

**МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА
ТА ІНЖЕНЕРІЯ**

(науково-практичний журнал)

**МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА
И ИНЖЕНЕРИЯ**

(научно-практический журнал)

**MEDICAL INFORMATICS
AND ENGINEERING**

(scientific-practical journal)

2/2008

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. Вишневецький,
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. Тимофєєв (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

Рекомендовано Вченою радою Національної медичної
академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика МОЗ Ук-
раїни (протокол № 6 від 11.06.2008) та Тернопільського дер-
жавного медичного університету імені І.Я. Горбачевського
(протокол № 14 від 10.06.08).

Підписано до друку 20.06.2008. Формат 60x84/8.
Папір офсет. Ум. друк. арк. 10,46. Обл.-вид. арк. 10,50.
Тираж 600 прим. Зам. № 106.
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

<i>В. А. Лицук, А. А. Горбач</i> СТВОРЕННЯ ІНФОРМАТИЗОВАНОЇ СТРУКТУРИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я - ШЛЯХ ВИРІШЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОБЛЕМ	5
<i>Ю. С. Лях, Ю. Г. Вихованець, В. Г. Гур'янов, А. М. Черняк</i> ПРОГРАМНО-АППАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
<i>В. П. Марценюк, Д. В. Вакулєнко</i> РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА ПІДТРИМКИ СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕКОНСТРУКЦІЇ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ	13
<i>І. А. Алпатова*, В. В. Багаття**</i> КОМП'ЮТЕРНІ ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ПЕРВИННИХ МЕДИЧНИХ ДАНИХ	18
<i>Є. В. Горшков</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ФАКТОРІВ РИЗИКУ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ	21
<i>Б. А. Кобринський</i> ТЕЛЕПЕДІАТРІЯ В ПРАКТИЦІ РОСІЙСЬКОГО КОНСУЛЬТУВАННЯ РОЛЬ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІЙ	24
<i>Г. В. Книшов, Б. Л. Палець</i> ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ В ЕКСПЕРИ- МЕНТАЛЬНИХ І КЛІНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ КРОВООБІГУ	28
<i>О. В. Палагін¹⁾, В. О. Романов¹⁾, М. Ф. Стародуб²⁾, І. Б. Галелюк¹⁾, О. В. Скрипник¹⁾</i> ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ БІОСЕНСОРІВ	36
<i>С. С. Івахно¹⁾, О. І. Корнелюк¹⁾, О. П. Мінцер²⁾</i> МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ В ПРОГРАМІ MICROARRAY TOOL ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ ДНК- МІКРОАРРЕЇВ	41
<i>Г. В. Коробейніков, О. К. Дудник</i> КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ЛЮДИНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РІВНЯ АДАПТОВАНOSTІ ДО НАПРУЖЕНОЇ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	48
<i>А. С. Сверстюк</i> СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНХРОННО ЗАРЕЄСТРОВАННИХ КАРДІОСИГНАЛІВ	54
<i>М. В. Банчук</i> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРЕДСТАВЛЕННЯ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЯКІСНОЇ ТА ПРОЗОРОЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ. МІЖНАРОДНИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД	58

CONTENTS

<i>V. A. Lichuk, A. A. Gorbach</i> CREATION OF INFORMATISATION STRUCTURE AS A WAY TO ANSWER THE ECONOMIC PROBLEMS IN THE PUBLIC HEALTH SYSTEM	5
<i>Yu. S. Lyah, Yu. G. Vyhovaneц, V. G. Guryanov, A. M. Chernyak</i> ПРОГРАМНО-АППАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ БІОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	9
<i>V. P. Martsenyuk, D. V. Vakulenko</i> DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE ENVIRONMENT SUPPORTING SYSTEM RESEARCH OF BONE TISSUE REMODELLING	13
<i>I. A. Alpatova, V. V. Kostra</i> COMPUTER-BASED INFORMATION MODEL FOR PRIMARY MEDICAL DATA CAPTURE	18
<i>Ye. V. Gorshkov</i> PROSPECTS OF THE USE OF TECHNOLOGIES OF INFORMATIONS FOR MONITORING OF CORDIALLY VASCULAR DISEASES RISK FACTORS	21
<i>B. A. Kobrinskiy</i> TELEPAEDIATRICS IN PRACTICE OF THE RUSSIAN CONSULTATIONS AND ROLE VIDEOCONFERENCING	24
<i>G. V. Knyshev, B. L. Palets</i> COMPUTATIONAL PHYSIOLOGY IN EXPERIMENTAL AND CLINICAL STUDIES OF THE CIRCULATION	28
<i>O. V. Palahin¹⁾, V. O. Romanov¹⁾, M. F. Starodub²⁾, I. B. Halyuka¹⁾, O. V. Skrypnuk¹⁾</i> VIRTUAL LABORATORY FOR PROJECTING OF BIOSENSORS	36
<i>S. S. Ivachno¹⁾, A. I. Kornelyuk¹⁾, O. P. Mintser²⁾</i> CLUSTERING METHODS IMPLEMENTED INTO MICROARRAY TOOL PROGRAM FOR ANALYSIS OF DNA MICROARRAY DATA	41
<i>G. V. Korobeynikov, A. K. Dudnik</i> FUNCTIONAL ORGANIZATION OF HUMAN PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATES WITH RELATION OF ADAPTATION LEVEL TO STRAIN MUSCULAR ACTIVITY	48
<i>A. S. Sverstyuk</i> THE STATISTIC PROCESSING METHODS OF SYNCHRONOUSLY REGISTERED CARDIO SIGNALS	54
<i>M. V. Banchuk</i> INFORMATION SYSTEM OF PRESENTATION OF EDUCATIONAL-METHODOLOGICAL MATERIALS AS INSTRUMENT OF HIGH-QUALITY AND TRANSPARENT MEDICAL EDUCATION. INTERNATIONAL AND UKRAINIAN EXPERIENCE	58

**МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА
ТА ІНЖЕНЕРІЯ**

В.В. Васілакін, О.А. Рижов

**ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ЗА СОБАМИ
ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ**

65

V.V. Vasilakin, A.A. Ryzhov

**PRINCIPLES OF THE ORGANIZATION OF THE
MONITORING SYSTEM OF THE INDEPENDENT WORK
OF STUDENTS BY THE MEANING OF THE PROGRAM
MODEL**

В.П. Марценюк, А.В. Качор

**МЕФАНЕТ: СЕТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПОРТАЛОВ
МЕДИЦИНСКИХ ФАКУЛЬТЕТОВ ЧЕШСКОЙ И
СЛОВАЦКОЙ РЕСПУБЛИК**

71

V.P. Martsenyuk, A.V. Kachor

**MEFANET: NETWORK OF EDUCATIONAL PORTALS
OF MEDICAL FACULTIES OF CZECH AND SLOVAK
REPUBLICS**

А.В. Семенець

**АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІ ІНТЕГРОВАНОГО
СЕРЕДОВИЩА ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ У МЕДИЧНІЙ
ОСВІТІ**

78

A.V. Semenets

**ON IMPLEMENTATION OF THE TEST KNOWLEDGE
INTEGRATED ENVIRONMENT IN THE MEDICAL
EDUCATION**

О.А. Рижов

**МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНЬ НА ОСНОВЕ
ПОНЯТЬ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ
НАВЧАННЯ**

83

A.A. Ryzhov

**KNOWLEDGE REPRESENTATION MODEL ON THE
BASE OF CONCEPTS FOR COMPUTER TRAINING
SYSTEMS**

УДК 615.48:611.4

**СТВОРЕННЯ ІНФОРМАТИЗОВАНОЇ СТРУКТУРИ ОХОРОНИ
ЗДОРОВ'Я - ШЛЯХ ВИРІШЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОБЛЕМ****В. А. Ліщук, А. А. Горбач***НЦССХ ім. А.Н. Бакулева. РАМН. Москва, Росія
Клінічна лікарня "Феофанія" Державного керування справами Київ, Україна*

У статті викладені шляхи вирішення економічних проблем в охороні здоров'я шляхом створення глобальної системи інформатизації і стандартизації.

**CREATION OF INFORMATISATION STRUCTURE AS A WAY TO ANSWER THE
ECONOMIC PROBLEMS IN THE PUBLIC HEALTH SYSTEM****V. A. Lichuk, A. A. Gorbach***NTSSCH im. Bakuleva RAMN. Moscow, Russia
Clinichn hospital "Feofania" National operate concern State government business Kiev, Ukraine*

The article provides the directions to solve economic problems in the public health system by creating a global network of informatisation and standardisation.

Постановка проблеми й аналіз останніх досягнень і публікацій. Створення інформаційної інфраструктури вимагає об'єднання і координації зусиль розроблювачів і керівників.

Усе-таки необхідно виходити з того, що відповідні позиції визначаються цілями і критеріями соціально-економічної і політичної стратегії держави.

При цьому усі відомі глобальні моделі економіки, соціально-економічного розвитку, у тому числі і глобальні моделі економічного розвитку типу «Світ» не враховує охорона здоров'я. У кращому випадку вони враховують окремі часткові задачі охорони здоров'я.

Природно, що концепції охорони здоров'я в істотній частині залежать, можна сказати навіть визначаються соціально-політичною й економічною стратегією країни в цілому, і тому повинні бути ретельно погоджені з нею.

Запропоновано різні цілі і критерії функціонування і розвитку охорони здоров'я: від збереження охорони здоров'я як системи до підвищення рівня суспільного здоров'я як мети соціально-економічного розвитку.

У той же час роль індустрії здоров'я вже сьогодні порівнянна з іншими галузями економіки за :

- вартістю;
- глобалізацією;
- соціальною значимістю.

В будь-якому випадку, економічна сторона в реалізації програми медичного обслуговування забезпечення населення є основною.

© В. А. Ліщук, А. А. Горбач

Ціль статті. На жаль, дотепер у державі не існує обґрунтованого розрахунку вартості медичної допомоги. Без цього неможливо визначити частку бюджетних засобів, необхідних для її реалізації.

Тому метою даної статті є розробка економічних основ інформаційної структури охорони здоров'я.

Вартість лікування або окремої медичної процедури повинна відповідати найбільш важливим принципам ціноутворення, тобто відображати необхідні витрати, носити протизатратний характер, що обумовлюється ступенем точності розрахунку собівартості, а також забезпечувати одержання прибутку і створювати економічні умови для підвищення рентабельності (рис. 1).

Собівартість медичної процедури — це виражені в грошовій формі матеріальні витрати і витрати на оплату праці в лікувально-профілактичних установах. За змістом і призначенням витрати групуються за економічними елементами і калькуляційними статтями.

У такому випадку собівартість повинна включати наступні основні складові:

$$Z = C_{об} + P_p [P_p + (C_{об} - M)] \times I_n,$$

де Z — ціна; $C_{об}$ — собівартість; P_p — прибуток; M — витрати на медикаменти і матеріали; I_n — % відраховуваних в інноваційний фонд.

При цьому $P_p = (C_{об} - M) \cdot K$, де K — коефіцієнт рентабельності, рівний у даний час 20%.

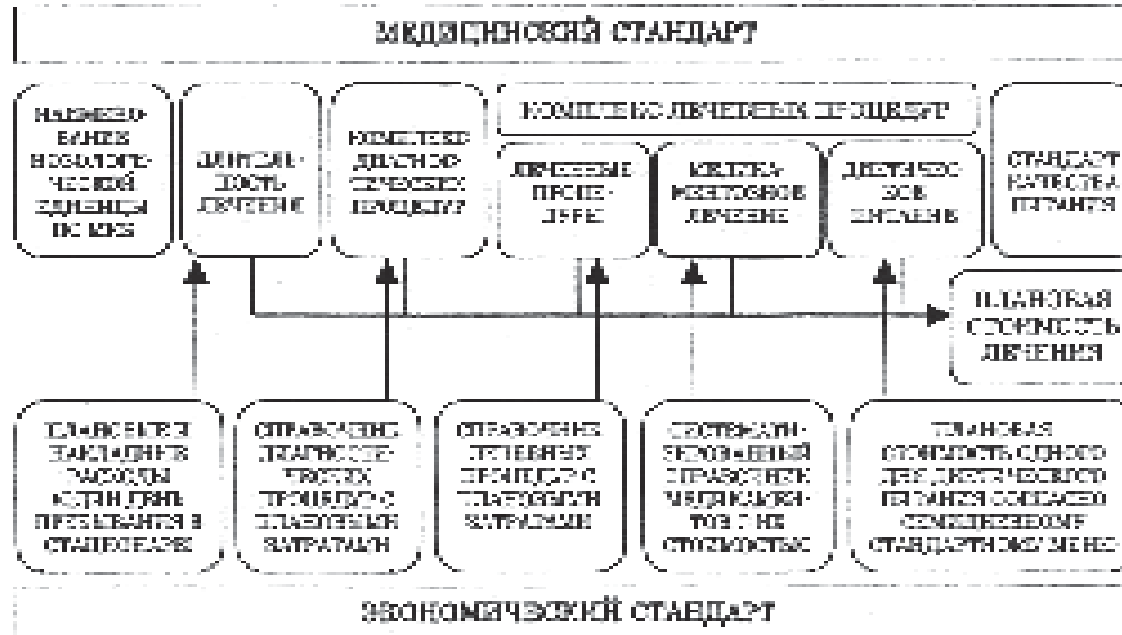


Рис. 1. Экономические условия реализации медицинских стандартов

У цілому, структура собівартості представлена на рис. 2.

Зіставлення сформованої і доведеної централізованої вартості лікування дасть можливість аналізувати

господарську діяльність установи, що буде сприяти раціональному використанню потужності лікувально-профілактичних установ (ЛПУ), зниженню витрат і підвищенню рентабельності установи.

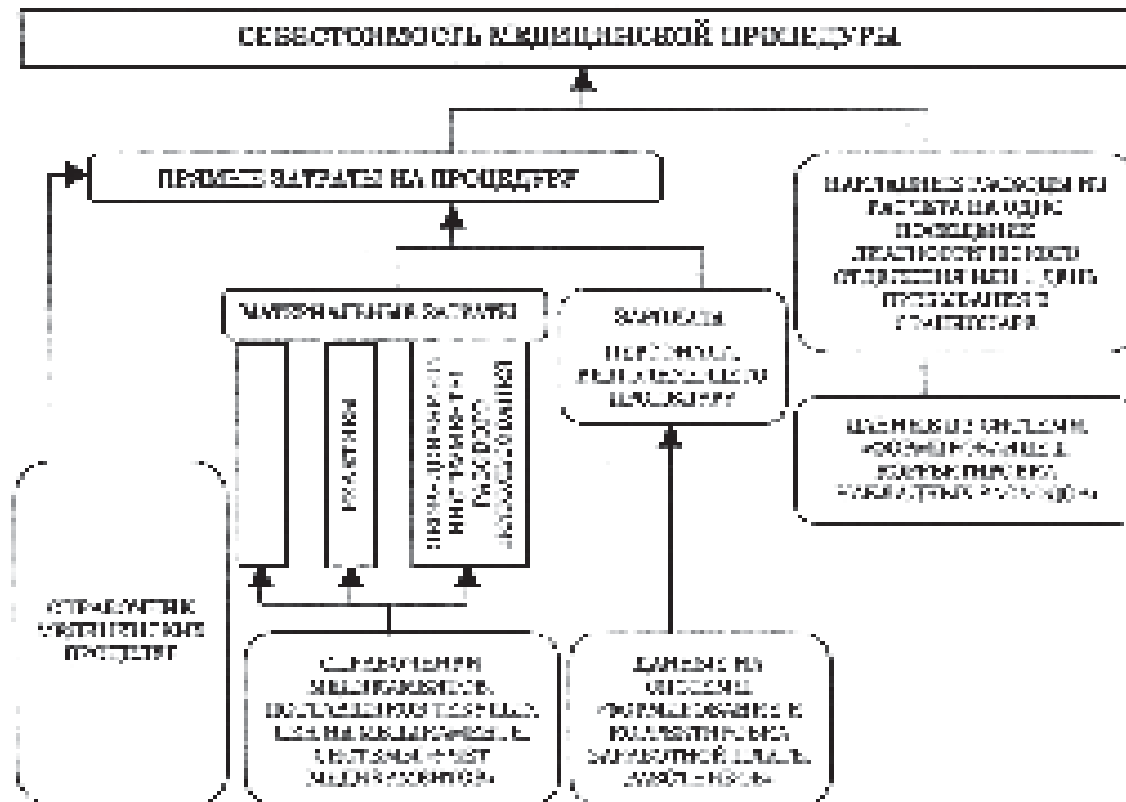


Рис. 2. Структура себестоимости медицинской процедуры

Наявність нестабільної економічної ситуації з постійно мінливими цінами, потреба у взаєморозрахун-

ках між лікувальними установами і страховими компаніями, а також складність розрахунку рівня бюд-

жетного фінансування медицини диктує необхідність створення комплексу інформаційних технологій медико-економічного планування діяльності лікувальних установ і визначення фактичних витрат на медичні послуги, а також експертної оцінки якості медичної допомоги. Інформатизація, особливо клінічні біологічні дані (КБД), відіграє тут ключову роль.

До засобів і методів, що дозволяють формувати концепції на сучасному методологічному рівні, обґрунтовувати критерії, цілі і погоджувати потреби охорони здоров'я з загальною тенденцією розвитку країни, відносяться:

- математичні й імітаційні моделі, орієнтовані і враховуюча специфіка вирішення практичних задач;
- математичні методи і засоби імітації.

Ці засоби дозволяють організувати випереджальне програвання на ЕОМ сценаріїв зміни захворюваності і, у цілому, суспільного здоров'я в залежності від обсягу, виду, якості профілактичних мір і інших факторів, що істотно впливають на здоров'я, зокрема таких, як медична допомога, реабілітація, умови праці, співвідношення державної, приватної і страхової медицини і т.д.

Телекоординація має вирішальне значення для цих задач.

Комп'ютерні бази даних і знань і телекомунікаційні системи. Глобальні і локальні комп'ютерні мережі і їх телефонні, радіо- і оптоволоконні реалізації прискорюють і полегшують обмін даними, роблять ідентичними документи розроблювачів і координаторів наукових досліджень, дають можливість проводити телеконференції, телеконсультації, діагностичне навчання (телемедицину); у науці ці засоби створили передумови для персонального обміну ідеями, сумнівами і результатами, передумови творчої взаємодії, що дозволяє стиснути відстань, перебороти адміністративні рамки, прискорити час розробок, підсумувати зусилля, дозволили нам розроблювачами і координаторам об'єднати зусилля.

Ще недавно розвиток інтегральних інформаційних систем стримувався неможливістю включення в автоматизовану історію хвороби зображень: рентгеновських знімків, ехограм, ангиограм і т.п. Зараз ці труднощі переборені настільки, що став можливий обмін зображеннями в реальному часі.

Разом з тим, гостро стоять задачі подальшого розвитку засобів і методів інформатизації:

- не вдається досягти інтеграції клінічних, економічних і адміністративних даних;
- залишається розз'єднаною цифрова, текстова, сигнальна і відеоінформація;

- обмежено доступ до баз медичних даних;
- не вдається вирішити задачу рутинного використання моніторно-комп'ютерних мереж;
- гостро стоїть задача одержання й аналітичної обробки економічних відомостей у системі передачі даних (RTF);
- комп'ютеризації клінічної, біохімічної і бактеріологічної лабораторій не цілком погоджені з власне лікувальним процесом і т.д.

Одним із ключових напрямків, що дозволяють кардинально вирішувати ці задачі є стандартизація в охороні здоров'я. При цьому на першому плані коштує розробка еталонної інформаційно-логічної моделі (ІЛМ) предметної області, без якої неможливо здійснювати систему, комплексну стандартизацію. Ядром цієї моделі є єдиний понятійний апарат — система нормалізованих словників і класифікаторів, що утворюють галузевий тезаурус.

Стандартизація повинна виконувати наступні задачі:

- поширення класифікаторів у стандартному структурованому форматі у виді файлів;
- єдиний тезаурус (еталонна онтологічна модель) наприклад UMLS (Unified Medical Language System) (www.spmu.runet.ru/mirror/umls);
- репозитор стандартів (Дст, Остов, ОК);
- доступ до повнотекстових баз даних наукових документів (НД);
- стандарти представлення метоінформації, тобто саме інформаційне забезпечення стандартизації.

При цьому, однією зі сторін об'єктивності нечіткості проблем інформатизації є:

- об'єктивна складність формалізації медичної інформації і стандартизації процесів діагностики і лікування;
- відсутність базових еталонних моделей предметної області (тезаурусів і класифікаторів);
- різноманітність існуючих моделей медичних даних, класифікаторів, систем обліку й оплати медичної допомоги;
- велика кількість несумісних між собою інформаційних систем (ІС) і баз даних (БД) («успадковані системи»);
- динамічність зміни вимог до інформаційного забезпечення.

Регламентация параметрів, вимог і методів іспитів компонентів і засобів інформаційних технологій (ІТ), спрямовані на забезпечення відкритості й ефективності ІС, що визначають:

- сумісність програмних і технічних засобів;
- інтероперабельність (технічну, синтаксичну, семантичну);

- сумісність програмного забезпечення (ПЗ) і БД;
- функціональну взаємозамінність компонентів;
- мобільність користувачів;
- документування і т.д.

Глобально стандартизація охорони здоров'я зіштовхується з наступними проблемами:

- неможливість одномоментного («усіх відразу») переходу на єдині стандарти успадкованих систем і класифікатори > витрати;
- обмеженість бюджетних засобів, низька інвестиційна привабливість;
- відставання нормативно-правової бази інформатизації в охороні здоров'я й обов'язковому медичному страхуванні (ОМС);
- опір регламентації професійної діяльності, додатковому обмеженню і контролю діяльності.

У Росії вже зроблені визначені успіхи в реалізації системи стандартизації в охороні здоров'я. Прийнято законодавчі документи:

1. Про організації робіт зі стандартизації в охороні здоров'я (Наказ МОЗ РФ і ФОМС від 19.01.98 р. № 12/2);
2. Програма робіт зі створення і розвитку системи стандартизації в охороні здоров'я (липень 1998 р.);
3. Перелік робіт з комплексної стандартизації в системі ОМС на 2001-2004 роки;
4. ОСТ-91500.01.0007-2001 «Система стандартизації в охороні здоров'я. Основні положення» / Ін. МОЗ № 181 від 04.06.01;
5. ОСТ-91500.01.0001-2000 «Порядок розробки, узгодження, твердження, впровадження і супроводу нормативних документів по стандартизації в охороні здоров'я» (ОСТ ПРСПВВ) / Ін. МЗ № 302 від 31.07.00;
6. ОСТ-91500.01.0002-2000 «Порядок апробації і досвідченого впровадження проектів нормативних

документів по стандартизації в охороні здоров'я» / Ін. МОЗ № 300 від 31.07.2000;

7. ОСТ-91500.01.0003-2000 «Принципи і порядок побудови класифікаторів в охороні здоров'я» (ОСТ ПКЗ) / Ін. МЗ № 301 від 31.07.2000.

8. ОСТ-91500.09.0001-1999 «Протоколи ведення хворих. Загальне положення» (ОСТ ПВБ) / Ін. МЗ № 303 від 03.08.1999 - введений у дію з 01.09.99 р.;

9. ОСТ-91500.01.0004-2000 «Технологія виконання простих медичних послуг. Загальне вимоги»;

10. ОСТ-91500.05.0002-2001 «Державний інформаційний стандарт лікарського засобу. Основні положення» (ОСТ ГИСЛС) / Ін. № 88 від 26.03.2001 - введений у дію з 01.04.01р.;

11. ОК-91500.09.0001-2001 галузевий класифікатор «Прості медичні послуги» (ОК ПМУ);

12. ОК-91500.09.0002-2001 галузевий класифікатор «Складні і комплексні медичні послуги» (ОК ПМУ).

На жаль, до вирішення аналогічних задач МОЗ України ще не приступило. Однак вимоги часу — такі як страхова медицина, зажадають конкретно приступити до створення таких документів.

Таким чином, пропонується ідеологія розрахунку вартості медичної допомоги населенню з використанням інформаційних технологій на базі медико-економічних стандартів дозволяє розрахувати потреби в бюджетному фінансуванні для організації мінімального гарантованого обсягу допомоги, населення планову вартість лікування окремих нозологічних одиниць або медичної процедури.

Висновок: Сфера охорони здоров'я стає головним, визначаючим розвиток, економічним укладом.

Розуміння наслідків і підтримка цієї тенденції — найважливіша задача Міністерства охорони здоров'я, медичної громадськості.

Література

1. Про основні напрямки інформатизації охорони здоров'я населення Росії 1999-2002 роки: Наказ Мінздраву РФ. - М.: Мінздрав, 1999.
2. Про створення єдиної системи інформатизації в охороні здоров'я: Наказ Мінздраву РФ. - М.: Мінздрав, 2002.
3. Бураковский В. И., Бокерія Л. А., Лішук В. А. Методологія цільових науково-дослідних програм у медицині. - М: Медицина, 1978.

4. Концепція інформатизації охорони здоров'я країни. - М.: АМН, 1991.
5. Принципи ціноутворення в клінічній медицині / Березниця Я. С., Гравировска Н. Т., Буренко А. И., Ковальова В. А. - М.: Медицина, 1997.
6. Стоябов А. П. Інформаційна культура в охороні здоров'я. - М.: Медицина, 2002.
7. Стоябов А. П. Про єдину інформаційну систему охорони здоров'я. - М.: Медицина, 2002.

УДК 615.47:681.3

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ю.Є. Лях, Ю.Г. Вихованець, В.Г. Гур'янов, А.М. Черняк
roger1964@dsmu.dn.ua

Донецький національний медичний університет ім. М. Горького, Україна

У статті описаний комп'ютерний комплекс, що дозволяє проводити мультипараметричну реєстрацію фізіологічних показників при пред'явленні різних тестуючих навантажень, а також їх аналіз у режимі «on-line» з використанням сучасних методів біостатистики. Розглянуті основні етапи математичного аналізу отриманих в результаті тестування біомедичних даних в пакетах статистичного аналізу MedStat та нейромережевого аналізу BioStatNeuro.

Ключові слова: комп'ютерний комплекс, біомедичні дослідження, пакети статистичного і нейромережевого аналізу

ПРОГРАМНО-АПАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.Е. Лях, Ю.Г. Выхованец, В.Г. Гурьянов, А.Н. Черняк

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, Украина

В статье дано описание компьютерного комплекса, позволяющего проводить мультипараметрическую регистрацию физиологических показателей при предъявлении различных тестирующих нагрузок, а также их анализ в режиме «on-line» с использованием современных методов биостатистики. Рассмотрены основные этапы математического анализа полученных в результате тестирования показателей в пакетах статистического анализа MedStat и нейросетевого анализа BioStatNeuro.

Ключевые слова: компьютерный комплекс, биомедицинские исследования, пакеты статистического и нейросетевого анализа

HARDWARE & SOFTWARE EQUIPMENT FOR BIOMEDICAL RESEARCHES

Yu.E. Lyakh, Yu.G. Vykhovanets, V.G. Gurianov, A.N. Chernyak

Donetsk national medical university named after M. Gorky, Ukraine

The paper describes computer device which records electrical signals of quantity humans systems under various physiological testing. The device undertakes the real time analysis using modern methods of a biostatistics. The main phases of the mathematical analysis by applying of MedStat and BioStatNeuro software packages are considered.

Key words: a computer device, biostatistics, neural networks

Вступ. При розробці методів кількісної біомедичної оцінки станів людини необхідно враховувати системну інтеграцію фізіологічних функцій в процесі різних типів діяльності. Вивчення і оцінка міжсистемних взаємодій фізіологічних систем в процесі тестуючих навантажень дозволить дослідити фізіологічні механізми функціонування організму і розробити кількісні критерії діагностики і прогнозування станів [1,2]. Вирішення такої складної задачі може бути здійснено на основі використання сучасних комп'ютерних технологій. У теперішній час комп'ютерні системи застосовуються не тільки в діагностиці захворювань, а

також і в теоретичних дослідженнях при вивченні механізмів функціонування різних систем організму, моделюванні станів людини [3,4,8].

Основна частина досліджень в цій галузі спрямована на розробку і вдосконалення апаратно-програмних комплексів, які дозволяють не тільки вимірювати первинні фізіологічні і клінічні показники, а й проводити різноманітні перетворення для отримання результату у формі попереднього цифрового або текстового заключення.

У загальному випадку апаратно-програмні комплекси представляють собою інтеграцію вимірюваль-

© Ю.Є. Лях, Ю.Г. Вихованець, В.Г. Гур'янов, А.М. Черняк

них приладів з обчислювальним пристроєм і програмою, що забезпечує виконання чотирьох головних функцій: керування роботою вимірювального приладу і супроводжуючих пристроїв, зняття і зберігання отриманої інформації, її перетворення і аналіз, представлення результатів у числовому, графічному чи текстовому вигляді [3,6]. Однією з основних областей розвитку апаратно-програмних комплексів, у якій найбільш компактно і повно реалізується виконання усіх перерахованих функцій, є діагностика функціональних станів людини, що проводиться на основі аналізу електроенцефалограм (ЕЕГ), викликаних потенціалів головного мозку (ВП), електрокардіограм (ЕКГ), електроміограм (ЕМГ), реограм (РГ) та інш. При розробці таких систем об'єктом аналізу є не тільки точкові і статистичні вимірювання показників стану організму, але також і динамічні характеристики функціонування органів і систем. Комп'ютерна реєстрація і аналіз біомедичних показників повинні вмщувати наступні основні етапи: планування експерименту, підготовка апаратури і пацієнта до обстеження, реєстрація показників, перегляд отриманих записів з усуненням артефактів, фільтрація сигналів і обчислювальний аналіз з отриманням результатів у числовому і графічному вигляді, аналіз отриманих даних і формування заключення [3].

Основна частина. Ціллю дослідження була розробка комп'ютерного комплексу, що дозволяє проводити мультипараметричну реєстрацію електрофізіологічних

показників при пред'явленні різноманітних тестуючих навантажень, а також їх аналіз у режимі «on-line» з використанням сучасних методів біостатистики.

Для виконання ряду біомедичних досліджень нами був розроблений комп'ютерний комплекс «Поліграф», схема якого представлена на рис. 1. До складу комп'ютерного комплексу увійшло 5 головних частин: ІВМ-сумісний комп'ютер з операційною системою Windows XP, 32-х каналний поліграфічний посилювач для записів електроенцефалограм, електрокардіограм, реограм, пневмограм, стабілограм та інших фізіологічних показників, АЦП, два монітори, стабілометрична платформа. Крім цього, до комплексу додається набір електродів для реєстрації електрофізіологічних показників, принтер. Комплекс працює від мережі змінного струму напругою 220 В з частотою 50 Гц. Максимальний припустимий час для встановлення робочого режиму – не більше 15 хвилин від моменту включення. Тривалість цифрового запису показників, що реєструються, встановлюється за програмою і може складати від кількох секунд до однієї години і більше. Необхідно відмітити, що даний комп'ютерний комплекс складається тільки зі стандартних сертифікованих пристроїв, на які є відповідні технічні папери (паспорти). Усі блоки, що застосовуються у комп'ютерному комплексі, можуть бути легко замінені при застосуванні інших методів і методик досліджень, а також при поломці окремих пристроїв.

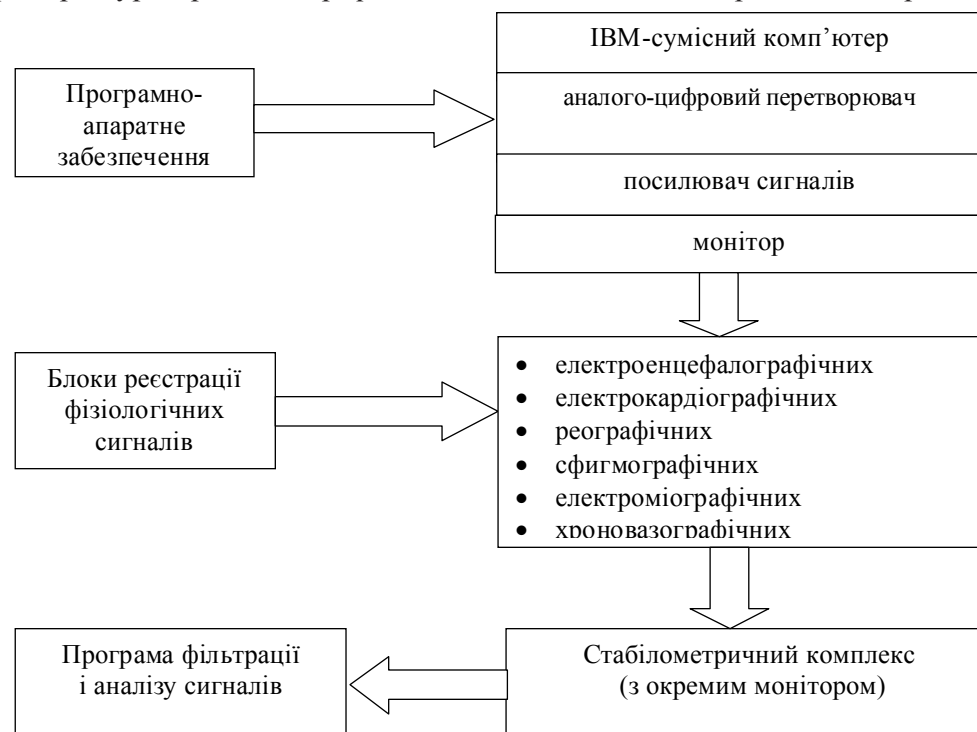


Рис. 1. Блок-схема комп'ютерного комплексу «ПОЛІГРАФ» в стандартній комплектації

Робота на усіх етапах дослідження здійснюється з використанням миші, клавіатури і екрана персонального комп'ютера. При завантаженні програми на ек-

рані монітора з'являється робоче вікно (рис. 2), у якому висвітлюється головне меню і криві змінювання з часом фізіологічних сигналів, що реєструються.

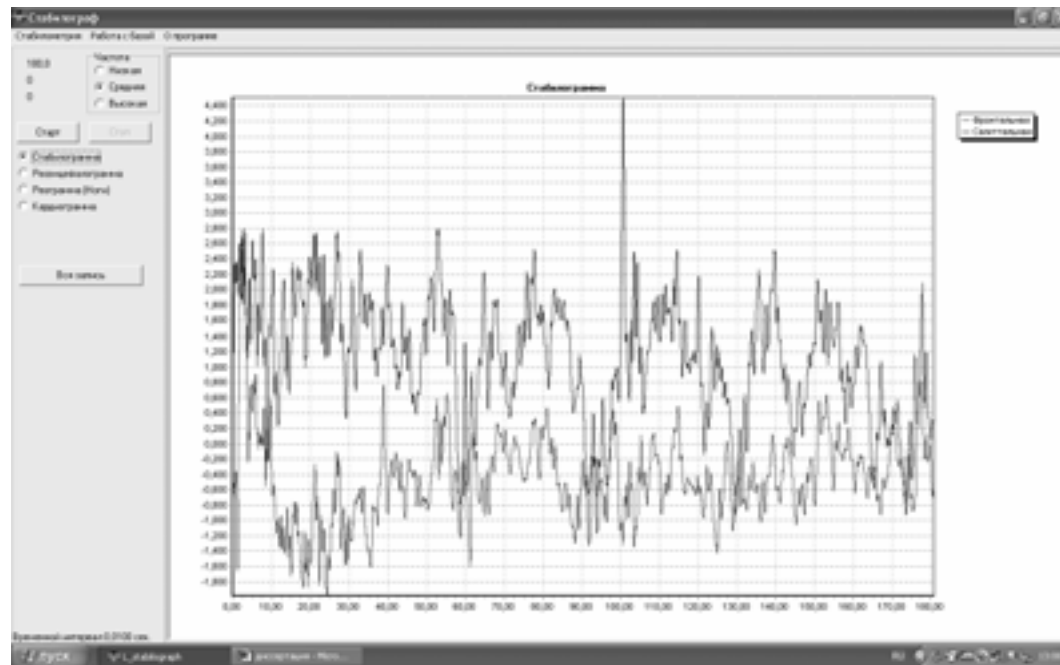


Рис. 2. Робоче вікно програми

Меню дозволяє керувати реєстрацією біосигналів і працювати з базою даних. При виконанні стабілометричних досліджень активується блок зворотного зв'язку. При цьому на екран виводиться зображення мішені з курсором у її центрі. Під час дослідження є можливість візуальної оцінки якості сигналів, що реєструються. Якщо всі заплановані дослідження виконані задовільно, по закінченні реєстрації активується вікно роботи з базою даних, що вміщує протокол досліджень, у який заносяться паспортні дані обстежуваного, дата обстеження, скарги на момент дослідження, діагноз, антропометричні та деякі фізіологічні показники. Після вводу цієї інформації за допомогою миші натискають кнопку "розрахунок", запускаючи програму виконання необхідних обчислювань. Результати математичного аналізу зберігаються у базі даних і легко можуть бути скопійовані і використані будь-якою іншою програмою при виконанні подальшого аналізу. Ми пропонуємо подальший математичний аналіз отриманих при тестуванні показників виконувати в пакетах статистичного аналізу MedStat і нейромережевого аналізу BioStatNeuro [4,5]. Пакети MedStat і BioStatNeuro прості при освоєнні, дозволяють легко обмінюватись даними між собою та найбільш поширеними офісними програмами (Word, Excel). Екранний довідник вміщує докладне описання прикладів аналізу результатів дослідження. Навчання роботі з пакетом і виконання статистичних процедур забезпечується наявністю великої кількості

прикладів з докладним вирішенням і трактовкою отриманих результатів. Пакет MedStat включає три основних блоки: попереднє планування експерименту, аналіз кількісних і якісних даних. На стадії планування експерименту виконується розрахунок об'єму вибірки при порівнюванні двох середніх або двох

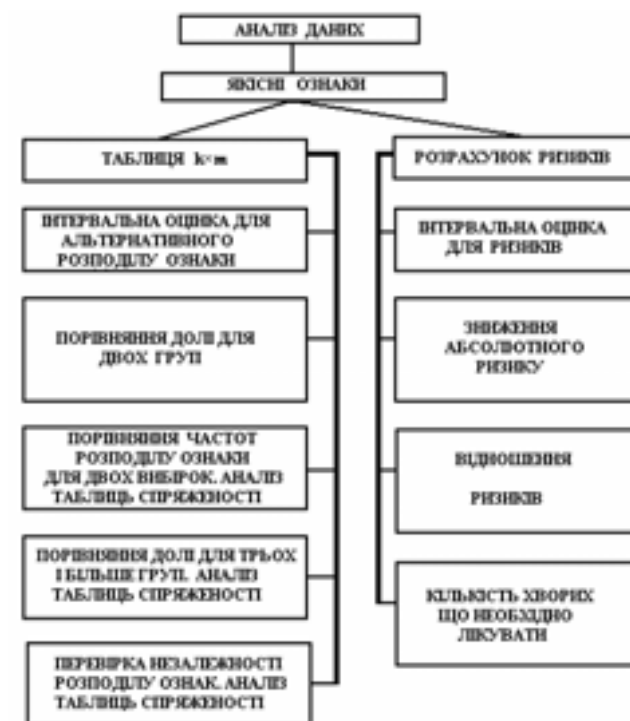


Рис. 3. Блок аналізу якісних даних статистичного пакету MedStat

частот [4]. Аналіз кількісних ознак включає перевірку закону розподілу на нормальність і застосування параметричних і непараметричних тестів. Блок аналізу якісних даних представлений на рис. 3.

Вибір процедури аналізу і критеріїв перевірки статистичних гіпотез, що використовуються в пакеті, відповідає міжнародним стандартам GCP та ICH і відповідає вимогам доказової медицини. Пакет MedStat утримує ряд дуже важливих і принципових для аналізу біомедичної інформації статистичних про-

цедур, які відсутні у багатьох відомих і доступних пакетах. Слід також вказати на авторську модифікацію процедури множинних порівнянь для якісних ознак (процедура МЛГ) [4,6], що дозволяє проводити множинні порівняння часток (долей) у випадку альтернативного розподілення ознак (таблиця 2 \times m) для вибірок свавільного об'єму (навіть у випадках, коли частки для кожної групи близькі до 0 або 1).

Структура пакету BioStatNeuro представлена на рисунку 4.



Рис. 4. Структура пакету аналізу даних BioStatNeuro

Пакет BioStatNeuro дозволяє користувачу проводити кластерний аналіз представлених даних шляхом побудови карт Кохонена, що організуються самостійно, створювати нейромеревеві моделі класифікації на основі байєсівського підходу, оптимізувати нейромеревеві моделі за кількома критеріями, робити відбір найбільш значущих змінних з використанням методів

генетичного відбору, отримувати статистику роботи моделі і результатів прогнозування.

Висновки. Розроблений програмно-апаратний комплекс може бути застосований у біомедичних дослідженнях при вивченні механізмів функціонування різних систем організму, в діагностиці і прогнозуванні станів людини, а також в клінічній практиці.

Література

1. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – Москва, 1975. – 407с.
2. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – Москва, Медицина, 1966. – 156с.
3. Кулаичев А.П. Компьютерный контроль процессов и анализ сигналов. – Москва, 1999. – 291 с.
4. Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г. Хоменко В.Н., Панченко О.А. Основы компьютерной биостатистики. Анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat. – Д.: Папакица Е.К., 2006. – 214с.
5. Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г. Анализ результатов медико-биологических исследований и клинических испытаний в специализированном статистическом пакете MEDSTAT //

6. Vestnik гигиены и эпидемиологии. – 2004. – Т. 8, №1. – С. 155-167.
6. Bland M. An introduction to medical statistics. New York. Oxford University Press. Third edition. 2003. – 405p.
7. Milliken G.W., Ferra G., Kraiter K.S., Ross C.L. Reach and Posture Hand Preferences During Arboreal Feeding in Sifakas (*Propithecus* sp.): A Test of the Postural Origins Theory of Behavioral Lateralization // J. Comp. Psychol. – 2005. – 119(4) – P.430.
8. Preuss R.A, Grenier S.G., McGill S.M. Postural control of the lumbar spine in unstable sitting. // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 2005. – 86(12). – P.15.

УДК: 519. 876.2: 611.018.4

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА ПІДТРИМКИ СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕКОНСТРУКЦІЇ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко
dmitro_v@ukr.net

Тернопільський державний медичний університет ім.І.Я. Горбачевського

Побудовано програмне середовище підтримки системних досліджень реконструкції кісткової тканини при допомозі уніфікованої мови моделювання UML. Програмне середовище має наступну ієрархію: діаграми класів, діаграми послідовностей, візуалізації понять. Запропонована в роботі інформаційно-керуюча система (ІКС) спрямована на вирішення проблем зберігання та повторного використання результатів проведених досліджень реконструкції кісткової тканини, а також отримання на їх основі нових результатів.

Ключові слова: програмне середовище, кісткова тканина, UML

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕКОНСТРУКЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ

В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко

Тернопольский государственный медицинский университет им.И.Я. Горбачевского

Разработано программную среду поддержки системных исследований реконструкции костной ткани при помощи унифицированного языка моделирования UML. Программная среда имеет следующую иерархию: диаграммы классов, диаграммы последовательностей, визуализация понятий. Предложенная в работе информационно-управляющая система (ИУС) направленная на решение проблем сохранения и повторного использования результатов проведенных исследований реконструкции костной ткани, а также получение на их основе новых результатов.

