

МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА ТА ІНЖЕНЕРІЯ

(науково-практичний журнал)

МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНЖЕНЕРИЯ

(научно-практический журнал)

MEDICAL INFORMATICS AND ENGINEERING

(scientific-practical journal)

1/2008

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

МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА ТА ІНЖЕНЕРІЯ
(науково-практичний журнал)

МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНЖЕНЕРИЯ
(научно-практический журнал)

MEDICAL INFORMATICS AND ENGINEERING
(scientific-practical journal)

Заснований у 2008 році.
Виходить 4 рази на рік.

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

Співзасновники:

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

Адреса редакції:

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

Адреса видавництва:

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

Рекомендовано Вченою радою Національної медичної
академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика МОЗ Ук-
раїни (протокол № 10 від 19.12.2007) та Тернопільського дер-
жавного медичного університету імені І.Я. Горбачевського
(протокол № 7 від 25.12.2007).

Підписано до друку 09.01.2008. Формат 60x84/8.
Папір офсет. Ум. друк. арк. 11,86. Обл.-вид. арк. 12,43.
Тираж 1000 прим. Зам. № 1.
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

*Банчук М.В.¹, Волосовець О.П.¹, Вороненко Ю.В.²,
Мінцер О.П.²*

СТРАТЕГІЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ МЕДИЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ФАХІВЦІВ 9

Ковальчук Л.Я., Марценюк В.П.

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЧНІЙ ОСВІТІ 14

Колесник Ю.М., Рижов О.А.

СТРАТЕГІЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ 17

Корнелюк О.І.¹, Мінцер О.П.²

СУЧАСНІ КОМП'ЮТЕРНІ ГРІД-ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ 23

Банчук М.В.

ПОЛІТИКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО ТЕСТОВОГО ІСПИТУ В КОНТЕКСТІ ДЕМОКРАТИЗАЦІЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД 30

Марценюк В.П., Вакуленко Д.В.

ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ 40

Зінковський Ю.Ф., Богомолів М.Ф.

МАТРИЧНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ІНДИКАТРИСИ РОЗСІЮВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ФОРМЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРОВІ 47

Лошницький П.П., Мамасєв В.Н.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ І ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ХЛОРИДУ НАТРІЮ ПРИ ДІЇ ВВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ НЕТЕПЛОВОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ 53

Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М.

ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ РЕЄСТРАЦІЇ ОТОАКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ (ОАЕ) 61

Федорук П.І.

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ У СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ 66

Козлов С.М., Моїсєєв Ю.В.

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я «ЕЛЕКТРОННА ЛІКАРНЯ» 72

Мінцер О.П., Гойко О.В., Чалий К.О.

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «МЕДИЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА І КІБЕРНЕТИКА»: ТИПОВА ПРОГРАМА КАНДИДАТСЬКОГО ІСПИТУ 79

CONTENTS

*Banchuk M.V.¹, Volosovets O.P.¹, Voronenko Yu.V.²,
Mintser² O.P.*

STRATEGY OF ESTIMATION OF MEDICAL AND PHARMACEUTICAL SPECIALISTS' TRAINING QUALITY 9

Kovalchuk L.Ya., Martsenyuk V.P.

COMPUTER TECHNOLOGIES FOR MEDICAL EDUCATION 14

Kolesnik Yu. M., Ryzhov A.A.

INFORMATIZATION STRATEGY OF MEDICAL UNIVERSITY 17

Kornelyuk O.I.¹, Mintser O.P.²

UP-TO-DATE COMPUTER GRID-TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN MEDICAL RESEARCHES 23

Banchuk M.V.

POLICY OF THE COMPUTER-AIDED TEST EXAM FROM THE VIEWPOINT OF DEMOCRACY OF MEDICAL EDUCATION. EUROPEAN AND UKRAINIAN EXPERIENCE 30

Martsenyuk V.P., Vakulenko D.V.

THE REVIEW OF MATHEMATICAL AND INFORMATION MODELS FOR RECONSTRUCTION BONE TISSUE 40

Zinkovsky Yu.F., Bohomolov M.F.

MATRIX METHOD OF DISPERSION ANALYSIS OF LASER RADIATION FROM UNIFORM BLOOD ELEMENTS 47

Loshytsky P.P., Mamayev V.N.

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF WATER AND NaCl WATER SOLUTIONS UNDER EHF-IRRADIATION OF NON HEAT INTENSITY 53

Lebedev D. Y., Lysenko O.M.

PROBLEMS OF THE METROLOGICAL ASSURENCE OF INSTRUMENTS FOR REGISTRATION OF OTOACOUSTIC EMISSION (OAE) 61

Fedoruk P.I.

REALIZATION OF METHOD OF ADAPTIVE TESTING IN SYSTEM OF DISTANCE EDUCATION 66

Kozlov S.M., Moiseyev Yu. V.

INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF ESTABLISHMENTS OF PUBLIC HEALTH SERVICE «ELECTRONIC HOSPITAL» 72

Mintser O.P., Hoiko O.V., Chalyi K.O.

METHODOICAL SUPPORT FOR THE MEDICAL AND BIOLOGICAL COMPUTER SCIENCE AND CYBERNETICS COURSE: TYPICAL CANDIDATE OF SCIENCE EXAMINATION PROGRAM 79

Вишневський В.В., Власова Т.М., Калмыков В.Г

МОДЕЛЬ ПІВТОНОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗАДАЧІ СЕГМЕНТАЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ 86

Петров В.В., Крючин А.А.

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК НОСІЇВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ 93

Малиновський Р.А.

РОЗРОБКИ В ОБЛАСТІ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦ-ЗВ'ЯЗКУ – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ РІШЕННЯ МЕДИЧНИХ ЗАДАЧ 97

Vyshnevsky V.V., Vlasova T.M., Kalmykov V.G.

LINEAR MODEL OF HALF-TONE IMAGE AND ITS APPLICATION IN THE TASK OF SEGMENTATION OF MEDICAL IMAGES

Petrov V.V., Kryuchyn A.A.

ANALYSIS OF FEATURES OF CARRIERS FOR PRESERVING OF MEDICAL INFORMATION

Malynovsky R.A.

ELABORATIONS IN THE FIELD OF VIDEOCONFERENCING ARE EFFECTIVE TOOL FOR SOLVING OF MEDICAL TASKS

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

Щиросердно вітаю читачів нового науково-практичного журналу «Медична інформатика та інженерія».

Впевнений, що співпраця засновників журналу, двох провідних установ галузі медичної освіти України, – Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика та Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського – буде результативним підтвердженням потужного потенціалу української медичної науки та суттєвим внеском у розвиток системи охорони здоров'я населення України.

Маю надію, що журнал відіграватиме значну роль в надзвичайно актуальному для держави питанні інформатизації медичної галузі. У час розвитку в Україні сучасної системи охорони здоров'я особливо важливо, що науковці, медики, виробники медичного обладнання та лікарських засобів мають прекрасну нагоду для ділового спілкування, поглиблення знань, практичних навичок і контактів, підвищення професійності.

Поєднання у виданні теоретичних, практичних і методичних матеріалів із застосування інформаційних технологій в практичній медицині стане важливим джерелом та реальною допомогою для лікарів, наукових співробітників академічних установ, викладачів і студентів медичних навчальних закладів.

Щиро бажаю колективу журналу «Медична інформатика та інженерія» доброго здоров'я, успіхів у реалізації всіх творчих задумів, взаєморозуміння, цікавих авторів і вдячних читачів.

**З повагою –
Міністр охорони здоров'я України**



В.М. КНЯЗЕВИЧ





**ШАНОВНІ ЧИТАЧІ, ШАНОВНІ ЧЛЕНИ
РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ І РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ!**

Радий вітати Вас на сторінках нового журналу «Медична інформатика та інженерія». Сьогодні всі розуміють, яку важливу роль відіграють інформаційні технології в усіх сферах людської діяльності, у тому числі в проведенні наукових досліджень і організації охорони здоров'я. Метою створення журналу є ознайомлення працівників галузі охорони здоров'я України, науковців, викладачів вищих медичних навчальних закладів, співробітників науково-дослідних інститутів медичного і біологічного профілю та громадськості із результатами наукових досліджень з медичної інформатики та інженерії, із сучасними тенденціями та процесами, що відбуваються в медицині.

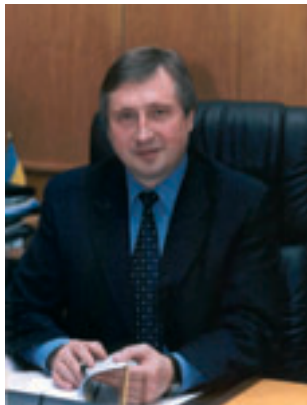
Сподіваюсь, що при розв'язанні складних проблем в галузі інформатизації охорони здоров'я нашої держави журнал буде надійним помічником для всіх фахівців.

В редакції журналу об'єдналися ентузіасти та пропагандисти науки, фахівці різних спеціальностей, які здатні створити умови для успішного становлення нового видання. Їх знання та науковий досвід будуть сприяти підтримці високого авторитету видання як в Україні, так і за її межами.

Щиро бажаю всім успіхів, а журналу – зайняти чільне місце серед провідних наукових видань.

**Президент АМН України, Герой України,
академік НАН та АМН України**

О.Ф. ВОЗІАНОВ



ШАНОВНІ ДРУЗІ!

