигнал визначеної форми.

#### Приклад програмної реалізації моделі Ходжкіна-Хакслі

У цій версії моделі Ходжкіна-Хакслі для гігантського аксона кальмара трансмембранний потенціал  $v$  зміщений відносно потенціалу спокою клітини так, що  $v=0$  є потенціалом спокою (для зручності). Одиницями вимірювання є а) [час] = мсек (мілісекунди), б) [напруга] =  $mV$  (мілівольти) с) [сила струму] =  $\mu A$  (міліампери).

$$C_m \frac{dV}{dt} = -g_{Na}m^3h(V - V_{Na}) - g_Kn^4(V - V_K) -$$

$$-g_L(V - V_L) + I_a(t),$$

$$\frac{dm}{dt} = \frac{m_\infty(V) - m}{\tau_m(V)},$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{h_\infty(V) - h}{\tau_h(V)},$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{n_\infty(V) - n}{\tau_n(V)}.$$

Перший запуск моделі. У моделі, яку отримуємо, виберемо силу прикладеного струму  $ia(t)$  та міру відповідної напруги  $v(t)$ . Прикладений струм у цьому випадку є сумою двох “пульсових” функцій, що визначаються за допомогою функції Хевісайда “heav”. Одиничний “імпульс” задається формулою:

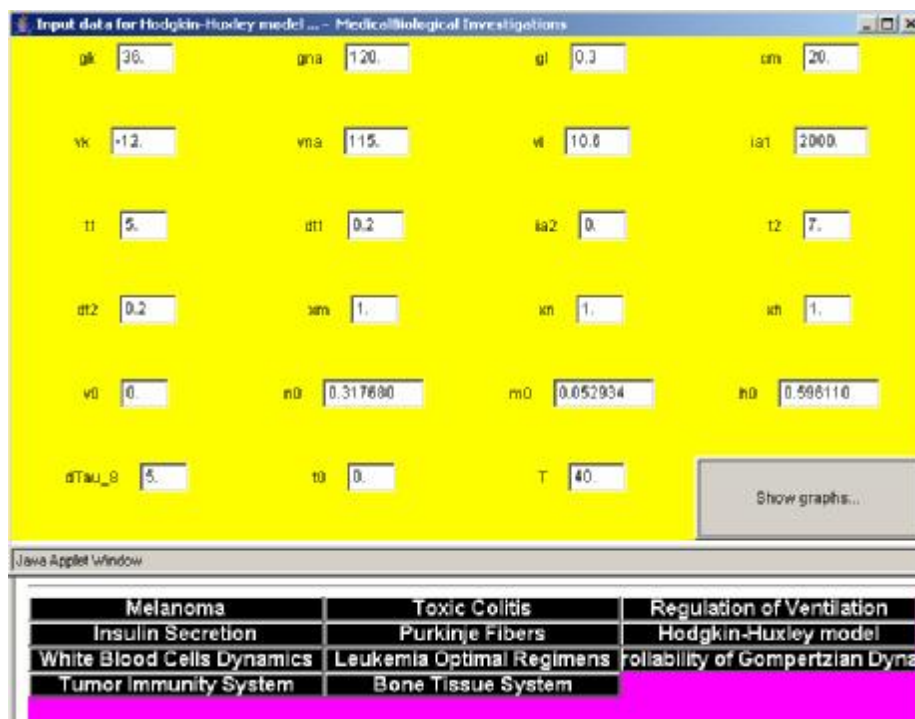
$$i(amp, t_0, dt) = amp * (heav(t - t_0) - heav(t - t_0 - dt)).$$

Він має амплітуду “amp” лише для проміжку часу між  $t_0$  та  $t_0 + dt$ . В іншому випадку струм дорівнює нулю. Задаючи прикладений струм у вигляді

$$ia = i(ia_1, t_1, dt_1) + i(ia_2, t_2, dt_2)$$

нам слід вибирати значення параметрів ( $ia_1, t_1, dt_1$ ) для першого “імпульсу” та ( $ia_2, t_2, dt_2$ ) для другого “імпульсу”.

Ми можемо використати параметри моделі за припущенням та отримати відповідні графіки (рис. 2).



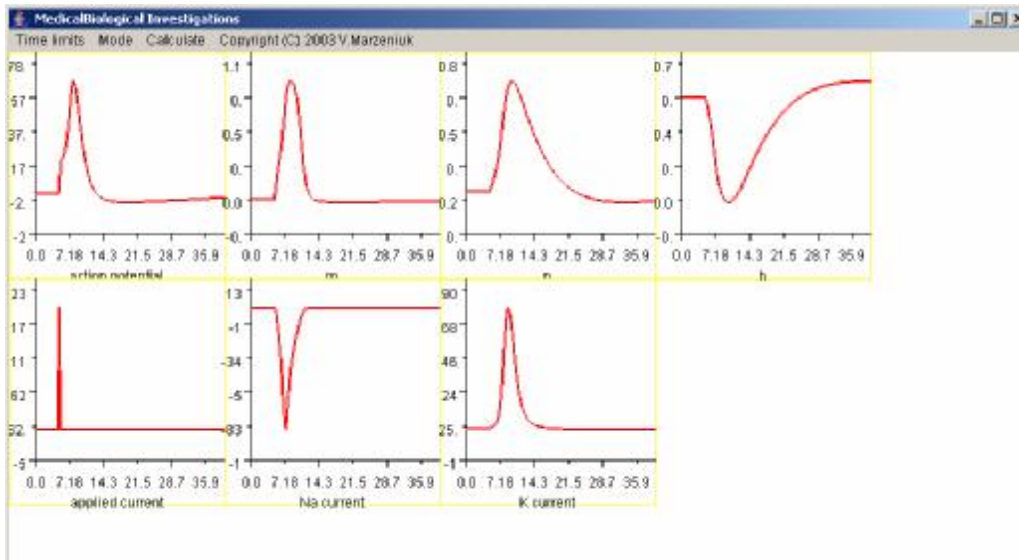


Рис. 2. Вигляд програмної реалізації моделі Ходжкіна-Хакслі.

Зауважимо, що напруга збільшується (деполяризує), далі зменшується (гіперполяризує), опускається нижче потенціалу спокою і тоді має тривалий період одужання перед тим, як повернутися до спокою. Ця форма є притаманною для більшості нейронів і називається “потенціалом дії”. Стимул у цьому випадку походить від синаптичного входу від інших клітин.

Далі отримуємо графіки: INA, IK та IA. Використовуючи меню “Mode” виводимо одночасно ці графіки на екран.

Бачимо, що незабаром після імпульсу прикладеного струму, активується натрієвий струм. Це спричиняє деполяризацію (збільшення напруги). Калієвий струм трішки затримується, тобто активується після натрієвого струму. Натрієвий струм має додатній знак, він протилежний за знаком до від’ємного натрієвого струму. Тобто один є струмом назовні, а інший – струмом всередину.

Продемонструємо неточне поняття “збудливості”. Це поняття, пов’язане з відповіддю  $V(t)$  на стимул  $Ia(t)$ . Систему вважають “збудливою” якщо вона відповідає на стимули. За допомогою моделювання покажемо, що

(I) потенціал дії із великим значенням  $V(t)$  отримуємо лише тоді, коли амплітуда “ $ia1$ ” прикладеного імпульсу є досить великою.

(II) подальше збільшення амплітуди стимулу не суттєво змінює форму потенціалу дії.

Для того, щоб це показати змодельуємо систему для значень параметра  $ia1=0,1000,2000,3000,4000,$

5000. Отримуємо графіки. При цьому, при значенні амплітуди імпульсу між  $ia1=1000$  та  $ia1=2000$  існує значна “якісна” відмінність в результатуючій відповіді  $V(t)$ . Це ілюструє положення (I). В свою чергу, при  $ia1 >3000$  усі потенціали дії подібні. Це ілюструє положення (II). Така поведінка системи називається “збудливістю”.

Припустимо, що на клітину подіяли препаратом ТТХ (нейротоксин, що перекриває усі натрієві канали). Для того, щоб перекрити натрієві канали, потрібно прикласти провідність  $gna=0$ .

Опірність є наступним неточним поняттям. “Період опірності” вважають довжиною проміжку часу, який повинен минути, поки такий же самий надпороговий стимул зможе спричинити “такий же” потенціал дії у відповідь.

Зауважимо що другий імпульс не спричиняє другого потенціалу дії, навіть при тому, що він має таку ж амплітуду. Якщо ж ми почекаємо досить довго (наприклад  $t2$  близько 30), то “клітина” одужає і може боротися знову. Змінюючи  $t2$  ми можемо зробити висновок про вплив, який це має на напругу відповіді.

Якщо змінити параметри моделі, щоб побудувати графік прикладеного струму, потрібного для експерименту із “затисненою” напругою, коли і натрієві струми, і струми втрат заблоковані, можна розглянути зміну ємності клітини і відповідних провідностей.

**Висновок.** В роботі здійснено опис моделі Ходжкіна-Хакслі, для якої розроблено програмну реалізацію. Програма дозволяє розв’язати клас задач, пов’язаних з біоелектричною активністю.