Ключевые слова: программная среда, костная ткань, UML

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE ENVIRONMENT SUPPORTING SYSTEM RESEARCH OF BONE TISSUE REMODELLING

V.P. Martsenyuk, D.V. Vakulenko

Medical Informatics Department I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University

There is constructed software environment supporting system research of bone tissue remodelling using unified modeling language (UML). Software environment is based on the following hierarchy: classes diagrammes, sequences diagrammes, concepts rendering. The information-operating system offered in the work (IOS) is intended to solve the problems of storage and reusing the results of bone tissue remodelling research fulfilled and getting new results.

Key words: software environment, bone tissue, UML

Вступ. Можна виділити наступні напрямки розвитку медичних інформаційних систем (МІС): технологічні МІС, банки інформації медичних служб, статистичні МІС та науково-дослідні системи. Стрімке збільшення кількості медичних даних ставить нові вимоги до обробки, зберігання, поновлення та застосування медичної інформації. Це актуально не тільки для медицини але й для екології, біології, соціології. Результати вирішення цих задач можна зустріти в друкованих джерелах, електронних медичних бібліотеках (Medline, Pubmed, UpToDate).

© В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко

Запропонована в роботі інформаційно-керуюча система (ІКС) спрямована на вирішення проблем зберігання та повторного використання результатів проведених досліджень реконструкції кісткової тканини, а також отримання на їх основі нових результатів [1].

В 80-х, 90-х роках почали з'являтися методи об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування. Мова UML (уніфікована мова моделювання) уніфікує методи Буча, Рамбо та Джекобсона. Мова UML стала стандартним способом зображення діаграм в об'єктно-орієнтованих проектах [2].

Основна частина.

Діаграми класів. Діаграма класів займає центральне місце в об'єктно-орієнтованому підході. Вона має за мету представити поняття та існуючі рішення процесів реконструкції кісткової тканини. У програмному середовищі моделювання процесів реконструкції кісткової введемо наступні класи, які представляють основні етапи розробки та модернізації процесів реконструкції кісткової тканини:

- Процеси реконструкції кісткової тканини
- Методи лікування патології кістки
- Моделі реконструкції кісткової тканини [6]
- Задачі перевірки стійкості та оптимізації [3, 7, 8, 9]
- Модернізація програмного середовища підтримки системних досліджень реконструкції кісткової тканини [1, 2].

Вигляд змісту діаграми класів представлено на рис. 1.

Діаграми послідовностей представляють собою моделі для опису поведінки взаємодіючих об'єктів. Розглянемо компоненти діаграми класів програмного середовища моделювання процесів реконструкції кісткової тканини.

В класі „Процеси реконструкції кісткової тканини” розглянуто наступну послідовність компонентів процесу реконструкції кісткової тканини: кістка, матрикс, клітинні елементи, яка включає, остеоцити, остеобласти, остеокласти. Вигляд змісту діаграми послідовностей „Процеси реконструкції кісткової тканини” представлено на рис. 2.

В класі „Методи лікування патології кістки” (рис. 3) розглянуто наступну діаграму послідовностей методів лікування патології кістки: визначення захворювання кісткової тканини, лікування порушення

МЩКТ, яке включає медикаментозну терапію та медикаментозну фізіотерапію. Кожна з двох останніх має свої послідовності. Послідовність – „Медикаментозна терапія” (рис. 4) включає наступні елементи: сповільнювачі втрати кісткової маси і МЩКТ, відновлювачі кісткової маси та МЩКТ та програмний модуль оптимального керування медикаментозною терапією, який включає: результати розрахунку оптимальної терапії (масаж та фториднатрію).

Діаграма послідовностей „Фізіотерапія” (рис. 5) включає методи, де поєднано медикаментозну та фізіотерапію: фізичні та фізико-хімічні методи, кінезітерапію, лікування преформованою енергією та оптимальне керування медикаментозною та фізіотерапією.

У класі „Моделі реконструкції кісткової тканини” [4, 5] (рис. 6) розглянуто наступну діаграму послідовностей, де описано існуючі методи моделювання процесу реконструкції кісткової тканини: моделі потоку рідини в кістці, на клітинному рівні, моделювання утворення судин, терапевтичні моделі патології кісткової тканини, моделі, які використовують метод кінцевих елементів, геометричну модель, калібровану модель керування, математичні моделі в стоматології, моделі окремих ділянок та видів кісткової тканини, моделі на основі рівнянь логістичного типу, складні математичні моделі кісткової тканини, математичні моделі взаємозв'язку, модель гомеостазу кальцію, модель метаболізму лужноземельних елементів, механічні моделі, статистичні моделі. В діаграмі послідовностей „Моделі реконструкції кісткової тканини на клітинному рівні” (рис. 7) представлено дві моделі: найпростіша модель реконструкції кісткової тканини та просторова модель.

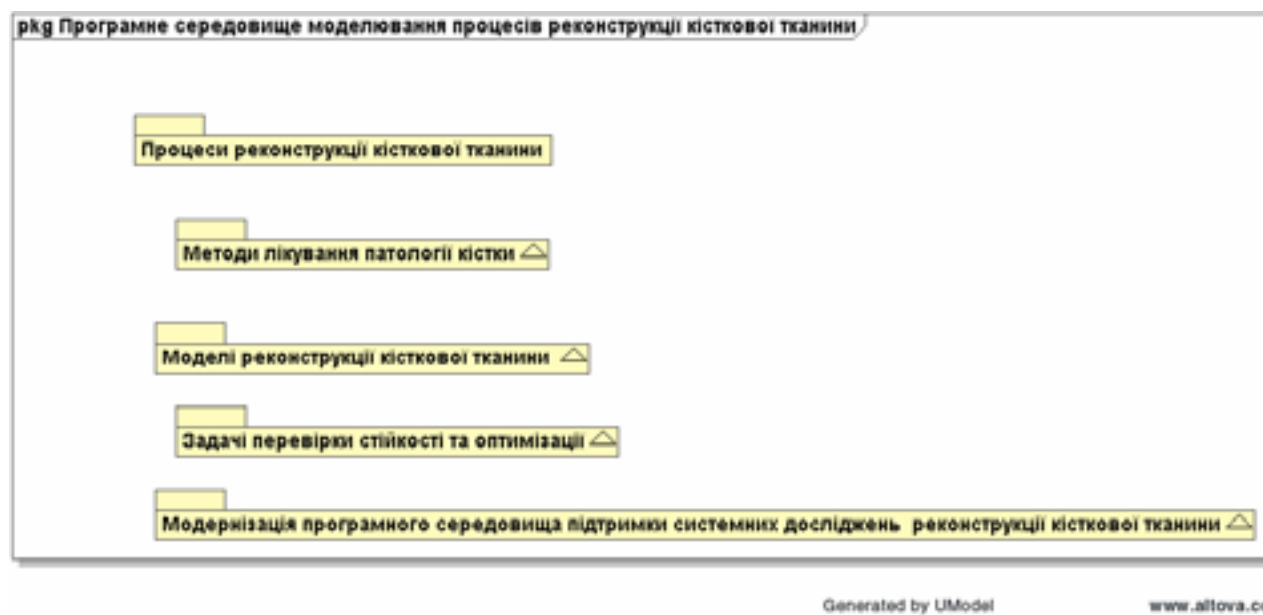


Рис. 1. Вигляд змісту діаграми класів.



Рис. 7. Вигляд змісту діаграми послідовності “Моделі реконструкції кісткової тканини на клітинному рівні”

Клас „Задачі перевірки стійкості та оптимізації” (рис. 8) має наступну діаграму послідовностей для моделі реконструкції кісткової тканини: задача пошуку стаціонарних станів та визначення стійкості та оптимальності; для оптимального керування медикаментозною терапією: критерій якості та результати розрахунків, для оптимального керування медикаментозною та фізіотерапією: критерій якості та результати розрахунків. Діаграма послідовностей “Задача пошуку стаціонарних станів” (рис. 9) містить діаграму послідовностей: стаціонарні стани, визначення стійкості, задача оптимального керування.

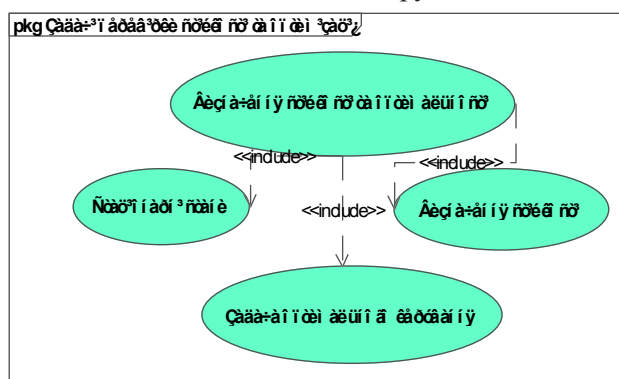


Рис. 9. Вигляд змісту діаграми послідовності “Задача пошуку стаціонарних станів”.

Висновки: Побудовано програмне середовище підтримки системних досліджень реконструкції кісткової тканини при допомозі уніфікованої мови моделювання UML. Програмне середовище має наступну ієрархію: діаграми класів, діаграми послідовностей, візуалізації понять. Запропонована в роботі

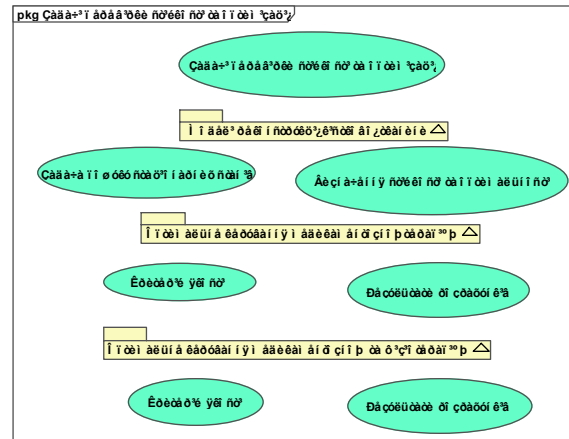


Рис. 8. Вигляд змісту діаграми послідовності „Задачі перевірки стійкості та оптимізації”

Клас “УМодернізація програмного середовища підтримки системних досліджень реконструкції кісткової тканини” (рис. 10) має наступну діаграму послідовностей: постановка задачі, побудова моделі, перевірка стійкості та оптимізації, впровадження та уточнення програмного середовища, доповнення існуючих або розробка нового блоку програмного середовища, діаграми класів, діаграми послідовностей, візуалізація понять.

Кожен з елементів діаграм послідовностей описується при допомозі “Візуалізація понять.”



Рис. 10. Вигляд змісту діаграми послідовності “Модернізація програмного середовища підтримки системних досліджень реконструкції кісткової тканини”.

інформаційно-керуюча система (ІКС) спрямована на вирішення проблем зберігання та повторного використання результатів проведених досліджень реконструкції кісткової тканини, а також отримання на їх основі нових результатів.

Література

1. Гома Х. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений - М.: "ДМК Пресс", 2002. - 704 с.
2. Грехем И. Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика - М.: "Вильямс", 2004. - 880 с.
3. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. Оптимальное управление режимами химиотерапии в задаче реконструкции костной ткани // Кибернетика и вычислительная техника. - 2007. - Вып. 154. - С. 92-106.
4. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. О модели взаимодействия клеточных элементов в процессе реконструкции костной ткани на основании нелинейных уравнений в частных производных // Проблемы управления и информатики. - 2007. - № 4. - С. 140 - 148.
5. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. О модели взаимодействия клеточных элементов в процессе реконструкции костной ткани // Проблемы управления и информатики. - 2007. - № 2. - С. 46-58
6. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. Обзор математических та інформаційних моделей в задачах реконструкції кісткової тканини. // Медична інформатика та інженерія. - 2008. - № 1. - С. 40-46.
7. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. Про якісний аналіз та стаціонарні розв'язки найпростішої моделі реконструкції кісткової тканини // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конф. „Медична інформатика 2005”. - Тернопіль. - 2005. - С. 25 - 27.
8. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. Про вплив невизначеності в моделях реконструкції кісткової тканини // International conference "Problems of decision making under uncertainties" (PDMU-2005). - Berdyansk, Ukraine. - 2005. - С. 189 - 190.
9. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. Про якісний аналіз та стаціонарні розв'язки найпростішої моделі реконструкції кісткової тканини // Матеріали 1-ї Між нар. Науково-практичної конф. „Науково-технічний прогрес і оптимізація технологічних процесів створення лікарських препаратів”. - Тернопіль. - 2006. - С. 25 - 27.

УДК 681.3.06:61

КОМП'ЮТЕРНІ ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ПЕРВИННИХ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

И.А. Алпатова*, В.В. Багаття**

*18-а міська лікарня, Дніпропетровськ

**Інститут технічної механіки НАН України і НКА України, Дніпропетровськ, Україна

Описуються розроблені інформаційні технології автоматизації реєстрації первинних медичних даних у госпітальних інформаційних системах.

Ключові слова: госпітальна інформаційна система, інформаційне поле лікаря, медичні дані, інтерфейс користувача.

COMPUTER-BASED INFORMATION MODEL FOR PRIMARY MEDICAL DATA CAPTURE

I.A. Alpatova, V.V. Kostra

*18-а міська лікарня, Дніпропетровськ

**Інститут технічної механіки НАН України і НКА України, Дніпропетровськ, Україна

This paper deals with problems on creation information technology automation data capture. It works at hospital information system for computerized primary medical data capture.

Key words: hospital information system, information field physician, medical data, user interface.

Вступ. Напрямок “Нові комп'ютерні засоби і технології інформатизації суспільства” в Україні є одним із пріоритетних у розвитку науки і техніки. Підвищення якості й ефективності лікувально-діагностичного процесу в закладах охорони здоров'я неможливо без наявності адекватного інформаційного забезпечення. Автоматизовані шпитальні комп'ютерні системи проектуються для збору і керування великою кількістю клінічних даних. На сьогодні шпитальна інформаційна система вимагає для ефективної роботи повного, точного і своєчасного введення даних.

Інформаційний процес збору в програмних системах найчастіше реалізується через “ручне” введення даних. Для цього в програмну систему закладається інформаційна модель діалогових процедур людино-машинної взаємодії. Проблемним аспектом сучасного етапу інформатизації є те, що наявність комп'ютерних програм не скасовує ведення в паперовому вигляді історій хвороби й амбулаторних карт. Теперішні інформаційні моделі структурування/формалізації для медичних даних адекватні рівневі інформаційних технологій, але це не означає, що вони будуть адекватно сприйняті користувачем-лікарем (наприклад, процедура кодування діагнозів за класифікатором МКБ10, коли може “втратитися” розгорнутий клінічний діагноз) і відображати нюанси

© И.А. Алпатова*, В.В. Багаття**

медичних інформаційних процесів. У цьому випадку головною технічною вимогою є адекватна інтегрованість в операційне середовище лікаря [1]. Комп'ютер повинен допомогти користувачеві-лікареві методично в створенні грамотного протоколу спостереження/дослідження/операції (забезпечуючи повноту даних, з огляду на можливі обчислювальні операції, контролюючи точність введення даних) і спростувати його рутинну роботу ведення паперових/електронних записів. Такі комп'ютерні алгоритми повинні “вести” користувача-лікаря, виробляючи в нього визначений стереотип і дисциплінуючи його [2].

Традиційно, створення програмного забезпечення для медичних систем вимагає використання (або розробки) визначеної моделі представлення даних про предметну область [3-5]. Існують медичні записи, що легко піддаються параметризації, і такі які можуть існувати у вигляді вільного тексту. Представлення даних у текстовому виді більш звично сприймається лікарями-користувачами. Тому в комп'ютерні інформаційні моделі повинні бути закладені набори правил і алгоритмів відображення і представлення такої інформації. Тобто, такий набір правил і алгоритмів представить у комп'ютері інформаційне поле лікаря, що користувач буде використовувати при реєстрації медичних даних.

Методи. При дослідженні інформаційних моделей використовувалися ідеї і принципи системного моделювання і створення сучасних програмних систем (методи інформаційного моделювання, методи теорії множин і теорії реляційних баз даних, методи теорії інформації і кодування). Для опису методів діалогової взаємодії використовувалися методи побудови діалогових систем, методи опису мов взаємодії. При розробці алгоритму кодування використовувалися методи природньо-мовної обробки текстових даних, технології регулярних виразів. Застосовувалися моделі збереження первинних даних у комп'ютерній медичній карті і формалізованих класифікаторах описані в монографії [5]. Аналіз способів комп'ютерної реєстрації даних наводиться в роботі [6].

Етапи створення моделей: 1) в інформаційних моделях необхідно було відбити інформаційне поле лікаря за допомогою розроблених структур представлення даних; 2) закласти в моделі алгоритми, що забезпечать інтерактивну взаємодію користувача з комп'ютерною програмою.

Результати. При розробці запропонованих моделей були реалізовані функціональні розширення, у яких враховувалися закономірності, що спостерігаються в предметній області. За результатами досліджень були розроблені спеціалізовані модулі: лексичний процесор [7], оброблювач алгоритмів [8], конструктор шаблонів предметної області [9], модуль природньо-мовної обробки [10]. Розроблені моделі використовувалися для формування протоколів ведення пацієнтів, шаблонів обстежень і лікування. Для цього залучалися медичні фахівці і забезпечувалася адаптація під умови лікувальної установи. Розроблені програмні засоби проходили дослідно-промислову експлуатацію в Обласному клінічному діагностичному центрі м. Дніпропетровська (з 2000 р., 25 робочих місць у відділеннях поліклініки і стаціонару, зібрано більш 200 тис. записів), Українському державному інституті медико-соціальних проблем інвалідності (з 1999 р. у відділенні функціональної діагностики, 10 робочих місць, зібрано більш 70 тис. записів) і Обласній клінічній лікарні ім. Мечникова (з 2007 р. у консультативній поліклініці, 5 робочих місць, зібрано більш 10 тис. записів).

На сьогодні використовується понад 50 наборів лексичних довідників для введення результатів консультацій, параклініки, щоденників, епікризів. При проектуванні і використанні модулів для реєстрації медичних даних забезпечена відповідність принципам побудови відкритих програмних систем, що дозволяє розширювати набори і склад лексичних довідників, алгоритмів обробки і кодифікаторів.

Обговорення. За результатами практичного використання можна сказати, що лікарі-користувачі, різних медичних спеціалізацій, адекватно сприйняли розроблені інформаційні моделі діалогових процедур і включили їх у схему своєї роботи. Нетривіальність подібних рішень пояснюється відсутністю стандартів представлення комп'ютерних медичних довідників і протоколів.

Забезпечення колективної роботи користувачів з комп'ютерною медичною картою (або історією хвороби) пацієнта в госпітальній інформаційній системі вимагає наявності підсистеми реєстрації і роботи з медичними записами, що відповідає загальним і спеціальним умовам програмного комплексу, а саме:

- забезпечує формалізоване введення даних за допомогою шаблонів (стандартних протоколів),
- надає природньо-мовний інтерфейс на основі лексичних довідників. Використання розроблених лексичних довідників – пропонується як варіант складання абсолютно будь-яких видів записів, у протилежність використанню в медичних системах структурованих шаблонних форм;
- забезпечує уніфікацію організації роботи користувачів з медичними записами.

Лексичні довідники є відкритою системою тому що їхній склад може змінюватися за рахунок поповнення новою лексикою. І це говорить про те, що інформаційне поле кожного користувача, за обсягом даних може бути різним. Дана теза підтверджується прикладами отриманими на практиці.

Проведений аналіз ефективності показує задовільність запитів користувача при використанні в програмному забезпеченні лікаря розроблених інструментальних засобів, що дозволяють знизити операційну складність дій і/або збільшити зручності для користувача за рахунок:

- можливості використання різних сценаріїв діалогу при реєстрації первинних даних (різні набори шаблонів і лексики);
- підтримці використання професійної медичної лексики для інтерактивного складання текстових описів;
- автоматизації одержання похідної інформації (розрахунок показників, підсумок висновків, витяг факторів ризику, кодування).

Узагальнюючи отримані результати можна сказати, що подальший розвиток отримав метод побудови інформаційних моделей представлення медичних даних за рахунок розробки алгоритмів структурування інформаційного поля лікаря, обліку додаткової медичної інформації й обробки даних, що дозволяють при людино-машинній взаємодії спростити реєстрацію первинних медичних даних у госпітальних системах.

Висновок. Використання інформаційних моделей діалогової взаємодії й обробки даних на основі розроблених інструментальних засобів забезпечує можливість налаштування і використання єдиної оболонки для реєстрації даних різними лікарями-фахівцями. Ефект від використання в розробленій комп'ютерній

системі нових механізмів і прийомів у змісті діалогових процедур (лексичні довідники, обчислювальні операції, природньо-мовна обробка) зв'язаний з доступною до медичних потреб структурою і позитивністю користувальницького інтерфейсу.

Література

1. C. Peter Waegemann, Claudia Tessier Healthcare Documentation: a report on information capture and report generation. - Medical Records Institute, Newton, MA, June 2002- www.medrecinst.com
2. Коваленко А.С. Початкові етапи проектування поліклінічних медичних інформаційних систем // Кібернетика і обчис. техніка. 1993. Вип. 98., 2003, - С.23-25
3. Шевелев А.Н., Кутейба Моҳд Фархадаль Шияб Формалізація медичного документа // Інформаційні технології і кібернетика на службі охорони здоров'я: Збірник доповідей III-й міжн. науково-практ. конф. – Дніпропетровськ: ІПК Інкомцентру УГХТУ, 2005.- С.67-71.
4. Шифрин М.А. Стандартизація як формалізація // Збірник тез IV спеціаліз. виставки і конф. "Інформаційні технології в медицині – 2003", Москва, 2003, - С.148-150.
5. Алпатов А.П., Прокопчук Ю.А., Багаття В.В. Госпітальні інформаційні системи: архітектура, моделі, рішення. – Дніпропетровськ: ІПК Інкомцентра УГХТУ, 2005. – 257 с.
6. Прокопчук Ю.А., Багаття В.В. Аналіз способів введення даних в АРМ лікаря // Автоматизоване робоче місце лікаря: Збірник доповідей міжнародної науково-практичної конференції, 15 жовтня 2002 р., Дніпропетровськ: УГХТУ, 2002, С.119-124
7. Багаття В.В. Лексичний процесор - діалоговий модуль для роботи користувача з медичною обмеженою професійною мовою // Вісник ХДТУ. – 2004. – № 1(19). – С. 202–205.
8. Багаття В.В. Модель формалізації і представлення даних у медико-технологічній підсистемі // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 5 (16). - Дніпропетровськ, 2001. - С.86-92.
9. Прокопчук Ю.А., Багаття В.В. Інтелектуальна обробка даних у відкритих інформаційних системах // Проблеми програмування. № 1-2. 2002. - С.390-395.
10. Алпатов А.П., Багаття В.В. Автоматизація виділення кодованих висновків з текстових діагностичних записів // Український журнал медичної техніки та технології. - 2007.- №1.- С.27-31.

УДК: 61-07-082:681.31.002.6

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ
МОНІТОРИНГУ ФАКТОРІВ РИЗИКУ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ****Є.В. Горшков***Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика*

В статті розглянуто сучасний стан справ щодо врахування факторів ризику серцево судинних захворювань. Розглядаються перспективи використання інформаційних технологій при обчисленні ризиків.

Ключові слова: медичні інформаційні системи, телемедицина, динаміка факторів ризику.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА ФАКТОРОВ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ****Е.В. Горшков***Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л.Шупика*

В статье рассмотрено современное состояние дел относительно учета факторов риска сердечно сосудистых заболеваний. Рассматриваются перспективы использования информационных технологий при вычислении рисков.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, телемедицина, динамика факторов риска.

**PROSPECTS OF THE USE OF TECHNOLOGIES OF INFORMATIONS FOR
MONITORING OF CORDIALLY VASCULAR DISEASES RISK FACTORS****Ye. V. Gorshkov***National Medical Academy of Postgraduate Education named after P.L. Shupyk*

The article covers implementing of the modern state of businesses of the of cordially vascular diseases risk factors account. The prospects of the use of technologies of information are examined at the calculation of risks.

Key words: Medical information system, telemedicine, risk dynamics estimation

Вступ. Високий рівень поширеності хвороб системи кровообігу, перш за все ішемічної хвороби серця (ІХС) і гіпертонічної хвороби, зумовлюють постійну актуальність питання оцінки факторів ризику з метою отримання та узагальнення інформації щодо можливого впливу на них [1].

Сьогодні у світі зростає ступінь впровадження інформаційно-комунікаційних технологій значними темпами. Подальший розвиток медицини й охорони здоров'я без використання сучасних комп'ютерних і телекомунікаційних систем може бути суттєво ускладнений. Більше того, у зв'язку з розвитком глобальних інформаційних мереж і можливістю одержувати практично будь-яку інформацію фахівці з вузьких напрямків знань не потребують «прив'язки» до потужних університетських центрів [2]. Завдяки розвитку комп'ютерної техніки і

телекомунікаційних технологій виникла *телемедицина*. Всесвітня організація охорони здоров'я визначає поняття телемедицини як «надання медичних послуг, в яких критичним фактором є відстань між консультантом та місцем надання самої допомоги за умови використання спеціалістом засобів інформаційних та комунікаційних технологій задля обміну критичною інформацією щодо відповідного діагнозу, лікування та попередження захворювання й травм». Однією з важливих якостей телемедицини є можливість наближення висококваліфікованої медичної допомоги у важкодоступні райони [2]. Сучасні інформаційні технології надають практично необмежені можливості щодо розміщення, збереження, обробки і доставки інформації та будь-якого обсягу і змісту на будь-які відстані. Найбільш поширеною

© Є.В. Горшков

формою телемедичного обслуговування є телеконсультування і телемоніторинг [3].

Телемоніторинг може бути застосовано для людей, що мають високий ризик виникнення ССЗ, зокрема інфаркту міокарда. Ця методика є корисною для хворих впродовж їх реабілітаційного періоду з метою визначення ефективності застосованих методів реабілітації. В рамках телемоніторингу, ефективно використання біометричних досліджень, наприклад, дистанційного аналізу крові. Найбільш поширеним різновидом телемоніторингу можна вважати моніторинг ЕКГ з метою визначення аритмічних станів. Можливе безперервно здійснення моніторингу за бажанням пацієнта протягом значного проміжку часу, який визначається самим хворим. Воно може відбуватися протягом десятків років [3].

Основна частина. Взагалі, проблемам факторів ризику серцево-судинних захворювань в світі приділяють досить велику увагу, але на даний час не ведуться жодні дослідження стосовно впливу на здоров'я зміни ризиків. Під зміною ризиків будемо розуміти кількісну та/або якісну зміну характеристики дії фактору ризику. Наприклад, зменшення чи збільшення інтенсивності паління цигарок, відмова від паління тощо. Таким чином, будь-яку зміну сталих ризиків будемо вважати також ризиком.

Вважаємо, що *зміну факторів ризику* слід розглядати як *окремий, новий фактор ризику*.

Не дивлячись на численні керівництва та свідчення ефективності втручань направлених на запобігання серцево-судинних захворювань (ССЗ), аналіз, рекомендації та вирахування ризиків відсутні у більшості людей з наявними чинниками ризику ССЗ [6]. Одна з причин цього - те, що більшість клініцистів точно не оцінюють ризики ССЗ пацієнта [7]. Це може привести до зниження ефективності лікування і, в деяких випадках, завдати шкоди. Формальна оцінка ризику виникнення кардіоваскулярної події (фатальної або не фатальної) розглядається як об'єктивізація причин для зміни інтенсивності втручання у пацієнтів з артеріальною гіпертензією (АГ). Деякі дослідники відстоюють точку зору необхідності розрахунку глобального ризику ССЗ з метою допомоги клініцистам в ухваленні рішення [8]. Головними перевагами при використанні оцінки глобального ризику ССЗ є поліпшення прогнозу результатів ССЗ і поліпшення розуміння лікаря фактичного ризику для пацієнта. Вони можуть, у свою чергу, привести до попередньої ідентифікації пацієнтів з наявністю підвищеного ризику ССЗ, для детальнішого обстеження і лікування, з метою поліпшення проміжних і довгострокових результатів для пацієнтів [9].

Інформація про глобальні ризики ССЗ, повідомлена пацієнтам може також поліпшити розуміння їх ризику і пояснити запропоновані методи для зниження ризику [10]. Не дивлячись на чіткі рекомендації по використанню оцінок ризику ІХС, відносно небагато відомо про те, чи приводить використання таких оцінок фактично до поліпшення клінічних результатів [10]. Зокрема небагато відомо про те, як знання розрахункового 10-річного ризику ІХС пацієнта співвідносяться з діями лікарів, і чи приводять ці дії до поліпшення результатів лікування виконуючи рекомендації що зменшують ризик, методам лікування ІХС.

Для розрахунку і оцінки кардіоваскулярних ризиків використовуються різні методи, проте вони значно відрізняються [11, 12, 14]. У рекомендаціях Європейського суспільства по вивченню гіпертензії (European Society of Hypertension — European Society of Cardiology) и ВОЗ глобальний ризик ССЗ розглядається як результат впливу додаткових чинників ризику, враження органів-мішеней і наявності асоційованих клінічних станів. Такий підхід ґрунтується перш за все на результатах Framingham Heart Study [12]. В цілому, будь-який пацієнт з АГ може бути стратифікований в одну з груп низького (<10%), середнього (15-20%), високого (20-30%) і дуже високого ризику (>30%) виникненню ССЗ на протязі 10-річного періоду залежно від рівня АТ і/або наявності додаткових чинників ризику. При цьому наявність клінічно значущих додаткових чинників ризику, враження органів-мішеней і асоційованих клінічних станів може стати достатньою підставою для стратифікації пацієнта в групу високого або дуже високого ризику навіть при рівні АТ менше 140/90 мм рт. ст. [12]. Результати численних досліджень свідчать, що у пацієнтів з АГ за наявності більшої кількості додаткових чинників ризику відзначають важчий прогноз, ніж у хворих без таких. Так, в умовах 14-річного спостереження було встановлено, що один додатковий чинник ризику у пацієнтів у віці старше 55 років приводить до підвищення частоти настання смертельного результату в 3 рази, а два і більше чинників ризику — в 4,5 рази. Для хворих молодого віку з АГ (<55 років) цей взаємозв'язок ще гірший. Один чинник ризику сприяє підвищенню вірогідності смертельного результату в 5 разів, а три додаткові чинники ризику — в 15 разів. За даними дослідження MRFIT [13] абсолютний ризик смерті з поправкою на вік, стать, кількість вичурених сигарет, рівень загального ХС в плазмі крові і рівень АТ більш ніж в 3 рази вище у пацієнтів з наявністю цукрового діабету, ніж без нього.

Вивчення цієї проблематики можливо також шляхом формалізації методики обстеження і лікування хворих на ішемічну хворобу серця, створення уніфікованої історії хвороби з обґрунтуванням алгоритмів інтерпретації

інформації та системою комплексного врахування факторів ризику для моніторингу стану пацієнта.

Зауважимо, що для відображення динаміки факторів ризику (чи показників стану хворого) вкрай необхідні інформаційні системи реєстрації стандартизованих медичних даних. Суттєву допомогу фахівцю в цьому напрямку мають надати медичні електронні системи (МІС) [4]. Накопичений досвід, щодо використання МІС для аналізу динаміки статусу пацієнтів для пошуку, фіксації та кількісної оцінки факторів ризику розвитку захворювання [2,4,5]. Досить практичним виявилось, зокрема, вирішення питання об'єктивізації способів прогнозування ефективності діагностики і лікування з використанням прогностичних факторів, що корелюють з тією чи іншою подією в майбутньому (тривалістю періоду ремісії, безпосереднім ефектом терапії тощо).

В останні часи з'явилися публікації, щодо використання функціонально незалежного медичного електронного паспорту пацієнта (МЕП), в який буде надходити та зберігатися інформація з усіх лікувально-профілактичних закладів (в тому числі в дистанційному форматі) про стан здоров'я пацієнта з моменту його народження та протягом всього життя [5].

Висновки. Вивчення факторів ризику в рамках медичного електронного паспорту надає великі переваги. Саме він дозволяє забезпечити моніторинг та аналіз змін факторів ризику. Тому вся отримана інформація, в т.ч. стосовно динаміки факторів ризику, має вноситися до медичного електронного паспорту. Завдяки запропонованим технологіям стає можливим отримувати принципіально нову інформацію щодо стану здоров'я людини.

На підставі аналізу даних літератури можна зробити висновок, що володіння методами оцінки ризику ІХС та їх використання фахівцями може привести до деякого короткострокового впливу чинників ризику ІХС. В той же час, для забезпечення процесу лікування збільшується кількість серцево-судинних препаратів.

В той же час, наш аналіз свідчить про можливість довгострокового покращення стану пацієнтів з ІХС. Однак, вкрай важливо дослідити ймовірність ненавмисної шкоди непоінформованості пацієнтів та лікарів щодо наявної множини ризиків та впливу на прогноз для здоров'я хворого зміни чинників ризику.

Література

1. Гайдаєв Ю.О. Розробка і впровадження Державної програми профілактики та лікування серцево-судинної і судинно-мозкової патології // Український кардіологічний журнал. – 2007. – №4. – С. 18-22.
2. Вороненко Ю.В., Мінцер О.П. Реформування системи медичної освіти в світлі концепції «суспільство знань» // Український медичний часопис. – 2006. – №1 (51). – С. 6-13.
3. Miyashita T., Takizawa M., Nakai K. et al. Telemedicine of the heart: real-time telescreening of echocardiography using satellite telecommunication // *Circulation Journal*, 2003, 67(6): 562–564.
4. Майоров О. Ю., Белов Л. Б., Неженский С. А. Информационные системы здравоохранения (госпитальные информационные системы) — дань моде или необходимость // *Клин. информатика и телемедицина*. — 2004. — №1. — С. 1-13.
6. Минцер О.П. Информационная основа медицины третьего тысячелетия - медицинский электронный паспорт // *Медичний вєсєвїт*. — 2002. — Том 2, - №1-2. - С. 150 - 160.
7. Hajjar I., Kotchen T.A. Trends in prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in the United States, 1988–2000. // *JAMA* 2003, 290(2):199-206.
8. Pignone M., Phillips C.J., Elasy T.A., Fernandez A: Physicians' ability to predict the risk of coronary heart disease. // *BMC Health Serv. Res.* 2003, 3(1):13.
9. Davidson M.H. Strategies to improve Adult Treatment Panel III guideline adherence and patient compliance. // *Am. J. Cardiol.* 2002, 89(5A):8C-20C. Discussion 20C-22C.
10. Pignone M., Mulrow C.D. Evidence based management of hypertension: Using cardiovascular risk profiles to individualise hypertensive treatment. // *BMJ* 2001, 322(7295):1164-1166.
11. Chobanian A.V. et al., The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure // *JAMA*. 2003; 290(2):197.
12. Vasan RS, Sullivan LM, Roubenoff R, Dinarello CA, Harris T, Benjamin EJ, Sawyer DB, Levy D, Wilson PW, D'Agostino RB; Framingham Heart Study. Inflammatory markers and risk of heart failure in elderly subjects without prior myocardial infarction: the Framingham Heart Study. // *Circulation*. 2003; 107:1486–1491.
13. Multiple Risk Factor Intervention Trial. // *JAMA* 1986, 256(29):120-156.
14. Stacey L Sheridan and Eric Crespo. // *BMC Health Services Research* 2008, 8:60.
14. Jacobson TA, Gutkin SW, Harper CR: Effects of a global risk educational tool on primary coronary prevention: the Atherosclerosis Assessment Via Total Risk (AVIATOR) study. // *Curr. Med. Res. Opin.* 2006, 22(6):1065-1073.
15. van Steenkiste B, van der Weijden T, Stoffers HE, Kester AD, Timmermans DR, Grol R: Improving cardiovascular risk management: a randomized, controlled trial on the effect of a decision support tool for patients and physicians. // *Eur. J Cardio-vasc. Prev. Rehabil.* 2007, 14(1):44-50.

УДК 615.48:112.73

ТЕЛЕПЕДІАТРІЯ В ПРАКТИЦІ РОСІЙСЬКОГО КОНСУЛЬТУВАННЯ І РОЛЬ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІЙ

Б.А. Кобринський

*Федеральна державна установа «Московський НДІ педіатрії і дитячої хірургії»
Федерального агентства з високотехнологічної медичної допомоги*

TELEPAEDIATRICS IN PRACTICE OF THE RUSSIAN CONSULTATIONS AND ROLE VIDEOCONFERENCING

B.A. Kobrinskiy

Moscow Research Institute for Paediatrics and Children's Surgery, Russia

Вступ. В умовах Росії з її величезною площею, низькою щільністю населення (на Крайній Півночі, у Сибіру і на Далекому Сході) і неможливістю організації спеціалізованої медичної допомоги в кожному населеному пункті, телемедицина є реальною альтернативою, що компенсує недолік знань з різних спеціальностей (неврологія, офтальмологія і т.п.) у лікаря загальної практики. Особливе значення це має при невідкладних станах у хворих і при наданні допомоги потерпілим у надзвичайних ситуаціях.

В даний час телемедичні консультації в медицині і, зокрема, у педіатрії, стають у Росії невід'ємним елементом практичної охорони здоров'я [1, 2]. Сформувався і формуються територіальні телемедичні мережі в Архангельській, Воронежській, Нижегородській, Пензенській, Самарській областях, Алтайському краї й інших регіонах, що є вкрай важливим аспектом наближення кваліфікованої допомоги для хворих, що проживають у районних центрах і сільській місцевості. Щорічно проводяться вже багато тисяч телеконсультацій, поштовою до чого послужила реалізація проекту «Москва – регіони Росії» [3]. У той же час, консультації в режимі відеоконференцій займають відносно незначне місце. Частково це обумовлено існуванням точки зору про непотрібність або надмірність інтерактивного діалогу лікуючого лікаря і консультанта, про достатність обміну інформацією з електронної пошти у формі відстроченої заочної телеконсультації. Прихильники проведення консультацій у режимі off-line упевнені, що лікуючим лікарям цілком достатньо одержати висновок консультанта. Однак така думка представляється помилковою.

При визначених ситуаціях (контакт психолога з пацієнтом, поводження хворого, хода, виконання окремих рухів) відсутня адекватна заміна відеоконферен-

ціям, у процесі яких консультуючий лікар особисто спостерігає хворого, а поставлені лікуючим лікарем питання піддаються обговоренню, в окремих випадках має місце і безпосередній контакт із хворим або його батьками (звичайно у відношенні дітей молодшого і середнього віку).

10-літній досвід телепедіатрії

Центр телемедицини в Московському науково-дослідному інституті педіатрії і дитячої хірургії був створений у 1998 році одним з перших у Росії. Він здійснює консультації і теленавчання з використанням як цифрових ISDN ліній зв'язку (Е канал), так і оптоволоконного IP-з'єднання (2 Мбит/с), а також прийом на супутникову антену, орієнтовану на роботу в мережі «HeliosNet».

Протягом 10 років його роботи сотні консультацій були виконані в різних областях педіатрії і дитячої хірургії [4]. За цей час можна відзначити ріст числа звернень із приводу більш складних випадків, що вказує на більш ретельний добір хворих, що перебувають у консультаціях у спеціалізованих клінічних установах. Деякою мірою це визначається і причинами фінансового характеру, економії по оплаті комунікаційних каналів.

Відстрочені заочні консультації по електронній пошті становлять більшість випадків, у той час як відеоконференції при використанні різних каналів зв'язку (ISDN і IP) склали приблизно 25% із усіх консультацій протягом декількох останніх років. Конференції за допомогою цифрових ліній ISDN, що забезпечують гарантовану смугу пропускання, до останнього часу найбільше широко застосовувалися в Росії на міжрегіональному рівні (приблизно в 70% випадків). Однак, з розвитком IP-мереж, зростає їхнє використання для медичних відеоконференцій, у першу чергу при побудові внутрітериторіальної телекомунікаційної інфраструктури.

© Б.А. Кобринський

Телемедичні консультації Московським НДІ педіатрії і дитячої хірургії проводяться для більш ніж 40 міст Росії (від Калінінграда до Сахаліну). Поряд з лікарнями регіонального рівня, за телеконсультаціями звертаються і медичні установи інших, більш низьких, рівнів. У той же час, інтенсивність консультування пацієнтів з різних територій має значні розходження. У 2007 р. 41% консультованих склали діти з регіонів Сибіру і Далекого Сходу. Серед консультацій для лікарень європейської частини Росії, найбільше число приходиться на розташовані на півночі, частково в заполяр'ї, Республіці Комі. Таке положення являє собою стійку тенденцію, що пояснюється потребою в консультаціях високо компетентних фахівців у педіатрії і дитячій хірургії при високій вартості очного звернення в столичні клініки через географічну віддаленість від ведучих клінічних установ. Серед інших країн (Вірменія, Азербайджан, Беларусь, Грузія, Казахстан, Латвія, Естонія й ін.), у 2007 році 4 звернення за консультаціями були з України.

Центр телемедицини Інституту в стані забезпечувати екстрені телеконсультації – у межах 10-15 хвилин з моменту звернення. Частка таких консультацій у загальній кількості складала 10% у 2007 р., а максимум, рівний 13%, був відзначений у 2004 році.

Ріст числа складних випадків спричиняє збільшення кількості телеконсиліумів, коли кілька фахівців залучені в консультацію, спільно обговорюючи діагноз і лікування хворого. Це як диференціально важкі діагнози, так і випадки поєднаної патології. В останні роки частка консиліумів за участю від 2-х до 4-х лікарів-консультантів різних спеціальностей складає від 11 до 20% серед усіх телеконсультацій.

Звернемося до структури консультованих педіатричною клінікою пацієнтів. Традиційно, однією з найбільш потребованих областей консультації в педіатрії є, за нашими даними, неврологія, що пояснюється нестачею дитячих неврологів у віддалених областях Росії і труднощами діагностики різних форм епілепсії у дітей. І хоча в останні роки відзначається деяка тенденція до зниження її питомої ваги серед інших консультацій, але потреба в дистанційній неврологічній допомозі й у 2007 р. складала 22.9%. Далі впливають: кардіологія, включаючи аритмологію (17.1%), нефрологія (15.7%), спадкові хвороби (12.9%). Як коментар до приведеної послідовності потрібно відзначити, що внесок звернень із приводу консультацій в області медичної генетики міг би бути значно більшим у випадку більш широкого доступу регіональних медико-генетичних консультацій до телемедичних технологій. Консультації з приводу хірургіч-

них захворювань складають понад 20% від загального числа телеконсультацій.

Ми прагнемо до того, щоб більшість лікарів одержали під час телеконсультацій вичерпні відповіді на свої питання. Результатом цього є те, що не більш 22–37% хворих дітей з різною патологією госпіталізуються в клініки Інституту (у 2007 р. – 29%). У значній частині виклик хворих у Москву за результатами телеконсультації пояснюється необхідністю надання високотехнологічних видів медичної допомоги або проведення спеціальних обстежень, які не можна зробити за місцем проживання пацієнтів. В інших випадках хворі продовжували лікування, відповідно до рекомендацій (у тому числі в 10–12% випадків повторними), за місцем проживання. Таким чином, більш 60% дітей продовжують лікування за місцем проживання. І число це буде зменшуватися в міру оснащення регіональних установ сучасним медичним устаткуванням, що має місце в даний час.