Сьогодні Ви перегортаєте перший номер журналу «Медична інформатика та інженерія». Заснування цього видання є величчям часу, оскільки застосування інформаційних технологій та інженерії у сфері біомедичних досліджень, діагностики та лікуванні набуває все більш важливого значення. Потребують подальшого розвитку фундаментальні та прикладні дослідження з медичної інформатики та інженерії для забезпечення медичної галузі сучасними інформаційними технологіями, новітньою медичною технікою та обладнанням.

Впровадження нових технологій діагностики та лікування неможливе без проведення міждисциплінарних досліджень, поєднання зусиль медиків, біологів та інженерів.

Думаю, що участь фахівців Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут” у створенні і подальшому становленні журналу сприятиме його високому науковому рівню.

Бажаю редакційній колегії журналу, авторам та читачам успіхів і творчої наснаги, нових відкриттів на шляху пошуку нових знань.

З повагою – ректор Національного технічного університету України
„Київський політехнічний інститут”

М.З. ЗГУРОВСЬКИЙ

ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

Журнал «Медична інформатика та інженерія» має бути, насамперед, посібником для планування й здійснення програм щодо підвищення рівня знань з питань сучасних інформаційних технологій, які використовуються в практичній медицині, а також інформаційної грамотності лікарів та провізорів.

Необхідно зазначити, що концепція інформаційної грамотності досить складне поняття, яке постійно обговорюється на шпальтах газет та журналів. Існує декілька його визначень. Згідно з сучасним трактуванням, запропонованим Асоціацією освітніх комунікацій і технологій, поняття «інформаційна грамотність означає здатність знаходити та використовувати інформацію, а також являється основою навчання протягом усього життя». Вважається, що інформаційно грамотний фахівець відбирає інформацію раціонально й ефективно, оцінює її критично й компетентно, а використовує – точно й творчо. Це є підставою для висновку: користувачі інформації повинні знати стратегії збору інформації й мати навички критичного мислення, щоб відбирати або відкидати виявлені нові відомості, синтезувати отримані дані й представляти їх у новій формі для вирішення реальних життєвих проблем.

Отже, бути інформаційно грамотним означає мати здатність відчувати нагальну потребу в інформації, вміти швидко й ефективно знайти її, критично оцінити й професійно використати. З огляду на це, можна стверджувати, що основне завдання нашого журналу полягає у всебічному сприянні вирішенню проблем оптимізації процесів збору, зберігання, аналізу й передачі медичної інформації.

Зазначимо, що принципи, методи, рекомендації та концепції функціонування журналу деякою мірою запозичені з різних міжнародних друкованих видань з інформатики. Проте структуризація даного видання базується на використанні власного досвіду з підготовки публікацій, накопиченого протягом останніх десяти років.

Редколегія усвідомлює, що структура журналу може бути переглянута відповідно до вимог і потреб читачів з метою найкращого застосування елементів інформаційної грамотності, до певних державних і регіональних потреб, а також у відповідності з вимогами медичної науки, бюджетними проблемами, політикою, процедурними нормами й пріоритетами. Саме тому ми будемо надзвичайно вдячні за пропозиції наших читачів та будемо особливо уважно ставитися до зауважень науково-дослідних і лікувально-профілактичних установ, наукових колективів та окремих фахівців.

Головний редактор, доктор медичних наук, професор

О.П. МІНЦЕР

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

Ключовим фактором у медичній освіті, безперечно, є інформаційні компетенції як найважливіший крок на шляху до досягнення освітніх цілей. Враховуючи концепцію безперервного професійного розвитку, лікарі й провізори повинні постійно удосконалювати свої інформаційні знання.

Опираючись на програми, інтегровані в навчальні курси, спеціалізований медичний журнал «Медична інформатика та інженерія» активно сприятиме процесу навчання, допомагаючи суб'єкту навчання в його прагненні набувати та вдосконалювати навички й уміння, знання й цінності, необхідні для продовження освіти протягом всього життя.

На сторінках журналу знайдуть своє відображення проблеми й особливості професійної роботи з інформацією, наукові аспекти збору, зберігання, аналізу й передачі медичної та фармацевтичної інформації, питання розробки і впровадження медичної техніки та багато інших.

Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, як установа-співзасновник журналу, не сумнівається в корисності цього видання та бажає йому ефективного й енергійного розвитку на благо вітчизняної охорони здоров'я.

**Ректор НМАПО ім. П.Л. Шупика, член-кореспондент АМН України,
доктор медичних наук, професор**



Ю.В. ВОРОНКО



ДОРОГІ ДРУЗІ!

Сьогодні Ви тримаєте в руках перший номер науково-практичного журналу «Медична інформатика та інженерія». Ми сподіваємося, що новий журнал буде цікавим для читача, стане носієм наукової інформації, помічником для студентів, добрим порадиником для практичних працівників.

Галузь медичної інформатики та інженерії в Україні інтенсивно розвивається – з'являються нові напрямки охорони здоров'я, які безпосередньо пов'язані із застосуванням інформаційних технологій, постійно поновлюється апаратне та програмне забезпечення комп'ютерної техніки в медичних установах, на якісно новий рівень медицина піднімається завдяки впровадженню мережових технологій і Інтернету. Науковий доробок спеціалістів нашого університету та інших навчальних і науково-дослідних закладів потребує оперативного висвітлення. Започаткований сьогодні журнал «Медична інформатика та інженерія» допоможе розвитку та впровадженню комп'ютерних технологій у навчальний процес і сприятиме професійному росту наукових кадрів. На шпальтах журналу висвітлюватимуться актуальні проблеми: інформатизація системи охорони здоров'я; телемедичні технології; доказова медицина; комп'ютерна діагностика захворювань і комп'ютерне прогнозування перебігу та наслідків патологічного процесу тощо.

До роботи в редакційній колегії та редакційній раді залучені провідні спеціалісти Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського, Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, що гарантує професійність видання.

**З повагою – ректор Тернопільського державного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського,
член-кореспондент АМН України, доктор медичних наук, професор**

Л.А. КОВАЛЬЧУК

**ВЕЛЬМИШАНОВНІ ЗАСНОВНИКИ ТА РЕДАКЦІЙНА РАДА ЖУРНАЛУ
«МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА ТА ІНЖЕНЕРІЯ»!**

Щиро вітаю Вас з виходом у світ першого примірника науково-практичного журналу «Медична інформатика та інженерія»!

Медицина сьогодення розвивається в умовах швидкоплинних інформаційних потоків, що стосуються питань профілактики, діагностики та лікування захворювань. На зміну традиційним методам лікування приходять нові технології та сучасні алгоритми, які дозволяють значно підвищити якість надання медичної допомоги. В таких умовах все складніше відстежувати найновіші досягнення та відкриття в медичній галузі.

Науково-практичний журнал «Медична інформатика та інженерія» – це проект, який відповідає вимогам часу та нагальним суспільним інтересам з інформатизації та структурно-функціональної оптимізації системи охорони здоров'я України.

Професійних Вам успіхів та творчої наснаги, цікавих публікацій та вдячних читачів!



Ю.М. КОЛЕСНИК

**З повагою та найкращими побажаннями – ректор Запорізького державного
медичного університету, професор**

УДК 61:681.3:371:614.23/252:615.1

СТРАТЕГІЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ МЕДИЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ФАХІВЦІВ

Банчук М.В.¹, Волосовець О.П.¹, Вороненко Ю.В.², Мінцер О.П.²

¹Міністерство охорони здоров'я України

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

Формуються найважливіші принципи побудови процедур оцінювання. В цьому контексті як оціночний процес розглядається кваліметрія. Пропонується загальна системна модель якості підготовки фахівців, що формалізується у вигляді оцінювання комплексу направлених співвідношень.

Ключові слова: якість освіти, кваліметрія, моделі якості, компетентність.

СТРАТЕГИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Банчук Н.В.¹, Волосовец А.П.¹, Вороненко Ю.В.², Минцер О.П.²

¹Министерство здравоохранения Украины

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

Формулируются важнейшие принципы построения процедур оценивания. В этом контексте как оценочный процесс рассматривается кваліметрія.

Необходимость изменения системы медицинского образования продиктована действием многочисленных социальных и профессиональных факторов.

Очевидно, что медицина является специфической областью знаний. Повышенная ответственность при принятии решений, часто недостаток времени для сбора необходимых данных и обусловленная этим фактором недостаточная и неточная информация о патологическом процессе, которым страдает пациент, заставляет говорить о том, что врач вынужден работать в условиях выраженной неопределенности.

В настоящее время наметились тенденции отхода от единой консервативно - декларативной системы медицинского (фармацевтического) образования. Появились многочисленные негосударственные образовательные учреждения, применяющие новые системы, методики и технологии обучения. Быстро начало формироваться открытое образование, т.е. система организационных, педагогических и информационных технологий, в которой архитектурными и структурными решениями обеспечиваются открытые стандарты на интерфейсы, форматы и протоколы обмена информацией.

Однако предоставление системе образования качеств открытой системы является причиной кардинального изменения ее свойств. Реализуется переход от принципа "образование на всю жизнь" к принципу "образование через всю жизнь". Подчеркнем, что также обеспечивается изменение движения передачи знаний: теперь к знаниям двигается не субъект обучения, а происходит обратный процесс – знания доставляются к человеку.

Базис образовательного процесса при открытом образовании составляет целенаправленная, контролируемая, интенсивная самостоятельная работа субъекта обучения.

Во всех случаях реформирования системы образования ключевое значение имеет создание системы контроля качества обучения.