**Література**

1. Отчёт о работе секции “Биофизика сложных систем. Нелинейные процессы. Самоорганизация в биологических системах” на II Съезде биофизиков России. – Москва, 1999. – 120 с.
2. Лаврова А.И., Плюснина Т.Ю., Лобанов А.И., Старожикова Т.К., Ризниченко Г.Ю. Моделирование воздействия электрического поля на систему ионных потоков в при- мембранной области клетки водоросли *Chara* // Математика. Компьютер. Образование. – 2000. – Вып. 7. – С. 668-674.
3. Белотелов Н.В., Саранча Д.А. Линейный анализ устойчивости двухуровневых систем с диффузией // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – Л., 1985. – 546 с.
4. Белотелов Н.В., Лобанов А.И. Популяционные модели с нелинейной диффузией // Математическое моделирование. – 1997. – № 9, 12 Б. – С. 43-56.
5. Березовская Ф.С., Карев Г.П. Модель динамики популяций с неподвижным аттрактантом: решения типа “бегущие волны” // Математика. Компьютер. Образование. – 1999. – Вып. 6. – С. 444-449.
6. Березовская Ф.С., Хлебопрос Р.Г. Роль миграции в динамике лесных насекомых: Исследования по математической биологии. – Пушкино, 1996, С. 61-69.
7. Домбровский Ю.А., Маркман Г.С. Пространственная и временная упорядоченность в экологических и биохимических системах. – Ростов н/Д, 1983. – 120 с.
8. Свирежев Ю.М., Сидорин А.П. О некотором классе моделей пространственно-распределительных экосистем // Журн. общей биологии. – 1986. – Т. 67, № 2. – С. 62-64.
9. Hastings A., Higgins K. Persistence of transients in spatially structured ecological models // Science. – 1994. – Vol. 263. – P. 1133-1136.
10. Lewis III H.W., Goel N.S., Thompson R.L. Simulation of cellular compaction and internalization in mammalian embryo development II. Models for spherical embryos // Bull. Math. Biol. – 1988. – Vol. 50, N 2. – P.121-142.
11. Malchow H., Shigesada N. Nonequilibrium plankton community structures in an ecohydrodynamic model system Nonlinear processes in Geophysics. – 1994. – Vol. 1. – P. 3-11.
12. Malchow H. Spatio-temporal pattern formation in nonlinear nonequilibrium plankton dynamics // Proc. R. Soc. Lond. – 1993. – B 251. – P. 103-109.
13. Petrovskii S.V., Malchow H. A Minimal Model of Pattern Formation in Prey-Predator System // Math. and Computer Modeling (Pergamon). – 1999. – Vol. 29. – P. 49-63.
14. Warkowska-Dratnal H., Stenseth N.C. Dispersal and the microtine cycle: comperison of two hypotheses // Oecologia. – Vol. 65. – P. 468-477.
15. Okubo A. Diffusion and ecological problems: mathematical models Berlin, 1980. – 340 p.
16. Murray J.D. Mathematical Biology. – Springer, 1993. – 766 p.
17. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. – М., 1984. – 304 с.
18. Keener J., Sneyd J. Mathematical Physiology. – Springer, 1998. – 766 p.
19. Розенберг Г. Модели в фитоценологии. – М.: Наука, 1984. – 240 с.
20. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. – М.: Мир, 1991. – 240 с.



УДК 519.9

## МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНОЇ СИТУАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ НА ХВОРОБИ ШКІРИ

І.А. Алпатова

*Лікарня № 17, м. Дніпропетровськ*

Розглянуто моделі та алгоритми для гігієнічної оцінки й вивчення характеру впливу різноманітних груп екологічних факторів на стан шкіри й підшкірної клітковини населення території промислового регіону.

**Ключові слова:** модель, алгоритм, захворюваність, шкіра, діагностика, прогнозування, екологія.

## МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЯМИ КОЖИ

И.А. Алпатова

*Больница № 17, г. Днепропетровск*

Рассмотрены модели и алгоритмы для гигиенической оценки и изучения характера влияния разнообразных групп экологических факторов на состояние кожи и подкожной клетчатки населения территории промышленного региона.

**Ключевые слова:** модель, алгоритм, заболеваемость, кожа, диагностика, прогнозирование, экология.

## MODELS AND ALGORITHMS FOR ESTIMATION OF INFLUENCE OF ECOLOGICAL-HYGIENE SITUATION ON A STATE OF SKIN MORBIDITY OF THE INDUSTRIAL REGIONS POPULATION

I.A. Alpatova

*Hospital № 17, Dnipropetrovsk*

The article is dedicated to computer simulations problem of the influence of various groups of environmental impacts on the skins state. The problems of skins morbidity of the population of environmentally vulnerable terrain are considered.

**Key words:** model, algorithm, morbidity, skin, diagnostics, prediction, ecology.

**Вступ.** Технологічна сторона організації масових обстежень для виявлення захворюваності населення на хвороби шкіри має принциповий характер. Актуальним є застосування комп'ютерних технологій при одержанні й обробці інформації [1, 2]. Потрібні надійні способи оперативної діагностики й кількісної оцінки стану шкіри й підшкірної клітковини мешканців забруднених територій для масових обстежень, що відповідає інформаційному забезпеченню на основі сучасних комп'ютерних технологій, створення спеціалізованих баз даних для медико-гігієнічної оцінки впливу факторів середовища на розвиток шкірних захворювань; розробка відповідних баз знань для професійної обробки інформації з метою одержання оп-

тимальних рішень при розробці профілактичних заходів.

**Основна частина.** Для комп'ютерного моделювання стану навколишнього середовища м. Дніпропетровська і його впливу на захворюваність населення на хвороби шкіри використовуються статистичні дані про викиди шкідливих речовин в атмосферу, а також модель електромагнітного забруднення. Комплексна характеристика якості атмосферного повітря визначається "сумарним показником забруднення атмосфери":

$$k_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^m C_{pi} / (N_i \cdot ПДК_i),$$

© І.А. Алпатова

де  $C_{pi}$  – розрахункова концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини в атмосферному повітрі,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $ПДК_i$  – середньодобова гранично припустима концентрація, встановлена для  $i$ -ої забруднюючої речовини,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $N_i$  – коефіцієнт, що залежить від класу небезпеки  $i$ -ої забруднюючої речовини. Розмір коефіцієнта для забруднювачів I-го класу небезпеки становить 1,0; II-го класу – 1,5; III-го класу – 2,0; IV-го класу – 4,0;  $m$  – число аналізованих інгредієнтів. Крім того, у моделі використано індекс забруднення атмосфери (ІЗА), визначений відповідно до методики оцінки забруднення повітря гідрометеослужби України. Згідно із даною методикою, ІЗА визначається як сума п'яти пріоритетних забруднювачів.

Модель впливу забруднення на захворюваність населення на хвороби шкіри включає дані про захворюваність для відповідних груп населення, виділених за віком і статевими ознаками. Модель містить дані районів спостереження й району контролю та для первинного аналізу використовує підхід, який ґрунтується на методі рангового аналізу. Розрахунки й статистична обробка даних проведені за методом Стюдента-Фішера. У модель також включені дані біотестування територій міста Дніпропетровська (Горова А.І) [2, 3]. Їх використано для порівняльних оцінок.

Методика прогнозу захворюваності на хвороби шкіри й підшкірної клітковини населення екологічно забруднених територій [3] ґрунтується на регресійних моделях залежності захворюваності населення від часу впливу й рівня забруднення в районі його проживання й застосування їх для прогнозування захворюваності. Модель для прогнозних розрахунків включає кілька груп інформації. Статистичні дані щодо захворюваності населення збираються по двох групах – для дітей і дорослих. У структурі даних виділений кожний район промислового центру. Переліки нозологічних форм для дітей і дорослих задаються відповідними списками згідно МКХ-10. При побудові регресійних моделей захворюваності загальна структура регресійних моделей для прогнозу захворюваності має вигляд:

$$y_i = a_1 t_i + a_2 z_i$$

де  $y_i$  – розрахункові значення захворюваності;  $i$  – номер спостереження;  $a_1$ ,  $a_2$  – оцінки коефіцієнтів регресійної моделі, одержані за методом найменших квадратів (МНК);  $t$  – змінна, котра має сенс лінійного тренда;  $Z$  – оцінка екологічного стану району проживання. Для побудованих регресійних моделей всіх видів захворювань дітей і дорослих по районах міста розраховується ряд числових характеристик, які зво-

дяться в таблиці. За їх сукупністю аналізується якість побудованих регресійних моделей і оцінюються їхні прогнозні здатності.

Модель містить дані про дві когорти населення, що проживає на територіях з істотно різними санітарно-гігієнічними умовами: перша когорта (основна) – населення району спостереження, Ленінського (усього 162451, у тому числі 79254 – чоловіки, 19372 – діти). Друга когорта – населення району контролю, Самарського, (усього 79850, у тому числі 38523 – чоловіки, 10446 – діти).

Модель впливу факторів навколишнього середовища на захворюваність шкіри й підшкірної клітковини населення містить три рівні, які, по суті, відображають етапи комп'ютерного аналізу. На першому етапі на основі даних про захворюваність шкіри населення й вміст шкідливих домішок в атмосфері проводився попередній аналіз парціального впливу кожного з розглянутих факторів. Для досліджуваного району спостереження й розглянутих нозологічних форм захворювань шкіри й підшкірної клітковини були розраховані коефіцієнти парної кореляції. Для кожного виду захворювань із аналізу кореляційної матриці виділяються фактори, у яких спостерігається високий коефіцієнт парної кореляції з відповідною нозологічною формою ( $r > 0,5$ ). На другому етапі для виділених факторів будуються моделі на основі множинних регресійних рівнянь і обчислюються коефіцієнти множинної кореляції. На третьому етапі здійснюється перехід до нормованих змінних для обчислення коефіцієнтів парціального впливу забруднюючих речовин на різні види захворювань шкіри, які й характеризують рівень впливу відповідних факторів на хвороби шкіри досліджуваних нозологічних форм. У загальному випадку модель у формі рівняння множинної регресії в нормованому вигляді представлена в такий спосіб.

$$W_j = \beta_1 U_1 + \beta_2 U_2 + \beta_3 U_3 + \dots$$

Модель дозволяє визначити, який відносний внесок у нормований показник захворюваності  $W$  робить відповідний фактор зовнішнього середовища  $U_i$ . Кількісною характеристикою цього внеску є коефіцієнти при  $i$ -их факторах середовища  $\beta_i$ .

Для побудови комп'ютерної картографічної моделі електромагнітного забруднення території м. Дніпропетровська були виконані 843 виміри електромагнітних полів і випромінювань (ЕМП і ЕМВ). Побудована комп'ютерна модель дозволяє виконати гігієнічний аналіз впливу ЕМП і ЕМВ на захворюваність населення відповідних територій на хвороби шкіри.

Для автоматизації масових обстежень стану шкіри й створення відповідних баз даних був розроблений

метод виміру відбивної здатності шкіри при впливі електромагнітного випромінювання. Комп'ютерна модель містить модуль бази знань із відносними (безрозмірними) характеристиками здорової й патологічно зміненої шкіри. Порівняння цих характеристик дозволяє судити про ступінь патологічних змін шкіри. Абсолютні значення сильно відрізняються залежно від типу шкіри, віку, стану пацієнта, тому для загального аналізу непридатні. Розроблено моделі у відносних показниках відбиття шкіри – відношення вимірюваних значень коефіцієнта відбиття патологічно змінених ділянок до коефіцієнта відбиття сусідніх ділянок здорової шкіри. Значення відносного коефіцієнта відбиття (ВКВ) здорової шкіри дорівнює одиниці, значення ВКВ патологічно змінених ділянок змінюються із збільшенням порушення морфологічних структур.

Діагностика стану імунної системи (ІС) класичними біохімічними методами – процес тривалий, складний і дорогий. У зв'язку із цим була розроблена методика й відповідні комп'ютерні алгоритми для оцінки імунного статусу за допомогою технологій електропунктурної діагностики (ЕПД). Становить інтерес оцінка ІС неінвазивними методами, до яких належить метод ЕПД. Для оцінки можливості використання такої технології імунологічного обстеження нами були виконані наступні дослідження.