Спеціалізація в телеконсультуванні

Ряд областей телемедицини мають свою специфіку, зокрема, це стосується теледерматології, де особливе значення має якість передачі кольору. У зв'язку з цим, для кольорокорекції зображень шкіри була розроблена комп'ютерна програма TransImage, застосування якої, по оцінці користувачів даної програми, вітчизняних і закордонних дерматологів, дозволяє збільшити вірогідність телемедичної діагностики дерматозів з 56% до 81% [5, 6].

Екстрена телемедицина в надзвичайних ситуаціях

Телемедичні технології продемонстрували свою доцільність і ефективність у підтримці медичних педіатричних бригад, що надавали допомогу постраждалим дітям у надзвичайних ситуаціях [7, 8]. Нами була організована телемедична підтримка польового педіатричного госпіталю в Чеченській республіці з використанням супутникового каналу зв'язку. Були застосовані DVB/RCS канали зв'язку не тільки асиметричні по швидкості передачі інформації, але і з різним принципом організації використання частотного ресурсу. У напрямку з телемедцентру Московського НДІ педіатрії і дитячої хірургії в польовий телемедичний пункт госпіталю використовувався високошвидкісний груповий симплексний DVB-канал з великою кількістю абонентів, а в зворотному напрямку – виділений симплексний супутниковий канал, що гарантує прийнятну для розв'язуваної задачі швидкість передачі даних. Реалізація описаної схеми забезпечила можливість консультацій у режимі реального часу (відеоконференції) за допомогою асиметричного дуплексного IP-з'єднання. Функц-

іонування даної системи телемедичної підтримки протягом 9 міс. дозволило в 46,2% випадків проводити оперативні втручання і лікувальні заходи в польовому шпиталі у відношенні тих пацієнтів, що у звичайній ситуації переводилися в стаціонарні установи за межами проведення контртерористичної операції. Одночасно, при використанні телемедичних технологій, вирішувалися питання екстреного вибору медичних установ для надання високо спеціалізованої допомоги. Світовий досвід застосування систем «телемедицини катастроф» у різних умовах в останні 10 років [9, 10] дозволяє говорити про сформовану систему дистанційної медичної підтримки в надзвичайних ситуаціях.

Роль відеоконсультацій

Телемедичні технології з використанням відеоконференцій, що забезпечують інтерактивний аудіо-візуальний контакт лікаря і консультанта, стали основою для переходу на якісно нову ступінь у дистанційному консультуванні хворих. Детальний спільний дистанційний аналіз вихідної візуальної інформації (а не висновків за результатами досліджень) дозволяє максимально використовувати досвід «вузьких» фахівців. Принципово важливим аспектом відеоконсультації є не просте одержання відповіді у відношенні діагнозу і лікувальної тактики, але і можливість безпосереднього обговорення неясних питань між лікуючим лікарем і консультантом. У цьому випадку лікуючому лікареві стає зрозуміла логіка висновку, зробленого консультантом, і йому простіше сформулювати власну остаточну думку.

Аналіз медичних зображень

Особливо наочно роль прямого спілкування під час відеоконференції виявляється при роботі з медичними зображеннями. Зокрема, при роботі в NetMeeting з використанням White Board лікуючий лікар і консультант одержують можливість робити позначки на екрані монітора поверх медичних зображень або графічних матеріалів (наприклад, на рентгенограмах, ехограмах, електрокардіограмах) і при необхідності зберігати їх. Це досягається за допомогою курсорів і кольорових міток, що вказують області або точки, у яких припускають (спостерігають) патологічні прояви.

Аналіз динаміки й особливостей клінічних проявів у пацієнта.

При ряді захворювань необхідно не просто спостерігати хворого в динаміці, що може бути досягнуто шляхом попередньої відеозйомки. Українською важливо для консультанта мати можливість керувати діями пацієнтів, спостерігати їхнє виконання. Це стосується в першу чергу неврологічної й ортопедичної патології. При психічних захворюваннях важливо контро-

лювати міміку пацієнта в процесі бесіди з ним, його реакції на питання, що задаються. Прямий контакт у віртуальному просторі необхідний і при психологічній підтримці пацієнта, що має місце й у надзвичайних ситуаціях. При спадкових захворюваннях і уроджених вадах розвитку істотне діагностичне значення мають різноманітні характерні фенотипічні прояви, на які міг не звернути уваги лікар, що звернувся за консультацією. Відеоконференція дає можливість консультантові безпосередньо контролювати динамікові рухів і/або поведження пацієнта, що зближує дистанційне й очне спілкування.

Групові відеоконференції консультантів

У сучасній телемедицині все частіше, як було відзначено вище, використовуються лікарські консиліуми. У цих, особливо складних випадках, важливо саме спільне обговорення хворого групою консультантів різних спеціальностей разом з лікуючим лікарем (іноді декількома лікарями, що спостерігали/лікували пацієнта в різний час). Реально це можливо тільки при проведенні відеоконференції, коли консультанти можуть одержувати відповіді лікуючого лікаря на свої питання в реальному режимі часу і відразу відповідним чином коректувати свої, іноді розбіжні, думки. У результаті лікуючий лікар одержує не кілька точок зору, що має місце при послідовному опитуванні різних фахівців з електронної пошти, а погоджений висновок групи фахівців, що саме і відповідає поняттю консиліуму.

Організація телеконсультацій

Досвід проведення консультацій, зокрема, екстрених, показав необхідність чіткого регламенту їхньої організації. Повинний бути передбачений визначений порядок дій співробітників телемедичного центру і консультантів. Визначено вимоги до обміну медичною інформацією, включаючи стандартний вид заявок, єдину структуру документів, що направляються, дотримання визначених вимог до графічного і відео матеріалів, терміни проведення, тип зв'язку для відеоконференцій (цифрова лінія зв'язку ISDN, IP-з'єднання, включаючи проведення багатоточкової відеоконференції).

В інституті розроблена «телемедична карта», що включає три блоки – заявка, службова інформація телемедцентру і консультація. До заявки додаються електронна виписка з історії хвороби, графічні і відео матеріали. Службова інформація дозволяє контролювати проходження і реалізацію заявок. Автоматизована система передбачає обмін даними між заявляючими і консультуючими телемедичними центрами і збереження даних про проведені консультації.

За результатами консультації, поряд з усним викладом у процесі відеоконференції, висновок і реко-

мендації з власноручним підписом консультанта (консультантів) піддаються скануванню і по електронній пошті направляються в лікувальну установу, з якої надійшла заявка.

Навчання в процесі клінічних відеоконференцій

Можливість обговорювати хворого і медичні зображення в процесі інтерактивного контакту з консультантом сприяє не тільки прийняттю більш обґрунтованого рішення, але і підвищенню ерудиції лікарів, що звертаються за консультаціями. Це відповідає добре відомому поняттю навчання «на клінічних прикладах» аналізу даних консультантом, що веде до підвищення кваліфікації і придбання нових знань лікарями віддалених медичних установ. Особливо помітно це стає в процесі повторних відеоконсультацій з тими ж лікарями. На це побічно вказує зростаюча вага випадків, із приводу яких звертаються в Інститут за телеконсультаціями. Освітній ефект телеконсультацій відзначають і закордонні фахівці в області телемедицини [11].

Цей аспект відеоконсультації є визначенням доповненням до реалізованої в інституті системи телеутворення з метою дистанційного підвищення кваліфікації педіатрів і дитячих хірургів. Особливістю лекцій і семінарських занять з клінічних дисциплін є можливість включення відеозаписів клінічних розборів хворих, у першу чергу з патологією, що рідко зустрічається і/або найбільш складними в діагностичному плані випадками [12].

Висновок. Десятилітній досвід роботи в області педіатричної телемедицини дозволяє стверджувати,

що дистанційні консультації зробилися реальною складовою системи спеціалізованої допомоги дітям у Росії. Зростаючий обсяг медичних відеоконференцій з метою консультації хворих при проведенні дистанційних консилиумів і при невідкладних станах підтверджує це положення.

Телемедичні послуги економічно обґрунтовані, їхнє застосування дозволяє значно зменшити використання санітарної авіації і скоротити потребу в транспортуванні хворих у федеральні, міжрегіональні і регіональні медичні установи.

Відеоконференції, що дозволяють здійснювати інтерактивний діалог між лікарями (при необхідності і з хворим), сприяють прискоренню спільного аналізу даних і роз'ясненню прийнятого консультантом рішення, тобто підвищенню прозорості логіки ухвалення рішення консультантом. Спостереження хворого в динаміку в реальному часі в процесі інтерактивного обговорення дозволяє «керувати» рухами пацієнта на відстані і сприяє уточненню клінічної картини. Це особливо важливо при ряді захворювань у неврології, ортопедії й ін.

Десятилітній досвід роботи в області телемедицини дозволяє рекомендувати організацію саме відеоконференцій при проведенні екстрених телеконсультацій, коли особливо важлива швидкість ухвалення рішення. Одночасно потрібно відзначити, що глибина розуміння лікуючим лікарем отриманих on-line рекомендацій відображається на ефективності наступного лікування.

Література

1. Кобринский Б.А. Телемедицина в системе практической охраны здоровья. М.: МЦФЭР, 2002.
2. Kobrinskiy V.A. Telemedicine in Russia. *Brit J Healthcare Comput Info Manage.* 2006; 23 (10):13–15.
3. Столяр В., Тимин Е., Сельков А. Відеоконференції в російських клініках. Відкриті системи. 1998; 2 (28):77-80.
4. Kobrinskiy V.A., Matveev N.V. Teleconsultations at the Moscow Research Institute for Paediatrics and Children's Surgery // *The 6th Intern. Conf. on Successes and Failures in Telehealth, 24th-25th August 2006, Brisbane, Queensland, Australia.* – P. 193-194.
5. Матвеев Н.В. Використання системи кольорокорекції цифрових зображень шкіри в теледерматології. Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, сирій. “Медицина”. 2004; 617 (8):68-70.
6. Matveev N., Kobrinsky V. Automatic color correction of digital skin images in teledermatology // *The 6th Intern. Conf. on Successes and Failures in Telehealth, 24th-25th August 2006, Brisbane, Queensland, Australia.* – P. 98-100.
7. Кобринский Б.А., Розинов В.М., Эрлих А.И. и др. Телемедицина в условиях надзвичайних ситуацій. Медицина катастроф. 2002; 2 (38):26-29.
8. Ehrlich A.I., Kobrinsky V.A., Petlakh V.I. et al. Telemedicine for a children's field hospital in Chechnya. *J Telemed and Telecare.* 2007; 13 (1):4-6.
9. Crowther J., Poropatich R. Telemedicine in the US Army: Case reports from Somalia and Croatia. *Telemed J.* 1995; 1 (1):73-80.
10. Calcagni D.E., Clyburn C.A., Tomkins G. et al. Operation Joint Endeavor in Bosnia: telemedicine systems and case reports. *Telemed J.* 1996; 2(3):211-24.
11. Jardine I. Telemedicine and telecare: addressing the real healthcare issues // *Brit J Healthcare Comput Info Manage.* 2000; 17 (5):28-30.
12. Kobrinskiy V.A./Кобринский Б.А. Remote professional education in clinical medicine/Дистанційне підвищення кваліфікації в клінічній медицині. Symposium on Telemedicine/Симпозіум по телемедицині. Moscow, April 3rd-4th 2003/Москва, 3-4 квіт. 2003. – P.14-16.

УДК 616.12-089.001.57

ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ І КЛІНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ КРОВООБІГУ

Г.В. Книшов, Б.Л. Палець

Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова АМН України

Обчислювальна фізіологія (ОФ) – область дослідження живих систем методом математичного моделювання. У статті на прикладах дослідження взаємодії серця і судинної системи у тварин і пацієнтів із придбаними вадами лівого шлуночка показано, що модельний аналіз необхідний для правильної оцінки результатів експериментів і клінічних спостережень. Є підстави думати, що методи ОФ знайдуть застосування для рішення задач доказової медицини, дозволяючи усунути або зменшити значимість систематичних помилок у клінічних дослідженнях.

COMPUTATIONAL PHYSIOLOGY IN EXPERIMENTAL AND CLINICAL STUDIES OF THE CIRCULATION

G.V. Knyshev, B.L. Palets

Computational physiology (CP) is a field of study of living systems by means of mathematical modeling. In this article, basing on studies of interaction between heart and the cardiovascular system in animals as well as in patients with acquired left ventricle lesions, it is shown that model analysis is essential for correct assessment of the results of experiments and clinical trials. There are reasons to consider that the CP methods will find their application for dealing with problems of evidence-based medicine, as they allow to eliminate or reduce significance of systematic errors in clinical studies.

*Хто хоче що-небудь живе вивчити,
Спершу його завжди він убиває,
Потім на частини рознімає...
Але зв'язку істинного – на жаль – так і не має!*

И. В. Гете

Вступ. Термін «обчислювальна фізіологія» ми в літературі не зустрічали, однак на авторство не претендуємо, оскільки він аналогічний досить широко вживаним останнім часом у багатьох областях науки (обчислювальна біологія, біофізика, металофізика й ін.).

Загальним у всіх випадках є те, що дослідження відповідних природних об'єктів і процесів виробляються за допомогою імітаційних експериментів на математичних моделях, реалізованих у вигляді програм для ЕОМ, що дозволяє позначити в цілому даний науковий напрямок як *computer science*. Методологічною основою подібних досліджень є т.зв. системний підхід.

Це досить загальне поняття, строге визначення якого відсутнє, що нерідко викликає критичні і навіть іронічні зауваження. Так, один відомий московський фізіолог старої школи проказував: «Системний підхід – це те, що раніш означало сісти і гарненько подумати».

Віддаючи належне дотепності приведеної тези, варто все-таки визнати, що складність і взаємозв'язок процесів у біологічній системі споконвічно уне-

можливе їхнє розуміння без використання методів формального аналізу незалежно від можливостей «сісти і подумати». Повною мірою сказане відноситься до системи кровообігу. Розглянемо два простих і, на перший погляд, тривіальних приклади.

Навряд чи в кого-небудь з фізіологів і клініцистів викликають заперечення наступні твердження:

а) артеріальний тиск (середній тиск в аорті, MAP) визначається серцевим викидом (З) і загальним периферичним опором (TPR) відповідно до формули: $MAP = CO \cdot TPR$;

б) серцевий викид визначається ударним обсягом (SV) і частотою серцевих скорочень (HR) $CO = SV \cdot HR$.

Наведені формули, однак, придатні тільки для розрахунку TPR за обмірюваним MAP і З, у першому випадку, і З по обмірюваних SV і HR (або SV по обмірюваних CO і HR) – у другому. Дійсних співвідношень у серцево-судинній системі (ССС) вони не відображають, оскільки серцевий викид очевидно зв'язаний зворотною залежністю із судинним опором (вплив перед- і постнагрузки), а ударний обсяг – зворотною залежністю з частотою скорочень унаслідок змін кінцево-діастолічного наповнення (v_{ed}).

Відзначені протиріччя пояснюються тим, що обидві формули вірні для розімкнутої системи серце – артерії, у якій зміни TPR і HR не впливають на приплив крові до серця і, відповідно, v_{ed} .

© Г.В. Книшов, Б.Л. Палець

Замкнута ССС є прикладом найпростішого типу зворотного зв'язку. У загальному випадку всі процеси життєдіяльності організму протікають у результаті складної взаємодії прямих і зворотних зв'язків. Для обліку замкнутого характеру досліджуваної системи при аналізі її поведінки неможливо обійтися без системного підходу і математичного моделювання.

Незважаючи на удавану простоту розглянутих прикладів, на практиці вони зв'язані із забезпеченням адекватної взаємодії серця із судинною системою, задачею постійно розв'язуваною в кардіології і кардіохірургії практично при усіх видах патології ССС і їхньої хірургічної корекції.

Відповідно, експериментальні і теоретичні дослідження в цій області належать до найбільш близьких до клінічної практики роздів фізіології кровообігу.

Метою даної роботи було показати, якою мірою для аналізу цих процесів корисне і навіть необхідне сполучення експериментальних і клінічних досліджень з методами обчислювальної фізіології.

Були обрані дві задачі, що фактично постійно знаходяться в полі зору фізіологів і клініцистів: залежність скоротності лівого шлуночка (ЛШ) від артеріального навантаження і показників системної гемодинаміки від швидкості поширення пульсової хвилі в аорті. У першому випадку експериментальним матеріалом послужили дані дослідів Ваан et al. (1989) [9] на анестезованих собаках. В другому – результати наших клінічних спостережень післяопераційних хворих із набутими пороками серця (ППС).

1. Деактивація скороченням і скоротність серця

Дослідження взаємодії ЛШ з артеріальною системою мають майже столітню історію. Досить цілісні системні представлення, засновані на кількісних даних, а в ряді випадків узагальнених у виді математичних моделей, склалися до кінця 70-х років минулого століття. Були визначені функціональні характеристики серця, що зв'язують інтегральні оцінки насосної функції ЛШ (сistolічний або серцевий викид, зовнішня механічна робота або потужність) з показниками діастолічного наповнення й опору викидів. Сформувався поняття гетеро- і гомеометричної (ГОМС) саморегуляції серця.

Експериментальні дослідження закономірностей ЛШ-АС взаємодії проводилися в тісному зв'язку з узагальненням їхніх результатів у виді математичних моделей [12, 22]. Отримано широке визнання і пануючу теорію, що по суті, заснована на представленні системи ЛШ-АС у виді електричного аналога, що включає опис ЛШ як змінної ємності ($E(t)$ -мо-

дель) і АС у виді простого або модифікованого R - C ланцюга (Windkessel-модель) [9, 22].

Узагальненням $E(t)$ -моделі стала кінцево-сistolічна залежність обсяг (v_{cs}) – тиск (p_{cs}) у ЛШ ($p_{cs}(v_{cs})$, КСЗОД), кривизна якої (E_{cs}) використовується як показник скоротності ЛШ, що не залежить від навантаження обсягом і опором [9, 23].

При моделюванні були прийняті наступні допущення: система ЛШ-АС є розімкнутою, а взаємозв'язок обсягу (v) і тиску (p) у ЛШ лінійний виду

$$p = E(t)(v - v_d), \quad (1)$$

де v_d – «мертвий» обсяг ЛШ.

Розглянута модель дозволила установити ряд загальних закономірностей, до числа яких варто віднести роль принципу «золотого перетину» у регуляції системного кровообігу – пошуку оптимального сполучення насосної функції серця з резистивно-ємнісною функцією судинної системи [1].

У той же час фізіологічні дослідження останнього часу [9, 13] показали, що ця залежність нелінійна і варто враховувати так званий фактор «деактивації скороченням» (*shortening deactivation, R_s*). Поняття «деактивації скороченням» (ДС) затвердилося у фізіології серця після того, як у досліді на ізольованому ЛШ було встановлено, що кінцево-сistolічна міцність (E_{cs}), розрахована в режимі що виганяє ЛШ, істотно нижча, ніж розрахована в ізоволемічному при рівних кінцево-сistolічних обсягах. ЛШ поведився так, ніби в ньому, як в джерелі енергії, існував внутрішній опір, падіння тиску на якому було пропорційно об'ємної швидкості вигнання крові. Відповідно, систолічна p – v залежність у ЛШ описується рівняннями:

$$p(t) = p_0(t) - R_v q(t), \quad (2)$$

$$p_0(t) = E(t)(v(t) - v_d), \quad (3)$$

$$R_v = k_v p_0(t), \quad (4)$$

де $q(t)$ — об'ємна швидкість вигнання крові в аорту, k_v – коефіцієнт пропорційності.

Така модель ЛШ позначається як $E(t)$ - R -модель.

Відповідно до формул (2-4) ДС тим більше, чим більший коефіцієнт k_v і швидкість вигнання $q(t)$. Остання обставина важлива тим, що $q(t)$ очевидно зв'язано зворотною залежністю з імпедансом артеріальної системи, насамперед з опором артерій, R_a . Таким чином, підвищення імпедансу АС і зниження $q(t)$ збільшує систолічний тиск у ЛШ при тому ж його наповненні. ДС, отже, може інтерпретуватися як «активація опором викидів», підвищення скоротності ЛШ, спрямоване на компенсацію зниження викиду ЛШ. Такої думки дотримуються, наприклад, автори робіт [9, 10], що спостерігали в досліді на собаках

помітне зрушення вгору КСЗОД і залежностей максимальної швидкості росту систолічного тиску $\max dp/dt$ від кінцево-діастолічного обсягу (v_{ed}), якщо вони були отримані змінами v_{ed} на фоні підвищеного ОПС (R_a). Оскільки подібне поведіння КСЗОД спостерігалось й у дослідях на $E(t)$ - R моделі, Ваан з співавт. [9] припустили ДС як механізм змін інотропізму ЛШ у відповідь на зміни постнавантаження.

Ми спробували перевірити справедливості цього припущення, провівши аналіз результатів експериментів Van Der Velde із співавт. [24] за допомогою математичної моделі.

Експериментальний матеріал. У дослідях Van Der Velde із співавт. [24] на анестезованих собаках з розкритою грудною кліткою досліджувався вплив артеріального навантаження на E_{es} і КСЗОД. Останні визначалися за допомогою навантажень обсягом і порівнювалися при трьох рівнях ОПС: нормальному, підвищеному (оклюзія спадної аорти) і зниженому (А-В шунт). Одночасно з КСЗОД для оцінки скоротності ЛШ визначалися залежності максимальної швидкості росту систолічного тиску від КДО – $\max dp/dt(v_{ed})$.

Динамічна модель ССС, розроблена нами, описує гемодинаміку замкнутого ланцюга, що складається з правого шлуночка серця, легневих артерій

і вен, ЛШ, аорти, системних артерій і вен, порожніх вен, представлених у виді ділянок із зосередженими параметрами (розтяжністю C_p , ненапруженим обсягом i_p , інерційністю кровотоку L_i і судинним опором R_v). Функція шлуночків серця представлена $E(t)$ - R моделлю для лівого шлуночка і $E(t)$ моделлю – для правого. Передбачено можливість переходу до $E(t)$ -моделі при $k_v = 0$.

За допомогою моделі при заданих значеннях R_p , C_p , L_i і i_p , а також частоти скорочень і скоротності шлуночків розраховувалися пульсові криві кровотоку, тисків і обсягів крові в ділянках ССС. Блок-схема моделі, докладний математичний опис і чисельні значення коефіцієнтів, що відповідають кровообігові собаки, а також приклади пульсових кривих приведені в [2].

В експерименті на нашій моделі були відтворені досліді, виконані в роботі [24]. При трьох рівнях R_a : вихідний, знижений і підвищеному змінювали загальний обсяг крові в інтервалі -200 мол — +300 мол від вихідного кроком ± 100 мол і визначали (як і в [24]) сімейства КСЗОД і сімейства залежностей $\max dp/dt(v_{ed})$, що характеризують скоротність ЛШ по показниках ізоволемічної фази скорочення. Розрахункові залежності приведені на рис. 1.

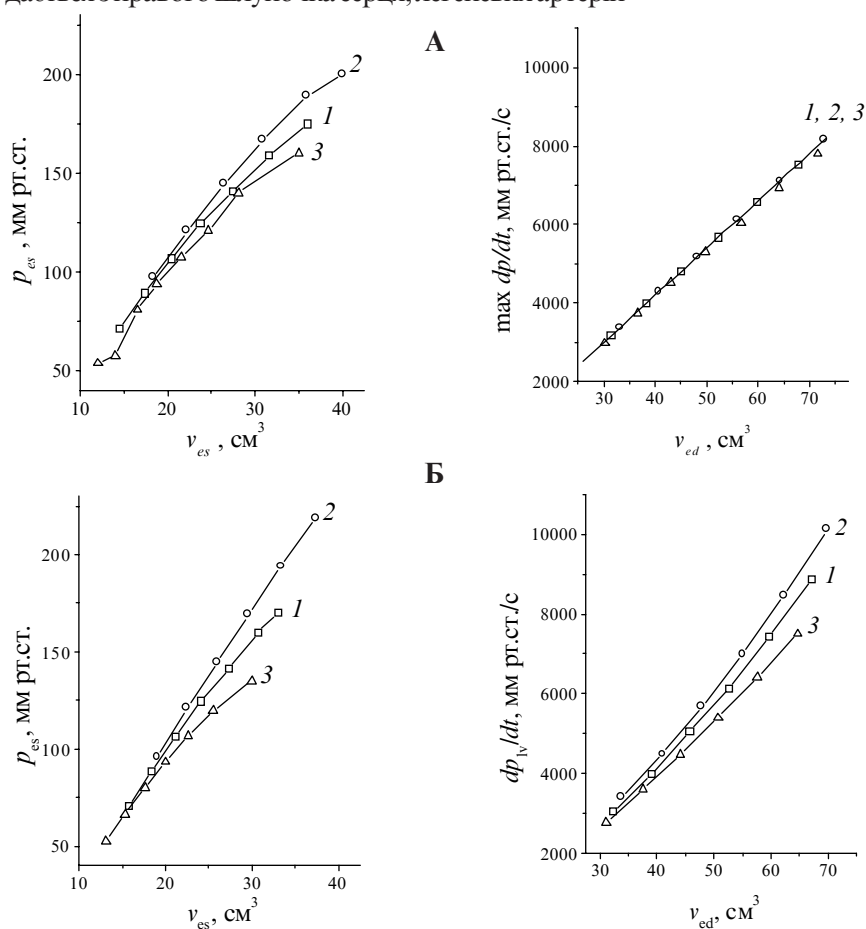


Рис. 1. Функціональні характеристики лівого шлуночка (ЛШ) серця

А – без обліку гомеометричної саморегуляції (ГОМС),
Б – з обліком ГОМС.

Ліворуч – кінцево-систолічні залежності обсяг (v_{es}) – тиск (p_{es}) при нормальному (1), підвищеному (2) і зниженому (3) рівнях опору артерій (R_a), праворуч – залежності максимальної швидкості росту систолічного тиску в ЛШ ($\max dp/dt$) від кінцево-діастолічного обсягу ЛШ (v_{ed}) при тих же рівнях R_a .

Розрахунки на математичній моделі кровообігу собаки.

Як можна припустити з рис. 1, А ліворуч, збільшення артеріального навантаження приводить до підвищення скоротності ЛШ, що виявляється в зрушенні КСЗОД вгору. Збільшення кривизни яких (ріст E_{es}) склало 35%. При $k_v = 0$ (відсутність ДУ, $k_v=0$) усі три залежності збігалися і були лінійними.

Однак висновок про інотропний вплив опору викидові в даному випадку вступав у протиріччя з поведінням залежностей $\max dp/dt(v_{ed})$. Як видно з рис. 1, А праворуч, точки цих залежностей, отримані при різних R_a , розташувалися на одній прямій. Ця особливість зберігалася при будь-якому ступені прояву ДС.

У той же час досліді Van Der Velde із співавт. [24] досить переконливо свідчать про ріст скоротності ЛШ, оскільки залежності $\max dp/dt(v_{ed})$ зрушуються вгору з підвищенням R_a . Відповідно до модельних розрахунків, це не може бути наслідком деактивації скорочення (або «активації опором»), тому природно припустити наявність механізму, що змінює скоротність ЛШ у відповідь на зміни опору викидові і перешкоджаючого їм. Ми припустили, що таким механізмом є гомеометрична саморегуляція серця (ГОМС), що була врахована в такий спосіб.

Прийнято, що шлуночок серця в n -ому циклі скорочення прагне скоротитися до кінцево-систоличного обсягу, що задається зовнішніми інотропними впливами і функціональним станом серцевого м'яза (r^*). Якщо дійсна величина v_{es} у цьому циклі відрізняється від заданої, то саморегуляторний механізм забезпечує зміну скоротності (E_{mn}) на величину, пропорційну відхиленню $\Delta r_n = v_{es,n} r_n^* - r_n^*$ і спрямовану на його зменшення.

Сімейства залежностей $p_{es}(v_{es})$ і $\max dp/dt(v_{ed})$ з обліком ГОМС, приведені на рис. 1, Б. Як і на рис. 1, А, залежності $p_{es}(v_{es})$ з ростом R_a зрушувалися вліво. Однак цього разу зрушення визначалося не тільки ДС, але і дійсним збільшенням скоротності, підвищенням інотропізму ЛШ. У результаті збільшення кривизни кривих $p_{es}(v_{es})$ склало на інтервалі $50 < p_{es} < 150$ мм рт. ст. 62%, тобто майже вдвічі більше, ніж без саморегуляції ЛШ (рис. 1, А і 1, Б ліворуч). На відміну від варіанта моделі без ГОМС, залежності $\max dp/dt(v_{ed})$ утворили сімейство, у якому лінії, отримані при великих R_a , розташовувалися лівіше і мали більшу кривизну, ніж при менших (рис. 1, праворуч).

Таким чином, застосування методів обчислювальної фізіології до аналізу експериментальних даних дає підставу стверджувати наступне: деактивація скороченням викликає зрушення КСЗОД при змінах рівня постнагрузки, але не може розглядатися як дія на інотропний стан (скоротність) ЛШ, збільшення ско-

ротності ЛШ, що виявляється в зрушенні вліво нагору залежностей $p_{es}(v_{es})$ і $\max dp/dt(v_{ed})$ у відповідь на ріст постнагрузки, відбувається внаслідок ГОМС.

2. Швидкість пульсової хвилі і системна гемодинаміка: дослідження на кардіохірургічних хворих

Пульсову хвилю тиску в аорті (ПХ) прийнято вважати результатом накладення (підсумовування) прямих і відбитих хвиль. Хоча, строго кажучи, мова повинна йти про багаторазове відображення хвиль, звичайно приймаються до уваги пряма хвиля, що генерується в результаті вигнання крові з ЛШ в аорту і зворотна (ЗХ), обумовлена відображенням на межі аорта – системні артерії. При розгляді тиску в проксимальній точці аорти з цього досить обгрунтованого положення робиться висновок про те, що в залежності від часу приходу ЗХ до виганяючого кров ЛШ навантаження на останній може змінюватися, що у свою чергу впливає на ударний обсяг, зовнішню роботу ЛШ і середній тиск в аорті. Це твердження припускає, що змінюючи швидкість пульсової хвилі в аорті можна оптимізувати енергетичні витрати ЛШ, як наприклад при використанні контрпульсації.

Вищенаведені міркування представляються цілком логічними і часто зустрічаються в літературі. Однак досить авторитетні фахівці в області гідродинаміки і фізіології кровообігу оцінюють енергетичну роль хвильових процесів як незначну в порівнянні з роллю змін опору системних артерій (постнагрузки) [11, 15].

Ці теоретичні питання здобувають практичне значення оскільки в останнє десятиліття виник і продовжує зростати інтерес до величини пульсового тиску в аорті (p_p) і швидкості поширення пульсової хвилі (v_{pw}) як інформативним показникам для аналізу і прогнозування порушень функції серцево-судинної системи [6, 10, 14, 17, 19, 20]. Основна увага до p_p і швидкості поширення ПХ (v_{pw}) відноситься, головним чином, до кровообігу пацієнтів без порушень функції серця (наприклад, гіпертоніків [6, 10, 16, 18]). Однак у ряді робіт інформативність p_p показана і для кардіологічних хворих із серцевою слабкістю і коронарною хворобою [14, 19, 20].

Природно, що тут виникає проблема залежностей від v_{pw} не тільки p_p , але й інших показників, що відбивають хвильові, навантажувальні і регуляторні характеристики кровообігу: загального периферичного опору (TPR), ударного обсягу (SV), ударної роботи (SW), середнього АТ (MAP), розтяжності артерій і вен тощо.

Метою даного розділу наших досліджень було визначення залежності показників системного кровообігу від v_{pw} у доопераційних хворих із набутими поро-

ками серця (ППС) і порівняти їх у групах з різними типами ППС і «нормою».

Клінічний матеріал склали дані наших інвазивних вимірів тиску в аорті (АТ) і обсягів лівого шлуночка (ЛШ) у хворих із клапанними пороками без патології аортити й аритмій, у тому числі з пороками аортального клапана (АК) – 19 хворих, з пороками митрального клапана (МК) – 17 хворих, із поєднаними пороками (АМК) – 14 хворих. Докладно методичні питання клінічних досліджень розглянуті в [3].

У кожній із груп хворих визначалися залежності від v_{pw} наступних показників: p_p , індексу ударного обсягу ISV, індексу ударної роботи ISWR, MAP, індексу загального периферичного опору ГТР. Розраховувалися коефіцієнти кореляції між v_{pw} і перерахованими показниками, визначалися відповідні рівняння лінійної регресії. Як контроль при аналізі залежностей $p_p(v_{pw})$ використовувалися апроксимації, отримані за даними С. Н. Поліводи із співавт. [6] для хворих гіпертонічною хворобою без порушень функції серця.

Особливість досліджень хвильових процесів полягає в тому, що вони неможливі без використання понятійного апарату і методів гідродинаміки кровообігу і, у кінцевому рахунку, математичних моделей ССС.

Ми використовували динамічну модель замкненої ССС, що відрізнялася від застосованої в попередньому розділі даної роботи наступними особливостями. Параметри моделі відповідали кровообігові людини, а аорта була представлена як еластична труба з рівномірно розподіленими по довжині параметрами інерційності (L), опору (R) і розтяжності (C) [3, 8].

Відповідно до теорії еластичності швидкість поширення пульсової хвилі для прийнятої моделі аорти визначається як

$$v_{pw} = 1/\sqrt{L'C'} \quad (7)$$

Методика розрахунку v_{pw} у хворих, опис моделі, її чисельні параметри і дані розрахунків для вихідного нормального режиму приведені в [3].

В імітаційних експериментах вироблявся підбір для кожної групи хворих таких параметрів серця і судин (скоротність ЛШ, ТРР, міцність артерій, D_a , і вен, D_v) і зв'язку їх із міцністю аорти (Z), при яких би забезпечувалася відповідність теоретично розрахованих залежностей p_p , SW, SV, MAP і ін. від v_{pw} таким, вірогідно встановленим у клініці.

Основною характеристикою, досліджуваною нами була залежність пульсового тиску в аорті у виході з ЛШ (проксимальний кінець аорти) p_p від v_{pw} . Були встановлені дві основні їхні особливості у хворих із

ППС. По-перше, вони були істотно кривіші таких у групі хворих з гіпертонією без порушення функції серця, використовуваної нами в якості контрольної [6] і співпадаючих з ними залежностей, отриманих на імітаційній моделі при нормальних значеннях параметрів ССС. По-друге, залежності $p_p(v_{pw})$ розрізнялися по кривизні для груп хворих з різними типами ППС (мал.2). Так, якщо прийняти кривизну прямої $p_p(v_{pw})$ у «контролі» за одиницю, то у відносних цифрах кривизна при МК, АМК і АК складуть відповідно 1,8; 2,5 і 4,5.

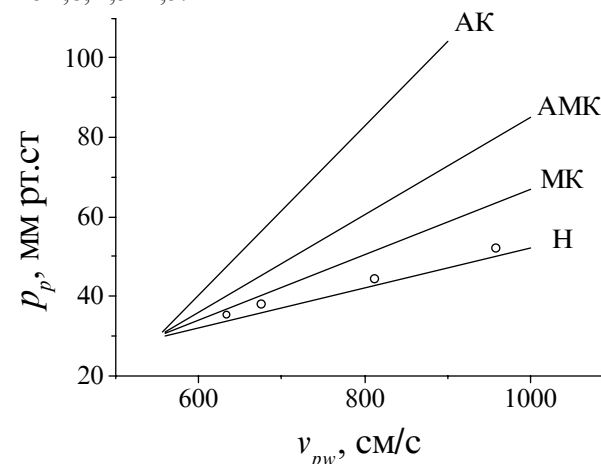


Рис. 2. Сімейство лінійних апроксимацій залежностей пульсового тиску в аорті (p_p) від швидкості пульсової хвилі (v_{pw}) у групах хворих із придбаними пороками аортального клапана (АК), митрального клапана (МК) і сполученими пороками (АМК). Н – «нормальна» залежність $p_p(v_{pw})$ за даними [4]; точки – значення, розраховані на моделі кровообігу людини.

Аналіз залежностей між показниками системного кровообігу і v_{pw} у показав, що вони не тільки різні в групах, але, більш того, високо достовірною залежністю в одній групі може бути недостовірною в іншій. Тільки залежності $p_p(v_{pw})$ і MAP(v_{pw}) виявилися істотними і високо достовірними у всіх групах.

Розрахунки на математичній моделі показали, що в принципі для одержання сімейства залежностей пульсового тиску в аорті від швидкості ПХ $p_p(v_{pw})$ у всіх трьох групах, що погодяться з незначною похибкою з клінічними даними досить, щоб міцність системних артерій істотно зростала від групи до групи в наступній послідовності: «норма» – група МК – група АМК (поєднані пороки) – група АК, а також у кожній із груп з пороками АК зростала майже лінійно зі збільшенням v_{pw} , тобто міцності аорти.

Однак цей фактор був не єдиним, визначальним розходженням залежностей $p_p(v_{pw})$ у групах хворих.

Так, для групи АК виявилися статистично достовірними прямі залежності $SV(v_{pw})$, $SW(v_{pw})$ і $MAP(v_{pw})$. SV , SW і MAP на інтервалі v_{pw} від 500 до 900 див/зі зростали відповідно на 70, 180 і 50%.

Ці результати були для нас трохи несподіваними, оскільки за даними модельних розрахунків зміни SV , SW , MAP тільки під впливом збільшення v_{pw} , викликаного ростом міцності аорти, були незначними, що не перевищують 8% для SW і MAP і практично були відсутні (<1%) для SV , що співпадає з результатами [11, 15]. Стало очевидним, що паралельно зі змінами v_{pw} відбуваються зміни не тільки D_a , але й інших параметрів ССС, що істотно впливають на найважливіші показники її функціонування: перед- і постваантаження скорочувальної здатності серця.

Дослідження на моделі показали, що для одержання збігу розрахункових залежностей MAP , SV і $SW(v_{pw})$ із клінічними одночасно з відзначеними вище залежностями міцності артерій від v_{pw} у групі АК повинна бути помітно підвищена в порівнянні з «нормою» кінцево-систолічна міцність (скоротність) ЛШ, а міцність системних вен (D_v) і опір аорти (R^a) повинні зростати в міру росту v_{pw} . Іншими словами, для групи АК характерні односпрямовані зі змінами міцності аорти зміни міцності всіх ділянок системного кровообігу.

Аналіз даних групи МК показав, що відповідність розрахункових залежностей p_p , MAP і TPR від v_{pw} клінічних може бути отримано, якщо припустити, що в цій групі істотно знижена скоротність ЛШ, а опір системних артерій зростає в міру підвищення міцності аорти і, відповідно, викликаного їм росту v_{pw} . Останнє приводить до збільшення постваантаження на ЛШ, зниженню ISV і модифікує залежність $MAP(v_{pw})$, зменшуючи її кривизну. По цій же причині залежності SV і SW від v_{pw} у групі МК стають на відміну від групи АК недостовірними.

У групі АМК лінійна залежність $p_p(v_{pw})$ була достовірнішою і істотнішою, однак менш сильною, ніж у групі АК, займаючи проміжне положення між групами АК і МК. Залежність MAP від v_{pw} була в групі АМК також достовірною. На інтервалі, що спостерігається, v_{pw} MAP зростало майже на 60%. Зміни ударного обсягу в залежності від v_{pw} , як і в групі МК, були недостовірні, і ріст MAP , мабуть, з'явився внаслідок збільшення судинного опору. У підсумку в групі АМК спостерігалася позитивна достовірна залежність ударної роботи ЛШ від швидкості пульсової хвилі. Ріст SW на інтервалі $500 < v_{pw} < 900$ див/зі склав близько 100%.

Загальною закономірністю є те, що сама по собі швидкість пульсової хвилі тиску в аорті за інших рівних

умов істотно не впливає на роботу ЛШ. Ситуація змінюється, якщо одночасно з ростом v_{pw} , викликаним підвищенням міцності аорти змінюється скоротність ЛШ і резистивно-емнісні властивості системних артерій і вен. Це приводить до змін перед- і постваантаження на ЛШ, що досягається для великих значень, що відбивається на його насосній функції.

Сполучення методів обчислювальної фізіології з клінічними дослідженнями дозволяє в такий спосіб оцінювати роль недоступних для прямих вимірів параметрів ССС у формуванні показників кровообігу в хворих.

Висновок

Model or muddle

Приведена теза, прийнята в середовищі теоретиків і виникла значною мірою завдяки грі слів (в англійській мові), як і всі афоризми, грішить деякою категоричністю і гіперболізацією.

Дійсно, у всіх областях науки результати досягаються за допомогою методів, специфічних для кожної з них. Медична наука не є виключенням. Проблеми виникають на етапі переходу від результатів до висновків, тобто в тому розділі наукових досліджень, що у наукових публікаціях визначається як «Обговорення результатів».

Звичайно при аналізі яких-небудь явищ дослідник вибудовує причинно-наслідкові ланцюжки, що у системному аналізі визначаються як послідовності переходів від «входу» до «виходу» досліджуваної системи. Якщо виникає зворотний вплив наслідку на причину – тобто «зворотний зв'язок» – звичайна логіка міркувань стикається з труднощами, у кінцевому рахунку нездоланими без формальних методів аналізу, у т.ч. математичного моделювання.

Спроба обійтися традиційною схемою аналізу «від причини до наслідку» може привести до того, що з добротних, проведених на високому методичному рівні досліджень будуть отримані мало значимі, або навіть невірні висновки.

Так, розглянуті в першому розділі роботи безсумнівно цікаві результати Ваан із співавт. і Van Der Velde із співавт. [9, 24] по дослідженню ролі деактивації скороченням (ДС) лівого шлуночка серця, без застосування методів обчислювальної фізіології приводять до невірного висновку про те, що дія ДС на скорочувальну активність ЛШ аналогічно гомеометричній саморегуляції серця.

В другому розділі без застосування методу математичного моделювання не може бути вірно оцінений вплив пульсових процесів в аорті на роботу ЛШ, що сприяє перебільшенню значення зворотної пульсової хвилі АТ у формуванні навантаження на серце.

Ціна помилок, що можуть виникати при ігноруванні формальних методів системного аналізу різна – від знецінювання результатів складних і дорогих експериментальних досліджень до невірної оцінки відносної ролі факторів, що визначають показники гемодинаміки у хворих.

Можливість уникнути або хоча б зменшити імовірність подібних помилок – уже достатня підстава для включення методів обчислювальної фізіології в комплекс фундаментальних і прикладних досліджень кровообігу. Однак роль цих методів, на наш погляд, істотно значніше загальноприйнятої, але маловісної формули: «Негативний результат – це теж результат».

Забезпечуючи коректність висновків, одержуваних з результатів експериментальних і клінічних досліджень, методи обчислювальної фізіології сприяють підвищенню практичної ефективності теоретичних розробок. Так, правильне розуміння внеску фактора ДС в скорочувальну активність ЛШ у кінцевому рахунку необхідно для оцінки його скоротності – найважливішого клінічного показника. Дослідження взаємозв'язку пульсової динаміки АТ і показників системної гемодинаміки у хворих із набутими пороками серця свідчать про те, що для кожного з розглянутих типів ППС характерна своя структура взаємозв'язків між хвилювими, навантажувальними і регуляторними процесами, що визначає різне в кожному випадку поведіння основних функціональних показників кровообігу при змінах швидкості поширення пульсової хвилі тиску в аорті.

Таким чином, включення пульсових показників у системний аналіз може істотно розширити його можливість, дозволяючи враховувати цілісність і реальну

складність структури і функції серцево-судинної системи хворих.