Качество обучения по конкретной дисциплине или по специальности в целом характеризуется результатами работы субъекта обучения за заданный промежуток времени.

При разработке критериев функционирования системы качества подготовки кадров необходимо учитывать уровень знаний субъекта обучения по трем стратегическим направлениям – теоретические знания, практические навыки и умение применять полученные знания в практических ситуациях. При разработке перечисленных критериев важно обеспечить единый подход в толковании содержания каждого из трех компонентов, а именно – оценку компетенции субъекта обучения.

Важнейшее значение приобретает государственная аттестация выпускников ВУЗов, которая эксплицируется как оценочно- кваліметрическая процедура, направленная на установление соответствия уровня качества подготовки выпускников, завершивших освоение образовательной программы по определенным направлениям подготовки или специальности, требованиям соответствующего Государственного образовательного стандарта (ГОС) высшего медицинского (фармацевтического) образования.

© Банчук М.В.¹, Волосовець О.П.¹, Вороненко Ю.В.², Мінцер О.П.²

В тот же время *квалиметрия как оценочный процесс* пронизывает все этапы процесса (алгоритма) аттестации качества подготовки выпускников ВУЗов и в дальнейшем специалистов.

Предлагается общая системная модель качества подготовки специалистов, которая формализуется в виде оценивания комплекса направленных соотношений.

Формула определенной мерой отображает оценку соответствия качества содержания образовательной программы требованиям ГОС.

Процедуры квалиметрии в оценке качества подготовки специалиста должны быть организованы таким образом, чтобы реализовать его компетентность не как набор разрозненных составляющих (критериев), а как целостную структуру личности согласно требованиям социума.

Ключевые слова: качество образования, квалиметрия, модели качества, компетентность.

STRATEGY OF ESTIMATION OF MEDICAL AND PHARMACEUTICAL SPECIALISTS' TRAINING QUALITY

M.V. Banchuk¹, O.P. Volosovets¹, Yu.V. Voronenko², O.P. Mintser²

¹Ministry of Public Health of Ukraine

*²National Medical Academy of Post-Graduate Education by
P.L. Shupyk*

The major principles of elaborating the procedures of estimation are formulated. In this context, qualimetry is considered as assessing process.

Necessity of changing the system of medical education is conditioned by numerous social and professional factors.

It is obvious that medicine is a specific field of knowledge. Raised responsibility while making decision, frequently lack of time for gathering necessary data and insufficient information caused by this factor on pathological process, which a patient suffers from, - forces one to say that a doctor is compelled to work under conditions of evident uncertainty.

Now, tendencies of withdrawal from integral conservatively - declarative system of medical (pharmaceutical) education can be seen. Numerous non-state educational establishments using new systems, techniques and technologies of training have appeared. An open education, i.e. – a system of organizational, pedagogical and informational technologies in which architectural and structural decisions provide open standards on interfaces, formats and reports of information interchange began forming extensively.

However granting to the educational system of qualities of open system is reason of cardinal change of its properties. Transition from a principle «education for all life» to a principle «education through all life» is being realized. It should be emphasized that the direction of knowledge transfer is being changed: nowadays, it is not a subject in training who moves to knowledge but there is reverse process – knowledge is conveyed toward a human being.

Educational process in open education is based on purposeful, controllable, intensive independent work of the subject in training.

In all cases of reforming educational system, the creation of a monitoring system of training quality is of key importance.

The quality of training in a concrete discipline or in a speciality in general is characterized by the results of work of the subject in training during a definite period of time.

While developing the criteria of functioning of the system of quality of professional training it is necessary to take into account the level of knowledge of a subject of training in three strategic directions - theoretical knowledge, practical skills and skill of applying the received knowledge in practical situations. While developing above mentioned criteria, it is important to provide an integral approach in interpreting the contents of each of three components, namely - rating of the competence of the subject in training.

State certification of graduates of HIGH SCHOOLS is of great significance. It is considered as a rating-qualimetric procedure directed to establishing conformities of the degrees of quality in training graduates, who completed educational programs in definite directions of training or a specialities, that meet requirements of corresponding State educational standard of supreme medical (pharmaceutical) education.

At the same time, *qualimetry rating process* penetrates all the stages the process (algorithm) of certifying the quality of training of graduates in HIGHER SCHOOLS and lateron specialists.

The general systemic model of quality in training specialists, which is formalized as rating complex of directed correlations, is suggested.

The formula, to a certain degree, displays the rating of quality conformity of the contents of educational programs to requirements of State Educational Programs.

The procedures of qualimetry in assessing specialists education quality should be organized so that their competence is realized not as a set of isolated criteria, but as a complete structure of a personality according to requirements of society.

Key words: quality of education, qualimetry, models of quality, competence.

ВСТУП. Необхідність зміни системи медичної освіти, що продиктована дією численних соціальних і професійних факторів (передусім, значним зростанням обсягів медичних даних, швидкою зміною самого розуміння подій, фактів, явищ), сьогодні ні у кого не викликає сумнівів.

Дійсно, за останні декілька років на людство обрушилося стільки нових медичних знань, скільки воно не отримувало за всю довгу історію свого розвитку. Очевидно, що медицина є специфічною галуззю знань. Підвищена відповідальність при прийнятті рішень, часто нестача часу для збирання необхідних відомостей і обумовлена цим недостатня й неточна інформація про патологічний процес, яким страждає пацієнт, примушує говорити про те, що лікар змушений працювати в умовах вираженої невизначеності.

В результаті намітилися тенденції відходу від єдиної консервативно-декларативної системи медичної (фармацевтичної) освіти. З'явилися численні недержавні освітні установи, у яких застосовують нові системи, методики і технології навчання. Швидко почала формуватися відкрита освіта, тобто система організаційних, педагогічних та інформаційних технологій, в якій архітектурними і структурними рішеннями забезпечуються відкриті стандарти на інтерфейси, формати і протоколи обміну інформацією. При відкритій освіті забезпечується додаткова мобільність, стабільність та ефективність освіти.

Проте, надання системі освіти якостей відкритої системи спричиняє кардинальну зміну її властивостей у напрямі більшої свободи при плануванні навчання, виборі місця, часу і темпу. Реалізується перехід від принципу "освіта на все життя" до принципу "освіта крізь усе життя". Підкреслимо, що також забезпечується зміна руху передачі знань: тепер до знань рухається не суб'єкт навчання, а відбувається зворотний процес – знання доставляються до людини.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Базис освітнього процесу при відкритій освіті складає цілеспрямована, контрольована, інтенсивна самостійна робота суб'єкта навчання. В рамках нових тенденцій він може вчитися в зручному для себе місці, за індивідуальним розкладом, маючи при собі комплект спеціальних засобів навчання та узгоджену можливість контакту з викладачем телефоном, факсом, електронною або звичайною поштою, а також особистого контакту. Подібна модель освіти виходить з відкритості світу і процесів пізнання.

Традиційні форми отримання освіти при відкритій системі інтегруються в єдиний освітній простір, створюючи реальні можливості для організації віртуаль-

них університетів. При цьому останні можуть не мати атрибутів традиційних навчальних закладів: "фізичних" будівель, класів і лабораторій. Передача знань здійснюється через комп'ютерні мережі, наприклад, через глобальну мережу Інтернет, корпоративну мережу Інтранет тощо. Проте, навчання може проводитися і традиційними методами.

Вкрай важливо підкреслити, що серед всього нагромадження «уламків» колишньої будівлі освіти і нової, що створюється, на перше місце виходять питання відповідності знань суб'єкта навчання вимогам, що визначені певним розвитком і потребами суспільства, а також проблеми організації знань [1, 2].

Іншими словами, в усіх випадках реформування системи освіти ключове значення має створення системи контролю якості навчання.

За багато років існування освіти, поняття контролю включало, в основному, традиційні форми прийому заліків та іспитів, з пріоритетним розвитком підсумкової перевірки знань і вмінь. Проте, при спробі створити цілісну картину здібностей суб'єкта навчання, які він набув в процесі навчання, управлінські структури стикаються з новою проблемою – неможливістю внести корективи у виявлені прогалини знань. Крім того, складно визначити причину незадовільної підготовки випускника – або вона криється в недосконалому навчально-педагогічному процесу, або – у індивідуальних характеристиках учня.

Якість навчання за конкретною дисципліною або за фахом в цілому характеризується результатами роботи суб'єкта навчання за заданий проміжок часу. При цьому переслідується мета оцінити одержані теоретичні знання, ступінь розвитку творчого мислення, надбання навичок самостійної роботи, вміння синтезувати отримані знання і застосовувати їх для вирішення практичних завдань. Отже, при розробці критеріїв функціонування системи якості підготовки кадрів необхідно враховувати рівень знань суб'єкта навчання за трьома стратегічними напрямками – теоретичні знання, практичні навички та вміння застосовувати отримані знання у практичних ситуаціях. При розробці перерахованих критеріїв важливо забезпечити єдиний підхід у тлумаченні змісту кожного з трьох компонентів. Іншими словами, йдеться про принципово новий підхід – оцінку компетенції суб'єкта навчання.

Очевидно, що найважливішого значення повинна набути державна атестація випускників ВНЗ, що експліцирується як оціночно – кваліметрична процедура, спрямована на встановлення відповідності рівня якості підготовки випускників, які завершили освоєння освітньої програми (ОП) за певним напрямком

підготовки або спеціальності, вимогам відповідного Державного освітнього стандарту (ДОС) вищої медичної (фармацевтичної) освіти (ВМ(Ф)О).