Обстежено групу хворих двома методами: аналіз імунограми крові (НДІГ АМН України) і модифікованим методом Фоля (на змінному струмі, апарат "РАМЕД ЕКСПЕРТ") у Жовтневому поліклінічному відділенні лікарні № 17 р. Дніпропетровська (міського шкірно-венерологічного диспансеру). Ця група хворих проходила курс лікування в НДІГ АМН України методом автоцитокінотерапії, спрямований на підвищення імунного статусу. Результати лікування контролювалися за допомогою аналізу імунограм крові, які були отримані в результаті обстежень як до, так і після лікування. Матеріалом для досліджень була венозна кров донорів. Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням комп'ютерних технологій. Одночасно із цим проводили виміри активних і реактивної складових показників біологічно активних точок (БАТ), відповідальних за стан органів імуногенезу (комп'ютерна діагностична система "РАМЕД ЕКСПЕРТ") [2].

Виміри проводилися на симетричних (лівих і правих) точках. Пряме порівняння показників імунограми й вимірюваних показників БАТ, відповідальних за імунний комплекс, неможливе. Тому був проведений порівняльний аналіз ступеня зміни показників, отриманих за першою і другою методиками оцінки імунного

статусу. Оцінювався ступінь зміни імунного статусу за ступенем відповідності коефіцієнта кореляції між значеннями показників, отриманих до лікування й після лікування, за кожним методом. У першому випадку порівнюються 18 показників імунограми крові пацієнта, вимірювані до й після лікування. У другому – порівнюються чотири показники, вимірювані в 27 БАТ тіла пацієнта до й після лікування. Необхідно для цих двох методик установити міру розходження значень показників, отриманих до й після лікування.

Для показників імунограми коефіцієнт кореляції виявився рівним  $r=0,81$ ,  $p=0,05$ . Для показників БАТ  $r=0,72$ ,  $p=0,05$  (для лівих БАТ) і  $r=0,76$ ,  $p=0,05$  (для правих БАТ). У такий спосіб ступінь розходження показників до й після лікування, щодо коефіцієнтів кореляції, близький для обох методів. Крім того, був розрахований ступінь зміни середніх показників для кожного з методів. Для того, щоб установити значимість розходження значень окремих показників, отриманих до й після лікування, логічно застосувати техніку перевірки статистичної гіпотези про розходження математичних очікувань двох вибірок спостережень. Для першої методики (імунограма) одна з вибірок представлена спостереженнями 18 показників до лікування, інша – спостереженнями 18 показників після лікування. Для одержання однорідності вибірок кожна пара спостережень за всіма 18 показниками наведена до загального діапазону зміни (0,0-50,0). У результаті порівняння встановлене значиме розходження показників до й після лікування з рівнем значимості 0,01.

У випадку другої методики (ЕПД) перевірка гіпотези проводилася незалежно за кожним із чотирьох показників (активна й реактивна складові до й після лікування). Для кожного з показників перша вибірка представлена 27 спостереженнями показника до лікування, друга вибірка – 27 спостереженнями показника після лікування. Для зручності проведення аналізу спостереження вибірок центровані щодо значення, рівного 50 %, що відповідає "нормі". Установлено розходження значень до й після лікування для всіх чотирьох показників з рівнями значимості 0,05, 0,05, 0,05 і 0,01 відповідно. На цій основі розроблені комп'ютерні алгоритми неінвазивної оцінки імунного статусу людини, що можуть бути використані для виявлення груп ризику загострення шкірних патологій зі зниженим імунним статусом і створення відповідних баз даних в автоматичному режимі.

Перспективи електропунктури пов'язані з розробкою єдиних інформаційних підходів, що передбачають можливість проведення диспансеризації населення за

результатами профілактичних оглядів стану шкіри дорослих і дітей на основі комп'ютеризованих діагностичних систем. Оскільки зміни властивостей БАТ проявляються раніше, ніж явні клінічні ознаки захворювання, то можливе виявлення самих ранніх стадій захворювання методом ЕПД і створення відповідних баз даних. Крім того, комп'ютерна електропунктурна діагностика може служити додатковим критерієм точної оцінки ефективності лікувальних заходів, тобто використовуватися як зворотний зв'язок у процесі терапії. Метод ЕПД дозволяє визначати ефективність дії медикаменту або процедури на людину, здійснювати індивідуальний підбір препарату, підбирати параметри лікувальної процедури (фізіотерапевтичного впливу), здійснювати постійний комп'ютерний контроль для того, щоб вчасно вносити відповідні зміни в тактику лікування [4, 5].

Для комп'ютерної діагностики був вибраний модифікований метод ЕПД на основі змінного тестуючого сигналу. Використання змінного сигналу спеціальної форми має певні переваги перед вимірами на постійному струмі. На відміну від постійного струму, що протікає по позаклітинному середовищу (мембрана клітин являє собою ізолятор) змінний сигнал проходить і через мембрани клітин і впливає на загальну провідність БАТ, що дозволяє підвищити точність і відтворюваність результатів вимірів, уникнути артефактів.

Відповідно до існуючих подань, еквівалентну схему БАТ можна представити у вигляді паралельно з'єднаних активного опору, величина якого може бути виміряна при постійному струмі, і реактивного, обумовленого клітинною провідністю, який вимірюється лише при змінному сигналі. Такий метод виміру електрофізичних параметрів БАТ істотно відрізняється від методик діагностики, заснованих на вимірі електрошкірного опору при постійному струмі (методи Фоля, Накатани та їх модифікації) і заснований на вимірі комплексної провідності БАТ при змінному сигналі.

Комп'ютерні алгоритми лікувально-профілактичних процедур, пов'язані із застосуванням електромагнітної фізіотерапії, розроблені для апаратів електромагнітної терапії "ЭМИТЕР-ОНС" (патент України № 19645А, Дозвіл на використання КНМТ МОЗУ Ін. № 3 від 29.03.95) і "РАМЕД ЕКСПЕРТ" (реєстраційне посвідчення №783/99 від 14.07.99) [4]. В апараті "ЭМИТЕР-ОНС" генерується висококогерентний монохроматичний сигнал, забезпечена можливість амплітудної модуляції випромінювання на частоті основних біоритмів людини і їхніх гармонік, у тому числі синхронізованих по фазі з біоритмами, що

збільшує число біотропних параметрів і підвищує лікувальну ефективність.

Розробка комп'ютерних моделей і алгоритмів дозволила створити комплекс комп'ютерних технологій, націлених на гігієнічну оцінку впливу різних факторів навколишнього середовища на захворюваність шкіри й підшкірної клітковини населення екологічно напруженого промислового мегаполіса. Моделі розроблено на підставі статистичних даних про характер забруднюючого впливу антропогенного походження й даних про захворюваність шкіри й підшкірної клітковини різних нозологій населення території.

Моделі й алгоритми реалізовані у вигляді інформаційно-діагностичної системи. У рамках дослідження побудовано АРМ лікаря-гігієніста. У складі АРМ може використовуватися широкий спектр діагностичного, лікувального й комунікаційного устаткування, сполученого з ЕОМ, тому надзвичайно актуальним було завдання забезпечення інформаційної сумісності програмного забезпечення різних модулів. Це модулі бази даних, бази знань, прогностичні модулі, модулі автоматизації масових обстежень населення, інтерфейс, що дозволяє інтегрувати АРМ у відповідний єдиний інформаційний простір. Як інформаційні ресурси виступають мультимедійні дані про пацієнтів, довідкові дані, результати наукових досліджень, профільна база знань, алгоритми діагностики, лікування тощо.

Використання АРМ гігієніста дозволяє істотно підвищити ефективність роботи відповідних фахівців. Це досягається зменшенням затрат на аналіз при одночасному підвищенні його якості, створенням людино-машинного інтерфейсу, що максимально враховує образне мислення лікаря (спілкування природною мовою, візуалізація й озвучування образів і т.д.) а також створенням машинного інтелекту в рамках інформаційної системи, структури знань, які максимально відповідають образній моделі знань людини. Технологічною базою для розв'язання таких завдань є наступні модулі [6]: конструктора предметної області, що дозволяє створювати шаблони, які описують різні об'єкти й процеси предметної області; лексичного процесора для створення текстових описів характеристик об'єктів і процесів; семантичного процесора для формування висновку на основі семантичних правил відображення реальних значень факторів; процесора біосигналів, для уведення в систему, візуалізації (моніторингу), зберігання й попередньої обробки біосигналів; процесора зображень для уведення в систему, візуалізації, зберігання й попередньої обробки медичних зображень; дослідницького модуля для проведення адекватного сис-



темного аналізу даних і витягу з них знань для розробки алгоритмів інформаційної підтримки лікарських рішень; інтелектуального процесора для розв'язання завдань діагностики, прогнозування й вибору такого рівня допомоги, при якому мінімізується ймовірність реалізації загрози для населення а також розробки профілактичних заходів.

Основним призначенням АРМ лікаря-гігієніста є комп'ютерне забезпечення аналізу й оцінки впливу зовнішніх факторів на здоров'я населення, прогноз гігієнічної ситуації, комп'ютерний супровід моніторингу здоров'я населення, особливо у випадку використання комп'ютеризованих систем, а також спеціальних завдань, таких як індивідуалізація профілактичних заходів; об'єктивізація критеріїв оцінки ефективності проведеної профілактики; прогнозування стану здоров'я шкіри населення залежно від прогнозу розвитку екологічної ситуації.

Система припускає безпаперову технологію роботи, при якій вся доступна інформація відтворюється в зручному вигляді на екрані монітора, причому користувач може за запитом змінювати склад і форму подання відображуваної інформації.

Базу даних системи утворює комплекс табличних файлів в DBF-форматі й описів в ASCII-форматі. За характером використання системна інформація поділена на наступні групи: накопичувачі, які містять інформацію вихідних документів; звіти, які формуються програмно й містять зведену інформацію із

цільового напрямку або запиту; довідники й класифікатори, що задають номенклатуру значень; описувачі, що містять мета-інформацію про базу даних і систему в цілому, тобто дані про склад, структуру, способи кодування й відображення в різних елементах і складових системи – базах, вікнах, меню та ін.; а також – технологічні бази. Останні забезпечують підтримку роботи програм і використовуються для контролю достовірності інформації, підвищення ефективності функціонування системи.