Ми думаємо, що обчислювальна фізіологія має всі підстави стати ефективним розділом доказової медицини [5, 7].

Дійсно, будь-які клінічні іспити припускають наявність деяких цілісних представлень про систему, тобто її моделі. Складність цих моделей може варіювати в широкому діапазоні – від вербальних до математичних. Однак у будь-якому випадку моделі включають деякі допущення й обмеження, що є наслідком цілей досліджень, вимірюваних і контрольованих показників, сучасного рівня знань. Ці обмеження породжують т.зв. систематичні помилки або зсуви, тобто невідповідності відхилення результатів від їхніх дійсних значень [21]. Однієї з основних категорій систематичних помилок є обумовлені факторами, що втручаються. Вони виникають, коли фактори в досліджуваній задачі взаємозалежні, причому одні з них змінюють ефект інших [7].

Подібна ситуація по суті виникала в обох прикладах, приведених у даній роботі. Існують і набагато більш складні взаємодії в серцево-судинній системі, обумовлені процесами самоорганізації (наприклад, у мікроциркуляторному руслі [4]).

Оскільки однією з важливих задач доказової медицини є усунення (або, принаймні зменшення значимості) систематичних помилок у клінічних іспитах застосування методів обчислювальної фізіології представляється навряд чи не неминучим. Природно, ця робота зажадає визначених витрат (насамперед інтелектуальних). Однак постійно зростаючий обсяг багатоцентрових рандомізованих досліджень у медицині дозволяє вважати їх виправданими.

Література

1. Книшов Г. В., Палець Б. Л., Настенко Е. А. Принцип «золотого перетину» у регуляції серцево-судинної системи: теоретичні і клініко-фізіологічні дослідження // Журнал акад. мед. наук України. - 2000. - Т. 6, N2. - С. 235-254.
2. Книшов Г. В., Палець Б. Л. Розвиток теорії взаємодії лівого шлуночка й артеріальної системи // Серце і судини. - 2003. - N 4. - С. 29 - 39.
3. Книшов Г. В., Палець Б. Л., Буркот А. Н. і ін. Пульсова хвиля тиску в аорті і показники системної гемодинаміки у хворих із придбаними пороками серця // *ibid.* - Серце і судини. - 2005. - N2, С. 31 - 39.
4. Книшов Г. В., Настенко Е. А., Максименко В. Б. і співавт. Дослідження можливості синхронізації характеристик кровотоку в капілярній мережі як критично самоорганізованої системи з коливаннями кровотоку, викликаного скоро-

ченнями серця. Дослідження на моделі клітинного автомата // Щорічн. наук. конф. Асоц. серцево-судинних хірургів України. Вип. 13. - 2005. - С. 249-252.

5. Минцер О. П. Теорія і практика доказової медицини // Лікування та діагностика. - 2004. - N 3. - С. 7 - 15.

6. Полівода С. Н., Черепок А. А., Сичев Р. А. Пульсовий артеріальний тиск – новий діагностичний маркер ремоделювання великих артерій при гіпертонічній хворобі // *ibid.* - 2003. - N 3. - С. 60 - 64.

7. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клінічна епідеміологія. Основи доказової медицини. М. - Медиа Сфера. - 352 с.

8. Knyshov G., Palets B., Burkot A. *et al.* Aortic pulse pressure and heart afterload // Фізіол. ж. - 2007. - т. 53, N 4. - С. 3 - 14.

9. Baan J., Van Der Velde E. T., Van Der Linden. Effect of arterial load changes on systolic pump function: internal resistance

- or inotropic factor? // IEEE Eng. in Medicine and Biol. Sci. — 11th Ann. Int. Conf., 1989. — P. 122-123.
10. Benetos A., Rudnichi A., Safar M., Guize L. Pulse pressure and cardiovascular mortality in normotensive and hypertension // Hypertension. — 1998. — Vol. 35. — P. 560–564.
11. Berger D. S., Li J. K.-J., Noordergraaf A. Differential effects of wave reflections and peripheral resistance on aortic blood pressure: a model based study // Am. J. Physiol. — 1994 — Vol. 266 (Heart Circ. Physiol. 35). — P. H1626–1642.
12. Burkhoff D., Sagawa K. Ventricular efficiency predicted by an analytical model // Am. J. Physiol. — 1986. — 250 (Regulat. Integr. Comp. Physiol. 19). — P. R1021-1027.
13. Danielsen M., Ottesen J. T. Describing the pumping heart as a pressure source // J. Teor. Biol. — 2001. — 212, N1. — P. 71-81.
14. Franklin S., Khan S., Wong N. D., *et al.* Is pulse pressure useful in predicting risk of coronary heart disease? // Circulation. — 1999. — Vol. 100. — P. 354–360.
15. Hunter W. C., Alexander J., Ifarraguerra A. Effect of arterial wave reflections on the coupling between left ventricle and aorta / Cardiovascular System Dynamics Soc., Proc. 9th Intern. Conf. and Satellite Symp. — Halifax, Canada. — 1988. — P. 177–180.
16. Kannal W. Risk stratification in hypertension: new insights from the Framingham Study // Am. J. Hypertension. — 2000. — Vol. 13 (Part 2). — P. S3–S10.
17. Laurent S., Boutouyrie P., Asmar R., *et al.* Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients // Hypertension. — 2001. — Vol. 37. — P. 1236–1241.
18. Lee M. I., Rosner B. A., Weiss S. T. Relationship of blood pressure to cardiovascular death: the effects of pulse pressure in the elderly // Ann. Epidemiol. — 1999. — Vol. 9. — P. 101–107.
19. Mitchell G. F., Moya L. A., Braunwald E., *et al.* Sphygmomanometrically determined pulse pressure is a powerful independent predictor of recurrent events after myocardial infarction in patients with impaired left ventricle function // Circulation. — 1997. — Vol. 96. — P. 4254–4260.
20. Mitchell G. F., Izzo J. L., Lacourciere Y., *et al.* Omapatril reduces pulse pressure and proximal aortic stiffness in patients with systolic hypertension // Circulation. — 2002. — Vol. 105. — P. 2955–2961.
21. Murphy E. A. The logic of medicine / Baltimore. Johns Hopkins Press. — 1997. — 416 p.
22. Shroff S. G., Janicki J. S., Weber K. T. Left ventricular systolic dynamic in terms of its chamber mechanical properties // Am. J. Physiol. — 1983. — 245 (Heart. Circulat. Physiol. 14). — P. H110-124.
23. Suga H., Sagawa K. Instantaneous pressure-volume relationships and their ratio in the excited, supported canine left ventricle // Circ. Res. — 1974. — 35, N3. — P. 117-126.
24. Van Der Velde E. T., Burkhoff D., Stendijk P., *et al.* Nonlinearity and load sensitivity of end-systolic pressure-volume relation of canine left ventricle in vivo // Circulat. — 1991. — 83, N1. — P. 315-327.

УДК 381.3

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ БІОСЕНСОРІВ

О.В. Палагін¹⁾, В.О. Романов¹⁾, М.Ф. Стародуб²⁾, І.Б. Галелюка¹⁾, О.В. Скрипник¹⁾
e-mail: dept230@insyg.kiev.ua, galib@gala.net
e-mail: nstarodub@yahoo.com

¹⁾ Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова Національної академії наук України,

²⁾ Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна Національної академії наук України,

В медицині, біології, біохімії існує багато ефектів, на основі яких можна створити неінвазивні портативні прилади для повсякденного використання: глюкометри, гемоглобінометри, прилади для швидкого аналізу якості продуктів харчування, рідин, параметрів оточуючого середовища тощо. Сучасні мікроелектронні компоненти дозволяють без великих зусиль створити прилади, які мають малі розміри і низьке енергоспоживання. Тим не менш, такі прилади володіють високими метрологічними і експлуатаційними характеристиками.

Натурне проектування таких приладів вимагає великих затрат часу, матеріальних і людських ресурсів. Мінімізувати такі витрати можна за допомогою методів віртуального проектування. Такі методи реалізуються через віртуальні лабораторії автоматизованого проектування (ВЛАП).

Сучасні ВЛАП можна поділити на два види: загального і спеціалізованого проектування. Перші використовуються для проектування приладів загального призначення. Останні використовуються для приладів і систем спеціального призначення, наприклад, таких, які використовуються в біології, медицині, біохімії, екології тощо.

ВЛАП володіють певними перевагами:

1) Дешевизна проектування, оскільки не використовується дороге і складне обладнання, а також не проводяться дорогі натурні випробування.

2) Швидкість проектування, оскільки використовуються заздалегідь заготовлені шаблони і моделі.

3) Можливість одночасного створення кількох альтернативних проектів прилада і вибору оптимального варіанту згідно певних критеріїв.

4) Можливість роботи над одним проектом територіально-розділених спеціалістів. Можливість обміном досвідом між спеціалістами є дуже корисною в теперішніх умовах.

5) Можливість використання ВЛАП для навчання і підвищення кваліфікації спеціалістів.

6) Створення і наповнення баз знань в процесі проектування і навчання.

© О.В. Палагін¹⁾, В.О. Романов¹⁾, М.Ф. Стародуб та ін.

ВЛАП можна використовувати не тільки для проектування і розробки певних приладів, але і для оцінки, перевірки робочих гіпотез, експериментальних досліджень. ВЛАП доцільно використовувати на етапі розробки технічного завдання або пілот-проекту, оскільки можна достатньо швидко оцінити можливість реалізації проекту, певні його характеристики і, як результат, очікуваний економічний ефект від його практичного впровадження. На етапі проектування ВЛАП дозволяє скоротити термін і вартість розробки.

ВЛАП дозволяє не тільки проектувати прилади і системи, але і оптимізувати певні його характеристики для досягнення певних (заданих) співвідношень "точність/ціна", "точність/надійність" тощо (наприклад, підбором елементів тощо) без використання коштовних натурних випробувань і дорогого обладнання.

На жаль, зараз не існує ВЛАП, які б дозволяли медикам, біологам, екологам, біохімікам створювати свої власні прилади на основі ефектів, які ними досліджені і описані.

Для вирішення цієї проблеми в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України розроблено ВЛАП для проектування комп'ютерних пристроїв і систем.

Пропоновану віртуальну лабораторію побудовано на базі формалізованого представлення знань з теорії, принципів організації, методів та засобів автоматизованого проектування та тестування інформаційно-вимірювальних систем та приладів. Під формалізованим представленням мається на увазі онтологія предметної галузі.

Для побудови ВЛАП використано методологію системної інтеграції [1] відносно базових методів і засобів, на яких вона будується. Основу цієї методології складає системний підхід до задач аналізу і синтезу компонентів як самої віртуальної лабораторії, так і об'єктів проектування, а, насамперед, формування системи знань вибраної проблемної області та її комп'ютерної онтології.

Структуру ВЛАП приведено на рис. 1. Це представлення побудоване на базі онтології предметної області, яку також створено в Інституті кібернетики.

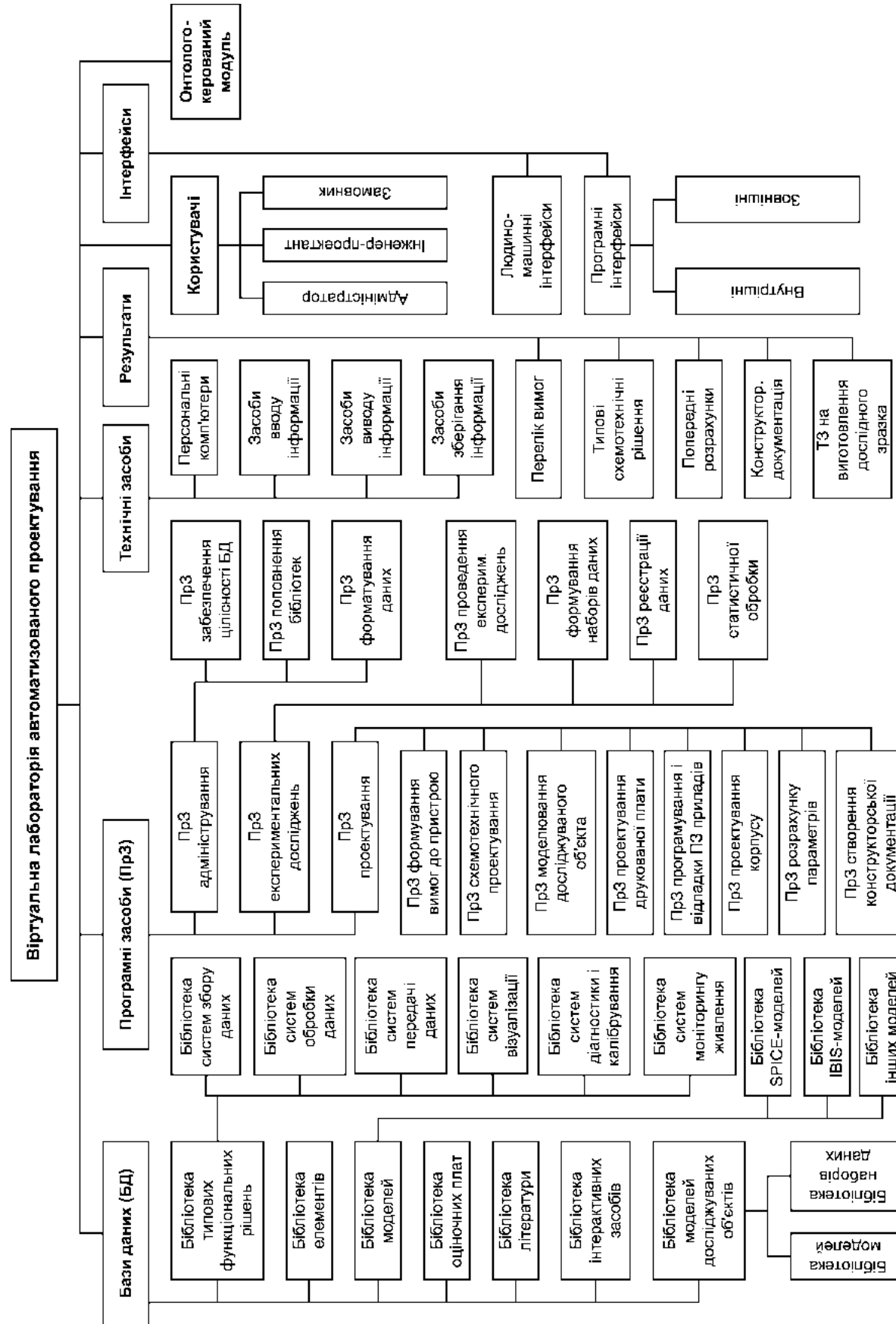


Рис. 1. Структура віртуальної лабораторії автоматизованого проектування

ВЛАП складається з трьох основних елементів: бази даних, програмні і технічні засоби.

Бази даних містять всю інформацію, яка використовується для проектування приладів. В свою чергу, бази даних поділяються на наступні бібліотеки [2]:

1) *Бібліотека типових функціональних рішень*, яка включає типові функціональні рішення для різних систем, наприклад, системи збору даних, системи обробки даних, системи передачі даних, системи візуалізації, системи діагностики і калібрування, системи моніторингу електроживлення тощо.

2) *Бібліотека мікроелектронних компонентів*, яка містить розширену інформацію про мікроелектронні компоненти різних виробників і їхні параметри.

3) *Бібліотека моделей мікроелектронних компонентів*. Дана бібліотека містить моделі мікроелектронних компонентів різних типів, зокрема, SPICE і IBIS моделі та інші.

4) *Бібліотека віртуальних оціночних плат*, яка включає віртуальні оціночні плати [3].

5) *Бібліотека моделей досліджуваних об'єктів* (а саме моделей процесів в медицині, біології, біохімії і в інших галузях). В свою чергу дана бібліотека складається з самих моделей досліджуваних об'єктів і відповідних їм наборів даних (для перевірки коректності роботи моделі). Бібліотека використовується для проведення віртуальних експериментальних досліджень і їх автоматизації.

Програмні засоби ВЛАП використовуються для:

1) Проведення всіх етапів проектування, починаючи від формування переліку вимог до спроектованого приладу і завершуючи створенням комплексу конструкторської документації.

2) Забезпечення нормальної роботи і адміністрування баз даних.

3) Автоматизації експериментальних досліджень.

Таким чином, всі програмні засоби можуть бути поділені на програмні засоби проектування, адміністрування і експериментальних досліджень.

Як вказано вище, програмні засоби проектування використовуються для проведення всіх етапів проектування і включають програмні засоби формування вимог до приладу, схемотехнічного проектування, моделювання досліджуваних об'єктів, проектування друкованих плат, проектування корпусу приладу, розрахунку параметрів приладу, створення конструкторської документації.

Програмні засоби адміністрування використовуються для: підтримання цілісності баз даних з метою забезпечення нормальної і безперебійної роботи системи; поповнення бібліотек, як з мережі Internet, так і з різних носіїв даних; засоби форматування да-

них для переведення їх у формат, зручний для зберігання в базі даних.

Програмні засоби експериментальних досліджень використовуються для автоматизації віртуальних експериментальних досліджень і перевірки робочих гіпотез. Мають в своєму складі безпосередньо самі програмні засоби проведення експериментальних досліджень, програмні засоби формування вхідних даних і реєстрації вихідних, а також блок для обробки зібраних даних.

Програмні засоби складаються з персональних комп'ютерів (серверів і робочих станцій), засобів вводу, виведення і зберігання інформації.

Процес проектування приладів має чітку визначену послідовність і складається з наступних етапів:

1) Формування вимог до параметрів майбутнього приладу (наприклад, точність, надійність, швидкодія, вартість тощо);

2) Вибір моделі досліджуваного об'єкта з бібліотеки моделей досліджуваних об'єктів або створення нової моделі (якщо вона відсутня) і перевірка її достовірності за допомогою наборів еталонних даних, аналітичних формул тощо;

3) Схемотехнічне проектування приладу на основі заданих вимог;

4) Оцінка функціонування спроектованого пристрою і коректності його роботи;

5) Попередній розрахунок параметрів спроектованого пристрою (точність, надійність, швидкодія, вартість тощо) і перевірка їх відповідності заданим вимогам;

6) Проектування друкованої плати і корпусу приладу;

7) Проведення віртуальних експериментальних досліджень, тестів, реєстрація і обробка даних;

8) Виготовлення тестової плати для натурального тестування спроектованого пристрою;

9) Створення конструкторської документації на розроблений прилад.

Якщо в результаті проведення якого-небудь етапу проектування отримано негативні результати, то є можливість повернутися до одного з попередніх етапів. Таким чином, процес проектування і його окремі стадії є ітераційними.

На будь-якому етапі проектування функції взаємодії з користувачем дозволяють вводити і отримувати інформацію в зручній для користувача формі.

Використання ВЛАП можна показати на прикладі розробки портативного приладу для експрес-діагностики пташиного грипу [4], який розробляється в Інституті кібернетики. Узагальнена функціональна схема приладу приведена на рис. 2. Майже всі моделі блоків приладу можуть бути вибрані з відповідних бібліотек ВЛАП.

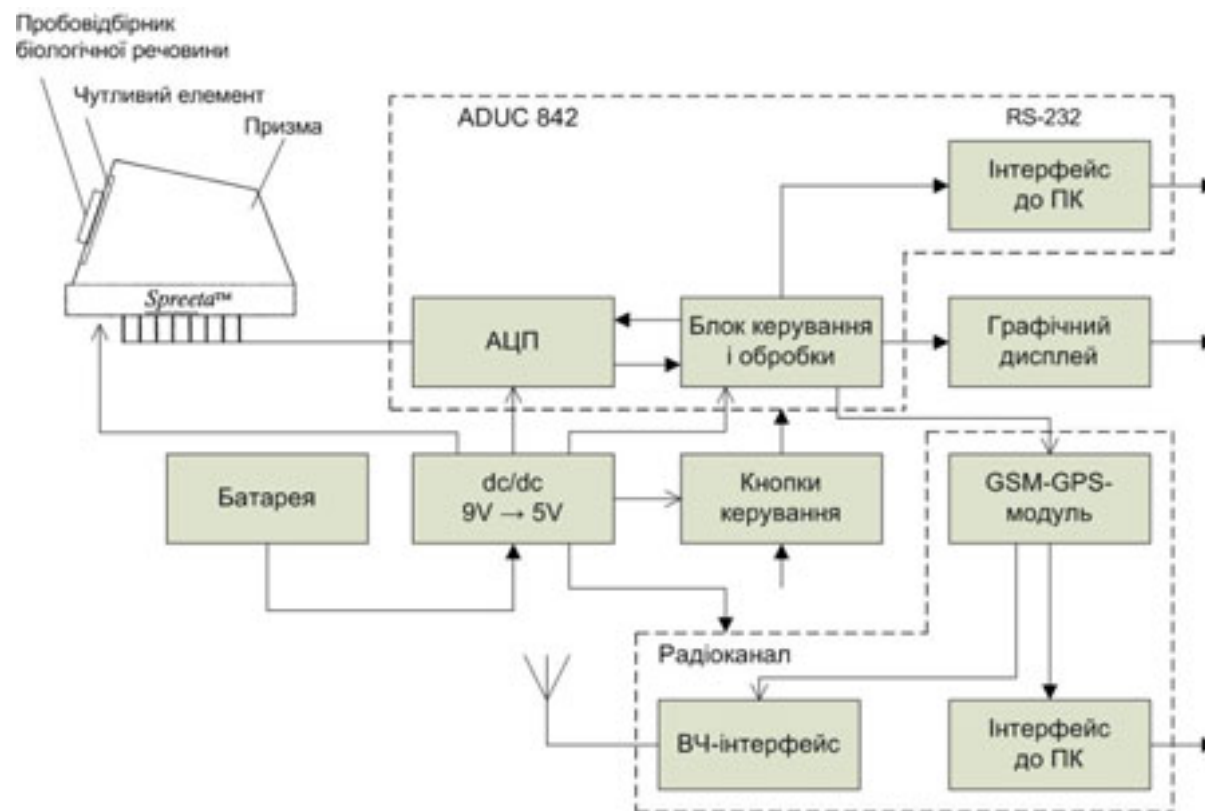


Рис. 2. Структурна схема портативного біосенсору для експрес-діагностики пташиного грипу

Пристрій орієнтовано на експрес-діагностику у польових умовах гострих інфекційних захворювань, в.т.ч. і пташиний грип, і передачі даних радіоканалом з місць епідемій у медичні центри. У пристрої використано ефект поверхневого плазменного резонансу, згідно з яким величина зсуву кривої ППР чи зміна коефіцієнту заломлення пропорційна концентрації антитіл, що містяться у краплі крові хворого птаха, яку нанесено на чутливу поверхню прилада [5]. Чутлива поверхня пристрою покрита шаром аналіту, в якому

містяться спеціальні білки пташиного грипу (антигени). Антитіла хворих птахів взаємодіють з цими білками. Завдяки реакції “антиген-антитіло”, антитіла, якщо вони є у крові птаха, зв’язуються з чутливою поверхнею пристрою, що викликає зсув кривої ППР. Дані про наявність або відсутність антитіл, які отримані за допомогою пристрою у польових умовах, передаються радіоканалом у медичний центр.

Перш за все, звернемо увагу на сенсор “Spreeta” (див. рис. 3).

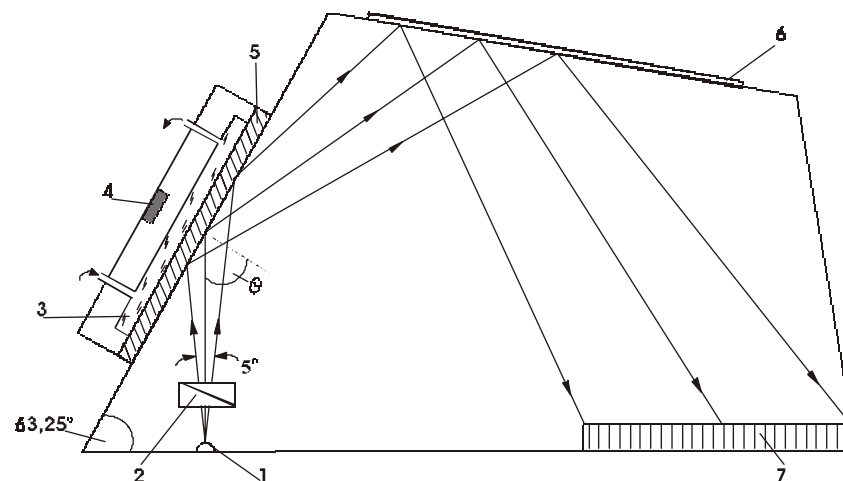


Рис. 3. Оптична схема модуля Spreeta

1 – світлодіод; 2 – поляризатор; 3 – проточна комірка; 4 – термістор; 5 – чутлива поверхня; 6 – дзеркало;
7 – лінійка фотодетекторів

Так як, модель даного сенсора відсутня у відповідній бібліотеці, то нам необхідно створити дану модель і зберегти її у бібліотеці. Збережена модель в подальшому може бути використана для проектування інших подібних приладів або для проведення віртуальних експериментальних досліджень.

Моделі аналогово-цифрового перетворювача та блоку керування і обробки містяться в бібліотеці систем обробки даних. Модель сенсора міститься в бібліотеці систем збору даних, модель графічного дисплея – в бібліотеці систем візуалізації даних, моделі інтерфейсів – в бібліотеці систем передачі даних. На схемі (рис. 2) не показані блок діагностики і калібрування, а також блок живлення приладу. Модель першого можна знайти у бібліотеці систем діагностування і калібрування, а модель другого – в бібліотеці систем моніторингу живлення.

Після вибору з бібліотек всіх моделей необхідно зв'язати відповідні входи і виходи цих моделей. Це дозволяє оцінити працездатність приладу, розрахувати його параметри і перевірити відповідність заданим вимогам. Далі ми можемо спроектувати друковану плату приладу і його корпус за допомогою існуючих програмних пакетів.

ВЛАП дозволяє не тільки спроектувати прилад, але і оптимізувати його параметри. Оптимізацію можна провести, наприклад, при допомозі віртуальних оціночних плат, які є важливою частиною ВЛАП.

Даний портативний прилад працює з двом типами сигналів: аналоговими і цифровими. Спочатку, прилад вимірює аналоговий сигнал і потім перетворює його в цифрову форму за допомогою АЦП. Ми використовуємо віртуальну оціночну плату ADIsimADC™ виробництва Analog Devices, Inc. для оптимізації параметрів швидкодіючих АЦП. Робота цієї плати базується на аналогово-цифровій поведінковій моделі, яка враховує багато з критичних параметрів АЦП: розрядність, зміщення нуля, частоту вибірки, смугу пропускання, тремтіння, затримку, сигнали системного інтерфейсу, лінійність по постійному і змінному струмах тощо.

Використання віртуальних оціночних плат надає наступні переваги:

1) Оцінювання параметрів мікроелектронних компонентів здійснюється без використання складного обладнання і коштовних натурних випробувань;

2) Протягом короткого періоду часу можна оцінити параметри багатьох мікроелектронних компонентів різних виробників і вибрати оптимальний з них, який відповідає заданим вимогам.

Висновки. В статті розглянуто структуру і організацію типової віртуальної лабораторії автоматизованого проектування. Показано її застосування при створенні портативного приладу для експрес-діагностики пташиного грипу.

Література

1. О. Палагин, А. Кургаев Проблемная ориентация в развитии компьютерных архитектур // Кибернетика и системный анализ. – 2003, № 4. – С. 167–180.
2. О. Палагин, В. Романов, А. Годосийчук. Виртуальные лаборатории автоматизированного проектирования компьютерных приборов и систем. // Компьютерные средства, системы и сети. – № 3 (2004). – С. 3-8.
3. Palagin O.V., Galelyuka I.B., Romanov V.O. Virtual boards and their application for designing of biosensor devices //

Тези 12-ої міжнародної конференції з автоматичного управління "Автоматика-2005". Том третій. – Харків, Україна. – 2005, 30 травня–3 червня. – с. 14.

4. Патент України на корисну модель № 18099. Пристрій для експрес-діагностики інфекційних захворювань // Романов В.О., Стародуб М.Ф., Галелюка І.Б., Романова О.В., Стародуб В.М. Бюл. № 10 від 16.10.2006.

5. Платцман Ф. Вольф П. Волны и взаимодействия в плазме твердого тела. – М.: Мир, 1975.

УДК 651.3:678

МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ В ПРОГРАМІ MICROARRAYTOOL ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ ДНК-МІКРОАРРЕЇВ

С.С.Івахно¹, О.І.Корнелюк¹, О.П.Мінцер²

¹Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

²Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика МОЗ України

Мікроаррей-технології або ДНК-чипи дозволяють проводити кількісний аналіз експресії десятків тисяч генів. В даній роботі описана нова програма Microarraytool для аналізу ДНК мікроаррей-даних, яка дозволяє проводити трансформацію та нормалізацію даних, виконувати кластерний аналіз та порівнювати різні експерименти за допомогою статистичного аналізу. Імплементовано такі методи кластерного аналізу: ієрархічний кластерний аналіз; метод кластеризації k-середніх; карти ознак, що самоорганізуються (SOM) та SOTA-кластеризація. Проведено тестування алгоритмів для кластерного аналізу для мікроаррей-даних Стенфордської бази даних з експресії первинних фібробластів людини для 8613 індивідуальних генів на різних часових проміжках після стимуляції. Аналіз даних показав коректне виконання алгоритмів, імплементованих в програмі Microarraytool.

Ключові слова: ДНК-мікроарреї; біоінформатика; кластерний аналіз.

МЕТОДЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ПРОГРАММЕ MICROARRAYTOOL ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДНК-МИКРОАРРЕЕВ

С.С.Ивахно¹, А.И.Корнелюк¹, О.П.Минцер²

¹Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины

²Национальная медицинская академия последипломного образования
имени П.Л.Шупика МЗ Украины

Микроаррей-технологии или ДНК-чипы позволяют проводить количественный анализ экспрессии десятков тысяч генов. В данной работе описана новая программа Microarraytool для анализа ДНК микроаррей-данных, которая позволяет проводить трансформацию и нормализацию данных, выполнять кластерный анализ и сравнивать разные эксперименты с помощью статистического анализа. В программе имплементированы такие методы кластерного анализа: иерархический кластерный анализ, метод кластеризации k-средних, карты самоорганизующихся признаков (SOM) и SOTA-кластеризация. Проведено тестирование алгоритмов кластерного анализа для микроаррей-данных Стэнфордской базы данных по экспрессии первичных фибробластов человека для 8613 индивидуальных генов на разных временных промежутках после стимуляции. Анализ данных показал корректное выполнение алгоритмов, имплементированных в программе Microarraytool.

Ключевые слова: ДНК-микроарреи; биоинформатика; кластерный анализ.

CLUSTERING METHODS IMPLEMENTED INTO MICROARRAYTOOL PROGRAM FOR ANALYSIS OF DNA MICROARRAY DATA

S.S.Ivachno¹, A.I.Kornelyuk¹, O.P.Mintser²

¹Institute of Molecular Biology and Genetics of National Academy of Sciences of Ukraine

²National Medical Academy of Post-Graduate Education by P.L.Shupyk of Ministry of
Public Health of Ukraine

Microarray technologies (DNA chips) allow to perform a quantitative analysis of expression of ten thousands genes. In this work a novel Microarraytool program was developed which allows to perform the cluster analysis and to compare the different experiments data by statistical analysis. Several clustering algorithms have been implemented into Microarraytool program: hierarchical clustering, k-means clustering, self-organizing maps (SOM) algorithm and self-organizing tree maps (SOTA) algorithm. The testing of these algorithms was performed using the Stanford Microarray Database for expression of 8613 individual genes in human fibroblasts after stimulation. The testing procedure revealed a correct performance of these algorithms implemented into Microarraytool program.

Key words: DNA microarrays, bioinformatics, clustering analysis.

У С.С.Івахно¹, О.І.Корнелюк¹, О.П.Мінцер²

Мікроарреї (microarrays) або ДНК-чипи є новим напрямком молекулярно-біологічних досліджень, який орієнтований на інтегральне вивчення експресії геному. Ця новітня технологія дозволяє проводити детекцію, ідентифікацію та кількісний аналіз експресії десятків тисяч генів [1]. В експерименті досліджується гібридизація мічених флуоресцентними барвниками молекул РНК, виділених з клітин, до ДНК-мішеней на поверхні ДНК-чипа (рис. 1). На наступному етапі проводиться детекція флуоресценції з кожної точки (окремої ДНК-мішені), причому рівні інтен-

сивностей залежать від комплементарності молекул ДНК до РНК-проб. Оскільки кожна точка на поверхні ДНК-чипа має генну анотацію, інтенсивність флуоресценції після зв'язування з відповідною РНК-пробою інтерпретується як рівень експресії специфічної мРНК. Мікроаррей-технології знайшли широке використання в аналізі диференційної генної експресії [2], детекції однонуклеотидного поліморфізму [3], генотипуванні [6], вивченні екзон-інтронної будови генів [7], філогенетичному аналізі [8], ідентифікації маркерів пухлин [9] та інших застосуваннях [8-10].

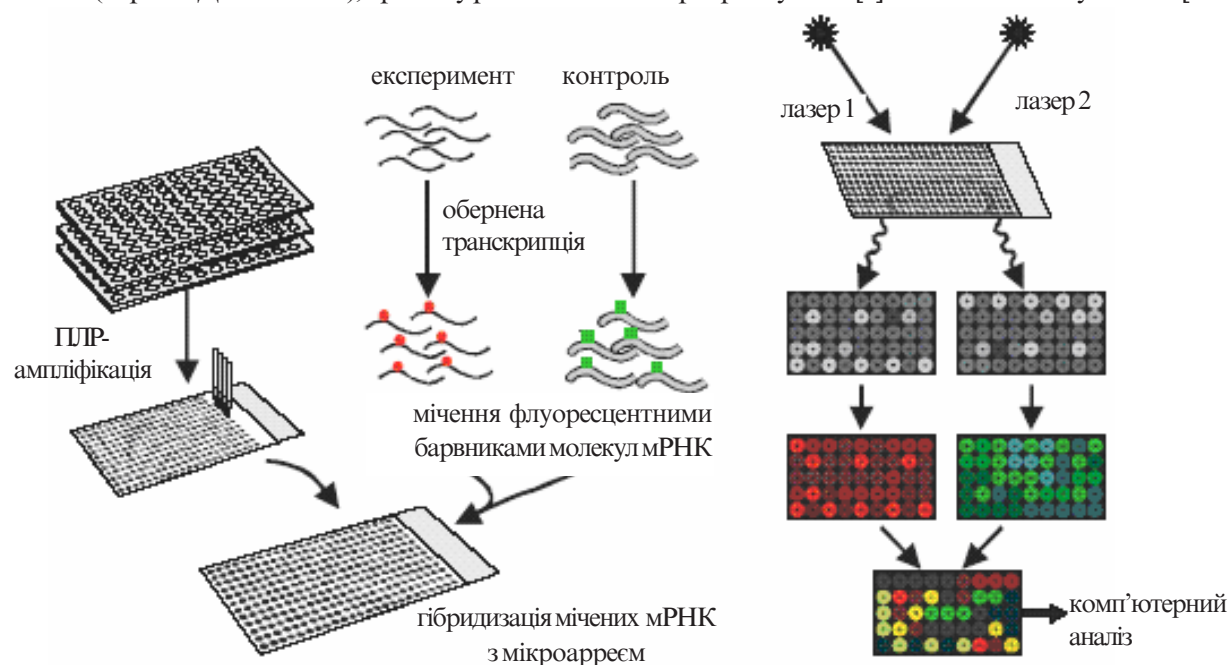


Рис 1. Схема кДНК мікроаррей-експерименту. кДНК наносяться на мікроскопічний слайд, потім кДНК гібридизується з пулом молекул мРНК, мічених флуоресцентними барвниками. Після гібридизації слайд сканується двома лазерами, отримані знімки використовуються в подальшому аналізі.

На даний момент розроблено кілька програм для аналізу мікроаррей-даних, що використовують різноманітні методи нормалізації та кластеризації. Більшість алгоритмів для аналізу мікроарреїв були запозичені з математичних розробок в інших областях знань, передусім, економіки та інженерії [11]. Ці алгоритми, як правило, розроблені для аналізу даних із невеликою кількістю елементів (не більше 1 000), хоча стандартний мікроаррей містить десятки тисяч генів.

Метою даної роботи є розробка нової програми Microarraytool для аналізу

мікроаррей-даних, що використовує адаптовані варіанти алгоритмів нормалізації та кластеризації. Серія адаптацій програмного коду алгоритмів дозволяє прискорити їх виконання і, таким чином, робить можливим аналіз з великою кількістю елементів.

Матеріали і методи. Трансформація мікроаррей-даних. В програмі Microarraytool використані кілька методів трансформації мікроаррей-даних, які можуть бути застосовані перед статистичною обробкою експериментальних даних. Використовується логарифмічна трансформація, оскільки результати експериментів представляються у вигляді пропорцій флуоресцентних барвників. Крім того, використовуються центрування за середнім чи медіаною, поділ на середнє квадратичне чи дисперсію, дискретизація даних.

Методи обчислення відстаней для алгоритмів кластеризації. Всі кластерні алгоритми використовують методи обчислення відстаней між генними векторами для порівняння рівнів генної експресії. В програмі Microarraytool застосовані наступні мето-

ди: кореляційний коефіцієнт Персона, нецентрований коефіцієнт Персона, ступеневий кореляційний коефіцієнт Персона, косинусний кореляційний коефіцієнт, кодисперсія, евклідова відстань, манхеттенська відстань та непараметрична кореляція Спермана.

Кластерний аналіз. Кластерний аналіз може бути визначений як процес розподілу набору об'єктів в окремі підмножини на основі їхньої подібності [12]. Метою аналізу є отримання кластерів, які, з одного боку, максимізують міжкластерну варіабельність, а з іншого – мінімізують внутрішньокластерну відстань. Отже, метою є знаходження набору генів, що мають схожі між собою рівні експресії та максимально відрізняються від рівнів експресії інших генів. В програмі Microarraytool імплементовано кілька різних методи кластерного аналізу.

1. Ієрархічний кластерний аналіз. Цей метод кластеризації трансформує матрицю відстаней в ієрархію вкладених підмножин. Ієрархія може бути представлена деревоподібною дендрограмою, в якій кожний кластер вкладений в інший кластер. В Microarraytool було імплементовано агломеративний кластерний аналіз. Агломеративний кластерний аналіз виконується в наступному порядку: 1). Спершу обчислюється відстань між усіма об'єктами і будується матриця відстаней. Кожний об'єкт представляє кластер, що містить лише його самого. 2). На наступному етапі знаходяться два кластери з мінімальною відстанню один від одного, які потім об'єднуються і замінюються одним кластером. Ці процедури повторюються, доки загальне число кластерів не буде дорівнювати одиниці.

2. Метод кластеризації k-середніх. Метод кластеризації k-середніх – це ітеративне обчислення двох параметрів: параметра централізованості для кожного кластера та параметра розподілу всіх вхідних векторів в кластери. Алгоритм k-середніх складається з двох ітеративних фаз: переміщення вхідних векторів до кластерів, які є найближчими до них; та обчислення нових центрів кластерів відповідно до параметра централізованості. Основою методу кластеризації k-середніх є мінімізація функції оптимізації для всіх кластерів. Алгоритм складається з наступних кроків: включення кожного вектора x_i з X в один з k кластерів, обчислення середнього для кожного з k кластерів, обчислення відстаней між кожним вектором і середнім значенням кожного кластера та переміщення вектора до кластера, що має найближче до нього середнє значення.

Алгоритм кластеризації k-середніх є дуже ефективним для аналізу великого набору даних. Інша пе-

ревага алгоритму k-середніх – незначні вимоги до комп'ютерної пам'яті, оскільки алгоритм не використовує матрицю відстаней. Кластери, що будуються алгоритмом k-середніх, мають, як правило, колоподібну форму.

3. Карти ознак, що самоорганізуються (Self-Organizing Maps). Однією з найбільш уживаних моделей нейронних сіток для кластерного аналізу є карти ознак, що самоорганізуються (SOM, Self-Organizing Maps) [13]. SOM є методом зменшення вимірності простору, який направляє вхідні дані з багатовимірного простору в вихідні дані меншої вимірності [14]. Як і інші нейронні сітки SOM складається з нейронів, що розміщені в регулярному, звичайно одно- чи двовимірному просторі [15]. Кожний нейрон i сітки SOM репрезентується n -вимірним референтним вектором, де n дорівнює числу вимірів вхідних векторів. Нейрони сітки приєднані до інших нейронів сусідніми зв'язками, які визначають організацію сітки. SOM виконується в наступному порядку: на першому етапі проводиться ініціалізація. Далі проводиться фаза тренування, коли на кожному кроці тренування один вхідний вектор x вибирається випадково з вхідних даних і обчислюється відстань між ним та всіма референтними векторами, що формують сітку SOM. Параметр навчання – це функція часу, яка змінюється в процесі виконання SOM-алгоритму. Найчастіше параметр навчання лінійно зменшується з часом t . Фаза тренування закінчується після визначеного числа ітерацій. Важливою перевагою SOM є те, що вона може використовуватися навіть при відсутності значень в елементах векторів генної експресії. На наступному етапі проводиться кластеризація. Алгоритм SOM розподіляє вхідні дані у випуклі регіони Вороного, кожний з яких відповідає одній одиниці (вектору) сітки SOM. Регіон Вороного V_i визначається як множина усіх векторів x , до яких референтний вектор x є найближчим:

$$V_i = \{ x \mid \|m_i - x\| < \|m_j - x\|, i \neq j \}.$$

Це означає, що вхідні вектори можна кластеризувати відповідно до їхніх регіонів Вороного. Кожний регіон Вороного, таким чином, відповідає одному кластеру, що складається з подібних між собою вхідних векторів. Отже, число кластерів має бути визначене перед початком роботи алгоритму, оскільки воно залежить лише від кількості нейронів у сітці SOM. Можна використовувати декілька експериментальних ітерацій алгоритму SOM для встановлення оптимального набору параметрів, а потім застосувати їх на кінцевій ітерації алгоритму. Оскільки чис-

ло циклів у фазі тренування вибирається користувачем, для отримання надійних результатів необхідно як мінімум 100 ітерацій.

4. SOTA-кластеризація. Алгоритм SOTA (Self-Organizing Tree Maps) – це нейронна сітка, яка в процесі росту приймає топологію бінарного дерева [16-18]. Алгоритм SOTA базується на сітках SOM, але має декілька інновацій, які роблять його привабливішим для кластерного аналізу. Стандартний алгоритм SOM присвоює вхідні дані складного багатовимірного простору вихідним даним, що складаються з невеликої кількості кластерів. У випадку SOM вихідні дані представлені сіткою у двовимірному просторі, у випадку SOTA вихідні дані складають бінарне дерево варіабельної структури, що змінюється залежно від типу вхідних даних. Як і SOM, референтні вектори в SOTA складаються з n елементів, число яких дорівнює числу елементів у вхідних векторах. Фаза тренування, однак, починається лише з одного вектора, який розподіляється на два, якщо гетерогенність його елементів перевищує встановлений максимальний параметр гетерогенності. Тренування призупиняється, коли зміни показника між двома послідовними ітераціями стають меншими від встановленого скаляра. Перевагою SOTA перед SOM є динамічна репрезентація вихідних векторів, що дозволяє більш точно кластеризувати вхідні дані генної експресії.