Державна атестація випускників ВНЗ є механізмом, що входить до системи державного управління якістю професійної вищої освіти. Вона передбачає лише один вид атестаційних випробувань: систему державних іспитів.

В той же час *кваліметрія як оціночний процес* пронизує всі етапи процесу (алгоритму) атестації якості підготовки випускників ВНЗ і в подальшому фахівців.

Якість освіти із системно-соціальних позицій експліцирується як відповідність (адекватність) прийнятим доктрині, вимогам, соціальним нормам (стандартам). Важливо підкреслити, що в концепції безперервної медичної освіти перевірка якості освіти (або, взагалі кажучи, навчання) здійснюється, по суті справи, впродовж усієї професійної діяльності фахівця. Тому стратегія, що пропонується, повинна бути універсальною, зрозумілою і прийнятою медичним співтовариством.

Очевидно, якість професійної вищої освіти має одним зі своїх експлікатів «якість підготовки випускника ВНЗ». Остання має бути *складовою оцінки* особистості *впродовж усієї роботи фахівця*. Зрозуміло також, що стратегія інтегральної оцінки якості знань (статистичного згортання критеріїв) є об'єднанням (агрегацією) показників якості, побудованих на одиницях елементів.

ТАКТИКО-ПРАКТИЧНІ ДОДАТКИ. Синтетична кваліметрія і кваліметрія навчання сьогодні представляють розвинену систему, що поки погано застосовується в медичній освіті.

Синтетична кваліметрія представлена у вигляді трьох «страт»: загальної кваліметрії, спеціальних кваліметрій і наочних кваліметрій [2 – 4]. Особливих пояснень вимагає, ймовірно, страта спеціальних кваліметрій, що включає:

- експертну кваліметрію;
- індексну кваліметрію;
- таксономічну кваліметрію (або кваліметричну таксономію);
- ймовірно – статистичну кваліметрію;
- тестову кваліметрію;
- якість системи і процесів передачі знань.

Виконання освітньої програми та її закріплення в знаннях, уміннях і навичках або компетенціях випускника ВНЗ перевіряється комплексом засобів оцінювання, що повинні бути регламентованими кваліметричними процедурами, котрі охоплюють узагальнені (комплексні) кваліфікаційні завдання, питання (сис-

тему питань) у вигляді екзаменаційного квитка і еталонних відповідей на них, якщо питання мають форму тестів.

Слід підкреслити, що більшість форм атестаційних випробувань є результатно-орієнтованими. Але є форми атестаційних випробувань процесно-орієнтованого спрямування, за допомогою яких перевіряється здатність суб'єкта атестації здійснювати еталонну послідовність дій (наприклад, еталонну послідовність дій в алгоритмі діагностики захворювань). Особливе місце в подібній формі атестаційних випробувань належить оцінці здатності випускника ВНЗ і фахівця вирішувати професійні завдання стосовно безпеки пацієнта.

Отже, серед найважливіших принципів побудови оціночних процедур слід назвати такі п'ять:

- спадкоємності вимог при багатоступінчастій освіті;
- відповідності завдань (професійної) діяльності, що закладаються в оціночні засоби, видам і функціям (областям) професійної діяльності. Принцип доповнює принцип спадкоємності і виконує регулюючу функцію при формуванні програм атестаційних випробувань;
- знаннєво – діяльнісного дуалізму. Принцип визначає два напрями формування оціночних засобів – у формі завдань (тестів) щодо перевірки засвоєння предметних знань, та у формі завдань, що здійснюють перевірку здатності суб'єкта атестації їх вирішувати;
- єдності «процесно-орієнтованого» і «результативно – орієнтованого» підходів;
- виділення інваріантів інтелектуальної діяльності за основними професійними областями як бази побудови основних тестових завдань.

Зрозуміло, однією з найважливіших слід вважати формалізацію предметно-дисциплінарної моделі випускника ВНЗ і фахівця. Вважається, що вона повинна об'єднувати чотири класи навчальних дисциплін: природничо-наукові; гуманітарно-соціальні; загальні професійні; спеціальні дисципліни.

Отже, загальна *системна модель* якості (R) підготовки фахівців може бути формалізована у вигляді комплексної оцінки направлених відносин. Як приклад наведемо декілька з них: співвідношення між кількістю загальних навчальних модулів (НМ) і кількістю спеціалізованих модулів (СМ), що забезпечують підготовку фахівця відповідно до певних кваліфікаційних вимог; кількістю тестових завдань (ТЗ) і кількістю дескрипторів (Д) предметної області серед екзаменаційних квитків; кількістю тестів, що відповідають за перевірку обсягу знань (ТОЗ) і кількістю тестів, що відповідають за логіку прийняття рішень в практичних ситуаціях (ТПР) тощо. Іншими словами, повинна обчислюватися адитивна функція співвідношень:

$$R = n_1 \frac{HM}{CM} \square n_2 \frac{TЗ}{Д} \square n_3 \frac{ТОЗ}{ТПР} \square \dots \square n_k \frac{F_i}{F_j},$$

де n_i – вагові експертні характеристики важливості кожного з співвідношень.

Формула певною мірою відображає оцінку відповідності якості змісту освітньої програми (ОП) вимогам ДОС.

Параметризація загальної системної моделі якості підготовки фахівця, тобто її переведення у формалізовану модель, здійснюється за допомогою засобів оцінювання, що можна розглядати як *кваліметрич-*

ний узагальнений оператор, котрий переводить простір якості підготовки фахівців в простір заходів якості або оцінок, на основі якого і формується підсумкова інтегральна шкала.

Зауважимо, що певні напрями формування оцінки представляються у вигляді специфічних вимог як до умов реалізації освітніх програм, так і до якості підготовки фахівців, описаних у вигляді рівнів та характеристик засвоєння („знати”, „вміти”, „оволодіти”, „приймати рішення”), що відображають різні форми відтворення професійної діяльності (табл. 1).

Таблиця 1. Рівні засвоєння навчального матеріалу

Види діяльності	Рівні засвоєння
Репродуктивна діяльність	Розпізнавання ситуації Характеристики відтворення ситуації: - простого "фотографічного" відтворення - логічно зв'язаної сукупності навчальних елементів, що становлять автономну одиницю змісту
	Показники якості вирішення практичних завдань: - нескладних - середніх за складністю - складних
Продуктивна діяльність	Якість синтезу інформації: - спроможність оцінки стану хворого, встановлення діагнозу, прогнозування стану хворого - моделювання патологічного процесу - прийняття рішень
	Якість узагальнень: - теоретичних - практичного досвіду

Узагальнення оцінок атестації всіх суб'єктів навчання за даним напрямком спеціальності здійснюється за сукупністю оцінок для одного випускника та за сукупністю всіх суб'єктів атестації.

При цьому можливо використання статистичних узагальнень за допомогою типових оцінок (розмаху варіювання, математичного очікування, моди, медіани тощо) за характеристиками кожного з випускників ВНЗ чи слухачів системи післядипломної освіти; факторизації (розширення) масиву суб'єктів атестації за отриманими оцінками; узагальнених оц-

інок; моніторингових порівнянь із результатами попередніх атестацій.

Як правило, структура процесу оцінювання повинна бути багаторівневою і включати процедури оцінювання в навчальному закладі (для завдань оперативного управління), регіонального і державного вивчення.

ВИСНОВОК. Процедури кваліметрії в оцінці якості підготовки фахівця повинні бути реалізовані таким чином, щоб реалізувати його компетентність не як набір розрізнених складових (критеріїв), а як цілісну структуру особистості згідно з вимогами соціуму.

Список літератури

1. К обществам знаний. Доклад ЮНЕСКО // ЮНЕСКО. – Париж, 2005. – 78 с.
2. Україна на шляху до суспільства знань: освіта, наука, культура / За ред. А.В. Пазюка. – К.: МГО «Прайвесі Юкрейн», 2005. – 69 с.
3. Субетто А.И. Системологические основы образователь-

ных систем. В 2-х кн. – М.: Исследоват. центр проблем качества подготовки специалистов, 1994. – 288 с.; 321 с.

4. Субетто А.И. Введение в нормологию и стандартологию образования – СПб. – М.: ИЦ ПКПС, КГУ им. Н.А. Некрасова, 2001. – 152 с.

УДК 61:004.4

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЧНІЙ ОСВІТІ

Ковальчук Л.Я., Марценюк В.П.

Тернопільський державний медичний університет імені І.Я.Горбачевського.

В роботі представлено досвід та перспективи впровадження сучасних інформаційних технологій в навчальний процес Тернопільського державного медичного університету імені І.Я.Горбачевського.

Ключові слова: мережева навчальна система, Інтернет-технології, електронна бібліотека, інформаційні ресурси.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Ковальчук Л.Я., Марценюк В.П.

Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я.Горбачевского

В работе представлен опыт и перспективы внедрения современных информационных технологий в учебный процесс Тернопольского государственного медицинского университета имени И.Я.Горбачевского

Ключевые слова: сетевая учебная система, Интернет-технологии, электронная библиотека, информационные ресурсы.

COMPUTER TECHNOLOGIES FOR MEDICAL EDUCATION

Kovalchuk L.Ya., Martsenyuk V.P.

Ternopil State Medical University named after I.Ya. Horbachevsky

This work presents the experience and perspectives of information technologies introduction into educational process Ternopil State Medical University by I.Ya. Horbachevsky.