**Висновок.** Математичні моделі сформовані за функціональним призначенням й реалізовані для розв'язання наступних задач: статистичне моделювання й ієрархічний аналіз забруднення повітряного середовища хімічними сполуками; статистичне моделювання й ієрархічний аналіз забруднення повітряного середовища важкими металами, моделі розподілу населення різних вікових груп по територіях мегаполіса; моделі впливу ушкоджувальних факторів зовнішнього середовища на захворюваність населення на хвороби шкіри різних нозологічних форм; моделі прогнозу захворюваності залежно від прогнозу екологічного стану середовища перебування; алгоритми для діагностики захворювань шкіри за допомогою електропунктурних приладів. Крім того, інформаційне забезпечення включає алгоритми профілактичних заходів, заснованих на використанні КВЧ-терапії донозолгічних станів хронічних хвороб шкіри й підшкірної клітковини [7].

### Література

1. Алпатова И. А. Диагностика и профилактика экологически зависимых заболеваний кожи / И. А. Алпатова. – Днепропетровск: Пороги, 2003. – 133 с.
2. Алпатова И. А. АРМ врача-дерматолога: модели прогноза заболеваемости кожи населения промышленных районов на основе цитогенетических тестов / И. А. Алпатова // АРМ врача 2002 : Международная научно-практическая конференция : сб. докладов. – Днепропетровск: УГХТУ, 2002. – С. 57–60.
3. Алпатова И. А. Особенности прогнозирования заболеваемости кожи с учетом данных биоиндикации экологического состояния территорий / И. А. Алпатова, А. И. Горювая, А. П. Сарычев // Довкілля та здоров'я. – 2001. – №(2). – С. 51–57.
4. Алпатова И. А. Особенности разработки программного комплекса эколого-генетического мониторинга кожных

заболеваний / И. А. Алпатова // Укр. журнал медичної техніки та технологій. – 1999. – № 1. – С. 81–85.

5. Алпатова И. А. Информационно-диагностическая система “АРМ врача-дерматолога” / И. А. Алпатова, В. В. Костра // Современные проблемы информации в непромышленной сфере и экономике. Информационные и высокие технологии в медицине : VII Международная открытая научная конференция: сб. трудов. – Воронеж, 2002. – С. 28-29.

6. Прокопчук Ю.А. Образно-волновая модель интеллекта // Искусственный интеллект. – № 3. – 2002. – С. 124-132.

7. Никитина Н. Г. Методические подходы к профилактике заболеваемости кожи на основе использования электромагнитных излучений крайне высокой частоты / Н. Г. Никитина, И. А. Алпатова // Гигиена населенных мест. – К., 2006. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 275–279.

УДК 336.14:614.2

## ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСУВАННЯ ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я: ОГЛЯД ЗАГАЛЬНИХ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

**Н.М. Басовська**

*Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського  
basovska\_nm@mail.ru*

В статті здійснені аналіз та класифікація типових макроекономічних моделей, які можуть бути використані при моделюванні фінансування галузі охорони здоров'я.

**Ключові слова:** макроекономічне моделювання, фінансування охорони здоров'я.

## О МОДЕЛИРОВАНИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ОБЛАСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: ОБЗОР ОБЩИХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

**Н.М. Басовская**

*Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я. Горбачевского  
basovska\_nm@mail.ru*

В статье осуществлены анализ и классификация типичных макроэкономических моделей, которые могут быть использованы при моделировании финансирования области здравоохранения.

**Ключевые слова:** макроэкономическое моделирование, финансирование здравоохранения.

## ON MODELLING OF FINANCING PUBLIC HEALTH CARE: THE REVIEW OF THE GENERAL MACROECONOMIC MODELS

**N.M. Basovska**

*Ternopil State Medical University by I.Ya. Horbachevsky  
basovska\_nm@mail.ru*

The analysis and classification of typical macroeconomic models which can be used at modelling of financing of public health care is carried out in the article.

**Key words:** macroeconomic modelling, public health services financing.

**Вступ.** Прийняття рішень проводиться на основі прогнозування розвитку ситуації з урахуванням динамічних зв'язків між змінними. При дослідженні проблеми фінансування галузі охорони здоров'я ці зв'язки описуються економіко-математичними моделями, аналіз яких необхідний для розгляду задач прийняття рішень [7].

Система охорони здоров'я в Україні на сьогодні є однією з найконсервативніших. Існуюча модель системи охорони здоров'я України продовжує демонструвати свою неефективність, про що свідчать показники її діяльності, насамперед низькі доступність, якість медичної допомоги, незадовільний стан здоров'я населення, низька тривалість життя, висока смертність осіб найактивнішого працездатного віку,

дитяча смертність. Відзначається постійне зростання незадоволеності населення існуючою системою надання медичної допомоги. Водночас медики є чи не найменш захищені соціально.

Причини недостатньо ефективної роботи існуючої системи охорони здоров'я – відсутність єдності системи (при законодавчому регулюванні), що не дозволяє забезпечити ефективне використання її ресурсів і не створює умов для законного і раціонального залучення засобів населення; нерегульованість багатоканальної системи державного фінансування; відсутність координації дій суб'єктів управління; ослаблення функцій стратегічного і поточного планування; збереження залишкового принципу бюджетного фінансування медичних установ за ресурсними показниками без урахуван-

© Н.М. Басовська

ня конкретної їх роботи; відсутність стимулів у медичних організацій для проведення реструктуризації і більш раціонального використання ресурсів. Тому існує необхідність розробки оптимальної моделі фінансування галузі охорони здоров'я.

Макроекономічні моделі є формалізованими (логічно, графічно й алгебраїчно) описами різноманітних економічних явищ і процесів із метою виявлення функціональних взаємозв'язків між ними. Будь-яка модель (теорія, рівняння, графік і т.д.) є спрощеним, абстрактним відображенням реальності, тому що вся різноманітність конкретних деталей не може бути одночасно прийнята до уваги при проведенні дослідження. Тому жодна макроекономічна модель не абсолютна, не вичерпна, не всеосяжна. Вона не дає єдино правильних відповідей, адресованих конкретним країнам у конкретний період часу. Проте за допомогою таких узагальнених моделей визначається комплекс альтернативних засобів управління динамікою рівнів зайнятості, випуску, інфляції, інвестицій, споживання, процентних ставок, валютного курсу й інших внутрішніх (ендогенних) економічних змінних, ймовірнісні значення яких встановлюються в результаті рішення моделі. Як зовнішні (екзогенні) змінні, величина яких визначається поза моделлю, нерідко виступають основні інструменти фіскальної політики уряду і монетарної політики Національного банку – зміни в розмірах державних витрат, податків і грошової маси.

Забезпечувана за допомогою моделей багатоваріантність засобів аналізу економічних проблем дозволяє домагатися необхідної альтернативності і гнучкості макроекономічної політики. Використання макроекономічних моделей дає можливість оптимізувати поєднання інструментів бюджетно-податкової, кредитно-грошової, валютної і зовнішньоторговельної політики, успішно координувати заходи уряду і Національного банку з управління циклічними коливаннями економіки. Найбільш перспективними з цього погляду є моделі, що враховують динаміку інфляційних очікувань економічних агентів. Їхнє використання в макроекономічному прогнозуванні дозволяє знизити ризик виникнення феномена несподіваної інфляції, що чинить найбільш руйнівний вплив на економіку, а також пом'якшити одну із найскладніших проблем макроекономіки – проблему недовіри до політики уряду і Національного банку.

Мета даної роботи – здійснити аналіз типових макроекономічних моделей, які в подальших дослідженнях будуть послідовно використані при моделюванні фінансування галузі охорони здоров'я.

**Основна частина.** Будь-яка макроекономічна модель тією чи іншою мірою абстрактна, має ряд припущень і спрощень, що обмежують сферу її застосування. У той же час саме на основі макроекономічного моделювання можна одержати достатньо повне уявлення про характер подій, які відбуваються в економіці, зробити прогноз розвитку економіки, обґрунтувати рекомендації з економічної політики.

Макроекономічні моделі містять у собі ендогенні (внутрішні) змінні, розмір яких встановлюється в результаті рішення моделі, і екзогенні (зовнішні) змінні, розмір яких визначається поза даною моделлю.

У макроекономічних моделях дія екзогенних параметрів формалізується або у вигляді деякої сталої (константи), або у вигляді випадкової (ймовірної) величини, залежно від характеру їхньої дії і прояву. Зазвичай як екзогенні параметри у макроекономічних моделях виступають державні витрати  $G$ , ставка оподаткування  $T$  і величина пропозиції грошей  $M$ , розміри яких регулюються державою [13].

До числа ендогенно обумовлених параметрів належать обсяги зайнятості і випуску, рівні інфляції і безробіття, рівень планових витрат тощо.

Залежно від конкретних задач дослідження застосовуються різні типи моделей. Типологія макроекономічного моделювання може бути проведена на основі різноманітних критеріїв:

- за засобом уявлення досліджуваного процесу або явища моделі поділяються на логічні, графічні й економіко-математичні;
- за тривалістю аналізованих процесів – на короткострокові і довгострокові;
- за кількістю економічних суб'єктів, що аналізуються, – на прості моделі (у яких подані тільки домашнє господарство і фірми) і повні моделі (за участю держави);
- за ступенем охоплення іноземного сектора – на закриті (подана тільки національна економіка) і відкриті (ті, що враховують впливи іноземного сектора на національну економіку);
- за характером впливу чинника часу – на статичні, порівняльної статистики (дихотомічні) і динамічні.

Вся система ринків, що виділяються в макроекономіці, одержує своє відображення тільки у відкритих довгострокових моделях. У закритих короткострокових моделях враховуються лише перші чотири із зазначених вище ринків. Зв'язки, установлені на міжнародному валютному ринку, розглядаються тільки у відкритих моделях економіки. Ринок реального капіталу як складова частина ринку чинників виробництва тією чи іншою мірою враховується лише

в довгострокових моделях (економічного росту або економічного циклу). Такого роду абстрагування пояснюється специфічною спрямованістю кожного типу моделей на дослідження певного кола економічних проблем.

Будь-яка модель може бути подана чотирма засобами: алгебраїчно, графічно, у вигляді бухгалтерських записів і в таблично-матричній формі. Найбільш часто використовуються алгебраїчна і графічна форми подання.

Побудова макроекономічних моделей припускає врахування чотирьох основних типів функціональних взаємозв'язків:

- поведінкових, що відображають типові переваги економічних суб'єктів. Прикладом такого роду залежностей можуть служити функції споживання або інвестиційного попиту;
- технологічних, що відображають технологічні й організаційно-технічні залежності. Прикладом може служити виробнича функція, що відображає зв'язок реального випуску і чинників виробництва;
- дефініційних, що виражають поняття, сутність яких дається у визначенні. Сюди можна віднести визначення сукупного попиту, безробіття, кон'юнктурного розриву;
- інституціональних, які виражають залежності, що впливають із інституціонально встановлених в економіці норм і правил. До їхнього числа можна віднести функцію податкових надходжень як залежність від розміру встановленої податкової ставки.