Інструменти програмування. Java (Sun Microsystems) був вибраний як мова програмування. Для розробки програми Microarraytool використовувався інтегрований простір для розробки програм Jbuilder (Borland Inc.). Технологія Java є одночасно мовою програмування і платформою. В Java програма спочатку компілюється в перехідну мову Java-байткодів, яка є платформно незалежною і легко інтерпретується Java-платформою. Java-платформа є програмною платформою, яка виконується на інших комп'ютерних платформах (Windows, Linux, iMac та інші). Платформа Java складається з двох компонентів – віртуальної машини Java (Java Virtual Machine, Java VM) та Java-інтерфейсу розробки програм (Java Application Programming Interface, Java API).

Результати та обговорення. Розроблена нова програма Microarraytool для аналізу мікроаррей-даних, яка використовує адаптовані варіанти алгоритмів нормалізації та кластеризації, що дозволяє прискорити їх виконання і робить можливим аналіз з великою кількістю елементів. Ключовим етапом розробки програмного забезпечення є тестування програми та верифікація програмного коду. Для тестування про-

грами Microarraytool ми використали мікроаррей-дані з експресії первинних фібробластів людини, які були стимульовані шляхом вилучення поживного середовища. Експеримент був проведений на кДНК-мікроарреях, що склалися з 9 800 кДНК (8613 індивідуальних генів). Мікроаррей-дані були завантажені з бази даних Стенфордського університету Stanford Microarray Database (США). Дані представлено матрицею генної експресії, що показує відносний рівень експресії генів у часових проміжках 0, 15, 30 хвилин, 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20 годин після вилучення поживного середовища. Референтним вектором у цьому експерименті виступав абсолютний рівень експресії генів у часовому проміжку 0 годин після вилучення поживного середовища. Матриця генної експресії була завантажена в структуру даних програми Microarray. Завантажені мікроаррей-дані були проаналізовані з використанням ієрархічного агломеративного кластерного аналізу, методу кластеризації k -середніх та методу кластерного аналізу карт ознак, що самоорганізуються (SOM). Отримані результати було порівняно для визначення коректності виконання кластерних алгоритмів.

Ієрархічний кластерний аналіз є найбільш поширеним методом для аналізу мікроаррей-даних. Наглядна візуалізація даних, отриманих після кластеризації, є перевагою цього методу. В програму Microarraytool було імплементовано такі методи об'єднання кластерів, як метод найближчого сусіда, метод найвіддаленішого сусіда та метод середнього. Перевагою програми є можливість одночасної кластеризації генів та експериментів. Мікроаррей-експеримент зі стимуляції фібробластів людини аналізувався ієрархічним агломеративним кластерним аналізом з використанням наступних параметрів: 1). кластеризація генів; 2). метод середнього для об'єднання кластерів. Алгоритм ідентифікував 10 кластерів з різним рівнем відмежованості один від одного: кластери 5, 6 виявилися найбільш відмежованими один від одного; кластери 2, 3 – найбільш подібними (рис.2). В той же час аналіз центроїдного графіка цих кластерів показав доречність їхнього розмежування в окремі підмножини. Загалом результат кластеризації підтверджує правильність виконання алгоритма.

Мікроаррей-експеримент зі стимуляції фібробластів людини аналізувався методом k -середніх з використанням наступних параметрів: кількість кластерів – 10; число ітерацій – 50. Кількість кластерів була встановлена з урахуванням попередніх результатів ієрархічного кластерного аналізу. Кількість ітерацій алгоритмів визначалась емпірично шляхом підбору оп-

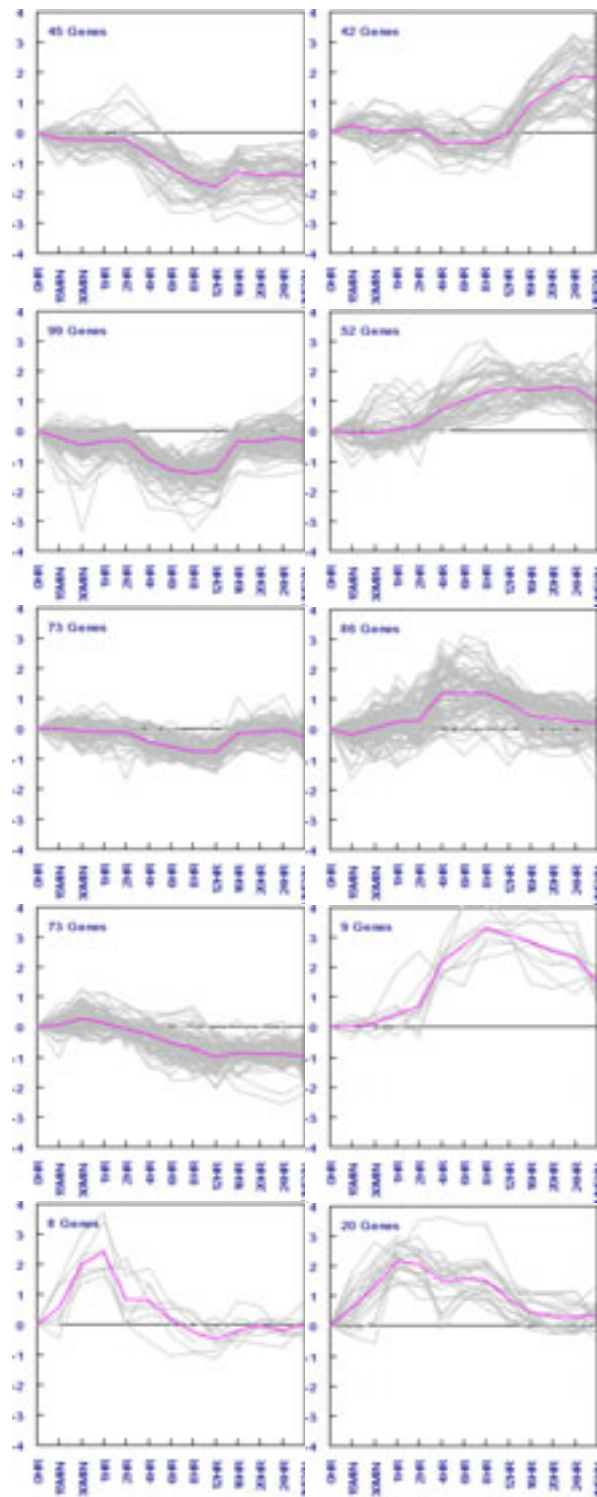


Рис.2. Результати ієрархічного агломеративного кластерного аналізу мікроаррей-даних із стимуляції фібробластів людини. Центроїдні графіки показують розподіл кластерів.

тимального числа ітерацій після повторного виконання алгоритма. Як правило, оптимальність досягалася після 50 ітерацій. Було отримано 10 кластерів, серед яких кластери 5 та 10 виявилися найбільш подібними (рис. 3). В той же час аналіз центроїдного графіка

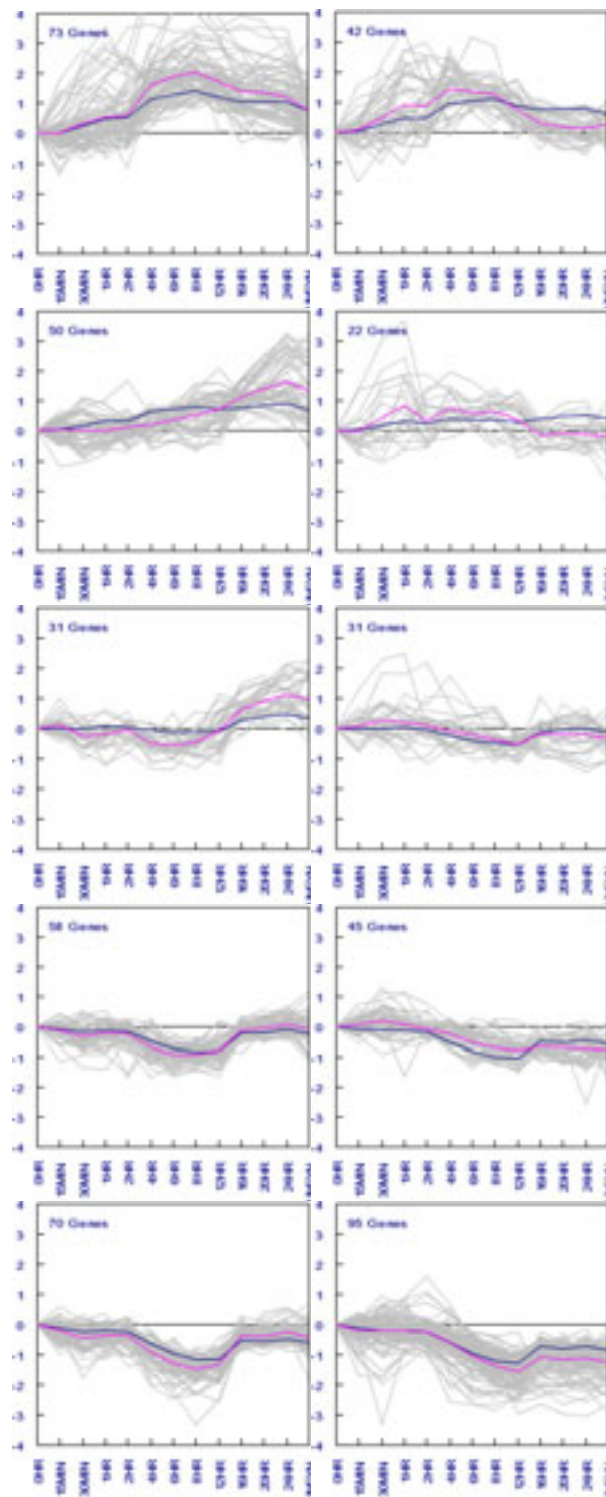


Рис.3. Результати кластерного аналізу мікроаррей-даних із стимуляції фібробластів людини методом k-середніх.

показав більш пониженої експресію для кластера 5, починаючи з 12 години після вилучення поживного середовища. Це спостереження вказує на правильне розмежування кластерів методом k-середніх Microarraytool. Застосовані нами ієрархічний кластер-

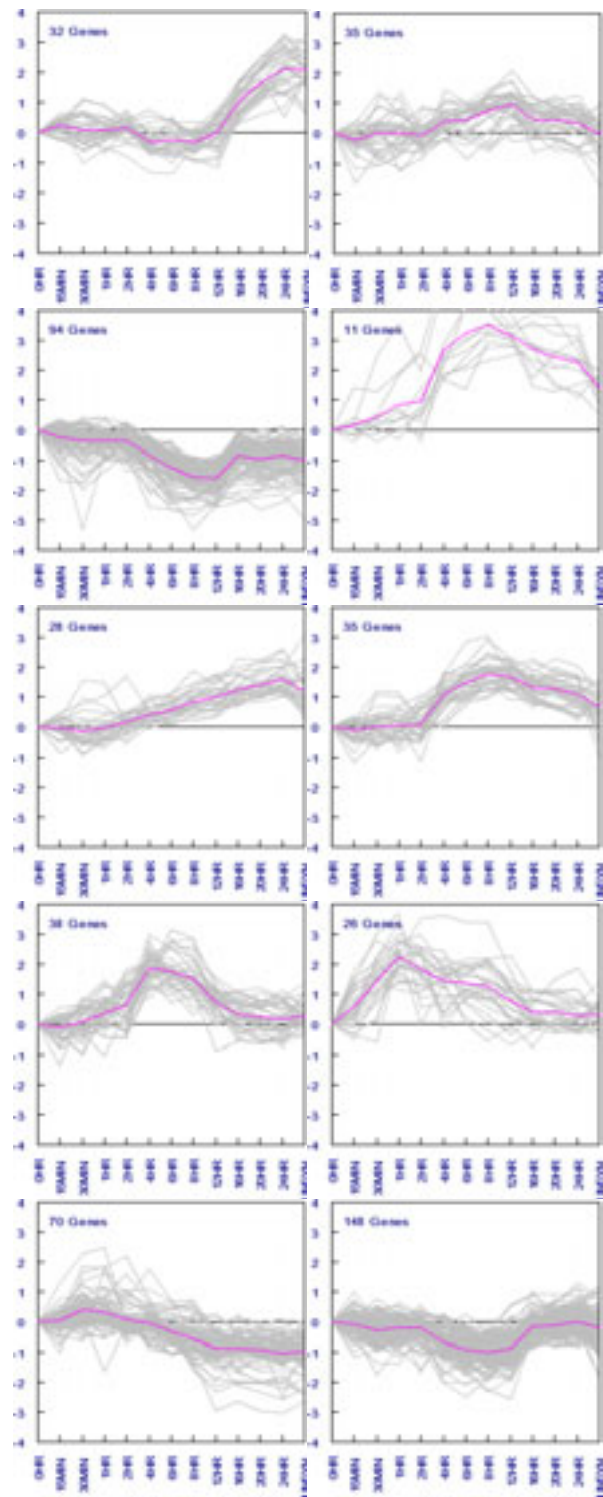


Рис.4. Результати кластерного аналізу мікроаррей-даних із стимуляції фібробластів людини алгоритмом карт ознак, що самоорганізуються (SOM).

ний аналіз та метод k-середніх показали майже однаковий розподіл експресійних профілів по різних кластерах, хоча кількість елементів у кластерах дещо різнилась між двома методами.

Алгоритм кластеризації SOM вимагав більше параметрів для встановлення. Були використані такі параметри: число нейронів на осі x – 5; число нейронів на осі y – 2; кількість ітерацій алгоритму – 2 000; показник тренування $b=0,05$; сусідський радіус – 3; функція сусідів – функція Гауса (нормальний розподіл); топологія сітки SOM – гексагональна; ініціалізація алгоритму – використання випадкових генних величин. Аналіз генної експресії мікроаррей-даних із стимуляції фібробластів алгоритмом SOM показав кластеризацію, подібну до кластеризації методом k-середніх (рис. 4). Центроїди кластерів майже однакові для обох алгоритмів. В той же час кластери мають неоднакову кількість генів: кластер 4 в методі k-середніх має 35 генів, а кластер 1 алгоритму SOM – 73 гени. Останнє є результатом нерівномірного розподілу генів між кластерами. Оскільки алгоритми k-середніх та SOM ініціалізуються випадковими величинами, кожне їх виконання буде давати дещо змінений розподіл кластерів. В той же час, як показує порівняння кластера 2 ієрархічного кластерного аналізу методу k-середніх та кластера 5 алгоритму SOM, вони повністю подібні й мають майже однакову кількість генів – 99, 94 та 70 генів відповідно. Це дозволяє нам зробити висновок, що виконання імплементованих у Microarraytool кластерних алгоритмів є правильним і здатним до відтворення результатів.

Отже, в даній роботі розроблена програма Microarraytool для аналізу ДНК мікроаррей-даних. Програма дозволяє проводити трансформацію та нормалізацію даних, виконувати кластерний аналіз та порівнювати різні експерименти за допомогою статистичного аналізу. Імплементовано такі методи кластерного аналізу: ієрархічний кластерний аналіз; метод кластеризації k-середніх; карти ознак, що самоорганізуються (SOM) та SOTA-кластеризація.

Проведено тестування алгоритмів для кластерного аналізу для мікроаррей-даних з експресії первинних фібробластів людини, які показували рівень експресії для 8613 індивідуальних генів на різних часових проміжках після стимуляції фібробластів. Аналіз даних показав коректне виконання алгоритмів, імплементованих в програмі Microarraytool.

Література

1. Baldi P., Hatfield G.W. DNA Microarrays and gene expression: From experiments to data analysis modeling. – Cambridge University Press, 2002.
2. Soares M.B. Identification and cloning of differentially expressed genes // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 1997. – V. 8. – № 5. – P. 542–546.
3. Campbell A.M., Heyer L.J. Discovering genomics, proteomics, and bioinformatics. – CSHL Press, 2003.
4. Zhang N., Tan H., Yeung E.S. Automated and integrated system for highthroughput DNA genotyping directly from blood // *Anal. Chem.* – 1999. – V. 71. – P. 1138–1145.
5. Raitio M., Lindroos K., Laukkanen M. et al. Y-chromosomal SNPs in Finno-Ugric-speaking populations analyzed by minisequencing on microarrays // *Genome Res.* – 2001. – V. 11. – № 3. – P. 471–482.
6. Behr M.A., Wilson M.A. Comparative genomics of BCG vaccines by whole-genome DNA microarray // *Science.* – 1999. – V. 284. – P. 1520–1523.
7. Khan J., Saal L.H., Bittner M.L. et al. 1999. Expression profiling in cancer using cDNA microarrays // *Electrophoresis.* – 1999. – V. 20. – № 2. – P. 223–229.
8. Івахно С., Корнелюк О. Мікроареї: огляд технологій та аналіз даних // *Укр. біохім. журн.* – 2004. – Т. 76, № 2. – С. 5-19.
9. Heller M.J. DNA Microarray Technology: Devices, Systems, and Applications // *Annu. Rev. Biomed. Eng.* – 2002. – V. 4. – P. 129–153.
10. Zanders E.D. Gene expression analysis as an aid to the identification of drug targets // *Pharmacogenomics.* – 2000. – V. 1. – № 4. – P. 375–384.
11. Jain A.K., Murty M.N., Flynn P.J. Data clustering: A review // *ACM Computing Surveys.* – 1999. – V. 31. – № 3. – P. 264–323.
12. Jain A. K., Dubes R.C. Algorithms for Clustering Data. Prentice Hall Advanced Reference Series. Prentice Hall, New Jersey, 1988.
13. Toronen P., Kolehmainen M., Wong G. et al. Analysis of gene expression data using self-organizing maps // *FEBS Letters.* – 1999. – V. 451. – P. 142–146.
14. Dopazo J., Carazo J.M. Phylogenetic reconstruction using a growing neural network that adopts the topology of a phylogenetic tree // *J. Mol. Evol.* – 1997. – V. 44. – P. 226–233.
15. Fritzke B. Growing cell structures—a self-organizing network for unsupervised and supervised learning // *Neural Networks.* – 1994. – V. 7. – P. 1141–1160.
16. Dopazo J., Carazo J.M. Phylogenetic reconstruction using a growing neural network that adopts the topology of a phylogenetic tree // *J. Mol. Evol.* – 1997. – V. 44. – P. 226–233.
17. Fritzke B. Growing cell structures—a self-organizing network for unsupervised and supervised learning // *Neural Networks.* – 1994. – V. 7. – P. 1141–1160.
18. Herrero J., Valencia A., Dopazo J. A hierarchical unsupervised growing neural network for clustering gene expression patterns // *Bioinformatics.* – 2001. – V. 17. – № 2. – P. 126–136.

УДК 796.072.2

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ЛЮДИНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РІВНЯ АДАПТОВАНOSTІ ДО НАПРУЖЕНОЇ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Г.В. Коробейніков, О.К. Дудник
george651@mail.ru

Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту

Вивчався вплив напруженої м'язової діяльності на особливості формування психофізіологічних станів людини. Виявлено, що психофізіологічний стан у досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності характеризується наявністю більш детермінованого характеру організації системи переробки інформації і системи вегетативної регуляції ритму серця, порівняно з особами середнього рівня адаптивності.

Ключові слова: психофізіологічний стан, напружена м'язова діяльність, інформаційний аналіз, система переробки інформації, система регуляції ритму серця

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ АДАПТИВНОСТИ К НАПРЯЖЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Г.В. Коробейников, А.К. Дудник

Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта

Изучалось влияние напряженной мышечной деятельности на особенности формирования психофизиологических состояний человека. Выявлено, что психофизиологическое состояние у обследуемых с высоким уровнем адаптации к напряженной мышечной деятельности характеризуется наличием более детерминированного характера организации системы переработки информации и системы вегетативной регуляции ритма сердца по сравнению с лицами среднего уровня адаптивности.

Ключевые слова: психофизиологическое состояние, напряженная мышечная деятельность, информационный анализ, система переработки информации, система регуляции ритма сердца

FUNCTIONAL ORGANIZATION OF HUMAN PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATES WITH RELATION OF ADAPTATION LEVEL TO STRAIN MUSCULAR ACTIVITY

G.V. Korobeynikov, A.K. Dudnik

State research scientific institute of physical culture and sport

The influence of strain muscular activity to forming of human psychophysiological states was studied. The results are showed that psychophysiological states in human with higher adaptation level to strain muscular activity are characterized of more determined organization of information processing system and system of heart rate regulation for concerning of human with simple adaptation level.

Key words: psychophysiological states, strain muscular activity, informational analysis, information processing system, system of heart rate regulation

Вступ. Фізична діяльність людини характеризується активним залученням різних м'язових груп у формування рухових функцій і системи позитивного пристосувального результату [1,2]. Умовою будь-якого виду фізичної діяльності є фізичне навантаження. В умовах різних видів екстремальної фізичної діяльності, зокре-

ма сучасної спортивної діяльності, виявляється, що потужним керуючим впливом на ефективність виконуваної роботи є стан психоемоційної сфери людини [3,4].

Враховуючи, що провідною ланкою формування психоемоційних реакцій в умовах екстремальних видів діяльності людини є саме нейродинамічні та

© Г.В. Коробейніков, О.К. Дудник

психофізіологічні функції, слід очікувати зв'язок між рівнем психофізіологічного стану та ступенем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Відомо, що функціональний стан людини в умовах напруженої м'язової діяльності складається з різних складових. Сучасний професійний та олімпійський спорт, як з один з різновидів екстремальних видів діяльності людини, характеризується високою інтенсивністю фізичних навантажень, підвищеними вимогами до системи вегетативного енергозабезпечення, координаційних здібностей та психоемоційного настрою [5,6].

Аналіз сучасних досліджень в галузі фізіології спорту та спортивної медицини свідчить що більшість робіт присвячених спортивній тематиці стосуються окремих характеристик функціонального стану спортсменів в різних умовах тренувальної та змагальної діяльності [2,6,7].

Однак, на нашу думку, серед багатьох досліджень відсутні інтегральні критерії функціонального, і, зокрема, психофізіологічного стану спортсменів за результатами комплексної оцінки.

Метою роботи було вивчення зв'язку між рівнем психофізіологічного стану людини та ступенем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Матеріали і методи дослідження. Для вивчення особливостей формування функціональної організації психофізіологічних станів людини в умовах напруженої м'язової діяльності було досліджено дві групи спортсменів з різним ступенем рівня адаптації до фізичних навантажень.

Перша група – з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності: 27 спортсмени високої

кваліфікації, членів збірної команди України з греко-римської боротьби, віком 18-25 років.

Друга група – з середнім рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності: 24 спортсмени середньої кваліфікації які спеціалізуються у греко-римській боротьбі, вихованці та випускники спеціалізованого спортивного ліцею, віком 16-22 років.

Психофізіологічний стан оцінювався за допомогою комп'ютерної системи „Діагност -1” [8], за показниками латентного періоду простої та складної зорово-моторної реакції, часу моторної реакції та часу центральної обробки інформації, коефіцієнту варіації латентного часу реакції.

Крім того, досліджувалась вегетативна регуляція за показниками статистичного аналізу варіабельності ритму серця. Для цієї мети використовувалась комп'ютерна система «Кардіо+». Реєструвались параметри вегетативної регуляції кардіоінтервалів за результатами спектрального аналізу.

Статистичний аналіз проводився за допомогою програмного пакету Statgraphics 5.1 (Manugistics, Inc.). У зв'язку із тим, що обстежувана вибірка не підпадає під нормальний розподіл за показниками які вивчалися, було застосовано методи непараметричної статистики за допомогою критерію знакових рангових сум Вілкоксона [9]. Для демонстрації розподілу даних використовували інтерквартильний розмах, вказуючи першу квартиль (25% перцентиль) та третю квартиль (75%).

Результати досліджень та їх обговорення

В табл. 1 наведено результати сенсомоторних реакцій у досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Таблиця 1. Значення сенсомоторних реакцій у досліджених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній квартиль)

Показники	Рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності	
	Високий n=27	Середній n=24
Латентний період простої зорово-моторної реакції (мс)	278,21 246,75; 312	246,135 229,8; 286,44
Коефіцієнт варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції, %	21,12 16,47; 29	30,115* 24,33; 36,49
Час моторної реакції, мс	114,215 99,62; 142	189,62* 164,84; 228,46
Латентний період складної зорово-моторної реакції вибору двох із трьох подразників (мс)	428,33 388,61; 482	447,465* 413,98; 492,68
Коефіцієнт варіації складної зорово-моторної реакції, %	15,26 12,86; 19	16,945 16,49; 20,88
Час моторної реакції, мс	121 108,32; 146	204,415* 188,16; 232,97
Час центральної обробки інформації, мс	146,57 127,86; 185	201,165* 177,47; 220,02

Примітка: *- $p < 0,05$, порівняно із групою досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Аналіз табл. 1 свідчить про наявність відмінностей між параметрами сенсомоторних реакцій між двома групами досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності. За значеннями латентного періоду простої зорово-моторної реакції між дослідженими не виявлено достовірної різниці. Однак, за часом моторної реакції спостерігаються достовірно вищі значення у осіб із середнім рівнем адаптації до м'язової діяльності (табл. 1). Це свідчить про кращі можливості моторної ланки сенсомоторного реагування у групи людей із високим рівнем адаптаційних можливостей. Одночасно спостерігаються також кращі значення точності простої сенсомоторної реакції в цій групі обстежених, про що свідчать достовірно знижені значення коефіцієнту варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції (табл. 1).

За показниками складної сенсомоторної реакції кращі значення виявилися у осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (табл. 1). Розгляд двох компонентів складної сенсомоторної реакції: час моторної реакції та час центральної обробки інформації свідчить про більш уповільнені реакції у обстежених із середнім рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності. Отримані результати свідчать про покращання можливостей сприйняття та переробки інформації при зростанні рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності, за рахунок активації моторної та центральної ланки сенсомоторних реакцій.

В табл. 2 представлено значення показників вегетативної регуляції ритму у досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Таблиця 2. Значення показників вегетативної регуляції ритму серця у досліджених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній квартиль)

Показники	Рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності	
	Високий n=27	Середній n=24
Середня тривалість RR- інтервалів, с	0,86 0,74; 0,98	0,94 0,83; 1,08
Середнє квадратичне відхилення RR- інтервалів, с	0,08 0,05; 0,15	0,05* 0,03; 0,07
Мода RR- інтервалів, с	0,75 0,65; 1	0,94* 0,79; 1,06
Амплітуда моди RR- інтервалів, %	31,99 24,84; 48,05	11,5* 9; 15,4
Варіаційний розмах RR- інтервалів, с	0,42 0,25; 0,84	0,25* 0,17; 0,38
Індекс напруження, ум.од.	39,02 21,07; 83,12	81,60* 39,69; 183,00

Примітка: *-p<0,05, порівняно із групою досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Аналіз табл. 2 свідчить, що практично за всіма показниками вегетативної регуляції ритму серця між групами обстежених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності виявляються достовірні різниці. Встановлено, що у осіб із високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності значення моди RR-інтервалів достовірно нижче, ніж у групі осіб із середнім рівнем адаптації (табл. 2). Більші значення середнього квадратичного відхилення та варіаційного розмаху у осіб із високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності свідчить про посилення вагусного впливу на систему регуляції ритму серця (табл. 2). Достовірно знижені значення амплітуди моди RR-інтервалів у осіб, які мають середній рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності свідчать про послаблення симпатичного тону-

су на систему регуляції ритму серця (табл. 2). Достовірно високе значення індексу напруження у осіб із середнім рівнем адаптації вказує на пониження ступеня централізації регуляторних механізмів ритму серця в умовах адаптації до напруженої м'язової діяльності (табл.2).

В табл. 3 представлено значення показників спектрального аналізу серцевого ритму у досліджених, які мають різний рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності. У досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності виявляються достовірно знижені значення показників низькочастотного спектра, як VLF так і LF (табл. 3). Це вказує на послаблення симпатичної активації вегетативної регуляції ритму серця при зростанні рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності. Достовірно знижені

Таблиця 3. Значення показників спектрального аналізу серцевого ритму у досліджених з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (медіана, верхній і нижній кuartиль)

Показники	Рівень адаптації до напруженої м'язової діяльності	
	Високий n=27	Середній n=24
Дуже низькочастотний спектр, мс ² (VLF)	919 431; 246	1853 681; 3190
Низькочастотний спектр, мс ² (LF)	1059 521; 1759	1983 1547; 3090
Високочастотний спектр, мс ² (HF)	619,5 434; 874	932 750; 1154
Відношення LF/HF	1,83 0,94; 3,74	2,25 1,37; 3,61

Примітка: * - $p < 0,05$, порівняно із групою досліджених з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

значення високочастотного спектра ритму серця (HF) вказують на послаблення парасимпатичної активації системи вегетативної регуляції у осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності (табл. 3). Зниження параметрів низькочастотного спектра у осіб з високим рівнем адаптації до фізичної діяльності узгоджується із динамікою відношення низькочастотної до високочастотної (LH/HF).

Отримані результати свідчать про збалансованість механізмів вагусно-симпатичного тону у людини в умовах зростання рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності. При цьому, спостерігається одночасне уповільнення активації симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи, що відображає результат адаптації до напруженої м'язової діяльності.

У деяких роботах стверджується, що основним наслідком адаптації організму людини до напруженої м'язової діяльності є наявність механізму економізації функціонування фізіологічних систем [2,6,7,10]. Зокрема, на рівні вегетативної регуляції цей механізм виявляється у послабленні симпатичного та посиленні вагусного впливу на систему регуляції ритму серця [10,11]. Іншими словами, вказується на наявність автономізації системи вегетативної регуляції ритму серця. Однак, у проведених дослідженнях виявлено ознаки послаблення як симпатичного так і парасимпатичного тону на систему вегетативної регуляції ритму серця в умовах зростання рівня адаптації до напруженої м'язової діяльності. Для вивчення даного механізму нами було проведено математичне моделювання процесу адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Апріорі нами було визначено, що процес адаптації до напруженої м'язової діяльності є дискретним, який складається з ряду відповідних фізіологічних та психофізіологічних станів організму людини. Психофізіо-

логічний стан людини – це цілісна інтегральна характеристика діяльності всіх елементів, які приймають участь у в даному психічному та психофізіологічному акті, це процеси регуляції, які забезпечують свідому діяльність людини [12]. Фактично, психофізіологічний стан є одним з випадків функціонального стану, точніше – функціональний стан психофізіологічних функцій.

Для визначення відповідного психофізіологічного стану у осіб з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності було застосовано аналіз кількісної оцінки інформації, як відображення психофізіологічного стану людини. Визначалася максимальна ентропія (за С. Shannon [13]), як максимально можлива дезорганізація системи:

$$H_m = \log n, \quad (1)$$

де: H_m – максимальна ентропія;
 n – число станів системи.

Кількість станів системи в умовах переробки зорової інформації визначається кількістю перероблених стимулів і максимально можливою кількістю варіантів вирішення одного інформаційного стимулу [14]. Якщо розуміти під станом системи деякий момент часу при фіксації інших умов (конфігурація жорстких зв'язків, порогів) можна встановити стан усіх елементів. Число станів важко піддається точному кількісному розрахунку. Однак, введення спрощених припущень дозволяє розраховувати кількісні значення складності для структурних елементів відповідної функціональної системи. Системи, які ми розглядаємо (система переробки інформації та система регуляції ритму серця) є дискретними. Тому, для визначення станів системи може бути використано значення дискретизації відповідних показників: латентного часу реакції та дисперсії кардіоінтервалів.

У випадку функціональної системи переробки інформації стан системи за одиницю обсягу перероблених зорових подразників:

$$n = Lat / 30 \quad (2)$$

де: *Lat* – латентний час реакції, мс;

30 – кількість перероблених зорових подразників.

Для вегетативної регуляції ритму серця стан системи визначається відношенням варіаційного розмаху до середньоквадратичного відхилення кардіоінтервалів:

$$n = \Delta RR / \sigma \quad (3)$$

де: ΔRR – варіаційний розмах кардіоінтервалів ($RR_{max} - RR_{min}$), с;

σ – середньоквадратичне відхилення кардіоінтервалів, с.

Відповідно, до формули, максимальна ентропія визначається:

$$Hm = \log n, \quad (4)$$

де: *Hm* – максимальна ентропія.

На рис. 1 наведено значення максимальної ентропії (*Hm*) системи переробки інформації та системи вегетативної регуляції ритму серця у осіб з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

Проведений інформаційний аналіз свідчить, що психофізіологічний стан у осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності характеризується

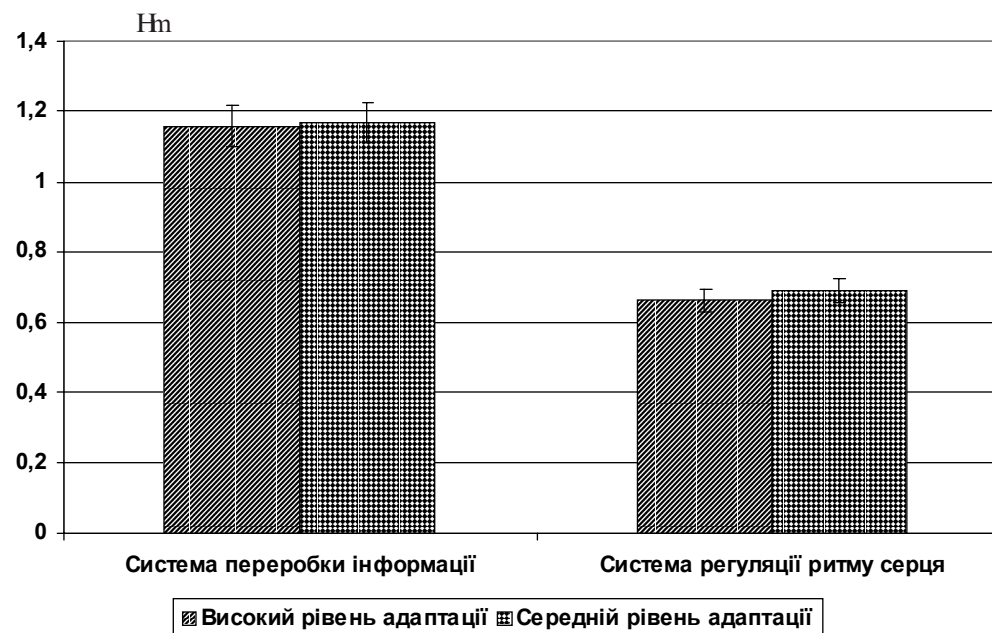


Рис. 1. Значення максимальної ентропії (*Hm*) системи переробки інформації та системи вегетативної регуляції ритму серця у осіб з різним рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності.

зується наявністю більш детермінованого характеру організації як системи переробки інформації так і системи вегетативної регуляції ритму серця.

Однак, порівняно між собою, система регуляції ритму серця є більш детермінованою до системи сприйняття та переробки інформації.

Висновки. 1. В умовах адаптації до напруженої м'язової діяльності спостерігається зростання можливостей системи сприйняття та переробки зорової інформації у людини, за рахунок моторної та центральної ланки сенсомоторної реакції.

2. У осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності спостерігається збалансованість механізмів вагусно-симпатичного тону системи вегетативної регуляції ритму серця.

3. Психофізіологічний стан у осіб з високим рівнем адаптації до напруженої м'язової діяльності характеризується наявністю більш детермінованого характеру організації системи переробки інформації та системи вегетативної регуляції ритму серця порівняно із особами середнього рівня адаптивних можливостей.

Література

1. Drummond, M. J., P. R. Vehrs, et al. Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption // *J Strength Cond Res.* – 2005. – №19(2). – P. 332-3377.

2. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. - К.: Олимпийская литература, 1997. - 583 с.

3. Brisswalter, J. B., Collardeau, M., & Arcelin, R. Effects of

- acute physical exercise on cognitive performance // *Sports Medicine*. – 2002. – №32. – P. 555-566.
4. Van der Molen, M. W. (1996). Energetics and the reaction process: Running threads through experimental psychology. // *Handbook of perception and action* / Eds. O. Neumann & A. F. Sanders, vol. 3: Attention. – P. 229-276.
5. Collardeau, M., Brisswalter, J. B., Vercauysen, F., Audiffren, M., Goubault, V. Single and choice reaction time during prolonged exercise in trained subjects: influence of carbohydrate availability // *European Journal of Applied Physiology* 2001. – 86. – P. 150-156.
6. Павлик А.И. Эффективность соревновательной деятельности велосипедистов высокой квалификации в зависимости от уровня функциональной подготовленности // *Наука в олимпийском спорте*. 2002. - № 3-4. - С. 127-134.
7. Мищенко В.С., Лысенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной мышечной деятельности. – К.: Науковий світ, 2007. - 351 с.
8. Макаренко Н.В. Теоретические основы и методики профессионального психофизиологического отбора военных специалистов. – К.: НИИ проблем военной медицины Украинской военно-медицинской академии, 1996. - 336 с.
9. Реброва О.Ю. Описание процедуры и результатов статистического анализа медицинских данных в научных публикациях // *Международный журнал медицинской практики*. – 2000. – № 4. – С. 43-46.
10. Коробейников Г.В. Физиологические механизмы мобилизации функциональных резервов организма человека при напряженной мышечной деятельности // *Физиология человека*. - 1995. - Т. 21, N 3. - С. 81-86.
11. Баевский Р.М. Классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // *Вестник РАМН СССР*. - 1989. N 8. - С. 73-78.
12. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека. - Санкт-Петербург: Питер, 2005. – 412 с.
13. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // *Bell System Tech. J.* - 1948. - 27. - P. 379.
14. Коробейников Г.В. Психофизиологические механизмы умственной деятельности человека. - К.: Украинський фітосоціологічний центр, 2002. - 123 с.

УДК 319.216

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ СИНХРОННО ЗАРЕЄСТРОВАНИХ КАРДІОСИГНАЛІВ

А.С. Сверстюк

Тернопільський державний медичний університет імені І.Я.Горбачевського

В роботі представлено аналітичні залежності для імовірнісних характеристик синхронно зареєстрованих кардіосигналів, а також розроблено статистичні методи їх аналізу.

Ключові слова: вектор циклічних випадкових процесів, синхронно зареєстровані кардіосигнали, статистичні методи обробки.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИНХРОННО ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ КАРДИОСИГНАЛОВ

А.С. Сверстюк

Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я.Горбачевского

В работе представлено аналитические зависимости для вероятностных характеристик синхронно зарегистрированных кардиосигналов, а также разработано статистические методы их анализа.

Ключевые слова: вектор циклических случайных процессов, синхронно зарегистрированные кардиосигналы, статистические методы обработки.

THE STATISTIC PROCESSING METHODS OF SYNCHRONOUSLY REGISTERED CARDIOSIGNALS

A.S. Sverstyuk

Ternopil State Medical University named after I.Ya. Horbachevsky

The analytical statistic characteristics relationships of synchronously registered cardiosignals are introduced in this article. The statistic methods of its common analysis are elaborated also.

Key words: vector of cyclic rhythmically related casual processes, synchronously registered cardiosignals, statistic methods of processing.

Вступ. Робота серця як біофізичної системи супроводжується генеруванням електричних, магнітних та механічних (акустичних) полів, що у своїй просторово-часовій структурі відображають функціональний стан серцево-судинної системи людини і дозволяють проводити її діагностику.

Окремо взятий функціональний метод дослідження серцево-судинної системи може дати уявлення переважно лише про одну якусь сторону її активності. Повну інформацію про активність серцево-судинної системи можна отримати лише при умові паралельного використання декількох методів автоматизованої діагностики на базі ЕОМ, а отримані дані повинні розглядатися з єдиної точки зору. На переваги подібного комплексного підходу до діагностики стану

серцево-судинної системи вказували автори багатьох наукових робіт медичного спрямування: Куршаков М.А., Кірілов С.А., Лукомський П.Е., Селідовкіна А.А. та ін. Такий підхід дозволяє певним чином як уніфікувати автоматизовану обробку та моделювання різних за фізичною природою кардіосигналів, так і підвищити достовірність, повноту діагностики стану серця внаслідок використання однотипних діагностичних ознак для різних класів кардіосигналів. Сумісний аналіз кардіосигналів можливо проводити лише за умови, що їх математичні моделі є певним чином узгодженими між собою, мають подібну структуру.

Дослідженню аналітичних залежностей для імовірнісних характеристик синхронно зареєстрованих

© А.С. Сверстюк

кардіосигналів, а також, розробці методів їх статистичного аналізу присвячена дана робота.

Основна частина. Типовими прикладами синхронно зареєстрованих кардіосигналів є синхронно за-

реєстровані електрокардіограма (ЕКГ) та реограма, полікардіограма (ЕКГ, апекскардіограма (АКГ) та фонокардіограма (ФКГ)) та ін. На рисунках 1, 2 наведені приклади таких сигналів.

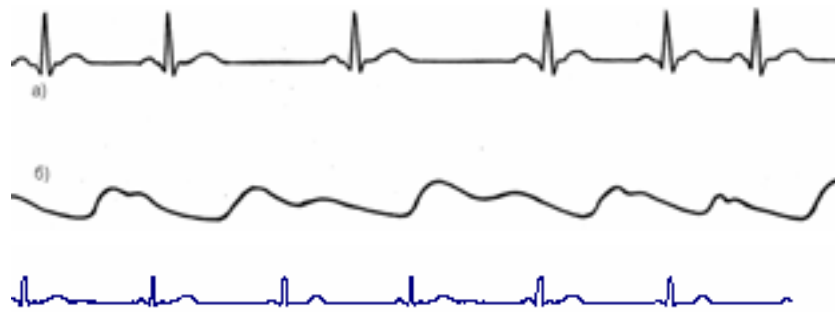


Рис. 1. Синхронно зареєстровані сигнали: а) ЕКГ; б) реоенцефалограма.

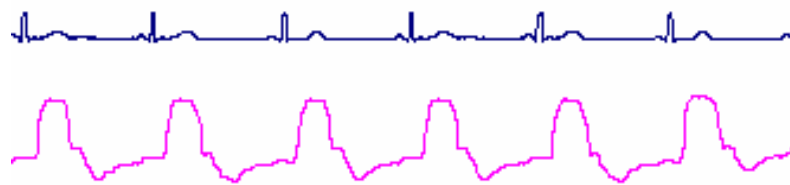


Рис. 2. Синхронно зареєстровані сигнали: а) ЕКГ; б) АКГ.

В роботі [1] дано означення циклічних випадкових функцій як математичних моделей широкого класу коливних явищ та систем. Зокрема, в роботі дано означення ритмічної та періодичної пов'язаності циклічних випадкових процесів. Такі процеси можуть ефективно застосовуватися при моделюванні та сумісному статистичному аналізі синхронно зареєстрованих циклічних сигналів.

З метою розробки методів сумісного статистичного аналізу кардіосигналів дамо означення вектора ритмічно пов'язаних циклічних випадкових процесів, згідно [1], які можуть використовуватися, як модель вектора синхронно зареєстрованих кардіосигналів.

Означення 1. Вектор $\Theta_N(\omega, t)$ циклічних випадкових процесів $\{\xi_i(\omega, t), i=1, N, \omega \in \Omega, t \in \mathbf{R}\}$ будемо називати вектором строго ритмічно пов'язаних випадкових процесів, а самі процеси строго ритмічно пов'язаними, якщо існує така функція ритму $T(t, n)$, яка задовольняє умови (1) і (2), що скінченновимірні вектори $\{\xi_{i_1}(\omega, t_1), \xi_{i_2}(\omega, t_2), \dots, \xi_{i_p}(\omega, t_p)\}$, та $\{\xi_{i_1}(\omega, t_1 + T(t_1, n)), \xi_{i_2}(\omega, t_2 + T(t_2, n)), \dots, \xi_{i_p}(\omega, t_p + T(t_p, n))\}$ $n \in \mathbf{Z}, i_1, \dots, i_p = 1, N$, де $\{t_1, \dots, t_p\}$ – множина сепарабельності вектора $\Theta_N(\omega, t)$, при всіх цілих $p \geq 1$ є стохастично еквівалентними у широкому розумінні.