Key words network: edcational sustem, Internet technologies, electronic library, information resources.

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

– при веденні навчально-методичної документації, яка зберігається на кафедрах та у методичному кабінеті;

– в університетській бібліотечі, що містить інформацію як на паперових, так і на електронних носіях;

– при розробці розкладів занять навчальним відділом.

Тривалий час вважалося, що подібні задачі складно автоматизувати. Як носій інформації використовували 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 навчальної інформації та подальшому її зберіганні. Та слід також звернути увагу на ще одну 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.

Основна частина. 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

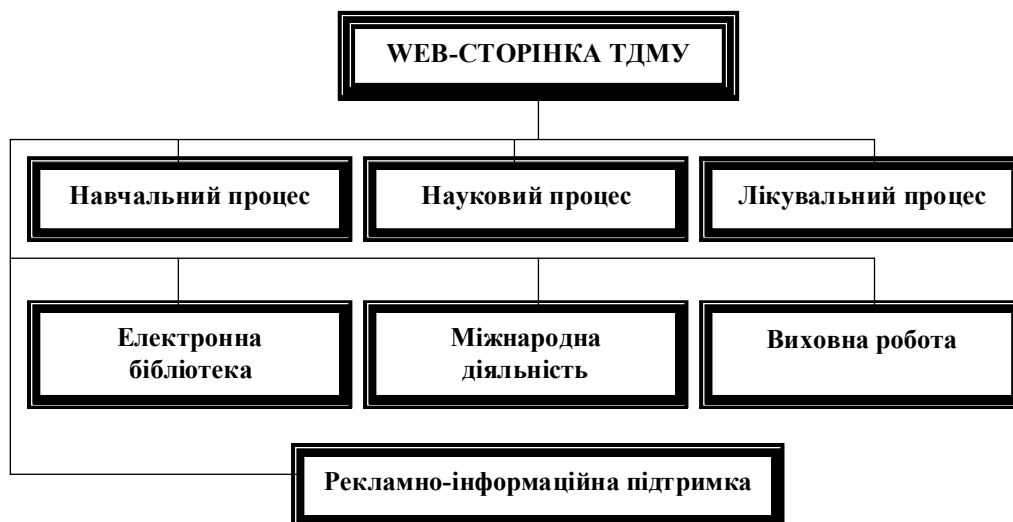
– створення єдиного інформаційного простору для медичних та фармацевтичних навчальних закладів (формування банків методичного забезпечення навчального процесу, атестованих курсів, нових інноваційних технологій в медицині та ін.).

На сьогодні усі ВМ(Ф)НЗ України представлені власними Web-сторінками. Як правило, Web-сторінки медичних університетів України виконують лише рекламно-інформувальну функцію. І, на жаль, все ще недооцінюються можливості, які надають Інтернет

та університетська комп'ютерна мережа при вирішенні питань організації навчального процесу.

Тернопільський державний медичний університет 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 можна представити наступною схемою:



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 2000 найменувань); повнотекстові електронні версії 8 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.

Робота з формування інформаційної навчальної системи університету проводиться у відповідності до „Етапів формування системи електронного навчання ТДМУ”, затверджених ректором. 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 винятком 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, посилення 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. Після проходження 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”;

– розсилання викладачам їх поточних рейтингів: на основі анкетування студентів (по лекціях і практичних заняттях); за результатами складання семестрового тестового іспиту; загального рейтингу у наступній формі – „Ваш рейтинговий номер ** із *** викладачів”.

Однією з найголовніших задач по розробці мережевої навчальної системи стала саме підтримка навчального процесу. На сьогодні інформаційна модель навчального процесу включає такі компоненти, як: робочі програми, методичні вказівки, розклади занять, матеріали для студентів для підготовки до лекцій та практичних занять, презентації лекцій, графіки чергувань викладачів на кафедрах, лінії практичних навичок, сторінки студентів та сторінки викладачів.

В університеті тривалий час ведеться робота зі створення власної електронної бібліотеки. Вона розпочалася у 1997 році із створення першого в Україні мультимедійного компакт-диска на медичну тема-

тику „Лапароскопічна хірургія жовчних шляхів”. На сьогодні в університеті таких дисків 53. Інформаційна модель бібліотеки електронних ресурсів університету включає такі компоненти: електронні підручники, навчальні посібники, монографії, навчальні таблиці, навчальні відеофільми, мультимедійні навчальні компакт-диски (©Укрмедкнига).

ВИСНОВКИ. Вхідження у світовий медичний освітній простір вимагає впровадження в навчальний процес сучасних комп’ютерних технологій. Така робота в медичних університетах повинна проводитися планово, відповідно до попередньо розроблених та ухвалених інформаційних моделей, одна з яких представлена в даній роботі. 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 (див. наприклад, www.tdmu.edu.te.ua).

Література

1. Методичні рекомендації для викладачів щодо організації навчального процесу в ТДМУ. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2006. – 86 с.

2. Web-сторінка медичного університету. Підходи до розробки внутрішньоуніверситетської мережевої навчальної системи / За ред. В.П.Марценюка. — Тер-

нопіль: Укрмедкнига, 2006. – 43 с.

3. Марценюк В.П. Телемедицина в Україні: сучасність та перспективи розвитку. В зб. “Інформаційна підтримка охорони здоров’я, біомедичних досліджень та освіти”. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – с. 15-18.

УДК 378.147.39.041:681.3]:378.661

СТРАТЕГІЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Колесник Ю.М., Рижов О.А.

Запорізький державний медичний університет

В роботі розглядається модель інформатизації медичного університету на прикладі Запорізького державного медичного університету, яка побудована на принципах системного аналізу педагогічної системи підготовки медичних кадрів.

Ключові слова: інформаційно-комунікативні технології, дистанційне навчання, кредитно-модульна система організації навчального процесу, інформаційно-освітній комплекс, інструментальна система RATOS.

СТРАТЕГИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Колесник Ю.М., Рыжов О.А.

Запорожский государственный медицинский университет

В работе рассматривается модель информатизации медицинского университета на примере Запорожского государственного медицинского университета, построенная на принципах системного анализа педагогической системы подготовки медицинских кадров.

Ключевые слова: информационно-коммуникативные технологии, дистанционное обучение, кредитно-модульная система организации учебного процесса, информационно-образовательный комплекс, инструментальная система RATOS.

INFORMATIZATION STRATEGY OF MEDICAL UNIVERSITY

Kolesnik Yu. M., Ryzhov A.A.

Zaporizhyan State Medical University

The work deals with the model of informatization of medical university on the example of Zaporizhyan State Medical University, built on the principles of systems analysis of pedagogical system of the medical personnel training.

Key words: information-communicative technologies, distance learning, credit-module system of educational processes organization, information-educational complex, instrumental system RATOS.

ВСТУП. У законі України № 537-V «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» [1] затверджується один з головних пріоритетів розвитку України – побудова інформаційного суспільства. Важко переоцінити важливість і своєчасність цього закону для системи вищої освіти України на початку XXI століття – століття інформаційних технологій. Сьогодні інформатизація освіти, охорони здоров'я, на основі впровадження інформаційно-комунікативних технологій (ІКТ) і формування мережевої інфраструктури системи освіти, ставиться в ранг державної політики [2]. Формується базис для реалізації концепції безперервного професійного розвитку на основі нових форм освіти, таких як дистанційне навчання [3], а також створюються передумови

для успішної адаптації положень Болонської конвенції в системі української освіти. Ефективна реалізація основних положень побудови інформаційного суспільства на рівні медичних університетів можлива тільки при єдиному системному підході, що поєднує всі сфери діяльності навчального закладу. З огляду на медико-біологічну спрямованість освіти в медичному вищому навчальному закладі (ВНЗ), а також відсутність технічної підготовки професорсько-викладацького складу, кількісне розв'язання проблеми інформатизації ВНЗ за рахунок збільшення кількості комп'ютерів і розвитку цифрових комунікацій, успіху не принесе.

МЕТА СТАТТІ. Розглянути особливості формування стратегії інформатизації медичного вищого навчального закладу на основі принципів системного

аналізу у Запорізькому державному медичному університеті (ЗДМУ).

МАТЕРІАЛИ Й МЕТОДИ. При розробці схеми педагогічної системи підготовки фахівців у ЗДМУ, створеної на основі ІКТ (рис.1), використовувалися рекомендації методології IDEF0 [4], призначеної для створення функціональної моделі системи, яка відображає структуру й функцію системи.