І в мікро-, і в макроекономіці активно використовується логічне і формально-математичне моделювання.

Такі узагальнені макроекономічні моделі як модель кругових потоків, AD-AS, хрест Кейнса, криві Філіппса, Лоренца, Лаффера, модель Солоу тощо являють собою загальний інструментарій макроекономічного аналізу і не мають якоїсь національної специфіки. Специфічними можуть бути значення емпіричних коефіцієнтів і конкретні форми функціональних залежностей між економічними змінними в різних країнах. Оцінка будь-якої макроекономічної моделі повинна даватися не за критерієм її негайної "придатності" або "непридатності" для економіки конкретної країни, у тому числі й України, а за критерієм її корисності в процесі пізнання економічної динаміки і управління її показниками.

Об'єктивна складність полягає в тому, щоб забезпечити достатність передумов побудови моделі з погляду поставленої цілі й уникнути помилкових висновків для макроекономічної політики. У той же час модель може бути достатньо реалістичною, але за-

надто складною, тоді як простота моделі – одна з найважливіших вимог до неї з погляду можливостей її використання в процесі дослідження. Проте і надмірна спрощеність моделі може призвести до нехтування в аналізі істотних чинників, внаслідок чого висновки виявляться недостовірними. Тому найбільш складним моментом побудови будь-якої моделі є визначення кола чинників, істотних для макроекономічного аналізу конкретної проблеми.

**Приклади типових макроекономічних моделей.**

**Модель міжгалузевого балансу (модель В. Леонтєва).** Кожна з  $n$  галузей робить свій (узагальнений) продукт. Випуск розподіляється в заданій пропорції між кінцевим споживанням, іншими галузями і внутрішніми потребами галузі. Крім того, описується приріст виробничих потужностей. Модель описується рівняннями:

$$v_i(t) = \sum_{j=1}^n \left[ a_{ij} v_j(t) + b_{ij} \frac{dV_j(t + \tau_j)}{dt} \right] + P_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

де  $v_i(t)$  – потік випуску продукту  $i$  у момент часу  $t$  (одиниця виміру = одиниця продукту / одиниця часу);

$$v_i(t) = \sum_{j=1}^n \left[ a_{ij} v_j(t) + b_{ij} \frac{dV_j(t + \tau_j)}{dt} \right] + P_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$V_i(t)$  – потужність  $i$ -го виробництва або максимальний випуск;

$P_i(t)$  – потік кінцевого (невиробничого) споживання;

$a_{ij}$  – коефіцієнти прямих сировинних витрат (кількість продукту  $i$ , необхідна для виробництва продукту  $j$ );

$b_{ij}$  – кількість фондоутворюючого продукту  $i$ , що йде на одиничний приріст потужності в галузі  $j$ ;

$\tau_j$  – тривалість будівництва потужності в галузі  $j$ .

Таким чином, випуск  $v_i(t)$  витрачається на покриття сировинних і фондоутворюючих витрат та кінцеве споживання.

**Економетричні моделі народного господарства** (типу Брукінгської і Уартонівської). В основі цих моделей лежать: 1) балансові співвідношення; 2) функціональні залежності – виробнича функція і функція споживчого попиту.

Виробнича функція  $F$  задає залежність національного доходу  $Y$  від вартості основних фондів (капіталу)  $K$  і від використовуваних трудових ресурсів  $L$ :

$$Y(t) = F[K(t), L(t)]$$

Функція попиту  $P=S(c, q)$  задає залежність вектора  $P$  кінцевого споживання, тобто набору спо-



живаних товарів, від вектора  $c$  цін на ці товари і доходу  $q$ .

**Павутиноподібні моделі** мають справу з динамікою попиту та пропозиції. Нехай  $D$  – попит,  $S$  – пропозиція,  $P$  – ціна,  $P^*$  – рівноважна ціна,  $X$  – обсяг виробництва,  $X^*$  – рівноважний обсяг виробництва. Рівноважні  $P^*$  і  $X^*$  знаходять з умови збігу попиту та пропозиції  $D(P)=S(P)$ .

Однак реалістичнішою є гіпотеза запізнення пропозиції. Наприклад, нехай при ціні в минулий період  $P_{t-1}$  обсяг пропозиції в даний період є  $S_t=S(P_{t-1})$ . Вважаємо, що ціна  $P_t$  встановлюється на ринку так, щоб був куплений весь обсяг випущеної продукції  $X_t$ . Отже,

$$X_t=D(P_t)=S(P_{t-1})$$

Нехай попит та пропозиція достатньо точно описуються лінійними функціями від ціни

$$D=\alpha+aP;$$

$$S=\beta+bP.$$

Таке припущення цілком природне, якщо в моделі розглядається кінець точки рівноваги, а функції попиту та пропозиції гладкі. Тоді

$$X_t=\alpha+aP_t=\beta+bP_{t-1}. \quad (1)$$

Рівновага настає, коли

$$X^*=\alpha+aP^*=\beta+bP^*. \quad (2)$$

Віднімаючи (1) від (2), одержуємо, що

$$X^*-X_t=a(P^*-P_t)=b(P^*-P_{t-1}). \quad (3)$$

Позначимо  $x_t=X^*-X_t$ ;  $p_t=P^*-P_t$  – відхилення від рівноваги. З (3) одержимо  $x_t=ap_t=bp_{t-1}$ , звідки  $p_t=\frac{b}{a}p_{t-1}$ . Розв'язок цього рівняння має вигляд  $p_t=p_0(\frac{b}{a})^t$ .

Залежно від того, чому дорівнює  $\frac{b}{a}$ , одержимо або загасаючі коливання ( $|\frac{b}{a}|<1$ ), що сходяться до  $P=P^*$  і  $X=X^*$ , або коливання із зростаючою амплітудою ( $|\frac{b}{a}|>1$ ). У проміжному випадку  $a=b$  амплітуда коливань постійна.

Той же результат справедливий і в моделі з безперервним часом. Будемо вважати, що попит змінюється не тільки залежно від ціни, але й залежно від її динаміки, тобто

$$D=D(P, \frac{dP}{dt}); S=S(P)$$

Тоді аналогом (1) є рівняння  $X=\alpha+aP+a_1\frac{dP}{dt}=\beta+bP$ , розв'язком якого є  $p=p_0e^{at}$ .

У розглянутих моделях вважалося, що виробники очікують, що ціна залишиться, як у попередній період (і встановлюють обсяг товару, що виготовляється, виходячи з цих очікувань). Модель може бути удосконалена. Для встановлення обсягу товару, що виготовляється, виробникам більш реалістично вважати, що в момент **часу**  $t$  ціна на товар буде  $P_{t-1}$  ( $P_{t-1}-P_{t-2}$ ) дорівнює  $\rho$   $P_{t-1}$ , тобто ціна зміниться в напрямку, зворотньому тому, у якому вона змінювалася в минулий період.

Тоді  $X_t=\alpha+aP_t=\beta+b(1-\rho)P_{t-1}+b\rho P_{t-2}$ , отже,  $x_t=ap_t=b(1-\rho)p_{t-1}+b\rho p_{t-2}$ .

Подальший розвиток моделі складається у введенні в неї запасів. Очікуючи підвищення цін, продавці створюють запаси товару.

Запаси в момент часу  $t$  позначимо  $Q_t$ . Тоді зміна запасів за період часу від  $t-1$  до  $t$  є  $Q_t-Q_{t-1}=S_t-D_t$ . У моделі ціну можна встановлювати різними способами, наприклад,  $P_t=P_{t-1}-\lambda(Q_{t-1}-Q_{t-2})$  або  $P_t=P_{t-1}-\lambda(Q_{t-1}-Q^*)$ , де  $Q^*$  – запаси в точці рівноваги. У першому випадку одержимо  $P_t=P^*+(P_0-P^*)c^t$ , де  $c=1-\lambda(b-a)$ , а в другому –  $P_t=(2-\lambda(b-a))P_{t-1}-P_{t-2}$ .

**Модель економічного циклу.** Спочатку розглянемо просту модель без врахування запізнювання, а також без врахування експорту-імпорту, податків і державних витрат.

$$C=(I-s)Y+A \quad (4)$$

$$DK=\gamma(vY-K), \quad (5)$$

$$DY=\lambda(C+DK-Y), \quad (6)$$

де  $D=\frac{d}{dt}$  символ операції диференціювання;  $Y$  – реальний чистий прибуток,  $C$  – реальне споживання,  $K$  – обсяг основного капіталу,  $A, s<1, v, \gamma, \lambda$  – позитивні константи. Більш точно,  $Y$  – сума усіх видів доходів, отриманих у народному господарстві, поділена на індекс інфляції (тобто реальний валовий національний продукт за винятком витрат на відшкодування основного капіталу);  $C$  – загальні витрати на споживчі товари кінцевих покупців у народному господарстві, поділені на індекс інфляції;  $K$  – обсяг основного капіталу всього народного господарства (у порівнянних цінах).

Рівняння (4) випливає з теорії Кейнса, а саме, зі співвідношення: споживання = національний доход – заощадження + автономне споживання. Виходить,  $l$  – частина доходу, що йде на заощадження,  $s$  – гранична схильність до заощаджень,  $A$  – автономне споживання (та частка споживання, що не залежить від доходу, своєрідний прожитковий мінімум).

Рівняння (5) допускає кілька інтерпретацій. Розглянемо дві з них.

1. У першій інтерпретації  $DK$  – це норма капітальних вкладень в основний капітал. Допустимо, існує оптимальний обсяг основного капіталу і він дорівнює деякій частці від національного доходу –  $vY$ , де  $v$  – оптимальне співвідношення «капітал-випуск». Тоді рівняння (5) означає, що норма капітальних вкладень в основний капітал пропорційна перевищенню оптимального обсягу основного капіталу над дійсним.

2. Основне співвідношення, що описує капітальні вкладення, має вигляд:

$$\frac{DK}{K} = \gamma \left( \frac{P}{(1+c)rK} - 1 \right), \quad (7)$$

де  $P$  – реальний прибуток,  $r$  – норма відсотка,  $c$  – премія за ризик. Зі співвідношення (7) легко одержати (5).

У рівнянні (6)  $DY = \frac{dY}{dt}$  – зростання виробництва (оскільки усе виробництво = усьому доходу =  $Y$ ). Зростання виробництва залежить від надлишку попиту. Споживання (3) + нагромадження (воно перетворюється в капітальні вкладення  $DK$ ) – чистий національний дохід ( $Y$ ) – це і є надлишок попиту (те, що споживається і нагромаджується, може не дорівнювати чистому доходу).