Функція ритму $T(t, n)$ визначає закон зміни часових інтервалів між однофазними значеннями циклічної функції.

Функція $T(t, n)$ повинна задовольняти таким властивостям.

1. Вона задана на всій дійсній осі $t \in \mathbf{R}$ і на всій множині цілих чисел, і рівна нулю коли $n=0$. В решта випадках вона або додатна або від'ємна, тобто:

- а) $T(t, n) > 0$, якщо $n > 0$;
- б) $T(t, n) = 0$, якщо $n = 0$;

$$c) T(t, n) < 0, \text{ якщо } n < 0. \quad (1)$$

2. Для будь-яких $t_1 \in \mathbf{R}$ та $t_2 \in \mathbf{R}$, для яких $t_2 > t_1$ для функції $T(t, n)$ виконується нерівність:

$$t_1 + T(t_1, n) < t_2 + T(t_2, n), \forall n \in \mathbf{Z}. \quad (2)$$

У частинному випадку, якщо функція ритму $T(t, n) = n \cdot T$ ($T > 0, n \in \mathbf{Z}$), то вектор $\Theta_N(\omega, t)$ будемо називати вектором T -періодично пов'язаних випадкових процесів.

Розглянемо властивості імовірнісних характеристик вектора $\Theta_N(\omega, t)$ ритмічно та періодично пов'язаних циклічних випадкових процесів.

Так, для його сумісної p -вимірної функції розподілу має місце рівність:

$$\begin{aligned} F_{p_{\xi_{i_1} \dots \xi_{i_p}}} (x_1, \dots, x_p; t_1, \dots, t_p) &= \\ = F_{p_{\xi_{i_1} \dots \xi_{i_p}}} (x_1, \dots, x_p; t_1 + T(t_1, n), \dots, t_p + T(t_p, n)) &n \in \mathbf{Z}, i_1, \dots, i_p = \\ = \overline{1, N}, t_1, \dots, t_p \in \mathbf{R}. \end{aligned} \quad (3)$$

Якщо існує сумісна щільність розподілу вектора $\Theta_N(\omega, t)$, то для неї має місце рівність, що аналогічна рівності (3).

Змішана центральна моментна функція порядку $k = \sum_{l=1}^p R_l$:

$$\begin{aligned} r_{k_{\xi_{i_1} \dots \xi_{i_p}}} (t_1, \dots, t_p) &= \\ = \mathbf{M} \left\{ \left(\xi(\omega, t_1) - m_{\xi_{i_1}}(t_1) \right)^{R_1} \cdot \dots \cdot \left(\xi(\omega, t_p) - m_{\xi_{i_p}}(t_p) \right)^{R_p} \right\} &= \quad (4) \\ = r_{k_{\xi_{i_1} \dots \xi_{i_p}}} (t_1 + T(t_1, n), \dots, t_p + T(t_p, n)), t_1, t_2, \dots, t_p \in \mathbf{R}, i_1, \dots, i_p = \\ = \overline{1, N}, n \in \mathbf{Z}. \end{aligned}$$

Розглянемо питання статистичного оцінювання сумісних імовірнісних характеристик вектора ритмічно та періодично пов'язаних циклічних випадкових

процесів. Нехай маємо вектор $\Theta_N(\omega, t)$ ритмічно пов'язаних неперервних циклічних випадкових процесів $\{\xi_i(\omega, t_i), i=1, N, \omega \in \Omega, t \in \mathbf{R}\}$ із функцією ритму $T(t, n)$ та реалізацію $\Theta_N(\omega, t)$ вектора $\Theta_N(\omega, t)$, тобто множину реалізацій $\{\xi_{i\omega}(t), i=1, N, t \in \mathbf{R}\}$. Нехай маємо моменти часу t_m та t_{m+1} , що відповідають початку та кінцю m -го циклу випадкового вектора $\Theta_N(\omega, t)$, тобто маємо область визначення m -го $W_m = [t_m, t_{m+1}]$ циклу. Запишемо вирази, що вказують на збіжність за імовірністю статистичних оцінок до оцінюваних сумісних імовірнісних характеристик, і які лежать в основі методів статистичного оцінювання сумісних імовірнісних характеристик вектора $\Theta_N(\omega, t)$ ритмічно пов'язаних циклічних випадкових процесів.

Оцінка, що збігається до змішаної центральної моментної функції порядку $k = \sum_{l=1}^p R_l$:

$$r_{k_{\xi_1, \dots, \xi_p}}(t_1, \dots, t_p) = \lim_{M \rightarrow \infty} \frac{1}{2M} \cdot \sum_{n=-M}^M \left[\begin{array}{l} \left(\xi_{i_1} (t_1 + T(t_1, n)) - m_{\xi_{i_1}} (t_1 + T(t_1, n)) \right)^{R_1} \\ \dots \\ \left(\xi_{i_p} (t_p + T(t_p, n)) - m_{\xi_{i_p}} (t_p + T(t_p, n)) \right)^{R_p} \end{array} \right] \quad (5)$$

$t_1 \in W_m, t_2, \dots, t_p \in \mathbf{R}$.

При $p=2, k=2, r_{2_{\xi_1, \xi_2}}(t_1, t_2), t_1 \in W_m, t_2 \in \mathbf{R}$ – взаємна кореляційна функція циклічних випадкових процесів $\xi_1(\omega, t)$ та $\xi_2(\omega, t)$ на області $W_m \times \mathbf{R}$.

Записані вище статистичні оцінки дозволяють оцінити змішані моментні функції вектора ритмічно пов'язаних циклічних випадкових процесів не на всій області їх визначення, а лише на області $W_m \times \mathbf{R}^{p-1}$. Легко показати, що оцінки p -вимірних змішаних мо-

ментних функцій достатньо знати на області $W_m \times \mathbf{R}^{p-1}$, щоб за відомою функцією ритму отримати їх значення на всій області (\mathbf{R}^p) визначення статистики.

Результати статистичного аналізу синхронно зареєстрованих кардіосигналів на базі їх математичної моделі у вигляді періодичного та вектора циклічних випадкових процесів.

З метою перевірки адекватності нової математичної моделі та методів статистичної обробки реальним синхронно зареєстрованим циклічним сигналам серця, а також для підтвердження більшої ефективності обробки кардіосигналів у порівнянні із методами обробки, які базуються на відомій моделі у вигляді стохастично періодичного випадкового процесу, було проведено серію експериментів по обробці кардіосигналів різної фізичної природи, зокрема, ЕКГ та АКГ.

На рисунку 3 подано графік оцінки взаємної кореляції ЕКГ та АКГ при їх обробці на основі моделі стохастично періодичного процесу. Як видно з цього рисунку відбувається суттєве спотворення статистичної інформації – проявляється так званий ефект „розмивання”, що обумовлений неврахуванням зміни ритму кардіосигналів в їх моделі стохастично періодичного процесу.

На рисунку 4 подано графік оцінки взаємної кореляції ЕКГ та АКГ при їх обробці на основі нової математичної моделі у вигляді вектора циклічних випадкових процесів. Як видно з цього рисунка нові методи статистичної обробки кардіосигналу суттєво усувають явище „розмивання” статистичних оцінок, оскільки вони враховують мінливий характер ритму кардіосигналу.

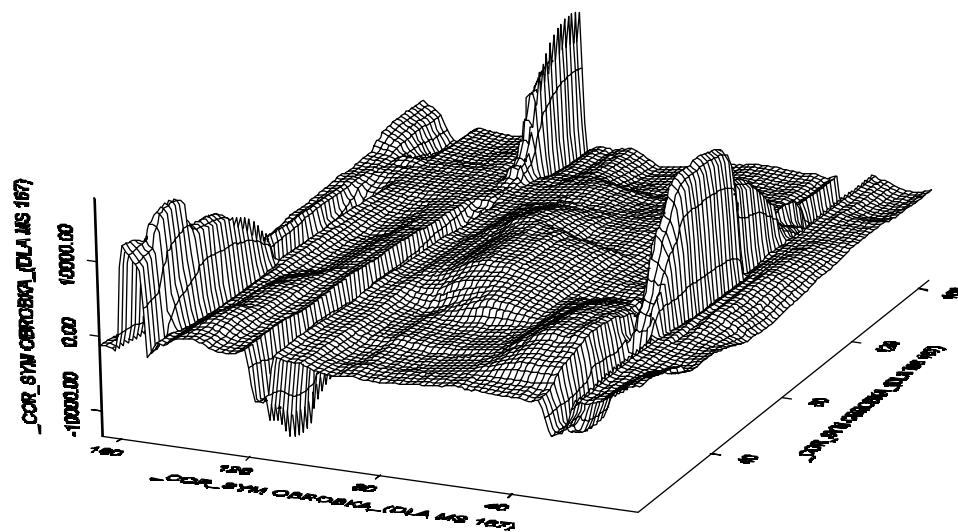


Рис. 3. Статистична оцінка змішаної кореляційної функції ЕКГ та АКГ (отримані усередненням через період $T=668$).

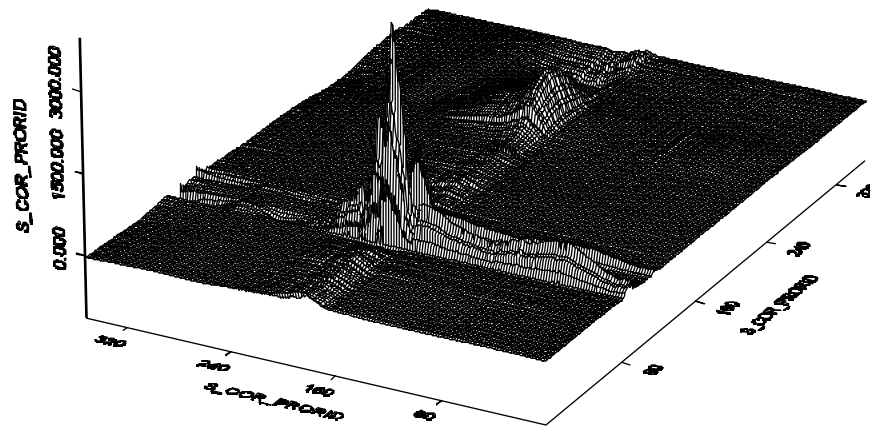


Рис. 4. Статистична оцінка змішаної кореляційної функції ЕКГ та АКГ (отримані з врахуванням функції ритму).

Висновки. Записано аналітичні залежності та розроблено методи статистичного оцінювання сумісних імовірнісних характеристик ритмічно пов'язаних циклічних випадкових процесів, що дає змогу проводити аналіз синхронно зареєстрованих реальних циклічних сигналів із однаковою ритмічною структурою або які породжуються однією і тією ж коливною системою. Відмітимо, що розроблені статистичні методи можна застосувати за умови, що відома функція ритму вектора ритмічно пов'язаних циклічних випадкових процесів.

В подальших дослідженнях необхідно обґрунтувати нові діагностичні ознаки, що базуються на отриманих статистичних оцінках, з використанням функції ритму, а саме:

1. Провести мінімізацію розмірності діагностичних просторів.
2. Оцінити повноту, незалежність, чутливість до зміни стану системи та нечутливість до дії випадкових факторів діагностичних ознак.

Література

1. Лупенко С. Циклічні випадкові функції в задачах моделювання циклічних сигналів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - Хмельницький: Навчальна книга. - 2005. - №1. - С. 132-139.
2. Лупенко С. Статистичні методи сумісної обробки сукупності ритмічно пов'язаних циклічних випадкових процесів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в техноло-

- гічних процесах. - Хмельницький: Навчальна книга. - 2005. - №1. - С. 80-84.
3. Лупенко С., Студена Ю. Математичне моделювання сигналів серця в задачах технічної кардіометрії на базі їх моделі у вигляді циклічного випадкового процесу // Вісник Тернопільського державного технічного університету. - 2006. - Т. 11, №1. - С. 134-142.

УДК 61:371.261:004.415.538

**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРЕДСТАВЛЕННЯ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ
МАТЕРІАЛІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЯКІСНОЇ ТА ПРОЗОРОЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ.
МІЖНАРОДНИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД**

М.В.Банчук

Міністерство охорони здоров'я України

Поставлено проблематику інформаційної системи представлення навчально-методичних матеріалів закладів медичної освіти. Вказано на головні етапи її реалізації і перспективи з урахуванням міжнародного та українського досвіду.

Ключові слова: інформаційна система навчально-методичних матеріалів, медична освіта

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНО-
МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ КАК ИНСТРУМЕНТ КАЧЕСТВЕННОГО И
ПРОЗРАЧНОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ. МЕЖДУНАРОДНЫЙ И
УКРАИНСКИЙ ОПЫТ**

М.В.Банчук

Министерство здравоохранения Украины

Поставлена проблематика информационной системы представления учебно-методических материалов заведений медицинского образования. Указано на главные этапы ее реализации и перспективы с учетом международного и украинского опыта.

Ключевые слова: информационная система учебно-методических материалов, медицинское образование

**INFORMATION SYSTEM OF PRESENTATION OF EDUCATIONAL-
METHODOLOGICAL MATERIALS AS INSTRUMENT OF HIGH-QUALITY AND
TRANSPARENT MEDICAL EDUCATION. INTERNATIONAL AND UKRAINIAN
EXPERIENCE**

M.V.Banchuk

Ministry of Health of Ukraine

Problematics of the information system of presentation of educational-methodological materials of establishments of medical education is stated. It is shown the basic steps of its implementation and future perspectives taking into account international and Ukrainian experience.

Keywords: information system of educational-methodological materials, medical education

Вступ. Системне впровадження комп'ютерних технологій – потреба, яка вже давно назріла в медичній освіті. Проблемою залишається те, що активне використання комп'ютерних технологій вигідно вирізняє європейського студента від нашого, європейського лікаря від вітчизняного. І це насправді так – за кордоном вже тривалий час здобуття медичної освіти та виконання професійних обов'язків в охороні здоров'я немислиме без комп'ютера. Саме тому в

Україні слід розпочати реалізацію широкомасштабної і планової політики по формуванню медичного освітянського інформаційного простору, ядром якого повинні стати Web-портали університетів. Така робота на сьогоднішній день вже триває. Впродовж попереднього часу було сформовано головні елементи структури Web-сайтів медичних університетів України. Та все ж залишається ще значна робота по формуванню і розміщенню електронних навчально-

© М.В.Банчук

методичних матеріалів викладачами. На сьогодні проводиться технічна робота по реалізації дистанційного оцінювання знань студентів.

У той же час, серед студентів та викладачів ВМ(Ф)НЗ України все ще залишається певне незрозуміння тих можливостей, які на сьогодні їм пропонує університетський Web-портал у власній професійній підготовці. Це вимагає проведення системної роз'яснювальної роботи в освітянському медичному середовищі з пропагуванням ідей на зразок: „Підручник в паперовому вигляді в момент свого виходу вже застаріває на 5 років, тоді як електронні матеріали для підготовки до занять, розміщені викладачами на Web-порталі містять найсвіжіші дані медичної науки та практики”.

Метою даної роботи є постановка проблематики інформаційної системи представлення навчально-методичних матеріалів закладів медичної освіти та вказати на головні етапи її реалізації і перспективи з урахуванням міжнародного та українського досвіду.

Проблематика створення інформаційної системи навчально-методичних матеріалів. Задача надійного зберігання та доступного представлення великих обсягів навчально-методичної інформації вже давно є однією з найболючіших проблем в роботі ВМ(Ф)НЗ України. У структурі навчального процесу кожного медичного університету існує ряд вузлів, де стікаються потоки учбової інформації, які слід зберігати та обробляти. Так задачі зберігання та оперативного представлення складноструктурованої інформації виникають, наприклад:

- при веденні навчально-методичної документації, яка зберігається по кафедрах;
- в університетській бібліотеці, що містить інформацію як на паперових, так і електронних носіях;
- при розробці розкладів занять навчальним відділом.

Тривалий час вважалося, що подібні задачі складно автоматизувати. Як носій інформації використовувався папір. Суттєве полегшення в процесі створення навчально-методичних матеріалів надав комп'ютер, який почав активно використовуватися у ВМ(Ф)НЗ України із середини 1990-х років. На сьогодні комп'ютер широко використовується при підготовці учбової інформації та подальшому її зберіганні. Та слід також звернути увагу на ще одне важливу проблему. Це – представлення навчальної медичної інформації. Для того, щоб робочі програми з дисциплін, методичні розробки та навчальні посібники та підручники активніше використовувалися, слід налаштувати до них ефективний та оперативний доступ. Така технічна можливість

з'явилася із активним впровадженням із середини 1990-х років мережі Інтернет.

7-8 вересня 2006 р. на базі ТДМУ відбулася нарада МОЗ України щодо створення єдиного медичного інформаційного простору вищих медичних (фармацевтичних) навчальних закладів та закладів післядипломної освіти. На нараді було окреслене завдання на найближчу перспективу – створення єдиного інформаційного простору для медичних та фармацевтичних навчальних закладів (формування банків методичного забезпечення навчального процесу, атестованих курсів, нових іновативних технологій в медицині та ін.). В якості базису такого простору повинна слугувати відповідна інформаційна система представлення навчально-методичних матеріалів.

Міжнародний досвід використання електронних навчально-методичних матеріалів. В даному розділі хотілося б вдатися до аналізу електронних інформаційних ресурсів, які використовуються в медичній освіті США, до особливостей реалізації дистанційного навчання, до представлення госпітальних інформаційних систем. Перш за все слід розглянути питання технічного та інформаційного забезпечення медичних навчальних закладів США, його сумісності з вітчизняним програмним забезпеченням, можливості використання в стінах ВМ(Ф)НЗ України, готовності для цього нашого викладацького складу та технічного персоналу. Розв'язання даної проблеми є вкрай необхідним для виконання ряду проектів міжнародної співпраці, передовсім пов'язаних з підготовкою студентів-іноземних громадян та інтеграцією української медичної освіти у світовий освітній простір.

Перше питання, яке природньо виникає, які ж вимоги існують в медичних навчальних закладах США до ком-



Рис.1. Одна з найсучасніших аудиторій медіа-центру університету Південної Кароліни (США), обладнана 40 ноутбуками

п'ютерів та програм, які на них встановлені. Особливих вимог не існує. Використовуються найрізноманітніші комп'ютери – як ноутбуки (переважно “Dell”), так і звичайні персональні комп'ютери. Хоча частка ноутбуків доволі велика – так в університеті Південної Кароліни це більше половини усього парку комп'ютерів. Практично всі дисплеї з плоским монітором. Деякі з них “контактні” – тобто вказівник мишки можна скеровувати на екрані ручкою, указкою та навіть пальцем.

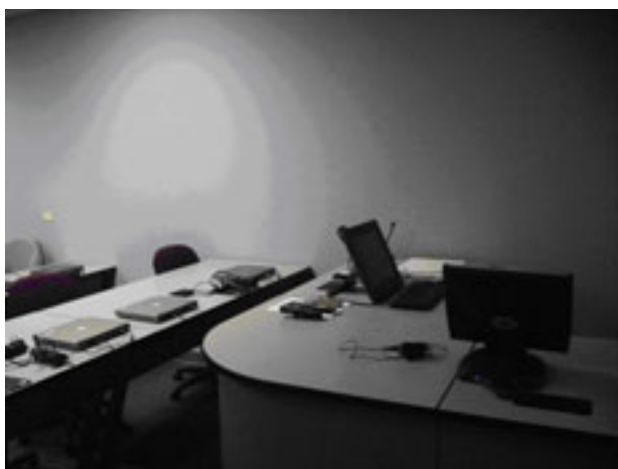


Рис.2. Робоче місце викладача в медіа-центрі університету Південної Кароліни (США)

Вражаюче працюють в США університетські комп'ютерні мережі. Інтернет доволі якісний. Файли розміром десятки мегабайт можна отримати з Інтернет на протязі лічених хвилин. Причому поширений безпроводовий Інтернет. Для отримання такого зв'язку комп'ютери повинні бути обладнані спеціальними картами. Комп'ютерні мережі відмінно проадміністровані (налаштовані). Для під'єднання власного ноутбука до Інтернет достатньо ввімкнути мережевий кабель, вказати в налаштуваннях комп'ютера спосіб під'єднання до Інтернет (наприклад, локальна мережа) та пройти невеличку реєстрацію на локальному сервері. При цьому усі складні IP-адреси та порти присвоюються комп'ютеру автоматично.

Хоча і в університетах США зустрічаються технічні проблеми [7] – наприклад, ноутбук для презентацій може бути необладнаний CD(DVD)-дискетом і при цьому “зависає”; в мережі пропадає електроенергія (близько хвилини – але це жахливо, коли працюєш за комп'ютером).

На основі публікацій про стажування українських викладачів в європейських та американських університетах [6-7] можна зробити такий висновок щодо нашого університетського комп'ютерного парку та програмного забезпечення. Політика неперервної модернізації комп'ютерної техніки та придбання



Рис.3. Комп'ютеризований читальний зал в Університетському центрі м.Грінвіля (США).

ліцензійних пакетів сучасних операційних систем, розпочата у ВМ(Ф)НЗ України наприкінці 90-х, принесла свої результати – немає принципового якісного відставання від університетів США та Європи щодо параметрів комп'ютерів та їх операційних систем, якими обладнані наші комп'ютерні зали, лабораторії, кафедри. Перспективою в цьому напрямку бачиться подальше дооснащення існуючих комп'ютерних залів, їх розширення та створення нових, розрахованих на більше 40 користувачів, а також проведення відповідної роботи системних адміністраторів щодо оптимальних налаштувань університетських комп'ютерних мереж, що зробить роботу в них надійнішою, комфортнішою та доступнішою.

Щодо комп'ютерних програм, які використовуються в медичній освіті Європи та США, то усе спеціалізоване програмне забезпечення, що використовується в навчальному процесі, можна поділити на категорії:

- презентації лекцій та контролюючі тестуючі програми, що додаються до підручників на CD та DVD-дисках;
- інтерактивні навчальні програми (включають віртуальні навчальні програми, комп'ютерне відео (як із записами клінічних ситуацій, так і пояснення викладача), тестуючі програми).
- програми для підготовки до ліцензійних іспитів;
- віртуальні комп'ютерні програми, присвячені як комп'ютерному моделюванню захворювань органів та систем людського організму, так і моделюванню роботи лікувальних закладів.

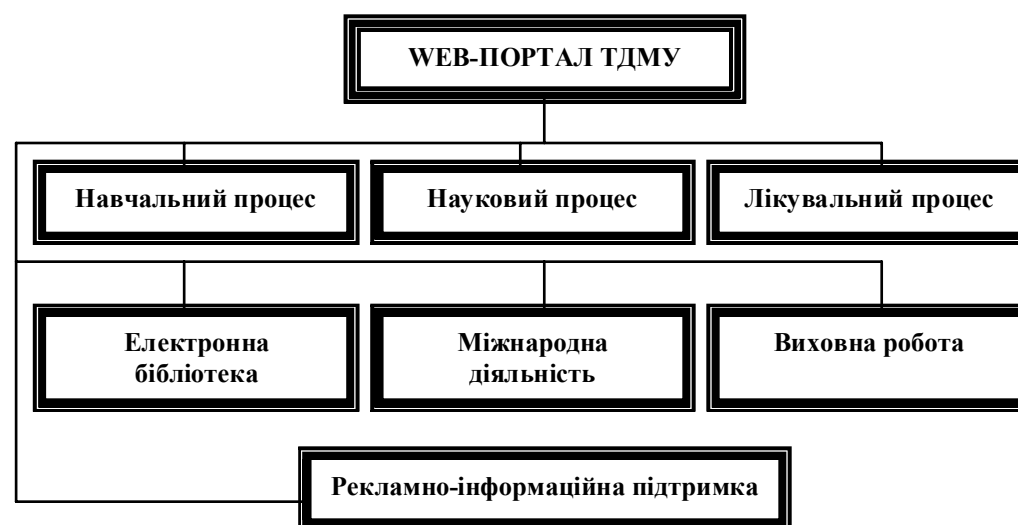
Зазначимо, що такий поділ досить умовний. У роботі [6] зроблено огляд програмного забезпечення, яке дійсно відіграє важливу роль у підготовці лікарів в США.

Досвід ВМ(Ф)НЗ України щодо створення інформаційної системи представлення навчаль-

но-методичних матеріалів. На сьогодні усі ВМ(Ф)НЗ України представлені власними Web-сторінками. Як правило, Web-сторінки медичних університетів України виконують лише рекламну-інформуючу функцію. І, на жаль, все ще недооцінюються можливості, які надає Інтернет та університетська комп'ютерна мережа при вирішенні питань організації навчального процесу, гарантування якості та прозорості медичної освіти.

Для прикладу наведемо Тернопільський державний медичний університет, який отримав представлення в Інтернет одним з перших (починаючи з 1997 року). Починаючи з 2001 року почалася реалізація університетського проекту по представленню в Інтернет навчально-методичних матеріалів.

На сьогодні інформаційну модель такої системи в ТДМУ можна представити наступною схемою:



Однією з найголовніших задач по розробці мережевої навчальної системи в ТДМУ стала саме підтримка навчального процесу. На сьогодні інформаційна модель навчального процесу включає такі компоненти, як: робочі програми, методичні вказів-

ки, розклади занять, матеріали для студентів для підготовки до лекцій та практичних занять, презентації лекцій, графіки чергувань викладачів по кафедрах, лінії практичних навичок, сторінки студентів та сторінки викладачів.



Інформаційна модель сторінки викладача має вигляд:



Інформаційна модель сторінки студента має вигляд:

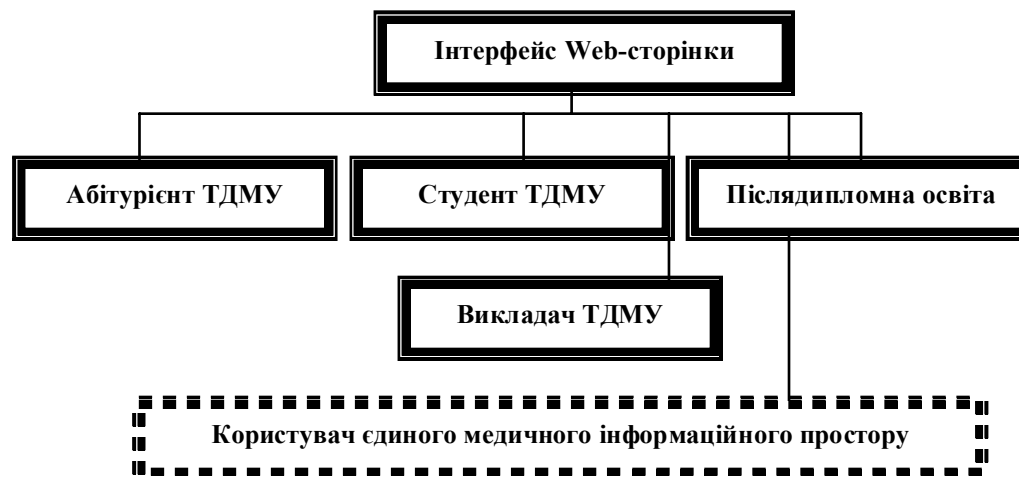


В університеті тривалий час ведеться робота по створенню власної електронної бібліотеки. Така робота розпочалася у 1997 році із створення першого в Україні мультимедійного компакт-диску на медичну тематику „Лапароскопічна хірургія жовчних шляхів”. На сьогодні в університеті таких дисків близько 300.

Інформаційна модель бібліотеки електронних ресурсів університету включає такі компоненти: електронні підручники, навчальні посібники, монографії, навчальні таблиці, навчальні відеофільми, мультимедійні навчальні компакт-диски (©Укрмедкнига).



При розробці такої інформаційної системи передбачалася наступна модель інтерфейсів користувачів:



Етапи розробки інформаційної навчальної системи на прикладі Тернопільського державного медичного університету імені І.Я.Горбачевського. Web-портал університету орієнтується на розробку мережевої навчальної системи, головними завданнями якої є:

- оперативне і повне представлення навчально-методичної документації кафедр;
- використання Інтернет-зв'язку „викладач-студент” в навчальному процесі;
- представлення в локальній мережі університету джерел навчальної мультимедійної інформації, що використовуються при підготовці спеціаліста, а саме: електронна бібліотека підручників, навчальних посібників та монографій (близько 400 найменувань); навчальні таблиці (до 3000 найменувань); повнотекстові електронні версії 11 журналів, які виходять у видавництві “Укрмедкнига”;
- створення єдиного інформаційного простору вищих медичних (фармацевтичного) навчальних закладів на основі Інтернет технологій з можливістю спільного користування ресурсами навчально-методичного характеру в його межах.

Далі запропоновано етапи створення інформаційної системи представлення навчально-методичних матеріалів в межах ВМ(Ф)НЗ України.

Перший етап створення мережевої навчальної системи передбачає розробку елементів загальної структури Web-порталу, необхідних для подальшої реалізації Інтернет-навчання. Етап завершується наданням можливостей кафедрам самостійно представляти навчально-методичну документацію в Інтранет – а саме, робочі програми з дисциплін, методичні розробки, матеріали для підготовки студентів до лекцій та практичних занять, розклади занять, графіки чергувань викладачів. Вказані навчально-методичні документи повинні бути відображені вчасно та згідно до зразків, підготовле-

них навчальним відділом (до речі, вони також представлені на Web-сторінці) для усіх навчальних курсів, які викладаються на кафедрі та усіма необхідними мовами. Технічно така можливість вимагає для кожної кафедри використання спеціального пароля, яким володіє відповідальний працівник кафедри та зберігає його у строгій конфіденційності.

Другий етап передбачає розробку Web-сторінок для викладачів університету. Для кожного викладача кафедри в Інтернет розробляються спеціальні сторінки, куди він завчасно (за 2 тижні до проведення) розміщатиме повні тексти лекцій, рекомендації для підготовки до практичних занять та оперативні оголошення для студентів.

Третій етап полягає у створенні Web-сторінок для студентів університету. Етап повинен завершитися наданням можливостей студентам за допомогою спеціальних паролів переглядати свою власну сторінку, на якій знаходиться матеріали для перевірки контролю знань – тестові завдання, ситуаційні задачі, запитання, на які слід дати відповіді і в електронному вигляді відіслати на електронну адресу викладача.

Четвертий етап передбачає включення електронної мережі університету у єдину інформаційну мережу ВМ(Ф)НЗ України, у якій можна буде за допомогою попередньо погоджених паролів користуватися інформацією також інших навчальних закладів і надавати для них свої власні електронні ресурси.

Для прикладу наведемо роботу по формуванню інформаційної навчальної системи в Тернопільському державному медичному університеті імені І.Я.Горбачевського, яка проводиться у відповідності до „Етапів формування системи електронного навчання ТДМУ”, затверджених ректором і схвалених вченою радою. Такі етапи включають:

- розміщення викладачами на персональних Web-сторінках наборів слайдів до кожної лекції;

– розміщення викладачами матеріалів для підготовки до лекцій для студентів. Тут розміщується інформація (текстовий матеріал з літературних джерел (за виключенням основного підручника), необхідні графічні зображення, фото та відеофільми), прочитавши та переглянувши які студент буде підготовлений до сприйняття лекції;

– кафедри розміщують матеріали для підготовки до практичних занять: текстовий матеріал, малюнки, посилання на відеофільми. Тут викладачами розміщується найцінніша інформація до проведення заняття;

– розсилання центром тестування (кафедрами) оцінок після семестрових іспитів по Web-сторінках студентів;

– розсилання деканатами інформації про недопуск до іспитів в зв'язку з невиконанням навчальної програми а також інформації про відсоток виконання ліній практичних навичок по Web-сторінках студентів;

– проведення кафедрами засобами Web-порталу електронного тестування студентів. Попередньо викладачі розсилають оголошення про дату і час такого тестування на Web-сторінки студентів. По проходженню тестування результати розсилаються на Web-сторінки студентів та викладача групи;

– надання можливості деканатам робити аналіз успішності студентів через Web-портал. Інтегрування інформаційної системи електронного навчання з програмою „Контингент”.

Висновки. Впровадження інформаційної системи представлення навчально-методичних матеріалів є гарантом якісної та прозорої медичної освіти.

Входження у світовий медичний освітній простір вимагає впровадження в навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій. Така робота в медичних університетах повинна проводитися планово у відповідності до попередньо розроблених та ухвалених інформаційних моделей, одна з яких представлена в даній роботі. Сьогодні вона втілюється в Тернопільському медуніверситеті. Технічна реалізація таких складних програмних комплексів, якими є системи електронного навчання у вищих медичних навчальних закладах, веде до створення принципово нових інтерфейсів, що забезпечують організовану роботу усього викладацького складу та студентів. Доступ до інформаційних ресурсів медичного університету повинен здійснюватися шляхом трансформування статичних Web-сайтів у більш динамічні інтерфейси Web-порталів.

Завдяки потужним Web-порталам ВМ(Ф)НЗ України отримують гідний інформаційний імідж, що вигідно їх вирізнятиме в світі. При цьому велике значення матиме та прогресивна позиція, яку займе уся освітянська медична спільнота України щодо інформатизації. Постає задача перед усім викладацьким складом університетів та студентами щодо ефективного використання невичерпних можливостей комп'ютерних технологій на шляху професійної підготовки.

Література

1. М.В.Банчук, О.П.Волосовець, І.І.Фещенко та ін. Кадрова політика у галузі охорони здоров'я та рух вищої медичної освіти України до європейського освітнього простору// Медична освіта. – 2006. — №2. – С. 6-14.
2. М.В. Банчук, О.П. Волосовець, І.І. Фещенко та ін. Сучасний розвиток вищої медичної та фармацевтичної освіти й проблемні питання забезпечення якісної підготовки лікарів і провізорів// Медична освіта. – 2007. — №2. – С.5-13.
3. М.В. Банчук, О.П. Волосовець, І.С. Вітенко, І.В. Мельник. Біоетика як навчальна дисципліна у вищій медичній школі України// Медична освіта. – 2007. — №3. – С.8-10.
4. М.В.Банчук, О.П.Волосовець, І.І.Фещенко та ін. Сучасний розвиток вищої медичної та фармацевтичної освіти та проблемні питання забезпечення якісної підготовки лікарів і провізорів// Впровадження засад Болонської системи ос-

віти: український та зарубіжний досвід: Матеріали Всеукраїнської навчально-наукової конференції. — Тернопіль: ТДМУ, 2007. – С.3-12.

5. Банчук М.В., Волосовець О.П., Фещенко І.І. та ін. Безперервний професійний розвиток лікарів та провізорів та якість підготовки фахівців у сфері охорони здоров'я. – В зб. „Проблеми безперервного професійного розвитку лікарів і провізорів”. – Київ, 2007. – С. 3-9.

6. Досвід Віденського медичного університету в реформуванні системи освіти. Перспективи співпраці/ За ред. Л.Я.-Ковальчука. – Тернопіль: ТДМУ, 2006. – 290 с.

7. Медсестринська освіта в Університеті Південної Кароліни Апстейт (США)/ За ред. Л.Я.Ковальчука. – Тернопіль: ТДМУ, 2006. – 398 с

УДК378.147.39:378

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ

В.В. Васілакін, О.А. Рижов

Запорізький державний медичний університет

В результаті проведеного на кафедрі медичної і фармацевтичної інформатики і НТ ЗДМУ дослідження, де були розглянуті апаратні і програмні моделі моніторингу навчальної діяльності студентів в розподіленому інформаційному середовищі, було виділено програмний продукт NetOp School компанії Danware.

Використання даної програмної моделі дозволило викладачеві здійснювати дистанційне консультування і моніторинг самостійної роботи студентів в межах студентського містечка CAMPUS.

Ключові слова: система моніторингу самостійної роботи студентів, дистанційний моніторинг, дистанційна консультація, інформаційний розподілений простір ЗДМУ Campus, особливості викладання курсу «Медична інформатика».

PRINCIPLES OF THE ORGANIZATION OF THE MONITORING SYSTEM OF THE INDEPENDENT WORK OF STUDENTS BY THE MEANING OF THE PROGRAM MODEL

V.V. Vasilakin, A.A. Ryzhov

Zaporozhye State Medical University

Following the results of the experiment, carried at the department of medical and pharmaceutical informatics and NT of ZSMU where hardware and software models of students' education activity monitoring were examined, the software product NetOp School of Danware company was singled out.

This software program use will make its contribution to the process of distant consultation and monitoring of students' individual work, e.g. management of students' work in the university Campus.

Key words: system of monitoring of independent students' work, education activity monitoring, students' individual work management, software model on the base of NetOp School, virtual class management in the university Campus, features of teaching of the course "medical informatics", distance consultation, distance monitoring.

Вступ. До переліку головних завдань вищої професійної освіти багатьох країн світу, у тому числі і України, входять: розвиток у студентів навичок самоосвіти з можливістю подальшого оновлення прикладних знань на протязі всього професійного життя; розробка сучасних навчальних структур; створення освітнього простору на основі сучасних інформаційних технологій [1, 3, 4]. Вирішення зазначеного вище у рамках модернізації вищої медичної освіти зумовлює додаткове навантаження на такий вид навчальної діяльності, як самостійна робота студента (СРС) та консультація викладачем студента. Застосування інформаційних технологій (ІТ) для виконання контролю СРС з подальшою можливістю дистанційного консультування та внесення коректив до виконання цієї роботи відкривають для викладача медичного закладу нові грані навчального процесу. За допомогою ІТ викладач отримує можливість формувати позитивну мотивацію навчальної діяльності,

здійснювати диференційований, особовий підхід в режимі співробітництва зі студентом. Необхідно зрозуміти так, щоб для викладача стало природним використання комп'ютера практично у всіх аспектах своєї роботи – як засіб комунікації, як засіб для отримання інформації, як помічник в індивідуальному тренінгу студентів [5, 6].

Матеріали та методи. Для вибору апаратно-програмної моделі, яка б максимально відповідала вимогам дистанційного керування СРС та дистанційним консультуванням за запитом, нами було проаналізовано наступні апаратні та програмні засоби. В якості апаратного засобу було взято комплекс Multimedia Broadcasting System (MBS), а також програмні засоби Remote Admin 2.2 (фірма-розробник «Фаматек»), UltraVNC 1.28 (фірма-розробник UltraVNC Team), RemotelyAnywhere 6.0 Workstation Edition (фірма-розробник 3am Labs), RealVNC 4.1.8 (фірма-розробник RealVNC), Symantec pcAnywhere

© В.В. Васілакін, О.А. Рижов

11.5 (фірма-розробник Symantec Corporation), Access Remote PC 4.8.2 (фірма-розробник Access-remote-pc.com), Hidden Administrator (фірма-розробник Rational Soft), TightVNC for Windows 1.3.8 (фірма-розробник TightVNC), NetOP Remote Control 8.0 (фірма-розробник Danware Data), NetOP School (фірма-розробник Danware Data). Важливим аспектом дослідження інформаційного середовища став розподілений простір ЗДМУ Campus, який побудований на основі оптичноволоконної комп'ютерної мережі та з'єднує між собою три навчальні корпуси та п'ять студентських гуртожитків.

Метою нашого дослідження стало вирішення проблем, які постали при перебудові навчальних програм курсу «Медична інформатика» згідно з вимогами кредитно-модульного навчання. Зокрема збільшення навчального часу на самостійну роботу студентів, а тому необхідність постійного моніторингу навчальної діяльності для здійснення дистанційного консультування студентів викладачем. Нашим завданням було визначити оптимальну програмну модель та розробити технологію для здійснення дистанційного моніторингу СРС та консультації. Також за допомогою анкетування серед викладачів кафедри медичної та фармацевтичної інформатики ЗДМУ, які мали змогу використовувати дистанційний моніторинг СРС для своєї консультативної роботи, а також серед 30 студентів медичного факультету (обмеження по кількості студентських ліцензій на програмне забезпечення, яким володіє ЗДМУ), які отримали можливість або в домашніх умовах, або в комп'ютерних аудиторіях в заздалегідь вказаний час використовувати можливість розподіленої інформаційної мережі для моніторингу СРС та дистанційної консультації, визначити необхідність та вмотивованість використання даної технології для надання зворотнього зв'язку при виконанні СРС.

Основна частина. Медична інформатика – це область знань на перехресті наук, що стрімко розвивається та надає медицині цінні технології. Однак в медичних закладах освіти ця дисципліна знаходиться ще в стадії формування. Викладання курсу «Медична інформатика» полягає в специфічних особливостях, які притаманні викладанню технічної спеціальності для студентів гуманітарного напрямку, а також пов'язані зі стрімким розвитком та запровадженням інформаційних технологій в медицині, постійною появою нових технічних рішень, оновленням програмного забезпечення та виникнення нових теоретичних уявлень [2]. Спеціалістам медичного профілю, які створюють інформаційні ресурси та викорис-

товують інформаційні системи в своїй професійній діяльності, потрібні не тільки знання в конкретній предметній області, а також високий рівень оволодіння інформаційними технологіями для вирішення прикладних завдань [7]. Зокрема, при виконанні студентами практичних завдань перед ними постають задачі створення або використання спеціалізованих медичних інформаційних систем, робота з програмним забезпеченням для створення інтерфейсу, програмування. Для того, щоб студентам було доступно засвоєння синтаксичних особливостей структурованої мови програмування, їм надаються готові прикладні задачі, за допомогою яких вони вчаться читати алгоритми, щоб потім інтерпретувати результати виконання алгоритму. Ці особливості потребують уваги викладача на етапі підготовки до практичного заняття при виконанні самостійного навчання, для підвищення рівня мотивації вивчення предмету «Медична інформатика» та отримання студентом своєчасного зворотного зв'язку. Впровадження системи дистанційного моніторингу дозволяє викладачу мати інструмент віддаленого спостереження та керування з можливістю систематично отримувати впорядковану в часі інформацію щодо успішності виконання студентом самостійної роботи з метою швидкого реагування на навчальну ситуацію. Реалізація концепції єдиного інформаційного простору, яка існує в Запорізькому державному медичному університеті на основі оптичноволоконних технологій та об'єднує в корпоративну комп'ютерну мережу всі навчальні корпуси та студентські гуртожитки, дозволяє перенести технології, які використовувались нами при аудиторних заняттях. Зокрема, при використанні апаратного комплексу MBS, на самостійну роботу студентів у так званому «віртуальному класі». Завдяки цьому викладач має змогу у виділений час зробити запит на керування одним чи декількома студентськими комп'ютерами та, використовуючи «віртуальний клас», надати допомогу студентові або групі студентів, а також, використовуючи допущені помилки, провести дистанційне консультування. При цьому високошвидкісна інформаційна комп'ютерна мережа дозволяє проводити процес дистанційного спостереження та надсилати навчальні матеріали без затримок та спотворення відео- або аудіопотоку.