Як предмет аналізу використовувався інформаційно-освітній комплекс ЗДМУ.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Стрімкий розвиток інформаційних технологій зробив свій внесок у медицину. Лікарі активно використовують сучасні діагностичні комплекси: томографи, УЗД, цифрову кардіологію та ін., які увібрали в себе останні досягнення математичних наук і цифрових технологій. Обсяг медичної інформації, яка записана на цифрових носіях, за кілька років уже перевищує обсяг інформації, накопиченої людством за весь період свого існування [5]. Однак, сьогодні медичні знання залишаються

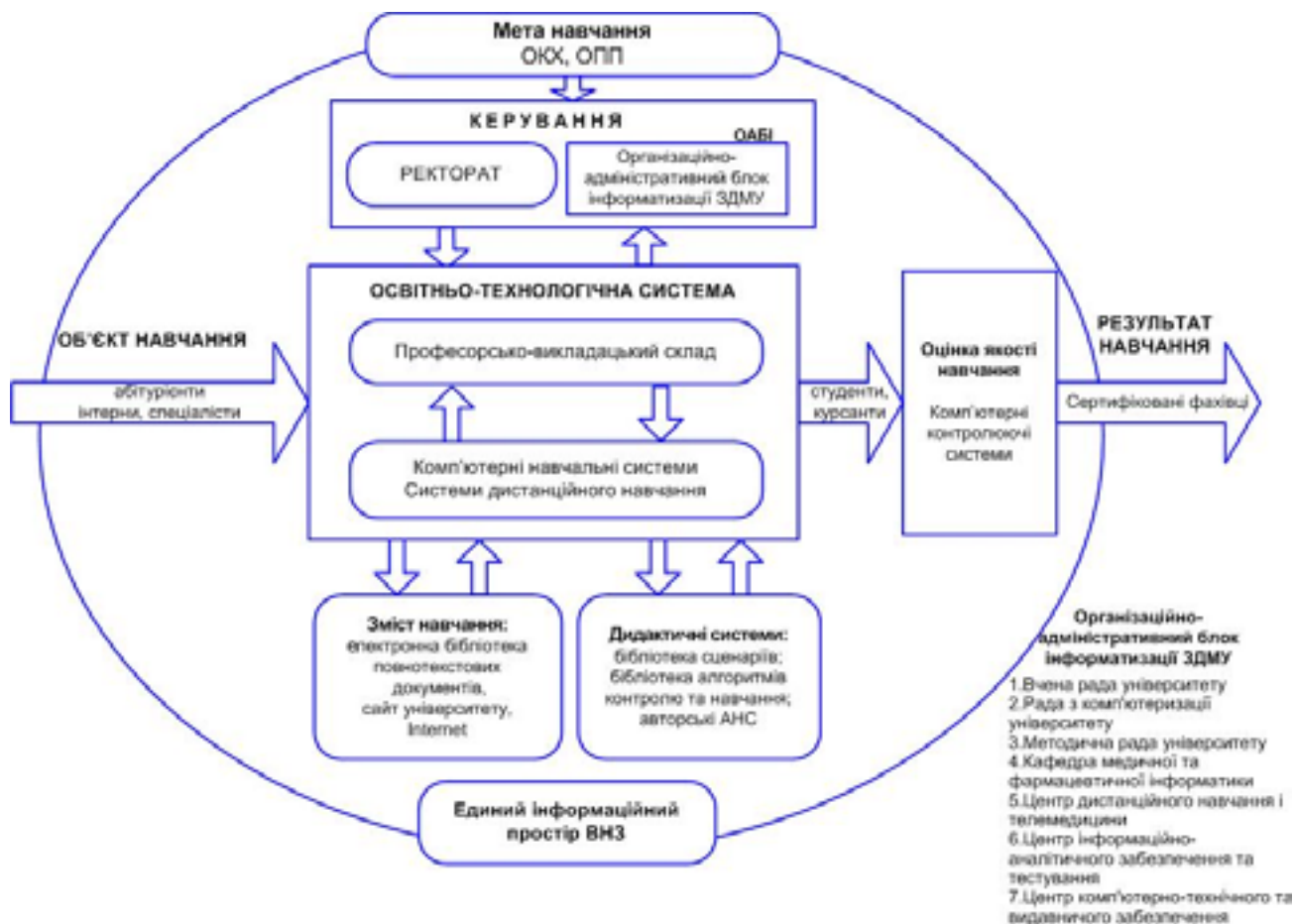


Рис. 1. Схема функціональної моделі педагогічної системи підготовки фахівців у Запорізькому державному медичному університеті на основі інформаційно-комунікативних технологій.

практично не формалізованими, тобто відсутня повна математична модель біологічних процесів у людини, яку можна було б застосовувати для діагностики та лікування. Спостерігається різкий дисонанс між освітньою підготовкою сучасного лікаря та рівнем розвитку цифрових технологій, які він використовує у своїй практичній діяльності. Насамперед, лікар повинен відповісти на три питання – як працювати, як аналізувати, як зберігати медичну інформацію, представлену в цифровому форматі. У зв'язку з цим, інформатизація медичної освіти сьогодні є най-

важливішою проблемою українського суспільства, від розв'язання якої значною мірою залежать успіхи системи охорони здоров'я України.

Впровадження інформаційних технологій у науку, освіту, економіку й охорону здоров'я є природним, еволюційним етапом розвитку суспільства, у якому продуктом інтелектуальної діяльності є інформація [5, 6]. Чому комп'ютеризація медичної освіти та лікувальних установ зазнала невдачі у 90-х роках? Тому, що й сьогодні є провідні спеціалісти охорони здоров'я, які вважають використання комп'ютерів у практичній

діяльності та в навчанні даниною моді, а не велінням часу. У роботі [6], автори відзначають: «... лімітуючим фактором у сучасних інформаційних технологіях є не засоби обчислювальної техніки, а кадри, які здатні ставити змістовні завдання та знаходити нові галузі ефективного використання комп'ютерів».

Інформатизація медичної освіти є системним процесом. Медичний вищий навчальний заклад – складна багатокомпонентна система, основною цільовою функцією якої є підготовка медичних кадрів. Тому інформатизація вищого навчального закладу повинна поширюватися на всіх учасників освітнього процесу та всі підрозділи університету. ІКТ розширюють поняття системного простору та часу університету. При використанні класичних освітніх технологій робота викладача поширюється на студентів або курсантів, які перебувають у стінах університету. Сучасні ІКТ розширюють ефект присутності викладача до місця проживання або роботи тих, кого навчають, наприклад, гуртожитку студентського містечка. Концепція безперервного професійного розвитку не нова в системі медичної й фармацевтичної освіти. Лікарі та фармацевти регулярно зобов'язані проходити курси підвищення кваліфікації. Однак ІКТ дозволяють реалізувати безперервність професійної освіти у часі, на робочому місці, з високим рівнем інтерактивності у віртуальному інформаційно-освітньому середовищі медичного навчального закладу.

Просте насичення комп'ютерною технікою навчального процесу в медичному університеті не вирішує завдань, які ставляться перед інформатизацією ВНЗ. Необхідно визначити місце комп'ютерних технологій у педагогічній системі, вирішити протиріччя, що виникають, здійснити реалізацію принципу доцільного поєднання традиційних і комп'ютерних дидактичних систем. Для реалізації системного підходу процесу інформатизації ми розробили схему структурної організації педагогічної системи підготовки медичних кадрів Запорізького державного медичного університету, реалізовану на базі ІКТ (рис. 1).

Структурна організація педагогічної системи ЗДМУ, реалізована на основі інформаційно-комунікативних технологій.

Процес навчання студентів в університеті відбувається в рамках педагогічної системи, структура якої сформувалася в процесі його історичного розвитку. До складу системи входять такі компоненти: мета навчання й виховання, студенти й викладачі, зміст навчання й виховання, засоби та організаційні форми педагогічної діяльності, дидактичні процеси як способи реалізації цілей педагогічного процесу в

цілому [7, 8, 9]. Процеси навчання та управління вищого навчального закладу можна розглядати як процеси передачі та інтерпретації інформації. З огляду на високий ступінь інваріантності ІКТ, вони можуть використовуватися у всіх підсистемах педагогічної системи. На схемі (рис. 1) представлена функціональна модель структурної організації педагогічної системи підготовки фахівців ЗДМУ з урахуванням інформатизації всіх етапів процесу навчання. З огляду на насиченість представленої схеми, до її складу не включені елементи канонічної педагогічної системи та питання науково-дослідної роботи, яка займає певне місце у системі підготовки медичних кадрів.

Системоутворюючим чинником організації педагогічної системи є цілі навчання [9], які формуються на підставі державних стандартів ОКХ і ОПП. Для організації навчального процесу і ефективного керування ним в умовах інформатизації ЗДМУ рішенням Вченої ради університету була створена Рада з комп'ютеризації університету. Завданнями Ради є: розробка програми й планів інформатизації ректорату й кафедр університету, підвищення кваліфікації професорсько-викладацького складу в галузі інформаційних й освітніх технологій на основі концепції «безперервної освіти». Теоретичне обґрунтування методологічних, системотехнічних і методичних аспектів впровадження й розвитку інформаційних технологій, а також розробка інструментальних засобів для створення комп'ютерних навчальних і контролюючих систем (КНС і ККС) виконуються на кафедрі медичної й фармацевтичної інформатики. Затвердження методичних рекомендацій з технології застосування в навчальному процесі КНС і ККС, а також організація їхньої сертифікації здійснюються на рівні Методичної ради університету. Практичне впровадження програми, планів інформатизації, рекомендацій, затверджених Методичною радою університету, а також супровід програмного й технічного забезпечення комп'ютерної мережі університету здійснюється Центром комп'ютерно-технічного і видавничого забезпечення та Центром інформаційно-аналітичного забезпечення і тестування.

Інформаційно-комунікативні технології розширюють освітній простір вищого навчального закладу та дозволяють залучати провідних спеціалістів з інших навчальних і дослідницьких установ для навчання студентів і підвищення кваліфікації професорсько-викладацького складу, у тому числі, в галузі дистанційної освіти й комп'ютерних технологій. У ЗДМУ у 2005 році був організований Центр дистанційного навчання та телемедицини (ЦДН&Т). Завданнями Центру

є проведення науково-практичних семінарів і конференцій, організація дистанційного навчання для абітурієнтів, для студентів заочних форм навчання, на додипломному й післядипломному етапі. Використання нових форм дистанційного навчання на основі ІКТ дозволяє розширити аудиторію студентів і курсантів, знизити матеріальні витрати на навчання.