Для рівноважної системи всі похідні за часом рівні 0. Рівноважні значення  $Y$ ,  $C$  і  $K$  такі:

$$Y^+ = C^+ = \frac{A}{s} \quad (8)$$

$$K^+ = \frac{vA}{s} \quad (9)$$

Цей результат не призначений для безпосереднього практичного використання, тому що в моделі не враховуються обмеження на випуск, що накладаються робочою силою й обсягом основного капіталу. Однак він потрібний, щоб знайти відхилення від рівноваги  $Y = Y^* + B_1 e^{\lambda_1 t} - B_2 e^{\lambda_2 t}$  – рішення системи (4)-(5)-(6)-(8)-(9), де  $B_1, B_2$  залежать від  $\lambda, \gamma, v, s$ . Залежно від  $B_1$  і  $B_2$  одержимо, відповідно до теорії лінійних диференціальних рівнянь, наступні чотири варіанти траєкторій  $Y$ : 1) незатухаючі коливання (економічні цикли); 2) загасаючі коливання; 3) вибухоподібні коливання; 4) вибухоподібна, але не коливальна траєкторія.

Звичайно в економіці реально здійснюється наближення до першого варіанта – економічні цикли.

Ускладнимо модель, увівши запізнювання. У моделі (4)-(6) передбачається миттєва реакція споживання на зміну доходу. Насправді це невірно. Замість рівняння (4) напишемо

$$DC = \alpha ((I-s)Y + A - C), \quad (10)$$

де  $\alpha$  – параметр, що визначає швидкість системи.

Тепер додамо запаси. Замість рівняння (6) одержимо

$$DY = \lambda(C + DK - Y) + \mu(S^0 - S), \quad (11)$$

$$S^0 = b(C + DK) + c \quad (12)$$

$$DS = Y - C - DK \quad (13)$$

де  $S^0$  – оптимальний рівень запасів, дорівнює деякій сталій величині + частина споживання і капітальних вкладень,  $S$  – фактичний рівень запасів. Рівняння (11) відображає той факт, що зростання виробництва залежить від надлишку попиту і від перевищення оптимальних запасів над фактичними (рівняння (10) і (11) аналогічні відповідним співвідношенням для папутиноподібних моделей.)

Додамо в систему експорт-імпорт, податки і державні витрати. Тепер, з врахуванням (11)-(13), одержимо модель у вигляді системи рівнянь:

$$DC = \alpha((I-s)(Y-T) + A - C) \quad (14)$$

$$DK = \gamma(vY - k) \quad (15)$$

$$DY = \lambda(C + DK + G + E - I - Y) + \mu(S^0 - S) \quad (16)$$

$$S^0 = b(C + DK + G + E) + c \quad (17)$$

$$DS = Y + I - E - G - C - DK \quad (18)$$

$$I = m(C + DK + G + E) \quad (19)$$

$$T = \tau Y - B, \quad (20)$$

де  $I$  – реальний імпорт,  $T$  – реальний обсяг податків за винятком державних трансферних платежів,  $E$  – реальний експорт,  $G$  – реальні державні витрати на товари і послуги.

У рівнянні (14) національний дохід, що йде на споживання і нагромадження, зменшився на суму податків, тобто в порівнянні з (10) відбулася заміна  $Y \rightarrow Y - T$ .

Далі помітимо, що тепер  $C$  – загальне споживання товарів як вітчизняного, так і імпортного виробництва, а  $DK$  – зростання основного капіталу приватного сектора. Нагромадження основного капіталу приватного сектора входить у  $G$ .

Рівняння (16) відрізняється від (11) на величину  $G + E - I$ , тому що  $DY$  – зростання виробництва залежить від надлишку попиту, що тепер дорівнює тому, що суспільство витрачає (тобто споживає ( $C$ ) + вкладає ( $DK$ ) + експорт ( $E$ ) + державні витрати ( $G$ )) за винятком того, що суспільство одержує (національний дохід ( $Y$ ) + імпорт ( $I$ )).

Рівняння (17) припускає, що бажаний рівень запасів є лінійною функцією валового збуту, а валовий збут це: 1) збут споживчих товарів окремим споживачам  $C$ ; 2) збут капітальних благ фірмам (капітальні вкладення)  $DK$ ; 3) збут товарів у державному секторі  $G$ ; 4) збут іноземним виробникам  $E$ .

Рівняння (18) означає, що зміна запасів дорівнює всім товарам ( $Y + I$ ) мінус весь збут ( $C + DK + G + E$ ).

Рівняння (19) припускає, що імпорт – це частка всього збуту.

Рівняння (20) припускає, що податки – лінійна функція доходів, тоді  $\tau$  – аналог процентної ставки. Те, що в рівнянні наявна негативна константа  $B$ , говорить про те, що  $\frac{T}{Y}$  – зростаюча функція, тобто чим більший дохід, тим більший податок.

При розв'язанні системи (14)-(20) з'ясувалося, зокрема, що введення податків і імпорту чинить на економіку стабілізуючий вплив.

**Модель економічного росту.** У цій моделі, на відміну від моделі економічного циклу, вважається, що пропозиція грошей пропорційна  $\exp(mt)$ , і пропозиція праці пропорційна  $\exp(t)$ , тобто враховуються процеси інфляції і зміна чисельності необхідної робочої сили, причому й у тому, і в іншому випадках передбачається експонентний ріст.

Без врахування бюджетної політики модель виглядає так:

$$C=(1-s)Y, \quad (21)$$

$$\frac{DK}{K} = \gamma \log\left(\frac{pY - wL}{(1+c)rKp}\right), \quad (22)$$

$$DY = \lambda(C + DK - Y), \quad (23)$$

$$L = Be^{-\rho t} Y^b K^{1-b}, \quad (24)$$

$$\frac{Dw}{w} = \log\left(\frac{L}{L_s}\right)\beta + a, \quad (25)$$

$$p = (1 + \pi)w \frac{dL}{dY} = \frac{b(1 + \pi)wL}{Y}, \quad (26)$$

$$\frac{M_d}{p} = AY^{u_r - v}, \quad (27)$$

$$M_d = M_s, \quad (28)$$

$$L_s = L_0 e^{lt}, \quad (29)$$

$$M_s = M_0 e^{mt}, \quad (30)$$

де  $L$  – чисельність робочої сили, яка використовується;

$L_s$  – пропозиція праці;

$p$  – рівень цін;

$w$  – ставка заробітної плати;

$r$  – норма відсотка;

$M_d$  – попит на гроші;

$M_s$  – пропозиція грошей;

$m$  – темп росту пропозиції грошей;

$s$  – схильність до заощаджень.

Інші змінні визначені вище, при розгляді моделі економічного циклу.

Рівняння (21) означає, що “дохід = заощадження + споживання”. Рівняння (22) – формула для норми приросту основного капіталу, аналогічна (7). Рівняння (23) означає, що зростання виробництва дорівнює надлишкові попиту. Рівняння (24) відображає той факт, що кількість робочої сили, необхідної для випуску тієї самої кількості продукції, увесь час зменшується завдяки НТР. Таким чином, рівняння враховує технічний прогрес. Рівняння (25) описує зміну цін на ринку праці. Рівняння (26) стверджує, що рівень цін дорівнює граничним витратам (витрати на робочу силу  $w$ , граничні витрати  $\frac{d(wL)}{dY}$ ) плюс деяка добавка.

У рівнянні (27)  $M_d$  – активи, які населення бажає тримати в грошовій формі. Реальний попит на гроші  $\frac{M_d}{p}$  тим вищий, чим вищий дохід  $Y$  і нижче норма відсотка  $r$ . Рівняння (28) означає, що попит на гроші дорівнює пропозиції грошей. Це можливо, якщо вважати, що норма відсотка увесь час підлаштовується так, щоб виконувалася ця рівність. У рівнянні (29) зафіксовано, що пропозиція праці росте згодом. У рівнянні (30) передбачається, що пропозиція грошей росте згодом.

При розв'язанні цієї системи з'ясувалося, що, як і раніше, чим більше  $s$ , тим стабільніші  $K$  і  $Y$ , але, на відміну від моделі економічного циклу, рівноважні  $K$  і  $Y$  тепер ростуть при збільшенні  $m$  – темпу росту і пропозиції грошей.

Тепер відобразимо в моделі економічне регулювання. Існування грошової політики можна виразити заміною рівняння (30) на

$$\log M_s = \log M_s + \theta \log\left(\frac{Le^{lt}}{L}\right) \quad (31)$$

де  $L$ ,  $M$ ,  $\theta$  – позитивні константи,  $Le^{lt}$  – оптимальна траєкторія зайнятості,  $M$  – оптимальна пропозиція грошей при оптимальному рівні зайнятості.

Щоб відобразити існування державних витрат і податків, змінимо в системі рівнянь (21)-(29), (31) значення деяких змінних:

$C$  – особисте споживання і державні витрати;

$K$  – сума державного і приватного основного капіталу;

$s$  – сума приватних і державних заощаджень.

Державні заощадження – це податки мінус державні витрати, тому, щоб відобразити податки, зробимо  $s$  змінною величиною:

$$s = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \log\left(\frac{L}{Le^{lt}}\right) \quad (32)$$

де  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – параметри бюджетної політики. У параметрі  $s$  враховується: 1) відношення особистого спо-

живання до особистого доходу; 2) відношення надходжень від податків до доходу; 3) відношення точних державних витрат до надходжень від податків. Усе це можна врахувати за допомогою параметрів  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ , що є керуючими [6-9].

**Модель міжгалузевих взаємодій.** Розглянемо типову макроекономічну модель відкритого типу (незамкнуту) – модель міжгалузевих взаємодій. Її формують дві групи математичних залежностей: 1) система рівнянь – баланс обсягу виробництва кожного виду продукції і його розподіл між споживачами (іншими виробниками і кінцевими споживачами); 2) система нерівностей, що описують залежність між виробничими можливостями кожної галузі й обмежувачими наявними ресурсами (основні фонди і жива праця).

У цю модель потрібно ввести ззовні вектор  $Y$  – кінцевий продукт – і врахувати його розподіл на споживання, нагромадження, експорт, державні резерви, податки. Далі варто задати вектор  $F$  – виробничі фонди, і вектор  $L$  – ресурси живої праці. Це означає, що “навколо” моделі міжгалузевих взаємодій необхідно побудувати модель доходів і споживання населення –

для визначення  $Y$ , модель формування національного доходу – для визначення  $F$ , модель “демографія - трудові ресурси” для визначення  $L$  і т.п., тобто створити так званий макромодельний комплекс.