Нами було виділено три рівні реалізації системи дистанційного моніторингу та керування СРС:

перший рівень – технологічний, забезпечує комп'ютерна мережа на базі оптичноволоконних технологій, що з'єднує навчальні корпуси університету і сту-

дентські гуртожитки та працює на базі протоколу TCP/IP;

другий рівень – інформаційно-програмний, передбачає можливість використання серверів, необхідних для повноцінного отримання навчальних матеріалів за допомогою технологічного рівня. По-перше, сервер електронної бібліотеки повнотекстових документів та DVD-сервер, на якому міститься відео-архів лекційного та презентаційного матеріалу; MMS-сервер, який дозволяє студенту у будь-який час надіслати авторизований запит та отримати необхідні навчальні матеріали, а викладачеві – отримати протоколи доступу до серверу відеоматеріалів; Інтернет-сервер, за допомогою якого студенти мають змогу отримати доступ до мережі Інтернет та скористатися ресурсами корпоративної мережі URAN; а також RATOS-сервер, за допомогою якого здійснюється навчання за визначеним сценарієм;

третій рівень – рівень інформатизації університету, який реалізується структурами та підрозділами університету, кафедрами, а також всіляко розвивається ректоратом університету.

Все це забезпечує студенту повноцінний доступ до інформаційних ресурсів університету. Викладач при цьому отримує систему, що надає йому необхідну інформацію для покращення процесу прийняття рішення, а також для інформування студентів про повну або часткову невідповідність результатів завдання, яке було винесене на самостійну роботу. Ця система дозволяє виявити критичні позиції, на яких викладач має змогу внести корективи до траєкторії навчання того чи іншого студента, а також забезпечити постійний зворотній зв'язок між студентом та викладачем.

Для реалізації системи дистанційного моніторингу та керування СРС необхідно було виділити специфіку роботи з видаленого спостереження за навчальною роботою студентів, а також з надання дистанційної допомоги та засоби вирішення цих завдань. Тому нами була проведена робота по пошуку програмного забезпечення.

На першому етапі було придбано апаратний комплекс MBS та на рівні навчального класу був отриманий досвід використання систем дистанційного керування. За допомогою апаратного комплексу MBS, який включав пульт керування для викладача, а також студентські апаратні місця, викладач отримував змогу керувати студентською роботою у режимі реального часу. При цьому з'явилась можливість перехоплювати управління як однією робочою станцією студента, так і всіма студентськими місцями

для координування роботою та вказівок щодо помилок у роботі студента. Однак були виявлені недоліки, які максимально показали себе при використанні на новітній техніці, яку цей апаратний комплекс був не в змозі підтримувати. Досвід кафедри внутрішніх хвороб №2 ЗДМУ дозволяє виділити функціональні особливості цього комплексу не тільки для дистанційного моніторингу, а також для дистанційної демонстрації навчальних відеоматеріалів та виводу на монітори студентів віддаленого зображення з кабінету УЗД для демонстрації та наявного розгляду клінічних ситуацій.

Подальший пошук проводився в площині програмних засобів, критеріями до яких стали наявність функціональних особливостей, необхідних для дистанційного навчання, та консультації не тільки на рівні однієї комп'ютерної аудиторії, а також при використанні їх у розподіленій інформаційній мережі CAMPUS. Всі розглянуті продукти розглядалися, в першу чергу, як такі, які здатні до дистанційного спостереження за діями віддаленого комп'ютера.

Функціональні характеристики розглянутих програмних засобів відображені в таблиці 1.

Програмний засіб Remote Admin 2.2 (фірма-розробник «Фаматек») дозволяє керувати як однією робочою станцією, так і декількома, при цьому кожне підключення може бути захищено паролем від несанкціонованого доступу. При взаємодії з віддаленим комп'ютером перед викладачем відкривається робочий стіл студента таким чином, якби він знаходився перед керуючим. Однак програма налічує в собі небагато функцій з можливістю віддаленого керування.

Програмний засіб Ultra VNC 1.28 (фірма-розробник Ultra VNC Team), який розповсюджується безкоштовно. Зовнішній вигляд модуля керування дещо складний, але цей програмний засіб налічує більші функціональні можливості від попереднього продукту. Зокрема, можливість блокування клавіатури та миші під час керування. Однак головним недоліком можна вважати труднощі, які виникають при зверненні до студентського робочого місця в той час, коли він працює у режимі Welcome Screen або з'являється необхідність підключення до іншого сеансу після тривалого сеансу попереднього зв'язку.

Програмний засіб RemotelyAnywhere 6.0 Workstation Edition (фірма-розробник 3am Labs) має унікальний протокол передачі та обміну даними, що дозволяє заходити на комп'ютер з встановленим клієнтським модулем практично з будь-якої точки світу за посиланням виду https://ваша_IP:/2000. Фак-

Таблиця 1. Порівняльна характеристика програм для віддаленого керування

	Віддалений екран	Середній трафік в оптимальному відеорежимі (пакетів/сек)	Редактор реєстра	Обмін файлами	Віддалений термінал	Додаткові можливості з адміністрування	Web-інтерфейс	Трафік крізь Web-інтерфейс (пакетів/сек)	Інформація про віддалену систему	Надійність власного алгоритму авторизації	Специфічні можливості для надання навчальних послуг
Radmin	+	90	-	+	+	-	-	—	-	±	-
UltraVNC	+	120	-	±	-	Чат	+	550	-	±	-
RemotelyAnywhere	+	—	+	+	Telnet /SSH server	Чат, Менеджер процесів	Тільки web-інтерфейс	100	Максимальна	±	-
RealVNC	+	60	-	-	-	-	+	500	-	±	-
Access Remote PC	-	—	+	±	±	Менеджер процесів	-	—	Key Logger	-	-
TightVNC	+	100	-	-	-	-	+	650	-	±	-
NetOp Remote Control Pro	+	100	+	+	+	Великі	-	—	±	+	±
NetOp School	+	100	+	+	+	Великі	-	—	±	+	+
Стандартні засоби	+	40	+	+	Telnet server	-	-	—	-	±	—

тично робота з віддаленим комп'ютером здійснюється у вікні браузера за допомогою спеціальної ActiveX-компоненти. Викладач отримує змогу безпосереднього обміну інформацією між комп'ютерами за допомогою файлового менеджера, можливість використовувати функції за підтримкою протоколів SSL, Telnet, FTP.

Програмний засіб RealVNC 4.1.8 (фірма-розробник RealVNC) містить стандартні функції, які в більшості можна спостерігати в програмах віддаленого керування. Налічується функція блокування клавіатури та миші при віддаленому підключенні до студентського місця. Можливість відправляти та отримувати повідомлення за допомогою чату, модуль файлового менеджера.

Програмний засіб Symantec pcAnywhere 11.5 (фірма-розробник Symantec Corporation) підтримує роботу не тільки зі стандартними протоколами NetBIOS та TCP/IP, але має можливість роботи з бездротовим підключенням до Інтернет, підтримує модемне підключення, а також пряме підключення між комп'ютерами через COM- та LPT-порти. До головних функціональних особливостей можна віднести, по-перше, підтримку drag&drop та зручний фай-

ловий менеджер з можливістю докачування інформації при обміні даними між комп'ютерами. По-друге, спеціальний менеджер сесій, який веде протокол дій користувачів на сервері. По-третє, створення інтернет-конференцій між декількома підключеними комп'ютерами та можливість адміністрування віддалених хостів.

Програмний засіб Access Remote PC 4.8.2 (фірма-розробник Access-remote-pc.com), окрім стандартних функціональних можливостей (обмін змісту буфера обміну, відправлення та прийом файлів та ін.), має змогу роботи з віддаленого керування у обхід роутерів та файрволів, а також можливість віддаленого керування через мережу Інтернет комп'ютером, у якого не виділена зовнішня IP-адреса.

Програмний засіб Hidden Administrator (фірма-розробник Rational Soft) налічує стандартні функції файлового менеджера, обмін повідомленнями, автоматичне завершення процесів та програм, отримання та передачу буфера обміну, віддалене включення комп'ютера, роботу з реєстром, отримання відомостей про систему, надання загального доступу до віддалених папок, зберігання скріншотів з віддаленого екрану та ін.

Програмний засіб TightVNC for Windows 1.3.8 (фірма-розробник TightVNC) оптимізований для роботи з нешвидкими мережними підключеннями. Програма дозволяє керувати віддаленим комп'ютером, використовуючи клієнтську програму або Web-браузер.

Програмний засіб NetOP Remote Control 8.0 (фірма-розробник Danware Data) підтримує усі розповсюджені види доступу до мережі, а також оптимізує свою роботу під кожний з них. Цей програмний засіб можна встановити на КПК, та отримати можливість віддаленого керування при наявності GPRS-з'єднання. Програма налічує функціональний набір для віддаленого управління студентським місцем (виконання всіх системних сервісів, перезавантаження, завершення сеансу, можливість віддаленого друку, запис сеансу роботи студента у вигляді відеофайлу). В програмі реалізовано роботу з декількома користувачами.

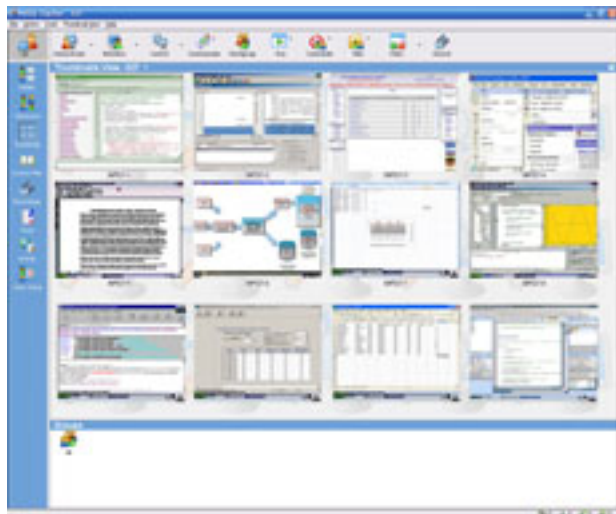


Рис.1. Загальний вигляд робочого вікна програмного засобу NetOP School.

Програмний засіб NetOP School (фірма-розробник Danware Data) спеціалізований продукт для керування та віддаленої допомоги студентам. В програмі реалізовано не тільки функціональні можливості по віддаленому керуванню студентського комп'ютера, а також специфічні функції для здійснення дистанційного навчання та дистанційного керування навчальною роботою. Головною особливістю цього програмного продукту стала можливість створення «віртуального» студентського навчального класу з комп'ютерів, які розміщені як у гуртожитках, так і в аудиторіях університету, та проведення дистанційного керування або консультації всім студентам незалежно від їхнього місцезнаходження (рис.1). Програмний продукт має можливості надання студентам демонстраційних аудіо- та відеоматеріалів з комп'ютера викладача на всі або деякі студентські

місця, в залежності від потреби. При цьому студенти отримують інформацію на екран свого комп'ютера без спотворення. Можливості дистанційного спостереження та подальшого внесення коректив в роботу студентів з можливістю демонстрації цих дій всьому «віртуальному» класу дозволяє студентам вести активний діалог з викладачем, а також всередині «віртуального» класу (рис.2).



Рис.2. Схема надання допомоги при дистанційному моніторингу СРС.

Результати проведеного анкетування серед викладачів кафедри медичної та фармацевтичної інформатики ЗДМУ показали стовідсоткову готовність викладачів та необхідність такої форми, як дистанційний моніторинг та надання віддаленої допомоги, що дозволило викладачам отримати систему, яка надає систематичну інформацію, необхідну для покращення процесу прийняття рішення та своєчасного інформування студентів про повну або часткову невідповідність результатів завдання, яке було винесене на самостійну роботу. В свою чергу, анкетування студентів, які отримували можливість дистанційного моніторингу СРС з можливістю дистанційного консультування (в комп'ютерних аудиторіях університету або в своїх кімнатах у гуртожитку), виявило, що 74% студентів готові до дистанційного моніторингу своєї самостійної роботи, 9% студентів вважають недоцільним використання таких технологій, 17% опитаних студентів вважають доцільним використання цих технологій, але недостатній рівень комп'ютеризації їхніх кімнат у гуртожитках не дає їм можливості користування ними.

Висновки. В результаті проведеного дослідження нами було визначено:

1. Оптимальний варіант програмної моделі для системи дистанційного консультування на рівні розподіленої корпоративної інформаційної мережі CAMPUS;
2. Розроблена технологія дистанційного моніторингу СРС та консультації з курсу «Медична інформатика»;

3. Проведене дослідження на основі анкетування показало доцільність використання розробленої технології для вирішення завдань моніторингу СРС та

консультацій, а також можливість підвищити якість виконання самостійної роботи.

Література

1. Баева Е.А. Реформа вищого професійного освіти в Росії в контексті Болонського процесу / Баева Е.А. - Киров: ВСЭИ, 2005. - 195 с. - (Альманах науко-исследовательских трудов ВСЭИ; Вып. 2). - Библиогр.: с.175-195.
2. Вассерман Е.Л. Медицинская информатика в медицинском вузе: опыт Санкт-Петербургского университета, проблемы и перспективы / Международный журнал медицинской практики №2, 2006 г., С. 32-34.
3. Вища технічна освіта України і Болонський процес // Сучасна освіта. - 2004. - №3. - С. 12-13
4. Кремень В. Модернізація вищої школи України в кон-

тексті принципів Болонської декларації / В. Кремень // Вища школа. - 2004. - №6. - С. 32-40.

5. Левківський К. Завдання щодо забезпечення якості вищої освіти України в контексті Болонського процесу / К. Левківський, Ю Сухарніков // Вища школа. - 2004. - №6. - С. 86-107
6. О проекте «Информатизация системы образования». Сборник информационно-методических материалов. - М.: Локус-Пресс, 2005.
7. Шикин Е.В. О концепции математики и информатики для гуманитариев. "Высшее образование в России", 1994, №4, с. 69-72.

УДК 61:371.415

МЕФАНЕТ: МЕРЕЖА ОСВІТНІХ ВЕБ-ПОРТАЛІВ МЕДИЧНИХ ФАКУЛЬТЕТІВ ЧЕСЬКОЇ ТА СЛОВАЦЬКОЇ РЕСПУБЛІК

В.П.Марценюк, А.В.Качор

Тернопільський державний медичний університет імені І.Я.Горбачевського

У роботі вивчаються принципи побудови єдиного інформаційного простору вищих медичних навчальних закладів на прикладі мережі освітніх порталів медичних факультетів Чеської та Словацької республік МЕФАНЕТ. Представлено основні етапи формування мережі, інформаційні моделі освітнього Веб-порталу та системи е-публікацій. Досліджуються питання гарантування авторських прав через створення системи авторизованого доступу.

Ключові слова: мережа Веб-порталів, е-публікації, інформаційна модель

МЕФАНЕТ: СЕТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПОРТАЛОВ МЕДИЦИНСКИХ ФАКУЛЬТЕТОВ ЧЕШСКОЙ И СЛОВАЦКОЙ РЕСПУБЛИК

В.П.Марценюк, А.В.Качор

Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я.Горбачевского

В работе изучаются принципы построения единого информационного пространства медицинских учебных заведений на примере сети образовательных порталов медицинских факультетов Чешской и Словацкой республик МЕФАНЕТ. Представлены основные этапы формирования сети, информационные модели образовательного Веб-портала и системы е-публикаций. Исследуются вопросы гарантии авторских прав через создание системы авторизованного доступа.

Ключевые слова: сеть Веб-порталов, е-публикации, информационная модель

MEFANET: NETWORK OF EDUCATIONAL PORTALS OF MEDICAL FACULTIES OF CZECH AND SLOVAK REPUBLICS

V.P.Martsenyuk, A.V.Kachor

I.Ya.Horbachevsky Ternopil State Medical University

In the work there are studied principles of construction of the common information space of medical universities using the example of network of the educational portals of Czech and Slovak Republics MEFANET. There are presented basic stages of network development, information models of educational Web-portal and system of e-publishing. Problems of providing copyrights through development of the system of authenticated access are investigated.

Keywords: network of Web-portals, e-publishing, information model

Вступ. 7-8 вересня 2006 р. на базі Тернопільського державного медичного університету імені І.Я.Горбачевського (ТДМУ) відбулася нарада МОЗ України щодо створення єдиного медичного інформаційного простору вищих медичних (фармацевтичних) навчальних закладів та закладів післядипломної освіти. На нараді було окреслене завдання на найближчу перспективу – створення єдиного інформаційного простору для медичних та фармацевтичних навчальних закладів (формування банків методичного забезпечення навчального процесу, атестованих курсів,

© В.П.Марценюк, А.В.Качор

нових інноваційних технологій в медицині та ін.). На сьогодні триває процес формування концептуальних підходів та вироблення загальноприйнятних технічних рішень. Тому дуже важливим є повноцінне вивчення світового досвіду щодо створення освітніх комп'ютерних мереж [1,2].

Метою даної роботи є вивчити принципи побудови мережі освітніх порталів медичних факультетів Чеської та Словацької республік МЕФАНЕТ та запропонувати їх в якості базових при розробці мультимедійних навчальних Інтернет-ресурсів ВМ(Ф)НЗ України.

Основна частина. Сьогодні МЕФАНЕТ (Medical Faculties Educational NETwork) – це проект, спрямований на розвиток і посилення співпраці між чеськими та словацькими медичними факультетами щодо прогресу у викладанні медичних дисциплін з використанням інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Головна мета проекту МЕФАНЕТ – покращити співпрацю між колективами різних факультетів та забезпечити горизонтальну доступність електронних навчальних засобів як для викладачів, так і для студентів. Проект МЕФАНЕТ зовсім не полягає у тому, щоб впливати або керувати навчальним процесом на окремих факультетах: усі задачі проекту МЕФАНЕТ повністю впливають із незалежності індивідуальних факультетів.

Виконання проекту МЕФАНЕТ надає такі **переваги факультетам, які приймають участь:**

– горизонтальна співпраця та обмін результатами роботи авторів мультимедійних навчальних засобів та онлайн-навчальних ресурсів;

– уніфікація методів створення та публікації мультимедійних навчальних засобів та онлайн-навчальних ресурсів з метою гарантування наявності цих матеріалів для студентів усіх залучених до проекту медичних факультетів;

– збирання разом людських ресурсів та потенціалу для розробки комплексних технологічних ефективних рішень та розв'язання можливих проблем через створення і/або публікування мультимедійних навчальних засобів і онлайн-навчальних ресурсів;

– ефективніше використання наявних фінансових ресурсів, можливість міжуніверситетської співпраці по здобуттю грантів.

Правила діяльності МЕФАНЕТ. Основні принципи співпраці і діяльності всередині проекту МЕФАНЕТ полягають в наступному.

Проект МЕФАНЕТ має методичне направлення. Його головні цілі включають посилення співпраці між медичними факультетами щодо застосування сучасних ІКТ в початковому процесі, стандартизації пов'язаних із цим процедур та забезпеченні сумісності кінцевих матеріалів.

Первинна ціль діяльності МЕФАНЕТ – розвинути застосування сучасних ІКТ у вивченні медичних дисциплін. Усі результати проекту МЕФАНЕТ спрямовані на покращення якості навчальних матеріалів та на те, щоб зробити їх легко доступними для студентів залучених медичних факультетів. У той же час значна увага приділяється захисту авторських прав та програм мотивації для авторів розширених навчальних курсів.

Проект МЕФАНЕТ – це добровільна ініціатива, яка пропагує рівну співпрацю між медичними факультетами. Проект є відкритим для співпраці з іншими факультетами і/або суб'єктами.

Усі напрямки проекту МЕФАНЕТ, включаючи способи розв'язання спільних проектів, відповідають незалежності індивідуальних факультетів.

Проект курується Координаційною радою, яка складається з 2-3-х представників від кожного медичного факультету, який приймає участь. Ці представники призначаються деканом відповідного факультету.

Якщо необхідно приймати спільне рішення, то кожен факультет має один голос, який передається його головному представнику.

Координаційну раду очолює Голова, який обирається представниками залучених факультетів на термін одного навчального року.

Координаційна рада встановлює пріоритети діяльності МЕФАНЕТ, вирішує щодо загальноприйнятних стандартів, допомагає визначити та реалізувати спільні проекти.

Координаційна рада не втручається в систему викладання на окремих факультетах: участь в певних ініціативах і/або стандартах є предметом схвалення керівництва окремих факультетів.

Проект МЕФАНЕТ не має централізованого фінансування: якщо повинен реалізовуватися спільний проект, то розподіл бюджету повинен здійснюватися відповідно до правил певного проекту і/або надавача гранту. Співпраця всередині проекту МЕФАНЕТ є повністю академічною і фінансові ресурси повинні залучатися у формі освітніх і/або дослідницьких грантів. Діяльність проекту МЕФАНЕТ не спричинятиме жодних витрат, які могли би впливати на внутрішні бюджети факультетів-учасників.

Пріоритети проекту МЕФАНЕТ у 2007 році. Впродовж 2007 року бути досягнуті такі цілі проекту МЕФАНЕТ:

– засновано Координаційну раду; медичні факультети-учасники рівно представлені у її складі;

– з метою забезпечення доступності опублікованих матеріалів в межах факультетів-учасників було стандартизовано технологічне рішення освітніх порталів;

– було розпочато “гладку стандартизацію” для технологічних рішень різних типів мультимедійних навчальних засобів і систем для онлайн-освіти;

– було вироблене прийнятне рішення для чеських та словацьких медичних факультетів, пішла активна участь міжфакультетських команд в проекті;

– відбулася національна конференція щодо питань, зазначених вище.

Перспективні цілі проекту МЕФАНЕТ

1. Уніфікувати і стандартизувати методи для створення мультимедійних навчальних засобів та онлайн-навчальних ресурсів;

2. Підтримувати виготовлення електронних навчальних засобів, забезпечити їх сумісність та наявність для студентів медичних факультетів-учасників.

3. Заснувати спільну онлайн-платформу для публікації мультимедійних навчальних ресурсів, яка була б загальнонаціональною та могла би використовуватися в навчанні.

4. Забезпечити професійне керівництво та заснувати міжфакультетську групу експертів, яка б гарантувала спільне методичне управління а також відкритість рішення для інших чеських та словацьких університетів.

5. Розробити спільну базу даних, яка би зробила можливим використання телемедицини у викладанні медичних дисциплін.

6. Скерувати команди авторів тісніше співпрацювати при створенні мультимедійних навчальних засобів і систем онлайн-освіти. Розробити спільні процедури для впровадження е-освіти як інструменту для навчання спеціалістів-медиків впродовж життя.

7. Організувати національні конференції для викладачів медичних факультетів, спрямовані на використання сучасних ІКТ у викладанні медичних дисциплін. Представляти результати проекту МЕФАНЕТ на національних та міжнародних конференціях.

8. Публікувати методичні матеріали та результати проекту.

Підготувати систему мультимедійної підтримки для навчання іноземних студентів а також англійські навчальні матеріали.

Дотримання незалежності факультетів-учасників та їх авторських прав. Проект МЕФАНЕТ зовсім не означає впливати або керувати навчальною діяльністю на окремих факультетах: усі задачі проекту МЕФАНЕТ повністю відповідають незалежності окремих факультетів. Проект в першу чергу націлений на створення методичних матеріалів і стандартів, які би покращили співпрацю команд викладачів-учасників. Очікується, що кожен факультет-учасник слідуватиме своїм власним пріоритетам розвитку, тоді як співпраця лише полягатиме в одночасній діяльності, методичній стандартизації і обміну роботами авторів. Якщо один факультет використовує навчальні матеріали і засоби іншого факультету, то повинні дотримуватися авторські права. Ці правила також розповсюдяться на інші чеські та словацькі університети, які пізніше приєднаються до проекту і/

або використовуватимуть опубліковані результати. З цієї причини система буде як досить відкрита, для того, щоб дозволити іншим факультетам гладко приєднатися до проекту. Ключові види діяльності проекту будуть застраховані контрактами між суб'єктами-учасниками (наприклад, міжуніверситетськими клініками і медичними факультетами щодо користування базою даних клінічних зображень і ін.).

Досягнення вільної наявності інформації. Вільно наявна інформація належить до головних пріоритетів проекту МЕФАНЕТ. Зокрема така ціль досягається через:

– публікації матеріалів на веб-порталах окремих факультетів, які будуть повністю сумісні і нададуть їх користувачам простий доступ до методичних матеріалів і онлайн-опублікованих матеріалів окремих факультетів. В межах проекту надаватиметься професійне консультування та існуватимуть дискусійні клуби.

– публікування та забезпечення наявності усіх методичних матеріалів, даних і баз даних; це буде зроблене через друковані публікації, які повинні бути розповсюджені серед усіх факультетів-учасників.

– постійне представлення результатів проекту, відкрите спілкування і заснування різноманітних дискусійних клубів на веб-порталах окремих факультетів а також на їх спільних шлюзах (gateway).

– організація національної конференції по результатах і методичних рішеннях проекту.

На сьогодні до проекту МЕФАНЕТ висловили свою згоду приєднатися 7 медичних факультетів Чеської республіки: університету Масарика (Брно), Карлового університету (3 факультети в Празі, 1 – в Градец Кралове, 1 – в Пільзен), університету в Оломоуці та 3 медичних факультети Словаччини: університету Братислави (2 факультети) та університету Кошице.

Координаційна рада проекту налічує 23 представники 10 факультетів та 4 представники провідних науково-дослідних установ Чехії в галузі комп'ютерних наук та медичної освіти.

Головою Координаційної ради проекту є директор Інституту біостатистики та аналізу Університету Масарика в Брно доктор Ладіслав Душек.

Аналіз задач, поставлених Координаційною радою на конференції в листопаді 2007 року. Першою задачею було налагодження співпраці усіх медичних факультетів Чехії та Словаччини і роботи Координаційної ради. Усі факультети офіційно вступили в мережу МЕФАНЕТ. Мережа розвивається в напрямку горизонтальної співпраці. При цьому така співпраця є невимушеною і ґрунтується на альтер-

нативній основі. Координаційна рада МЕФАНЕТ включає як внутрішніх членів (представники медичних факультетів – саме вони приймають рішення), так і зовнішніх (представники НДІ комп'ютерних наук, інституту післядипломної освіти і ін.). Конференція 2007 року рекомендувала, щоб МЕФАНЕТ і надалі залишалася на академічній основі, а будь-яка співпраця з комерційними суб'єктами ґрунтувалася на контрактах. При цьому Координаційна рада є академічним координуючим органом, а факультети працюють як юридичні особи з власним менеджментом.

Другою задачею була стандартизація та реалізація сумісних освітніх порталів. Пріоритетами названо:

1. Реалізація та адміністрування проекту.
2. Налагодження функціонування зв'язків між усіма „точками доступу”.
3. Формування контенту – наукового „рекламування” та „маркетингу”.

Центральний менеджмент та розробка на сьогодні здійснюється за рахунок внутрішнього бюджету Інституту біостатистики та аналізу Університету Масарика (Брно). У подальшому проект повинен стати грантовим.

Третьою задачею було визначено розробку порталу www.mefanet.cz та підтримку міжнародного представлення. На сьогодні портал МЕФАНЕТ вже працює, матеріали по проекту представлені в англійській версії. У той же час освітній контент є переважно на чеській мові і повинен бути на чеській мові. Англійський контент може готуватися при потребі.

Четвертою задачею було визначено методичні публікації по МЕФАНЕТ. Так впродовж 2007-08 рр. вже опубліковано 3 звіти щодо виконання проекту. У подальшому слід висвітлити:

- дотримання етико-правових аспектів (інформування про згоду пацієнта, е-публікація, авторські права), забезпечення видавничого потенціалу праці;
- е-навчання (прописати основоположні принципи, норми, об'єкти навчання, правила навчання, форми “опублікування” курсу, складання тестових завдань);
- цифрове відео (основні правила створення, норми, технічні специфікації, критерії якості, долучення до системи об'єктів навчання, правила створення);
- збір клінічного навчального матеріалу (основні правила, норми, критерії якості);
- фото-архіви;
- електронні книги та питання доступності інформації;
- міжнародну співпрацю та е-публікації.

В якості пріоритету на 2008 рік запропоновано реально заснувати горизонтально співпрацюючу мережу студентів, викладачів та викладачів-авторів матеріалів. Така мережа повинна працювати через

підтримку стандартизованих порталів та підтримку сумісності по ключових питаннях. Пріоритетами названо: самоорганізуючі форми діяльності, проекти; довільні гранти, формування команд викладачів.

Фінансовою основою МЕФАНЕТ визначено здобуття грантів – як національних, так і міжнародних.

Партнерами МЕФАНЕТ виступатимуть видавництва та науково-дослідні інститути.

Проблемними залишаються запитання:

– чи можна оцінити число користувачів МЕФАНЕТ (викладачів та студентів) – це потрібно для пропозиції на здобуття гранту;

– розповсюдження методичних матеріалів МЕФАНЕТ – чи можливе використання групових електронних адрес, чи краще розповсюджувати через представників від факультетів у Координаційній раді і чи це буде функціонувати?

– хто здійснюватиме контроль контенту? Організація професійної ради експертів? Чому надають перевагу факультети – слідуванню „дорожньої карти порталу” чи програмам дисциплін?

– факультети Словачької республіки – хто здійснюватиме керівництво? Питання грантових пропозицій.

Технічним координатором проекту є доктор Даниель Шварц (Інститут біостатистики та аналізу Університету Масарика, Брно), який визначає такі технічні аспекти реалізації проекту.

Першим питанням є розробка програмного забезпечення для веб-порталів медичних факультетів. На рисунку 1 представлено інформаційну модель програмного забезпечення для підтримки МЕФАНЕТ на освітньому веб-порталі медичного факультету.

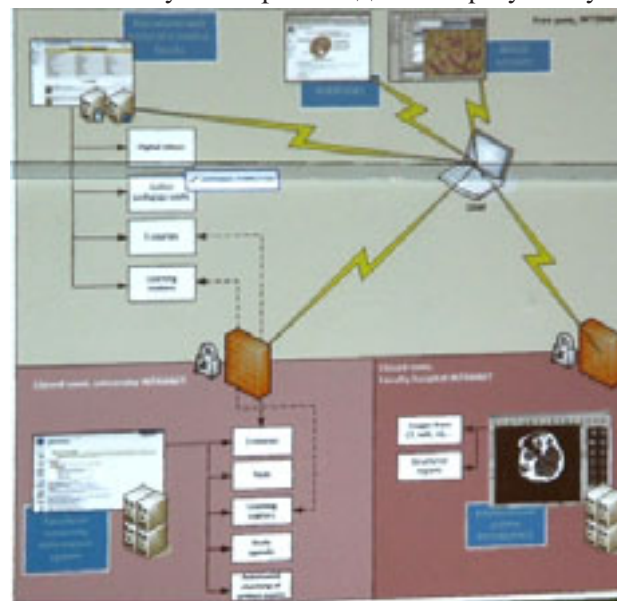


Рис.1. Інформаційна модель освітнього веб-порталу медичного факультету

Структура існуючої системи е-публікацій показана на рисунку 2:

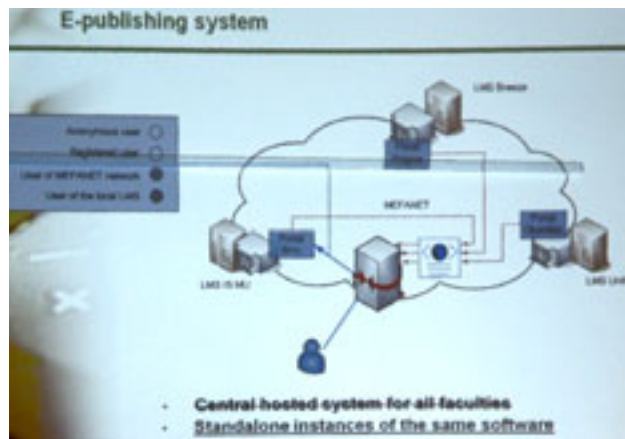


Рис.2. Система е-публікацій

Доступ до системи е-публікацій дозволяється лише користувачам мережі МЕФАНЕТ та користувачам локальних систем управління навчанням (СУН, Learning Management System, LMS). На сьогодні до системи е-публікацій під'єднано СУН медичних факультетів в Брно, Празі (СУН Breeze), Оломоуці, доступ з яких здійснюється через відповідні веб-портали. Центральний сервер системи е-публікацій знаходиться в Брно. Для системи е-публікацій вибрано концепцію окремих інсталяцій однакового програмного забезпечення на серверах медичних факультетів на відміну від підходу системи з центральним хостингом (керуванням) для усіх факультетів. Такий підхід повністю узгоджується з політикою МЕФАНЕТ.

Розробка програмного забезпечення для освітнього веб-порталу МЕФАНЕТ тривала починаючи з 2007 року. З 04.12.2007 вже з'явилася 4 версії відповідного програмного забезпечення. Його завантаження (а також поновлення) здійснюється з центрального сайту www.mefanet.cz. Особливостями нових версій стало:

- 04.12.2007, версія 1.0: система стала переносимою на більше ніж один факультет; з'явилася підтримка як чеської, так і англійської мов;
- 21.12.2007, версія 1.1: підтримка власних факультетських налаштувань; підтримка словацької мови;
- 19.02.2008, версія 1.2: повністю перероблено систему надсилання публікацій; розроблено інтерфейс спілкування з центральним шлюзом;
- 30.04.2008, версія 1.3: нова система авторизації, що ґрунтується на ролі користувачів.

Тепер автори освітнього контенту можуть вибрати такі групи користувачів, для яких дозволений/заборонений доступ до їх матеріалів:

- незареєстрований анонімний користувач;

– зареєстрований анонімний користувач, який прийняв положення про користування під час його реєстрації;

– користувач мережі МЕФАНЕТ, тобто студент або викладач з будь-якого чеського або словацького медичного факультету;

– користувач місцевого університету, причетність якого до цього університету перевірена на порталі завдяки локальній інформаційній системі цього університету;

– користувач місцевого медичного факультету, причетність якого до цього факультету перевірена на порталі завдяки локальній інформаційній системі цього факультету.

На рис.3 наведено блок-схему нової системи націленої авторизації.

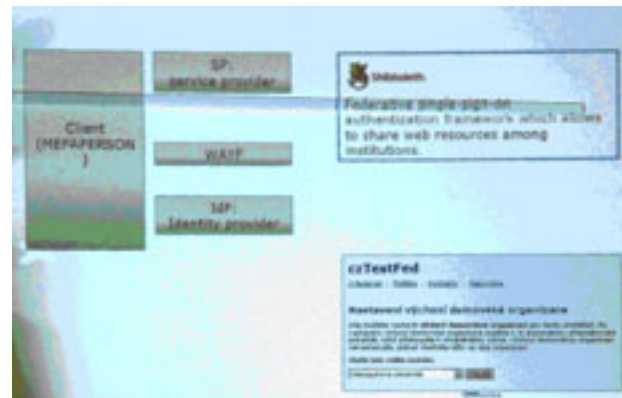


Рис.3. Нова система націленої авторизації

На сайті www.mefanet.cz/mefaperson наведено нові атрибути користувачів: 5-х медичних факультетів Карлового університету, медичних факультетів університетів Масарика в Брно, Палацки в Оломоуці та 3-х медичних факультетів в Словаччині. Реально система такої авторизації вже працює для користувачів університету Масарика в Брно та 1-го медичного факультету Карлового університету (частково). При цьому також зберігається метод попередньої авторизації (версія 1.2), згідно якого:

- новий користувач реєструє адресу свого е-мейл;
- після реєстрації користувач авторизується через локальну інформаційну систему і встановлюється прапорець ролі користувача;
- підтримуються протоколи такі, як LDAP, Kerberos, Radius.

Стан реалізації проекту показано в таблиці 1.

На рисунку 4 представлено центральний шлюз проекту, який знаходиться за адресою <http://portal.mefanet.cz>. Робота над ним триває і невдовзі автори контенту отримуватимуть е-мейли із повідомленнями про негаразди з їх контентами (наприклад, XHTML-несумісність і ін.).

FACULTY	WILLF	INSTALLED	LICENCE	CONTENT	SHIBBOLETH
LF MU (U.S. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1. LF UK (U.K. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. LF UK (U.K. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. LF UK (U.K. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LFHK UK (U.K. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LFP UK (U.K. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LF UP (U.S. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LF UPJS (U.S. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
JLF UK (U.K. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LF UK (U.K. Medical)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Таблиця 1. Стан реалізації проекту МЕФАНЕТ в розрізі факультетів

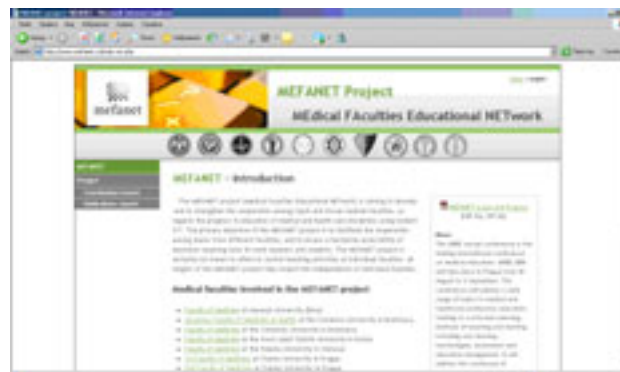


Рис.4. Центральний шлюз проекту.

Для порталів усіх медичних факультетів, які залучені до МЕФАНЕТ обов'язковим є лише дотримання переліку („карти”) медичних дисциплін (рис.5).

Anesthesiology and Intensive Care Medicine (8)	Epidemiology, Preventive Medicine, Hygiene (1)	Medical Informatics (3)	Pharmacology (2)
Anatomy (15)	Gastroenterology and Hepatology (10)	Microbiology (8)	Physiology (5)
Biochemistry, Chemistry (8)	General Practice Medicine (8)	Nephrology (8)	Psychiatry, Psychology, Sexology (2)
Biology (8)	Geriatrics (2)	Neurology, Neurosurgery (2)	Radiology and Imaging (2)
Biophysics (8)	Geriatrics (8)	Obstetrics, Gynecology (1)	Rehabilitation, Physiotherapy, Ergotherapy (4)
Cardiology, Angiology (1)	Haematology (2)	Oncology, Radiation Therapy (8)	Rheumatology (8)
Dentistry (2)	Health Care and Nursing (8)	Ophthalmology and Optometry (1)	Surgery, Traumatology and Orthopaedics (1)
Dermatology (4)	Histology, Embryology (1)	Other (8)	Urology (8)
Diabetology, Dietetics (8)	Immunology, Allergology, Pulmonology (1)	Otorhinolaryngology (8)	
Emergency Medicine, Toxicology (2)	Infectology (8)	Paediatrics, Neonatology (2)	
Endocrinology, Metabolism (2)	Medical Ethics and Law (8)	Pathology, Laboratory Medicine (1)	

Рис.5. Карта медичних дисциплін, обов'язкова для дотримання в МЕФАНЕТ

Хоча слід зазначити, що в навчальних планах ряду медичних факультетів Чехії та Словаччини є суттєві розбіжності. Тому значну увагу було приділено уточненню списку навчальних дисциплін.

Великого значення надається організаційним та правовим аспектам діяльності МЕФАНЕТ.

Слід визначити статус МЕФАНЕТ. Що це – проект, корпоративний орган, освітня мережа? МЕФАНЕТ повинен бути мережею освітніх порталів медичних факультетів.

Для вирішення багатьох правових питань слід розглядати МЕФАНЕТ як предмет угоди між факультетами. Це дозволить співпрацювати із зовнішніми видавництвами та міжнародними інституціями (наприклад, ARIADNE і ін.).

Щодо статусу МЕФАНЕТ як освітньої мережі медичних факультетів, то не слід розглядати даний проект лише як технічну платформу, яка розширить пропозицію освітніх об'єктів для студентів, **але також** і як спільноту, яка б гармонізувала:

- створення або придбання нових об'єктів;
- заявки на гранти і підтримку;

– спільне вирішення комплексних технологічних проблем під час розробки онлайнного викладання.

Розглядаючи МЕФАНЕТ як **мережу** освітніх порталів медичних факультетів, головною відмінністю його від репозиторіїв та видавництва є децентралізоване керування освітніми об'єктами (створення, придбання, ліцензії, поновлення).

У питанні зовнішніх видавництва визначаються такі рівні співпраці:

1-й рівень: публікації електронних додатків паперових видань (підручників, атласів);

2-й рівень: ворота доступу до електронних книг.

Висновки. При розробці єдиного інформаційного простору ВМ(Ф)НЗ України заслуговує уваги використання таких принципових підходів, прийнятих в проекті МЕФАНЕТ:

1. Організація горизонтальної співпраці університетів, орієнтування проекту на фінансування за рахунок національних та міжнародних грантів.

2. Формування мережі незалежних освітніх порталів, на кожному з яких інсталується стандартизоване програмне забезпечення для підтримки системи

е-публікацій. Обов'язковим є дотримання стандартизованого переліку дисциплін.

3. Забезпечення етико-правових питань при розміщенні електронних матеріалів. Права доступу виз-

начаються авторами навчальної інформації.

4. Розробка системи націленого авторизованого доступу із створенням груп користувачів з правами різного рівня.

Література

1. Досвід Віденського медичного університету в реформуванні системи освіти. Перспективи співпраці/ За ред. Л.Я.Ковальчука. – Тернопіль: ТДМУ, 2006. – 290 с.

2. Медсестринська освіта в Університеті Південної Кароліни Апстейт (США)/ За ред. Л.Я.Ковальчука. – Тернопіль: ТДМУ, 2006. – 398 с.

УДК: 61:004.45

АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ У МЕДИЧНІЙ ОСВІТІ

А.В. Семенець

Тернопільський державний медичний університет імені І.Я.Горбачевського

Метою даної роботи є практична реалізація бази завдань, а також розробка алгоритму автоматичного проектування тест-білетів. Запропоновано інформаційну модель бази даних для зберігання тестових завдань, що практично реалізована в СУРБД Firebird. Розглянуто загальні питання проектування тестів. Розроблено алгоритм автоматичного проектування тест-білетів, що реалізований мовою Object Pascal з використанням інструментального середовища Delphi.

Ключові слова: медична освіта, інформаційна модель, підготовка тестування, проектування тест-білета, база даних, розробка програмного забезпечення.

АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

А.В. Семенець

Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я.Горбачевского

Целью данной работы является практическая реализация базы заданий, а также разработка алгоритма автоматического проектирования тест-билетов. Предложена информационная модель базы данных для хранения тестовых заданий, которая практически реализована в СУРБД Firebird. Рассмотрены общие вопросы проектирования тестов. Разработан алгоритм автоматического проектирования тест-билетов, который реализован на языке Object Pascal с использованием инструментальной среды Delphi.

Ключевые слова: медицинское образование, информационная модель, подготовка тестирования, проектирование тест-билета, база данных, разработка программного обеспечения.

ON IMPLEMENTATION OF THE TEST KNOWLEDGE INTEGRATED ENVIRONMENT IN THE MEDICAL EDUCATION

A.V. Semenets

Ternopol medical state university named I.Ya.Gorbachevsky

The purpose of this work is the practical implementation of the test database and also development of the algorithm for the automatic test sets construction. Information model of the database for the test storage is offered. This model was practically implemented using the Firebird database management system. Basic topics of the test sets development are considered. The algorithm for the automatic test sets construction was developed. This algorithm was implemented in terms of Object Pascal programming language using the Delphi development system.

Keywords: medical education, information model, test preparing, test sets development, databases, application development.

Вступ. Проблема якісного контролю знань особливо актуальна для медичної освіти. Одним з інструментів для одержання керуючої педагогічної інформації є результати тестування.