Аналіз досвіду ЗДМУ показує, що в умовах медичного вищого навчального закладу для успішної інформатизації необхідне створення організаційно-адміністративного блоку інформатизації (ОАБІ), який розробляє методологію, формує концептуальну модель інформатизації, організує її втілення з урахуванням ресурсів навчального закладу та соціально-економічного стану країни. У ЗДМУ ця структура включає 7 підрозділів, описаних вище.

Основним функціональним блоком педагогічної системи вищого навчального закладу, організованої на основі ІКТ (ПС[ІКТ]), є освітньо-технологічна система. Найважливіша умова її ефективної роботи – комп'ютерна грамотність того, кого навчають (студентів, інтернів, курсантів), і викладацького складу, який організовує процес навчання. Основи базової комп'ютерної освіти закладає елективний курс «Європейський курс комп'ютерної грамотності», який викладається для студентів першого курсу медичного факультету. У зв'язку з вимогами політики інформатизації [1], доцільним є включення цього курсу в програму навчання всіх студентів медичних і фармацевтичних спеціальностей.

Основою освітньо-технологічної системи є єдиний інформаційний простір університету, реалізований на базі високошвидкісної корпоративної мережі [10,11], у середовищі якого розгорнутий інструментальний освітній комплекс (ІОК). У ЗДМУ у навчальному процесі з 2003 року активно використовується ІОК RATOSt[11].

В інформаційному суспільстві, до якого ми поступово наближаємося, змінюються форма зберігання й способи роботи з інформацією. Цифрові носії, бази даних, Інтернет і пошукові машини стають незмінними атрибутами освіти й науково-дослідної роботи. У ПС[ІКТ] основним носієм змісту навчання є електронна бібліотека повнотекстових документів [11,12], сайт університету, де організований авторизований доступ до методичних матеріалів кафедр, Інтернет.

Підсистема ПС[ІКТ], відповідальна за реалізацію методів навчання на основі комп'ютерних технологій, виділена нами в окремий дидактичний модуль. Змістом її є бібліотека сценаріїв, алгоритмів контролю та навчання в КІС, авторські навчальні комп'ю-

терні системи [12]. Необхідно відзначити недостатній теоретичний базис дидактики застосування комп'ютерних засобів навчання на сьогоднішній день [7, 8]. У зв'язку із цим доцільним видається створення лабораторії, яка б досліджувала питання електронної педагогіки [8].

Підсистема ПС[ІКТ] оцінки якості навчання складається із двох функціональних блоків: внутрішньоуніверситетської системи оцінки якості та зовнішньої – внутрішньогалузевої. Стандарти першої і другої систем оцінки якості перебувають у стадії формування [9]. З огляду на збільшення обсягу навчального часу, який виділяється на самостійну роботу студентів в умовах впровадження кредитно-модульної системи, необхідно забезпечити доступ студентів і інтернів до баз тестів і контролюючих систем з навчальних курсів на основі технологій Інтранет і Інтернет. У цьому напрямку ЗДМУ проводить велику роботу щодо організації корпоративної комп'ютерної мережі і в 2007 році завершується програма об'єднання гуртожитків і навчальних корпусів на основі високошвидкісної оптоволоконної мережі. Комп'ютерна мережа кампуса дозволяє студентам уже сьогодні мати доступ до інформаційних серверів університету з місця проживання в будь-який час.

Розглянута функціональна модель дозволяє розробити стратегію інформатизації ВНЗ, що включає в себе два етапи.

Етап I: Створення інформаційно-освітнього середовища вищого навчального закладу [7, 8].

1. Розробка концепції й програми інформатизації ВНЗ на рівні підсистеми керування на основі аналізу цілей навчання, відображених в ОКХ і ОПП, а також перспектив розвитку спеціальності. Детальне пророблення цих документів повинна здійснювати ОАБІ.

2. Інформатизація ректорату на основі електронного документообігу. Мета: підвищення ефективності збору й аналізу інформації для керування навчальним процесом і прийняття рішень.

3. Створення системи безперервної освіти викладачів в галузі комп'ютерних освітніх технологій і систем дистанційного навчання.

4. Інформатизація роботи професорсько-викладацького складу кафедр. Мета: формування інформаційного простору кафедри (навчально-методична та наукова література, яка представлена в електронному вигляді, комп'ютерні комплекси, бази даних).

5. Формування інфраструктури вищого навчального закладу на основі локальних обчислювальних мереж (ЛОМ) з виходом в Інтернет. Мета: розробка системи керування інформаційними, технічними ре-

сурсами та профілями користувачів на основі моделі вищого навчального закладу, яка реалізована в активному каталозі, який підтримує LDAP – протокол.

6. Створення Web-сервера університету, сервера електронної бібліотеки повнотекстових документів. Організація підрозділу супроводу ЛОМ вищого навчального закладу та роботи серверів. Мета: інтеграція інформаційних ресурсів кафедр на серверах університету.

7. Організація системи комп'ютерних класів, інтегрованих в інфраструктуру вищого навчального закладу для організації широкого доступу студентів у процесі навчання. Мета: введення в навчальний процес комп'ютерного контролю (тестування) і навчання.

8. Створення педагогічної лабораторії комп'ютерних технологій навчання. Мета: розробка педагогічних технологій використання комп'ютерних навчальних систем, системи аналізу якості навчання на основі статистичних показників тестування студентів і аналізу індивідуальних траєкторій навчання; аналіз загальних закономірностей роботи педагогічної системи вищого навчального закладу та розробка рекомендацій підвищення ефективності її роботи.

9. Впровадження стандартів освітніх технологічних систем (IMS, ARIADNE, AICC, ADL SCORM, PROMETEUS і ін.). Мета: забезпечення наступності КІС, розширення можливостей співробітництва в галузі освітніх технологій.

10. Створення системи сертифікації комп'ютерних контролюючих і навчальних програм. Мета: перевірка відповідності КНС і ККС навчальним цілям і завданням, які вирішуються на кафедрі.

11. Розробка програмно-апаратної системи захисту авторських прав на сертифіковані навчальні комплекси й інформаційні продукти в процесі їхньої експлуатації. Мета: моніторинг навчальної активності студентів, визначення «індексу читаності» інформаційних ресурсів, а також їхнього авторського супроводу.

12. Розширення доступу студентів до інформаційних ресурсів вищого навчального закладу за рахунок організації корпоративної мережі кампуса (об'єднання гуртожитків і навчальних корпусів) і клінічних баз, навчальних аптек на основі Інтернет-технологій. Мета: формування умов для самостійної роботи студентів, реалізація принципу мобільності навчання.

13. Розробка педагогічних технологій та інформаційних ресурсів для самостійної роботи студентів в позааудиторний час. Мета: створення системи автоматизованого моніторингу самостійної роботи та підсистеми її корекції.

14. Створення центру дистанційного навчання. Мета: розробка методик і комп'ютерних навчальних

програм для студентів-фармацевтів заочної форми навчання, системи післядипломної освіти, підвищення кваліфікації професорсько-викладацького складу.

15. Організація відеостудії на базі центру дистанційного навчання. Мета: впровадження методик синхронного дистанційного навчання на основі технологій відеоконференцій.

16. Створення серверу відеоархівів. Впровадження технологій відео на запит. Мета: організація самостійної роботи студентів і курсантів на основі технологій доставки відео-контента.

17. Створення сервера навчальних об'єктів [7, 8] багаторазового використання. Створення сервера цифрових клінічних архівів як бази навчальних елементів для клінічних навчальних програм. Мета: підвищення ефективності розробки КІС на основі багаторазового використання навчальних об'єктів та рівня міжпредметної інтеграції.

18. Інтеграція в єдиний інформаційний простір України. Підключення до національної академічної комп'ютерної мережі URAN. Мета: реалізація концепції відкритої освіти, розширення можливостей комунікативних технологій Інтернет у системах дистанційного навчання. Створення можливостей для організації дистанційних міжуніверситетських та міжнародних проектів.

19. Впровадження бездротових мережевих технологій (Wi-Fi) на рівні кампуса. Мета: створення системи доставки навчального контенту мобільним користувачам.

20. Розробка програмного забезпечення навчального процесу для мобільних користувачів. Мета: розширення технічних можливостей для системи дистанційного навчання, збільшення контингенту студентів і курсантів.

Етап II: Впровадження інтелектуальних технологій навчання та систем імітаційного моделювання.

1. Організація навчального процесу з використанням адаптивних інтелектуальних навчальних систем, здатних формувати індивідуальний графік навчання студента.

2. Розробка єдиного тезаурусу медико-біологічних дисциплін.

3. Використання в навчальному процесі програмного забезпечення на основі імітаційних моделей, які дозволяють моделювати роботу різних систем організму.

4. Інтеграція університетських комп'ютерних ресурсів на засадах ГРІД-технологій. Мета: підвищення ефективності використання апаратного та програмного забезпечення у наукових дослідженнях. Об'єднання з національною ГРІД-мережею.

5. Створення віртуального навчального середовища на рівні єдиного інформаційного просторувищого навчального закладу на основі 3D – моделювання.

ВИСНОВКИ. Інформатизація медичного ВНЗ – складний соціально-економічний процес формування педагогічної системи нового типу на основі інформаційно-комунікаційних технологій, який дозволяє інтегрувати інформаційні та людські ресурси, вона призначена для формування навчально-

го процесу підготовки медичних фахівців, здатних успішно працювати в інформаційному суспільстві України.