**Висновки.** У роботі здійснено аналіз типових макроекономічних моделей. Їх можна умовно поділити на: за засобом уявлення досліджуваного процесу або явища – на логічні, графічні й економіко-математичні; за тривалістю аналізованих процесів – на короткострокові та довгострокові; за кількістю економічних суб’єктів, що аналізуються, – на прості моделі (у яких подані тільки домашні господарства і фірми) і повні моделі (за участю держави); за ступенем охоплення іноземного сектора – на закриті (подана тільки національна економіка) і відкриті (ті, що враховують впливи іноземного сектора на національну економіку); за характером впливу чинника часу – на статичні, порівняльної статистики (дихотомічні) і динамічні.

В наступних дослідженнях на основі такого макроекономічного підходу планується здійснити моделювання фінансування галузі охорони здоров’я.

#### **Література**

1. Аллен Р. Математическая экономия. – М.: Мир, 1967.
2. Багриновский К.А. Имитационные системы принятия экономических решений. – М.: Наука, 1983.
3. Багриновский К.А. Модели и методы экономической кибернетики. – М.: Экономика, 1986.
4. Бергстром А. Построение и применение экономических моделей. – М.: Мир, 1970.
5. Дадаян В.С. Глобальные экономические модели. – М.: МГУ, 1981.
6. Дадаян В.С. Макроэкономические модели. – М.: 1983.
7. Емельянов А.С. Эконометрия и прогнозирование. – М.: Финансы и статистика, 1989.
8. Иванов Ю.Н. Математическое описание элементов экономики. – М.: Дело, 1993.
9. Лейард Р. Макроэкономика. – М.: Джон Уайли энд Санз, 1994. – 160 с.
10. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М.: Мир, 1975. – 376 с.
11. Орлов А.И. Эконометрика. – М.: Экзамен, 2002. – 576 с.
12. Математическая теория планирования эксперимента / Под ред. С.М. Ермакова. – М. Наука, 1983. – 392 с.
13. Математическое моделирование процессов налогообложения (подходы к проблеме) / Под ред. А.И. Орлова и др. – М.: Изд-во ЦЭО Минобразования РФ, 1997. – 232 с.



УДК 364.3:61

## ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА ПОПИТ У МЕДИЧНОМУ СТРАХУВАННІ

Н.Я. Климук

*Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського*

В статті здійснено аналіз впливу невизначеності і ризику недовіри до вимог щодо медичного страхування із використанням теоретичних моделей, які свідчать про взаємозалежність між страхуванням та охороною здоров'я.

**Ключові слова:** медичне страхування, моделювання.

## ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ НА СПРОС В МЕДИЦИНСКОМ СТРАХОВАНИИ

Н.Я. Климук

*Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я. Горбачевского*

В статье произведен анализ влияния неопределённости и риска недоверия к требованиям на медицинское страхование с использованием теоретических моделей, свидетельствующих о взаимозависимости между страхованием и здравоохранением.

**Ключевые слова:** медицинское страхование, моделирование.

## THE EFFECT OF UNCERTAINTY ON THE DEMAND FOR HEALTH INSURANCE

N.Ya. Klymuk

*Ternopil State Medical Universiti by I.Ya. Horbachevsky*

This article analyzes the effect of uncertainty and increase in risk aversion on the demand for health insurance using a theoretical model that highlights the inter-dependence between insurance and health care demand decisions.

**Key words:** health insurance, model.

**Вступ.** У статті проаналізовано два види невизначеності, з якими стикаються люди. Перша полягає у невизначеності стану здоров'я осіб у долікувальний період, а друга – у реальних результатах надання медико-санітарної допомоги. Результати порівняльної статистики свідчать, що вплив на попит на страхування залежить від долікувального стану здоров'я та продуктивності медико-санітарної допомоги у вигляді стохастичного домінування першого порядку, рівноваги Ротшильда-Штігліца, і стохастичного домінування другого порядку. Вимоги до страхування зростають у відповідь на ризик збільшення рівноваги Ротшильда-Штігліца у розподілі долікувального стану здоров'я при умові, що цінова еластичність охорони здоров'я не зменшується у долікувальний період [12, 13]. За умови, що попит на медичне обслуговування є негнучким у власних цінах, невизначеності є результатом продуктивності галузі охорони здоров'я.

Мета роботи – проаналізувати існуючі моделі для опису невизначеності у медичному страхуванні.

Невпевненість населення у ефективності охорони здоров'я існувала досить давно. Ерров [1] зазначає, що дане твердження є причиною зменшення захворюваності населення та ефективності лікування. Отже, значна частина потреб населення у медичному обслуговуванні є нестабільною, нерегулярною і непередбачуваною. Це означає, що витрати на охорону здоров'я є випадковими утриманнями з доходів громадян. Таким чином, в умовах невизначеності, у не схильних до ризику осіб користуються попитом товари, які компенсують ризик, такі як медичне страхування.

Договір на страхування здоров'я – це угода між страховою компанією та фізичною особою. Протягом терміну дії цього договору фізична особа зобов'язана відраховувати частину власних доходів в обмін на гарантію зниження цін на певні медичні послуги у випадку погіршення стану здоров'я. Слід зазначити, що

при укладанні контракту з фізичною особою враховуються індивідуальні показники стану її здоров'я, які можуть вплинути на рішення щодо укладання контракту. Іншими словами, людина може отримати інформацію про ймовірність погіршення стану здоров'я, про яку страхова компанія не знатиме. Тому особа, яка передбачає погіршення стану здоров'я надає перевагу повному медичному страхуванню. У цій статті ми проаналізуємо моделі, які показують, як очікування погіршення стану здоров'я у майбутньому впливають на потребу в страхуванні. Один з аспектів нашого дослідження сконцентрований на визначенні достовірності співвідношення між погіршенням або покращенням стану здоров'я осіб та збільшенням або зменшенням їх потреб у медичному страхуванні.

У спробі проаналізувати вплив невизначеності, що зумовлена зменшенням рівня захворюваності та ефективності лікування, на попит на медичне страхування, ми розглядаємо дві складові розподілу змін. Перша – це середньостатистичне розширення, при якому особа змінює оцінку власного стану здоров'я, яка не завжди є об'єктивною. Друга – це зсув стохастичного домінування другого порядку, що включає як невизначеність стосовно відносної зміни стану здоров'я, так і очікування цінової зміни. Крім того, функція корисності параметризована за загальноприйнятими параметрами способу уникнення ризикованих ситуацій.

Добре відомо, що попит на послуги охорони здоров'я залежить від витрат на медичне страхування. Тому моральний ризик і спроби розв'язати ситуацію займають центральне місце у багатьох дослідженнях попиту на медичну допомогу. Ерров [1] був першим, хто виокремив явище морального ризику у галузі охорони здоров'я. Полі [9, 10] стверджує, що ефект виникнення морального ризику може призвести до страхування деяких видів невизначених наслідків, які не будуть досить оптимальними. Полі зазначає, що автори страхування, як правило, вбачають у явищі морального ризику деяку моральну чи етичну проблеми [9, 10], хоча це є “наслідком не моральної складової, а раціональної економічної поведінки”. Оскільки договір страхування знижує рівень цін на медичне обслуговування населення, то це спричиняє підвищення вимог клієнта до закладів охорони здоров'я, незалежно від стану здоров'я [15].

У галузі охорони здоров'я моральний ризик залежить від ступеня надійності страхової компанії та умов договору. З одного боку, вимоги до охорони здоров'я залежать від страхового договору споживача. З іншого боку, вибір плану медичного страхування може бути зумовлений запланованими витратами на

охорону здоров'я та очікуваннями стосовно використання медико-санітарної допомоги. Яскравим прикладом є очікування попиту на послуги акушерства, яке може привести до вибору страхової угоди, яка гарантує досить широкий спектр послуг. Цей підхід моделювання підкреслює взаємозалежність між медичним страхуванням та очікуваннями пацієнта щодо свого здоров'я, і підкреслює їх роль стосовно майбутнього стану здоров'я.

У численних дослідженнях було проаналізовано висновки щодо медичного страхування та попиту на охорону здоров'я. Камерон [3] та інші відобразили модель взаємодії медичного страхування та попиту у галузі охорони здоров'я. У цій моделі людина може вибрати тільки між дискретним рядом взаємовиключних медичних страхових договорів [3]. Блумвіст [2] робить спроби проаналізувати оптимальні нелінійні схеми страхування здоров'я. Ліліас [8] представляє невизначеність страхування у контексті змішаних інвестицій – споживання за моделлю Гросмана [7]. Він припускає, що не існує морального ризику. Д. Катлер і Р. Зекхаузер займаються вивченням попиту на медичні послуги в умовах невизначеності з урахуванням страхових угод [4]. Вони також проводять аналіз властивостей оптимального нелінійного медичного страхування з урахуванням морального ризику, використовуючи взаємозалежну модель страхування та вимог охорони здоров'я.

Підхід моделювання [3, 4] охоплює простори моделювальних можливостей Камерона, Катлера та Зекхаузера, підкресливши відмінність між нинішнім і майбутнім станом здоров'я, а також імовірність майбутніх змін у стані здоров'я в умовах невизначеності. В цій моделі характеризується договір страхування, використовуючи тарифи страхування або частку власних витрат. Беручи до уваги цю модель, ми аналізуємо наслідки невизначеності у зв'язку з поширеністю хвороби і ефективністю лікування на попит у медичному страхуванні.

У моделі [14] “вирішення проблем попиту на догляд за станом здоров'я”, де подано вибір договорів страхування і стану здоров'я особи, використовується модель Вогстафа, яка полягає у визначенні рівня попиту на охорону здоров'я у певний період часу, і яка пропонує багато аспектів у ускладненні моделі чистих витрат Гросмана [7]. В цій моделі здоров'я є змінним вибором, оскільки воно є джерелом прибутку. Люди цінують здоров'я, використовуючи медичну допомогу лише як засіб підтримання стану здоров'я. Ця спрощена версія моделі Гросмана широко використовується у медичній економічній літературі [4, 7].

Моделювання медичного страхування досить детально наслідує схему моделювальних зусиль за Камероном, а також за Катлером і Зекхаузером [3, 4]. У статтях цих авторів медичне страхування відрізняється від інших видів страхування наявністю аспекта морального ризику, який, за твердженням Полі, є практично унікальним. Полі зазначає, що труднощі у визначенні наявності та обсягу витрат впливають на медичне страхування [9, 10]. Майже всі інші види страхування досить легко визначають розмір витрат [5]. В статтях багатьох авторів аспект морального ризику трактується як вигода у страхових договорах, грошова дотація на отримання медичного догляду, а не просто непередбачена вимога.