У порівнянні із традиційними формами контролю (напр. іспити) тести часто виявляються більш об'єктивним й якісним способом контролю. Результат стандартизованого тестування дозволяє, до того ж, зідставити рівень окремого об'єкта (студента, групи)

© А.В.Семенець

по предмету в цілому (або по окремих темах) із середнім рівнем або з подібним об'єктом.

Однак, часто замість повноцінних тестів використовуються тестові завдання – набір питань із варіантами відповідей, які, можливо, і корисні, але не є тестами по своїй суті. Це призводить суть тестування до простого опитування й дискредитує сам метод тестування, хоча в закордонній практиці він визнаний одним з найбільш

надійних засобів масового контролю досягнень абітурієнтів [1].

На початку 20-го століття були закладені основи теорії тестування, які активно розвивалися до початку 70-х років. В 1968 році Ф. Лорд і М. Новик [2, 3] сформулювали основні постулати математичної моделі класичної теорії тестування. При цьому, під тестом T розуміється структурована система завдань і, відповідна їй, процедура перевірки цих завдань, що забезпечує однозначність інтерпретації отриманих результатів тестування.

У зв'язку зі зростаючим використанням сучасної комп'ютерної техніки при визначенні рівня підготовки абітурієнтів, і її широким впровадженням у практику роботи освітніх організацій виникає завдання формалізації процедур і методів підготовки тестових завдань, створення технології тестування, розрахованої на масового користувача.

Ціль даної роботи – представити одну практичну реалізацію бази завдань (бази даних), а також алгоритму автоматичного проектування тест-білетів.

У Тернопільському державному медичному університеті імені І. Я. Горбачевського (ТДМУ) у цей момент проводиться експеримент по впровадженню комплексного тестування як одного з методів контролю знань студентів. Для технічного забезпечення підготовки й проведення тестування на кафедрі ме-

дичної інформатики розробляється інтегроване середовище перевірки знань у медичній освіті (ІСПЗМО). Дана система відноситься до інформаційно-керуючих систем (ІКС) [4].

Як інструментальні засоби для технічної реалізації ІСПЗМО були обрані [5]:

- мова розробки додатку – Java;
- середовище розробки додатку – Java Studio Creator – вільно розповсюджуване програмне забезпечення;
- програмний сервер управління реляційними базами даних (СУРБД) – Firebird – вільно розповсюджуване програмне забезпечення;
- середовище виконання додатку – Java Application Server – вільно розповсюджуване програмне забезпечення;

1. Структура бази завдань

Основою для створення тест-білетів служить база завдань. При розробці структури бази завдань виникає питання про те, які параметри завдань повинні бути описані. Якщо при проектуванні тест-білету використовуються процедури класичної теорії тестування, то в якості основних (статистичних) параметрів повинні бути вказані *коефіцієнт вирішуваності* k_i і *коефіцієнт селективності* D_i . У даній роботі ми спиралися на структуру, запропоновану в [1]:

Найменування завдання	Коефіцієнт вирішуваності k_i	Коефіцієнт селективності D_i	Коефіцієнт вирішуваності дистракторів			
			$k_i(1)$	$k_i(2)$	$k_i(\dots)$	$k_i(x)$

Початкові значення коефіцієнтів вирішуваності k_i і селективності D_i визначаються за результатами пробного тестування, і уточнюються в процесі експлуатації тестового завдання.

Нехай за результатами тестування отримана матриця відповідей D розміром $N \times L$ (N випробуваних, L завдань), причому зроблено вибракування рядків і стовпців, що цілком складаються з нулів й одиниць. Знаходження статистичних класичних параметрів проводиться по формулах [1]:

1. Коефіцієнт вирішуваності завдання

$$k_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_{ni} \quad (i = \overline{1, n}) \quad (1.1)$$

де u_{ni} - оцінка виконання i -го завдання n -м випробуваним.

1. Коефіцієнт селективності завдання

$$D_i = k_i - k_p \quad (1.2)$$

де k_i' – коефіцієнт вирішуваності i -го завдання другої половини тестованих;

k_p – коефіцієнт вирішуваності i -го завдання гіршої половини тестованих.

Класичні параметри істотно залежать від популяції тестованих, на яких була отримана статистика. При розробці тест-білетів класичні параметри зручні на етапі первинного конструювання тест-білета, або коли база завдань використовується приблизно для тієї ж категорії випробуваних, на яких проводилося калібрування завдань (при стабільному навчальному процесі – у школі, вузі й т. д). Ця причина й обумовила вибір саме класичних параметрів тестування для використання їх у рамках розроблюваної ІСПЗМО.

В експериментальному проекті ІСПЗМО вищевказана структура бази завдань реалізована у вигляді двох таблиць реляційної бази даних [1], які мають вигляд, представлений на рисунку 1:

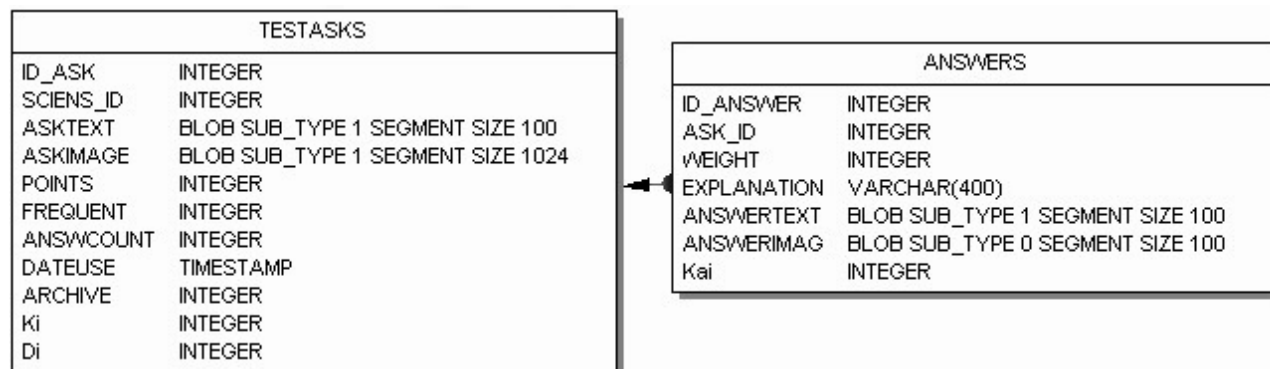


Рис. 1. Структура бази завдань в експериментальному проекті ІСПЗМО.

Дана структура має кілька переваг:

1. Застосування полів типу **BLOB** для зберігання текстів питань і відповідей дозволяє використовувати розширене форматування різноманітні шрифти, ефекти, кольорове оформлення.

2. Поле **POINTS** служить для попереднього задання рівня складності питання викладачем, і, отже, дозволяє створювати тести з питаннями різної складності.

3. Поле **ARCHIVE** забезпечує можливість тимчасового виключення питання з переліку використовуваних для проектування тест-білета, причому, без видалення з бази даних.

4. Завдяки відношенню типу «один-до-багатьох» між таблицею питань **TESTTASKS** і таблицею відповідей **ANSWERS** є можливість для одного питання ввести будь-яку кількість відповідей [6].

5. Наявність поля **WEIGHT** дозволяє створювати тестові питання з декількома правильними відповідями різної ваги.

2. Загальна схема проектування тестів й аспекти її реалізації в ІСПЗМО

Тут ми опиралися на основні етапи створення тестових матеріалів, запропоновані в [1]. Вони полягають у наступному:

1. Постановка цілей педагогічних вимірів індивідуальна або масова діагностика, завдання відбору, селекції або оцінки ефективності освітньої програми (методики навчання). Метою педагогічного експерименту в ТДМУ є масова діагностика семестровий контроль знань студентів.

2. Визначення й вибір підходящої моделі проектування тестів. Метою педагогічного експерименту в ТДМУ є оцінка рівня підготовленості тобто проєктовані тести повинні містити завдання з найбільшою кількістю навчальних тем. Статистичний розподіл результатів вимірів у цьому випадку близький до нормального.

3. Підготовка банку відкаліброваних завдань. Найбільш трудомісткий етап у процедурі розробки

тестів. У розробленому експериментальному проекті **ІСПЗМО** для цих цілей використовуються СУРБД Firebird і веб-редактор, що працює під управлінням Java Application Server*. Для первинного наповнення банку тестових завдань знадобився навчальний рік (2006/2007 н.р.)

4. Створення структури тестів (переліку контрольованих навчальних елементів). У проекті **ІСПЗМО** створення структури здійснюється вручну за допомогою програмного комплексу з веб-інтерфейсом [1].

5. Попереднє визначення валідності. Після створення структури можна експертно визначити змістовну валідність тестів. Під валідністю розуміється ступінь досягнення тестами поставлених цілей і відсутність факторів, що спотворюють результати виміру. Звичайно проводиться вручну, групою експертів-викладачів.

6. Проектування тестів, генерація необхідної кількості варіантів. Найбільш важливий етап тестування. У даній версії **ІСПЗМО** для відпрацювання алгоритмів використовується утиліта, написана на мові Object Pascal з використанням інструментального середовища Delphi. Головні особливості алгоритму генерації варіанту тесту будуть розглянуті нижче.

7. Рецензування й редагування тестових матеріалів є наступним етапом перевірки якості тестових завдань. Воно може проходити у формі простого обговорення членами робочої групи й у формі зовнішнього (незалежного) рецензування.

8. Пробне тестування. Воно покликано визначити валідність і надійність тесту, відбракувати невдалі завдання. Пробне тестування проводиться, як правило, на відносно невеликих групах для того, щоб:

А) визначити первинні статистичні характеристики завдань і матеріалів у цілому,

В) виконати коректування завдань.

9. Аналіз і корекція. Після пробного тестування може виявитися, що отримані результати не (по-

* Більш детальна інформація про експериментальний проект ІСПЗМО представлена на <http://www.tdmu.edu.te.ua/departments/informatics>

вністю) відповідають поставленим цілям. У цьому випадку необхідне коректування структури тестових матеріалів і набору завдань.

3. Реалізація базового алгоритму проектування тест-білетів

Розглянемо деякі загальні технічні питання, які виникають при необхідності автоматично спроектувати тест-білет:

1. Необхідна повна реалізація структури тесту – повинні бути підготовлені питання по кожному розділу тест-білету.

1. Кількість розділів і питань по кожному розділу повинно відповідати заданим.

2. Вибірка питань повинна відбуватися випадковим чином. На етапі пробного тестування частота використання питань у тест-білетах повинна бути рівномірною.

3. Структура квитка повинна бути збережена, для наступного аналізу й корекції.

Спрощена блок-схема розробленого авторами алгоритму автоматичного проектування тест-білетів показана на рис 2. На даному етапі розробки ІСПЗМО

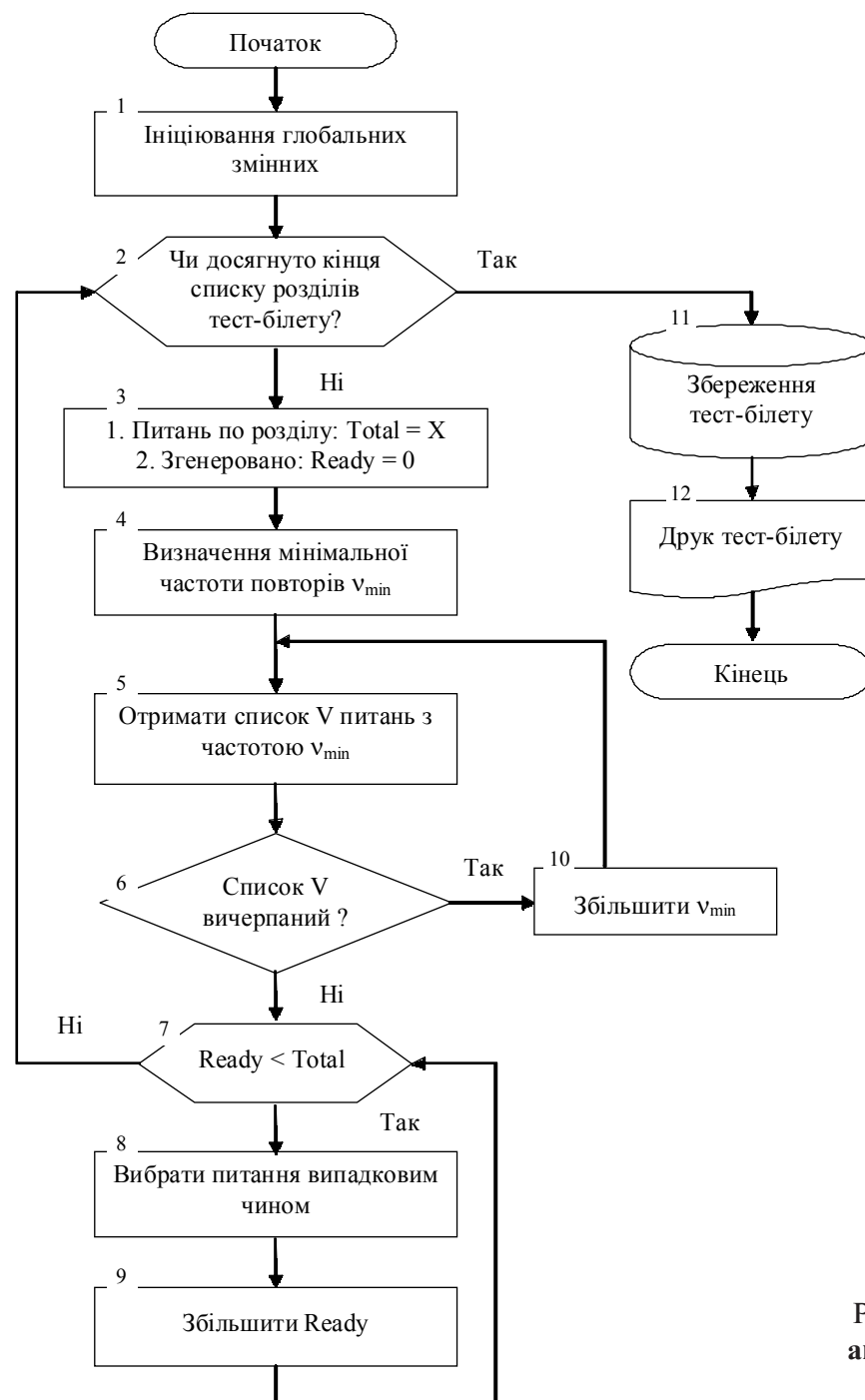


Рис. 2. Блок-схема алгоритму автоматичного проектування тест-білетів

даний алгоритм реалізований мовою Object Pascal з використанням інструментального середовища Delphi. Після остаточного відпрацювання алгоритм планується переписати на Java для використання у вигляді сервлету під керуванням Java Application Server [1].

Зазначений на рис 2 алгоритм працює в такий спосіб: на кроці 1 ініціалізуються глобальні змінні даного модуля. На кроці 2 у циклі обробляються всі розділи тест-білета. На кроці 3 установлюються початкові умови циклу: кількість питань по розділу Total і кількість вже згенерованих питань Ready. Крок 4 використовується для визначення мінімальної частоти повторів питань у базі nmin. Далі (крок 5) з бази даних вибирається список V питань із частотою nmin. Наступною йде перевірка (крок 6) – чи вичерпаний список V. У випадку позитивної відповіді – частота збільшується (крок 10) і проводиться добування нового списку. Якщо ж список не вичерпаний, перевіряється умова – згенеровано чи ні належне число питань (крок 7). Після цього випадковим чином вибирається питання зі списку V (крок 8). Кількість готових питань Ready збільшується (крок 9) і відбувається повернення до початку циклу генерації (крок 7). Якщо ж згенеровано задане число питань (Ready = Total), відбувається повернення в головний цикл – до кроку 2. У випадку, коли всі розділи квитка оброблені, тест-білет зберігається в базі даних (крок 11), і друкується (крок 12).

4. Проблема проектування тест-білетів

Комп'ютерна генерація тесту вимагає розробки математичного апарату, що формально представляє різні проблеми конструювання тестів у вигляді завдань математичного програмування. У роботах, присвячених даній проблемі [1], розглядаються підходи, що дозволяють формалізувати завдання конструювання тест-білета як завдання цілочисельного математичного про-

грамування: знайти рішення, що забезпечує оптимальне (максимальне або мінімальне) значення цільової функції при заданих обмеженнях на множині можливих значень рішення, при цьому координати вектора рішення передбачаються двозначними – 0 або 1.

Зіставляючи з тест-білетом вектор x із цілочисельними координатами $x_i = 0$ v 1 , значення яких визначають, включено чи ні завдання з номером i і значення, її чисельно оцінювали необхідну якість тест-білету (наприклад, кількість використовуваних завдань), а також задаючи обмеження $f_j(x) \geq 0$, наприклад, на множині використовуваних завдань, приходимо до наступної задачі цілочисельного програмування:

$$\min \{ \Phi_0(x) / f_j(x) \geq 0, j=1, \dots, S; x_i = 0 \text{ or } 1, i=1, \dots, N \} \quad (1.3)$$

Разом з тим, тільки найпростіші випадки описуються за допомогою однієї цільової функції, значення якої вимірюють якість вирішення тест-білету. У більш складних ситуаціях якість вирішення не може бути оцінена єдиною цільовою функцією. Такий стан справ при роботі в багатокритеріальних ситуаціях, наприклад, коли конструктор повинен враховувати якість декількох параметрів тест-білета [1, 9].

Висновки. У роботі розглядаються питання практичної реалізації бази завдань, а також розробки алгоритму автоматичного проектування тест-білетів. Запропоновано інформаційну модель бази даних для зберігання тестових завдань, що практично реалізована в СУРБД Firebird. Розглянуто загальні питання проектування тестів. Розроблено алгоритм автоматичного проектування тест-білетів, що реалізований мовою Object Pascal з використанням інструментального середовища Delphi. Метою наступних досліджень повинна бути методика автоматичного аналізу й корекції спроектованих тест-білетів з використанням зазначеного математичного апарату й результатів пробного тестування.

Література

1. Булыгин В.Г. Основы автоматизации процесса обучения / В.Г. Булыгин. - Йошкар-Ола, 2003. - 190 с.
2. Lord P.M., Novic M.R. Statistical Theories of Mental Test Scores. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1968.
3. Novic M.R. The Axioms and Principle Results of Classical Test Theory / Journal of Mathematical Psychology, 1966, N3.-P. 1-18.
4. Энциклопедия кибернетики: В 2т. – К.: Гол. ред УРЕ, 1974.
5. Х.М. Дейтел, П.Дж. Дейтел, С.И. Сантри Технологии программирования на Java 2: В 3т. Пер. с англ. – М.: ООО "Бином-пресс", 2003 г.
6. Марценюк В.П. Медицинская информатика. Проектирование и использование баз данных. – Тернополь: Укр-

медкнига, 2001. – 178 с.

7. Марценюк В.П., Кравец Н.О. О программной среде проектирования интеллектуальных медицинских баз данных // Клиническая информатика и телемедицина - 2004, №1. – С. 47-53.
8. Ткачук Н.В. Концепция интегрированной среды реинжиниринга сложных информационных управляющих систем // Проблемы информатики и управления. – 2003. - №1. – С. 74-83.
9. Наводнов В.Г., Петропавловский М.В., Ельцын А.В. Автоматизированное проектирование педагогических измерительных материалов: Препринт N 297. - Йошкар-Ола. Научно-информационный центр государственной аккредитации, 1997.

УДК 378.147:[519.766:681.3].001.76:61

**МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНЬ НА ОСНОВЕ ПОНЯТЬ ДЛЯ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НАВЧАННЯ****О.А. Рижов***Запорізький державний медичний університет*

У роботі розглядається 4-рівнева формалізована модель представлення знань предметної області (ПО), яка групується на поняттях професійної мови і включає рівні: 1-й – словник термінів професійної мови, який відображає поняття ПО, 2-й – тезаурус, побудований на основі семантичних відносин, 3-й – граф логічної структури (ГЛС) предметної області, 4-й – багатощарова семантична мережа. Розроблена модель призначена для представлення фармацевтичних і медичних знань у комп'ютерних навчальних системах.

Ключові слова: дистанційне навчання, комп'ютерні системи навчання, бази знань, денотат, семантичні мережі.

**МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ПОНЯТИЙ ДЛЯ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОБУЧЕНИЯ****А.А. Рыжов***Запорожский государственный медицинский университет*

В работе рассматривается 4-уровневая формализованная модель представления знаний предметной области (ПО), основанная на понятиях профессионального языка, включающая следующие уровни: 1-й – словарь терминов профессионального языка, отражающего понятия ПО, 2-й – тезаурус, построенный на основе семантических отношений, 3-й – граф логической структуры (ГЛС) предметной области (ПО), 4-й – многослойная семантическая сеть. Разработанная модель предназначена для представления фармацевтических и медицинских знаний в компьютерных обучающих системах.

Ключевые слова: дистанционное обучение, компьютерные системы обучения, базы знаний, денотат, семантические сети.

**KNOWLEDGE REPRESENTATION MODEL ON THE BASE OF CONCEPTS FOR
COMPUTER TRAINING SYSTEMS****A.A. Ryzhov***Zaporozhye State Medical University*

The work deals with 4-level formalized model of knowledge representation of data domain (DD), based on the concepts of professional language and including such levels: 1st – dictionary of professional language terms, showing DD concepts; 2nd – thesaurus, built on the basis of semantic relations; 3rd – graph of logical structure (GLS) of data domain; 4th – multi-pty semantic network. Developed model is designed for medical and pharmaceutical knowledge representation in computer training systems.

Key words: remote education, computer training systems, knowledge bases, denotat, semantic networks.

Впровадження концепції безперервного навчання в систему післядипломної освіти підвищило значення дистанційних форм навчання [1,2]. Проте аналіз сучасних тенденцій створення дистанційних курсів показує, що більшість з них є базами навчально-методичної інформації у вигляді гіпертексту та надають можливість тестування з метою оцінювання отриманих знань. Організація навчальної діяльності у таких комп'ютерних системах на-

© О.А. Рижов

вчання (КСН) побудована на лінійному сценарії подачі матеріалу студентам з періодичним тестовим контролем. Слід зазначити, що такі дидактичні підходи не дозволяють студенту отримати необхідний обсяг потрібних знань і умінь, а викладачу – проконтролювати якість навчання. Використання моделі знань конкретної предметної області створює можливість розробки адаптивних автоматизованих навчальних курсів з нелінійною траекто-

рісю, які дозволяють враховувати особливості засвоєння інформації конкретною людиною.

Мета статті. Мета статті полягає в розробці формалізованої моделі знань предметної області (ПО), яка призначена для генерації нелінійних сценаріїв навчання в КСН на основі еталонної моделі знань (ЕМЗ) студента даного навчального курсу і моделі знань конкретного студента.

Основна частина. Знання можна розглядати як відображення об'єктивної реальності, здійснюване колективним розумом людства і зафіксоване в різних формах і знакових системах [3,4]. Носієм знань конкретної навчальної області є професійна мова, яка відрізняється від звичайної мови високим ступенем однозначності розуміння смислового змісту термінів. Для більш ефективного відображення понять і об'єктів ПО використовуються спеціалізовані мови, такі як мова хімічних та математичних формул, мови опису алгоритмів тощо. У зв'язку з цим, на першому етапі формалізації можна побудувати понятійну модель предметної області. Розробляючи бази знань (БЗ) для КСН ми накладаємо обмеження на обсяг цієї бази. Критерієм обмеження є обсяг знань, наведений у навчальній програмі даного курсу. Такий підхід значно спрощує рішення поставленої задачі розробки БЗ ПО і ЕМЗ студента або курсанта.

Аналіз навчальних програм з різних медико-біологічних дисциплін, які викладаються в університеті, показує, що зміст навчального курсу відображається в термінах ПО, що вивчається, і розподілений на окремі множини відповідних модулів або тем. Метою навчального курсу є передача знань від носіїв знань: співтовариства викладачів, підручників, монографій і т.п., до студента, відповідно до програми курсу з використанням відповідних педагогічних технологій. При автоматизованому навчанні студент взаємодіє з програмно-апаратним комплексом, де розгорнена комп'ютерна система навчання, а носіями знань є навчальні елементи у вигляді тексту, графіки, анімації, відеофрагментів у цифрових форматах, тестів, контрольних завдань та ін., організовані викладачами і дизайнерами в комп'ютерний навчальний курс. У більшості КСН смисловий зміст ПО не формалізований, а відображений у навчальних елементах, які представлені у цифровому форматі. Якість знань студента інтерпретується інтегрованою оцінкою (5-ти або 12-ти бальною, рейтинговою) за тему, модуль або курс. Маючи таку систему оцінювання, ми не можемо оцінити якість знань. Формалізація смислового змісту знань ПО в межах навчального курсу і індексування навчальних елементів на

основі понятійної структури ПО, які використовуються у КСН, дозволить розробити диференційовану систему оцінки якості знань студентів і алгоритми побудови сценаріїв адаптивного навчання.

Нами розроблена 4-рівнева модель предметної області, яка базується на поняттях професійної мови. 1-й рівень – словник термінів професійної мови, який відображає поняття ПО, 2-й – тезаурус, побудований на основі семантичних відносин, 3-й – граф логічної структури (ГЛС) предметної області (ПО), 4-й – багатопланова семантична мережа. Еталонна модель студента в представленій системі розглядається як проекція моделі ПО, організована на відображенні понять навчального плану дисципліни. Слід зазначити, що термінологічний словник ПО є базовою структурою для подальших рівнів моделі ПО. Так, використовуючи різні відносини і правила, можна побудувати n тезаурусів, застосовуючи різні моделі представлення знань (семантичні мережі, фрейми, онтології тощо) можна побудувати n рівнів БЗ з різним ступенем деталізації відносин об'єктів ПО.

Враховуючи комунікативну роль другої сигнальної системи у людини, вербальний опис предметної області є провідним. У зв'язку з цим, на першому етапі формування БЗ ПО для КСН необхідно створити термінологічний словник навчального курсу. Вербальні засоби опису ПО визначимо як множину використовуваних мов $L_V = \cup L_{S_i}$. Проте розвиток науки в різних галузях приводить до створення спеціалізованих мов (мова хімічних формул, мова математики, CML, SBML і тощо) $L_S = \cup L_{S_i}$, які набагато ефективніше описують об'єкти і явища, що вивчаються даною ПО. Як ми вже відзначали, одна ПО одночасно може використовувати декілька мов для представлення та опису об'єктів, які вивчаються. Їх інтерпретація різними мовними засобами дозволяє повніше і виразніше здійснити опис. Отже, один і той же денотат може інтерпретуватися різними мовами, прийнятими в даній ПО.

Інформація ПО може бути зафіксована і представлена в процесі навчання в різних формах. Множина форм представлення інформації визначається виразом [5]:

$$F_i = \{t, S, g, C\} \quad (1)$$

де t – текстова форма представлення (t -форма);
 S – аудіальна форма (S -форма);
 g – візуальна форма (g -форма);
 C – графічна форма (C -форма).

Кожна з даних форм може бути представлена як запис в двоїчному файлі певного формату або запис на спеціалізованій мові. Наприклад, t -і S -форми,

звуковий супровід може відтворюватися комп'ютером з нот або з *midi*-файла, *g*- і *C* – форми з мови авто-Лісп або мови графічних сценаріїв, які формують різні анімаційні програми. Визначимо множину мов, які описують форми представлення $L_F = \cup L_{S_i}$.

Таким чином, мовні засоби ПО розглядаємо як:

$$L = L_S \cup L_V \cup L_F = \cup L_n \quad (2)$$

ден= $\{S, V, F, \dots\}$.

Кожен змістовний термін ПО має свій матеріальний або абстрактний денотат. Позначення терміном $l_{n,i}$ мови L_n денотата d_i можна представити як [6]:

$$l_{S,i} \rightarrow d_i; \quad (4)$$

$$l_{V,i} \rightarrow d_i; \quad (5)$$

$$l_{F,i} \rightarrow d_i \quad (6)$$

де R_0 – відношення денотації

$$\cup l_{n,i} \rightarrow d_i. \quad (7)$$

Слід зазначити, що для студента множина взаємодоповнюючих форм і мов представлення об'єкту ПО підвищує ступінь засвоєння навчальної інформації [5]. З іншого боку, необхідно враховувати, що розширення мовних засобів і форм представлення знань ПО не додають знань, а лише покращують виразність представлення інформації і полегшують оперування з нею.

При описі змістовної частини поняття за допомогою семантичних мереж необхідно звільнитися від багатомовності в представленні денотата. Зміст поняття відображається у відносинах і зв'язках поняття з іншими поняттями ПО, тому множинність опису денотата необхідно звести в одну точку, наприклад, до вузла семантичної мережі. Якщо в одній КСН використовуються різні моделі представлення знань, денотат в цих моделях повинен однозначно відображатися. Введемо поняття віртуального денотата. Під віртуальним денотатом d_i ми розуміємо унікальний ідентифікатор поняття, який відображає реальний денотат, що існує в межах бази знань ПО навчального курсу КСН, де реалізовані різні моделі представлення знань. Властивості віртуального денотата обмежуються відносинами, зафіксованими в базах знань КСН, у зв'язку з чим для нього характерна неповнота змісту в порівнянні з реальним денотатом. За аналогією з (7)

$$d_i \leftarrow l_{S,i}; \quad (8)$$

$$d_i \leftarrow l_{V,i}; \quad (9)$$

$$d_i \leftarrow l_{F,i} \quad (10)$$

Таким чином, множинність мовних форм представлення денотата зводиться в БЗ до одного віртуаль-

ного денотата d_i . Ці відносини можна відобразити в одному виразі:

$$d_i \leftarrow \cup l_{n,i} \rightarrow p_i. \quad (11)$$

Визначимо функцію формування словника понять ПО $V_n(l_{n,i})$, що перетворює будь-який термін $l_{n,i}$ мови L_n в свій віртуальний денотат d_j на множині денотатів D_p , що покривають ПО:

$$"l_{n,i} \in L_n \& \exists d_j \in D_j; V_n(l_{n,i}) \rightarrow d_j, D_j = \{1, 2, \dots, k\} \quad (12).$$

Функція $V_n(l_{n,i})$ є табличною і визначена на множині D_p , що представляє ряд натуральних чисел N . Кожному новому денотату, введеному в словник, привласнюється нове значення з N . Зворотна функція від $V_n(l_{n,i})$ дозволяє перетворити денотат в лексему на відповідній мові L_n або формі:

$$"d_j \in V_{L_n} \& L_n; V^{-1}(d_j) \rightarrow l_{n,i} \quad (13).$$

Введемо операцію визначення денотата лексеми за описаним раніше поняттям. Якщо в даному контексті існують два поняття на різних мовах або синоніми, що позначають один денотат, то:

$$(l_{n,i} = d_j) \& (l_{n,i} \equiv_{def} l_{n,k}) \Rightarrow l_{n,k} = d_j \quad (14)$$

Побудова структур всіх подальших рівнів формалізації здійснюється на основі внутрішнього представлення термінів і лексем – віртуального денотата. Таке рішення дозволяє формувати змістовну компоненту поняття незалежно від вхідної мови терміну або лексеми.

Другий рівень формалізації знань ПО представлений тезаурусом. Відповідно до [4], тезаурус понять Tez_n на мові L_n можна представити як:

$$Tez_n = \{L_n; Sem_1, Sem_2, \dots, Sem_k\} \quad (15).$$

де $Sem_1, Sem_2, \dots, Sem_k$ – семантичні відношення на цій множині.

Хай $Descr_{L_n}$ – функція опису ПО засобами мови L_n . Тоді повний понятійний апарат ПО є об'єднання тезаурусів для кожного мовного засобу, прийнятого в ній:

$$\sum Descr_{L_n} \rightarrow \cup T_{L_n} \quad (16)$$

Практична реалізація тезауруса на β – пірамідальних мережах (β -ПС) [7] дозволяє динамічно здійснювати його перебудову при розширенні словника понять або семантичного поля поняття або концепту s . Привабливість β – пірамідальних мереж полягає в можливості організації додаткових інтелектуальних операцій, які вони дозволяють здійснювати над тезаурусом. До них відносяться: можливість організації асоціативного пошуку [7,8], індуктивного формування понять, формування висновку за аналогією [8,9] та інші. На основі даної математичної структури

можливе контекстне визначення денотата. Під контекстом ми розуміємо область БЗ, яка активується при введенні і подальшому аналізі поняття або лексеми. Для однозначного розуміння семантики терміну, перед введенням її в тезаурус, формуємо префікс з активованих вершин вищерозміщених шарів БЗ. Алфавітом для формування префікса є коди денотатів. Розглянемо K_k – контекст поняття $c_{n,p}$, реалізованого на -ПС і K_n – контекст нового, не визначеного поняття $c_{n,q}$, тоді:

$$(c_{n,p} = d_i) \& (K_k \cap K_n = 0) \Rightarrow c_{n,q} = d_j \quad (17).$$

де d_i – новий унікальний ідентифікатор віртуального денотата мови L_n

Третій рівень формалізації полягає в побудові графа логічної структури (ГЛС) [10]. Результатом цього етапу є ієрархічне відображення понятійної структури всього навчального курсу на графі деревоподібної структури на основі *isa* відношення. Представлення смислової структури навчальної інформації за допомогою ГЛС дозволяє компактно і наочно відобразити елементи знань конкретної навчальної дисципліни. Як показує практика розробки ГЛС, на вузлах першого рівня зазвичай знаходяться поняття, які відповідають розділам курсу.

Четвертий рівень формалізації полягає у формуванні БЗ на основі багатошарової семантичної мережі (БСС). При створенні БСС використовується термінологічна база, яка описана в словнику й у тезаурусі. Властивості, структура і зв'язки об'єктів формуються в результаті застосування до інформації про об'єкти ПО методів системного аналізу [11, 12, 13, 14]. Медичні і біологічні системи відносяться до класу складних ієрархічних систем, тому при описі структури об'єктів можна виділити декілька етапів: 1) визначення якісного складу; 2) накладення зв'язків на компоненти; 3) визначення характеристик зв'язків; 4) опис структури при різних станах.

Всі операції на етапі формування БЗ проводяться групою експертів (викладачами конкретної кафедри) в даній ПО.

Базу знань предметної області можна представити у вигляді системи:

$K = \{ K^s, F, M, C, \} \quad (18)$, де K – база знань ПО, визначена на D ;

K^s – база знань, що описує структуру об'єктів ПО;

F – формальний опис функцій об'єктів ПО;

M – формальний опис методів ПО;

C – множина графів класифікації об'єктів ПО.

В основі S лежить багатошарова семантична мережа SG , що описує структуру об'єктів:

$$SG = (O, R) \quad (19)$$

де O – множина вершин графа, що представляють об'єкти ПО;

R – відносини або зв'язки між об'єктами.

Кожен об'єкт $o_i \in O$, що входить в K^s , описується семантичним графом SG [12], який зважений за вершинами o_i і дугами $r_\rho \in R$:

$$\omega_i = \langle NS_i, PS_i, dom(ps_{i,n}) \rangle \quad (20)$$

де ω_i – вага вершини o_i , NS_i – ім'я вершини і PS_i – перелік властивостей o_i , $dom(ps_{i,n})$ – множина значень властивості $ps_{i,n}$;

$$\omega_\rho = \langle NR_\rho, v_\rho, Z_\rho, dom(r_\rho) \rangle \quad (21)$$

де ω_ρ – вага дуги r_ρ , NR_ρ – назва зв'язку r_ρ , v_ρ – вектор зв'язку, Z_ρ – одиниця вимірювання, $dom(r_\rho)$ – множина значень r_ρ .

Засобом вивчення об'єктів і отримання нових знань про властивості PS_i і зв'язках R є методи дослідження об'єктів даної ПО, які використовуються суб'єктом (дослідником). Їх необхідно відрізнити від поняття «метод» в об'єктно-орієнтованій нотації UML. З погляду системного аналізу, метод – це функціональне перетворення властивостей або систем об'єкту з початкового стану в стан, коли відбувається декомпозиція об'єкту дослідження на підсистеми, виявлення нових властивостей або зміну стану параметрів об'єкту, які вивчаються, ці параметри розглядаються нами як властивості, але з іншими значеннями. Тоді, якщо X_o – область, що визначає стани вхідних форм (властивості, зв'язки) і P_o – область значень, що визначає вихідні форми (нові властивості, зв'язки, об'єкти), O – об'єкт, M_i – методи, то

$$\sum_{i=1}^n M_i : X_o \longrightarrow P_o \quad (22)$$

Методи дозволяють спрямувати процес дослідження «в глибину» або «в ширину». Процес дослідження «в ширину» відображає процес розпізнавання об'єктів із заданим набором властивостей. Процес дослідження «в глибину» надає можливість виявляти нові властивості, нові об'єкти з новими властивостями. Формальний опис методів ПО дозволяє в БЗ КСН розробити алгоритми контролю якості засвоєння умінь і навичок студента.

Основою формального опису функцій об'єктів ПО є операторна модель функціонального модуля $F_n NF, NS$, яка представлена автоматом [12]:

$$F_h^{NF, NS} = \langle X^{NS}, M_\Delta^{NS}, Y^{NS}, \Psi^{NS}, \Phi^{NS} \rangle \quad (23)$$

де X^{NS} – множина значень вектора вхідних параметрів;

M_{Δ}^{NS} – множина внутрішніх станів;
 Y^{NS} – множина значень вектора вихідних параметрів;
 Y^{NS} – операція, яка ставить у відповідність значення вектора вхідних параметрів і внутрішнього стану, певний новий стан;
 Y^{NS} – операція, яка визначає вектор вихідних значень параметрів за вхідним вектором і внутрішнім станом.

Виконання функціонального модуля $F_h^{NF,NS}$ перетворить функціональні відносини, задані множиною X^{NS} , в сукупність функціональних відносин множини Y^{NS} за допомогою відображення в множину M_{Δ}^{NS} . За наявності достатньо глибоких знань в ПО про функціонування системи або підсистеми стає можливою декомпозиція функції та її реалізація на різних рівнях ієрархії. Результатом застосування цього методу аналізу є дерево функцій T_F^{NF} . Серед множини функцій є одна, основна, для виконання якої призначена система. Така функція називається цільовою функцією системи $F_0^{NF,NS}$ і позначається нульовим індексом $h=0$, що інтерпретується на структурі T^{NS} системи S_i . Декомпозиція першого рівня представляє суперпозицію функцій рівня $k+1$, яка інтерпретується на сімействі підсистем $\{S_i^{k+1,NS}\}$:

$$k=0 \int_0^{NF,NS} \in F_0^{NF,NS}, k=0 \int_0^{NF,NS} \longrightarrow ; \quad (24)$$

$$k+1 \int_1^{nf,ns} \circ \int_2^{nf,ns} \circ \dots \circ \int_l^{nf,ns}$$

$$k=0 \int_0^{NF,NS} \in F_0^{NF,NS}, k+1 \int_0^{NF,NS} \longrightarrow$$

$$k+2 \int_1^{nf,ns} \circ \int_2^{nf,ns} \circ \dots \circ \int_l^{nf,ns} \quad (25)$$

де l – кількість функцій рівня $k+1$, що реалізує функції рівня k .

Описані БЗ, що відображають структуру об'єктів ПО K^S і їх функції дозволяють перейти до графу класифікації, який дає можливість розпізнати об'єкт (систему) за її властивостями. Навіть найприближніший аналіз класифікацій в медико-біологічних науках дозволяє розділити їх на морфологічну, функціональну, філогенез, емпіричну й ін. Для класифікації об'єктів, описаних багатозаровою семантичною мережею, використовуються методи структурного розпізнаван-

ня. Алгоритм такої класифікації складається з суперпозиції двох алгоритмів [15]:

$$Al_C = Al_O \circ Al_P, \quad (24)$$

де Al_O – алгоритм узагальнення на МСС;

Al_P – алгоритм розпізнавання.

Опишемо об'єкти класифікації як:

$$T_i^S = \bigcup T_j^{NS}, T_i^F = \bigcup T_j^{NF,NS} \quad (27)$$

тоді вираз $T_i^S \xrightarrow{Al_C} T_{S,\#}^C$ визначає класифікацію за структурою;

$T_i^F \xrightarrow{Al_C} T_{F,\#}^C$ (28) визначає класифікацію за функціями;

$\{T_i^S, T_i^F\} \xrightarrow{Al_C} T_{F,\#}^C$ (29) – структурно-функціональна класифікація.

Застосування алгоритмів класифікації до об'єктів БСС дозволяє побудувати сімейство графів класифікації за різними ознаками, що характеризують об'єкти, а також змоделювати реально існуючі класифікації ПО. Дані графи дозволяють здійснювати ідентифікацію об'єктів ПО, а також розширити спектр алгоритмів навчання і контролю знань використовуваних КСН.

Висновки. Розроблена 4-рівнева формалізована модель представлення знань предметної області, групується на поняттях професійної мови, дозволяє розробити інструментальне програмне забезпечення для створення баз знань, які входять до складу КСН медичного і фармацевтичного профілю. 4-рівнева модель дозволяє здійснювати поетапне формування бази знань навчального курсу КСН, який розробляється, і покращувати якість навчання після реалізації кожного рівня бази знань. Накладення обмежень за змістом на базу знань у розмірі програми навчального курсу дозволяє розглядати її як еталонну модель знань студента, на основі якої можлива розробка адаптивних алгоритмів навчання.

На основі даної моделі представлення знань ПО розроблений проект функціонального блоку інструментальної системи RАTOS, яка призначена для розробки дистанційних навчальних систем. Програмна реалізація здійснюється в середовищі СУБД САСНЕ фірми Intersystems.

Література

1. Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки / Верховна Рада України. – Офіц. Вид. – К.: Відомості Верховної Ради України, 2007. – № 12, ст. 102.
2. Минцер О.П. Информатизация медицинского образования. - Украинский медицинский часопис. - №5 (37) – IX-X – 2003. – С. 83-89.

3. Антонов А.В. Информация: восприятие и понимание. – Киев: Наукова думка, 1988. – 184 с.
4. Баранов Г.Л., Макаров А.В. Структурное моделирование сложных динамических систем. – Киев: Наукова думка, 1986. – 272 с.
5. Соломатин Н.М. Информационные семантические системы. – М.: Высшая школа, 1989. – 127 с.

6. Переверзев В.Н. Логистика: Справочная книга по логистике. – М.: Мысль, 1995. – 221 с.
7. Гладун В.П. Планирование решений. – Киев: Наукова думка, 1987. – 168 с.
8. Автоматизация информационного обеспечения научных исследований. // Под ред. А.А. Стогния – Киев: Наукова думка, 1990-296 с.
9. Гладун В.П., Ващенко Н.Д. Локально-статистические методы формирования знаний. // Кибернетика и системный анализ. – 1995. – №2. – С.62-74.
10. Рыжов А.А. Декомпозиция учебной дисциплины как этап подготовки учебного материала для систем автоматизированного обучения // А.А. Рыжов., О.Б. Макоед, Н.А. Иванькова / Педагогіка і психологія формування творчої особистості: проблеми і пошуки. Зб. наук. праць. Вип.35. – Київ - Запоріжжя, 2005. – С. 266-271.
11. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
12. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
13. Рыжов А.А., Патока О.В. Алгоритм формализации знаний предметной области на основе методов системного анализа простых систем. / Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. Зб. наук. праць. – Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 1997. – Вип.1 – С. 328–334.
14. Методология функционального моделирования. – М.: Госстандарт России, 2001. – 49 с.
15. Вагин В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений. – М.: Наука, 1988. – 381 с.

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 переводу 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, (є) 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 вищевказаних 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

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.