Хоча однією з головних особливостей, що відрізняє потреби в медичному догляді від попиту на інші товари і послуги, є невизначеність у випадку хвороби і ефективності лікування. На сьогодні існує дуже мало теоретичної літератури, у якій проводиться аналіз впливу невизначеності на попит на обслуговування здоров'я і страхування. Дарданоні і Вегстав [5] займалися аналізом наслідків впливу невизначеності (у випадку хвороби і ефективності лікування) на попит на медичні послуги з використанням статичного варіанту моделі Гросмана [7], а саме моделі попиту на здоров'я, і вважали, що, вірогідно, велика невизначеність призводить до збільшення попиту на медич-

ну допомогу. Піконе [11] займався вивченням наслідків невизначеності (у випадку хвороби) на попит на медичне обслуговування, використовуючи стохастичні динамічні моделі, які базуються на моделі Гросмана. Недостатньо достовірні результати свідчать, що зсув стохастичного домінування першого порядку заохочує осіб витратити кошти на медичне обслуговування [6]. Статистика підтверджує, що люди в першу чергу вибирають страхування, потім медичну допомогу, і лише після того турбуються про наявний стан здоров'я. Відповідно до такого сценарію, відносна невизначеність щодо майбутнього стану здоров'я присутня. Оскільки певні перспективи змін у стані здоров'я впливають на рівень попиту на страхування, то аналіз впливу рівня невизначеності щодо майбутнього стану здоров'я на попит у страхуванні буде досить корисним.

**Висновок.** Попит на страхування залежить від зміни розподілу долікувального стану здоров'я та продуктивності медичної допомоги у вигляді стохастичного домінування першого порядку, рівноваги Ротшильда-Штігліца [12, 13] і стохастичного домінування другого порядку. У розглянутих теоретичних моделях описується, як ймовірне погіршення стану здоров'я у майбутньому впливає на потребу у медичному страхуванні та яким чином зміни попиту на медичне страхування залежать від збільшення кількості осіб, що прагнуть уникнути ризику.

### Література

1. Arrow J.K. Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care // *American Economic Review*. – 1963. – 53. – P. 941-973.
  2. Blomqvist A.G. Optimal Nonlinear Health Insurance // *Journal of Health Economics*. – 1997. – 16. – P. 303-321.
  3. Cameron A.C., Trivedi P.K., Milne F. et al. A Microeconomic Model of the Demand for Health Care and Health Insurance in Australia // *Review of Economic Studies*. – 1988. – P. 85-106.
  4. Cutler D.M., Zeckhauser R.J. The Anatomy of Health Insurance, in: J. A. Culyer and J. P. Newhouse, eds., *Handbook of Health Economics* (Amsterdam: Elsevier, Chapter 11), 2000.
  5. Dardanoni V., Wagstaff A. Uncertainty and the Demand for Medical Care // *Journal of Health Economics*. – 1990. – 9. – P. 23-38.
  6. Demers F., Demers M. Increases in Risk and the Optimal Deductible // *Journal of Risk and Insurance*. – 1991. – 58. – P. 670-699.
  7. Grossman M. On the Concept of Health Capital and the Demand for Health // *Journal of Political Economy*. – 1972. – 80. – P. 223-255.
  8. Liljas B. The Demand for Health with Uncertainty and Insurance // *Journal of Health Economics*. – 1998. – 17. – P. 153-170.
  9. Pauly M.V. The Economics of Moral Hazard: Comment // *American Economic Review*. – 1968. – 58. – P. 531-536.
  10. Pauly M.V. Insurance Reimbursement, in: J. A. Culyer and J. P. Newhouse, eds., *Handbook of Health Economics* (Amsterdam: Elsevier, Chapter 10), 2000.
  11. Picone G., Uribe M., Wilson R.M. The Effect of Uncertainty on the Demand for Medical Care, Health Capital and Wealth // *Journal of Health Economics*. – 1998. – 17. – P. 171-185.
  12. Rothschild M., Stiglitz J.E. Increasing Risk: 1. A Definition // *Journal of Economic Theory*. – 1970. – 2. – P. 225-243.
  13. Rothschild M., Stiglitz J.E. Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Information // *Quarterly Journal of Economics*. – 1976. – 90. – P. 629-649.
  14. Wagstaff F.A. The Demand for Health: A Simplified Grossman Model // *Bulletin of Economic Research*. – 1986. – 38. – P. 93-95.
- Zweifel P., Manning W.G. Moral Hazard and Consumer Incentives in Health Care, in: J. A. Culyer and J. P. Newhouse, eds., *Handbook of Health Economics* (Amsterdam: Elsevier, Chapter 8), 2000.

## 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, викладачів медичних вищих навчальних закладів, співробітників науково-дослідних інститутів медичного і біологічного профілю та громадськості про результати фундаментальних і прикладних досліджень з медичної інформатики та інженерії, про сучасні тенденції й процеси інформатизації, що відбуваються в медичній галузі.

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

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

За рішенням редакційної колегії до друку також можуть прийматися огляди з актуальних питань медичної інформатики та інженерії, описи перспективних наукових досліджень, рецензії, довідкові та інформаційні матеріали, 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.

### Вимоги щодо підготовки рукопису

Рукописи повинні надсилатися в двох примірниках українською, російською чи англійською мовою і супроводжуватися файлами тексту (\*.rtf або \*.doc) та малюнків (\*.jpg або \*.tif) на дискеті чи диску. Електронна та паперова версії статті мають бути ідентичними. Електронна копія може бути надіслана також електронною поштою.

Обсяг оригінальної статті, включаючи таблиці, рисунки, список літератури, резюме, не повинен перевищувати 8 сторінок, обсяг проблемної статті, огляду літератури, лекції - 12 сторінок, короткого повідомлення, рецензії тощо – до 5 сторінок.

До рукопису необхідно додати: (а) супровідний лист від керівника закладу (підрозділу), в якому виконувалася робота з рекомендацією до друку та (б) експертний висновок, завірений печаткою, щодо можливості відкритої публікації матеріалів дослідження. За відсутності експертного висновку всю відповідальність за подану інформацію несуть автори. Вартість видавничих послуг відшкодовують автори. Всі автори мають поставити підписи на першій сторінці статті.

Статті, що містять оригінальні матеріали досліджень, мають бути структуровані відповідно до вимог п. 3 Постанови Президії ВАК України № 7-05/1 від 15.01.2003 р., оформлені з врахуванням рекомендацій ВАК України щодо публікації матеріалів дисертацій та 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 з вимогами групи стандартів ДСТУ 3651-97 «Одиниці фізичних величин»; у разі обґрунтованого використання несистемних одиниць вимірювання слід представити приклад їх переведення в систему СІ. Медична термінологія має відповідати Міжнародній класифікації хвороб (МКХ-10). Назви фірм, приладів, реактивів і препаратів необхідно наводити в оригінальній транскрипції.

### Титульний аркуш:

УДК- у верхньому лівому куті.

Назва статті (по центру, півжирним шрифтом, кегль - 16). У назві статті не допускається використання скорочень.

Прізвище та ініціали автора(-ів) (по центру).

Повна назва установи.

**Анотація:** до 200 слів.

**Ключові слова:** до вісьмох слів.

**Основна частина статті містить наступні 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. Матеріал і методи дослідження (викладення об'єкта дослідження і методик, опис яких повинен бути достатнім для розуміння їх доцільності і можливості відтворення. У випадку проведення експериментальних досліджень з тваринами слід вказувати вид, стать, кількість тварин, методи анестезії при маніпуляціях, пов'язаних із завданням тваринам болю, метод евтаназії. обов'язковим є зазначення методик статистичного аналізу з обґрунтуванням вибору критеріїв достовірності оцінок). Результати й обговорення (викладається основний фактичний матеріал, проводиться повне обґрунтування отриманих наукових результатів, висловлення власного судження щодо одержаних результатів, його порівняння з тлумаченням подібних даних, наведених іншими авторами). Висновки. Перспективи подальших досліджень (подається бачення автора перспективності подальших шляхів до розв'язання проблеми, висвітленої у роботі). Література (друкується в порядку згадування джерел у тексті, у квадратних дужках).



**Весь текст** повинен бути надрукований через 1,5 інтервала, 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).

**Підзаголовки** повинні бути надруковані прописними літерами, півжирним шрифтом.

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

**Список літератури** повинен формуватися послідовно, в порядку появи посилання в тексті статті. Для оформлення посилань на книги та журнали використовувати відповідні формати, наприклад:

1. Амосов Н.М., Касаткин А.М., Касаткина Л.М., Талаев С.А. Автоматы и разумное поведение. –К.: Наук.думка, 1973. – 374 с.

2. Вороненко Ю.В., Мінцер О.П. Технології дистанційного навчання у практичній медицині // Журнал сучасного лікаря. Мистецтво лікування. –2005. – № 7. – С. 8–11.

**Рисунки** - шириною до 8 см або до 16 см кожен подаються на окремому аркуші. На зворотній стороні вказати номер рисунка, прізвище першого автора, 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 і 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 рукописі після списку літератури на окремому аркуші.

**Розширена анотація до статті** - подається двома мовами (наприклад, якщо основний текст статті написаний українською мовою, то дві розширені анотації подаються російською та англійською); обсяг – 1 сторінка; містить: (а) назву статті, (б) прізвища та ініціали авторів, (в) електронні адреси авторів, (г) повна назва установи, (д) реферат статті до 400 слів, (е) ключові слова.

**Інформація про авторів** - подається на окремому аркуші і містить наступні відомості про кожного: 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.

Статті, оформлені без дотримання вищенаведених вимог, не реєструються. У першу чергу друкуються статті передплатників журналу, а також матеріали, що замовлені редакцією. Редакція залишає за собою право виправляти термінологічні та стилістичні помилки; за погодженням з авторами усувати зайві ілюстрації та скорочувати текст.

**Рукописи направляти за адресою:**

04112, м. Київ, вул. Дорогожицька, 9,

Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика,

Редакція журналу «Медична інформатика та інженерія»

Електронна пошта: [miejournal@nmapo.edu.ua](mailto:miejournal@nmapo.edu.ua)

Публікація статей платна. Вартість - 15 грн. за 2000 знаків (1 сторінка). Оплата здійснюється після отримання повідомлення про позитивне рішення щодо публікації статті.

**Оплату за статті переказувати на розрахунковий рахунок одержувача:**

Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського

КОД 02010830

р/р 35224001000151 в ГУДКУ в Тернопільській обл.,

МФО 838012

В призначенні платежу вказувати: «За друкування статті».

**Квитанцію про оплату надсилати на адресу:**

Видавництво „Укрмедкнига”,

46001, м. Тернопіль, майдан Волі, 1

тел.: (+380352) 43-49-56, факс (+380352) 52-80-09

e-mail: [publishhouse@tdmu.edu.te.ua](mailto:publishhouse@tdmu.edu.te.ua)