Застосування запропонованої стратегії інформатизації медичних ВНЗ дозволить у найближчий час створити єдине інформаційне поле освітнього професійного медичного співтовариства України та сформувати базис для ефективного входження до європейського інформаційного середовища.

Література

1. Закон Верховної Ради України №537-V «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» - Офіційне видання Відомості Верховної Ради України, 2007 р., № 12, С. 102.
2. Про затвердження Державної програми “Інформаційні та комунікаційні технології в освіті і науці” на 2006-2010 роки// Офіційний Вісник України. – 2005. – № 49. – С. 3058
3. Про стан і перспективи розвитку дистанційного навчання в Україні. - Рішення колегії Міністерства освіти і науки України від 25.07.2005 р.
4. Методология функционального моделирования. – М.: Госстандарт России, 2001. – 49 с.
5. Минцер О.П. Информатизация медицинского образования // Український медичний часопис. – № 5 (37), IX-X. – 2003. – С. 83-89.
6. Минцер О.П., Вороненко Ю.В. На шляху до суспільства медичних знань//Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. Зб.наук.праць. Вип. XVI. – Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2006. – С.3-15.
7. Андреев А.А., Солдаткин В.И. Прикладная философия

- открытого образования: педагогический аспект. – М.: РИЦ «Альфа» МГОПУ им. М.А.Шолохова, 2002. – 168 с.
8. Концепция информатизации учебного процесса. – Москва: НОУ «Академия электронной дидактики, 2004. – 11 с.
9. Система управління якістю медичної освіти / І.Є.Булах, О.П.Волосовець, Ю.І.Вороненко та ін. – Д.: «АРТ-ПРЕС», 2003. – 212 с.
10. Рыжов О.А., Колесник Ю.М. Инфраструктура ВНЗу– базис дистанційної освіти// Медична освіта. – 2002. – № 2 – С. 89-92.
11. Рыжов А.А. Три составляющие дистанционного обучения в системе последипломной подготовки провизоров/ Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. Зб.наук.праць. Вип. XVI. – Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2006.- С. 16-29.
12. Алгоритмическая база сценариев контроля и обучения в системе RАTOS®/ Рыжов А.А., Супрун Е.А., Панасенко А.И. и др. // Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. Зб.наук.праць. Вип. XV. – Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2006.- С. 655-665.

УДК: 61:681.3.002.6:001.891

СУЧАСНІ КОМП'ЮТЕРНІ ГРІД – ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Корнелюк О.І.¹, Мінцер О.П.²

¹Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

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

Розглянуті питання розробки та застосування в медицині та біології новітнього перспективного інформаційного напрямку – Грід-технології. Найважливішою рисою цієї технології є можливість відкриття шляху до перетворення глобальної мережі комп'ютерів в єдиний, практично необмежений обчислювальний комп'ютерний ресурс, що може мати вирішальне значення для розвитку медицини і біології.

Ключові слова: новітні інформаційні технології, Грід-комп'ютинг, національна Грід-інфраструктура.

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ГРИД – ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Корнелюк А.И.¹, Минцер О.П.²

¹Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины

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

Рассмотрены вопросы разработки и применения в медицине и биологии новейшего перспективного информационного направления – Грід – технологии. Важнейшей ее чертой является возможность открытия пути к преобразованию глобальной сети компьютеров в единый, практически неограниченный вычислительный компьютерный ресурс, который может иметь решающее значение для развития медицины и биологии.

Грід также определяют как универсальную инфраструктуру, объединяющую компьютеры и суперкомпьютеры в одну общую территориально – распределенную систему.

Безусловным лидером по созданию Грід – сетей в мире являются США, где с 2004 года реализуется стратегическая Грід – программа, направленная на создание единого национального пространства для высокомошных вычислений.

В Европе с апреля 2004 года осуществляется большой проект ENABLING GRIDS FOR E-SCIENCE, в рамках которого создается общеевропейская инфраструктура, базирующаяся на Грід-технологиях.

Биомедицина – одно из направлений, выбранное в Европе для разработки и внедрения Грід-технологий. В первую очередь это касается проблем создания баз данных наследственных заболеваний пациентов. С другой стороны, биомедицинские Гріды создаются для составления баз данных различных клиник с целью создания виртуального госпиталя.

Грід-медицина – это инфраструктура Грїда, содержащая специализированный компьютерный сервис, адаптированный для проблем обработки биомедицинских данных. Соответственно, ресурсами в Грід – медицине являются компьютерные ресурсы, специализированные базы медицинских данных, специализированные медицинские приборы и комплексы.

Уже первые применения Грід-технологий продемонстрировали важность парадигмы Грід-комп'ютинга для геномных исследований и обработки медицинских изображений, в частности в таких областях, как онкология, нейрохирургия, радиотерапия.

Ключевой концепцией Грід-технологии является создание виртуальной организации – группы распределенных территориально пользователей, имеющих общую цель и которые будут делиться своими ресурсами.

Рассмотрены некоторые примеры созданных виртуальных лабораторий и проектов в области Грід – медицины:

Область 1. Медицинская графика и обработка изображений.

Область 2. Моделирование тела пациента для выбора тактики лечения и хирургического вмешательства.

Область 3. Грід-технологии в фармации.

Область 4. Грід в геномной медицине.

Область 5. Виртуальные биомедицинские университеты и электронное обучение.

В Украине с 2005 года выполняется программа информатизации Национальной академии наук, в рамках которой впервые создан Украинский национальный Грід.

По инициативе Министерства образования и науки Украины в 2007 году объявлено о начале работ по созданию общенациональной Грід – инфраструктуры для обеспечения научных исследований и образования в Украине.

© Корнелюк О.І.¹, Мінцер О.П.²

Использование уже созданного первого Грид-сегмента Национальной академии наук и в перспективе общенациональной сети предоставит возможность успешно интегрироваться в международные научные проекты, которые выполняются в Европе и в других мировых научных центрах. Несомненно, что развитие Грид – технологий и их внедрение в практическое здравоохранение, научные исследования и образовательный процесс, позволит вывести уровень подготовки студентов-медиков и медицинских специалистов на уровень наилучших мировых стандартов.

Ключевые слова: новейшие информационные технологии, Грид-компьютинг, национальная Грид-инфраструктура.

UP-TO-DATE COMPUTER GRID-TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN MEDICAL RESEARCHES

O.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*

Issues of developing and applying of the newest perspective information direction – Grid-technology in medicine and biology are considered. Its major feature is an opportunity of opening the way of transforming a global network of computers into an integral practically unlimited computing resource which can have a crucial importance for development of medicine and biology.

Grid is also defined as an universal infrastructure uniting computers common territorial – distributing system.

The time leader on Grid creation networks in the world is the USA where since 2004, a strategic Grid – Program directed to the creation of integral national space for high-power calculations.

In Europe since April, 2004 a big project ENABLING GRIDS FOR E-SCIENCE within the framework of which the all-European infrastructure based on Grid – technologies has been carrying out.

Biomedicine is one of the directions, chosen in Europe for developing and implementing Grid – technologies. First of all, it concerns problems of creating databases of patient's hereditary diseases. On the other hand, biomedical Grids are created for drawing up databases of various clinics with the purpose of creating a virtual hospital.

Grid – medicine is a Grid infrastructure containing a specialized computer service, adapted for problems of processing biomedical data. Accordingly, resources in Grid – medicine are computer resources, specialized bases of medical data, specialized medical devices and complexes.

The first applications of Grid – technologies have shown the importance of Grid-computing paradigm for genomes researches and processing of medical images, in particular in such areas as oncology, neurosurgery, radiotherapy.

The key concept of Grid – technologies is creating a virtual organization – a group the users distributed territorially having common aim and which will share their resources.

Some examples of the created virtual laboratories and projects in area Grid – medicine are considered:

Area 1. Medical graph and images processing.

Area 2. Modeling a patient's body for choosing treatment tactics and surgical intervention.

Area 3. Grid – technologies in pharmacy.

Area 4. Grid in genome to medicine.

Area 5. Virtual biomedical universities and electronic training.

For the first time a Program of information of the National Academy of Sciences within the framework of which a Ukrainian National Grid has been realized in Ukraine since 2005.

In 2007, under the initiative of the Ministry of Education and Science of Ukraine National Grid – infrastructures for maintenance of scientific researches and educations were created in Ukraine.

The use of the firstly created Grid segment of the National Academy of Sciences and in perspective a national network will give an opportunity to successfully integrate into the international scientific projects which are carried out in Europe and in other world centers of science. Undoubtedly, the development Grid – technologies and their implementation into practical public health services, scientific researches and educational process will allow one to lead the level of training medical students and medical specialists to the level of the best world standards.

Key words: up-to-date information technologies, Grid-computing, national Grid-infrastructure.

ВСТУП. Комп'ютерні технології набувають все ширшого застосування в медицині. Грид-технології (або Грид-комп'ютинг) є новітнім перспективним напрямком, що виник в кінці 90-х років минулого століття. Вперше термін Грид-комп'ютинг використали

Я.Фостер і К.Кессельман у 1998 році, які ввели визначення: "Грид – це погоджене, відкрите і стандартизоване комп'ютерне середовище, що забезпечує гнучке, скоординоване та безпечне розподілення комп'ютерних ресурсів в рамках віртуальної організації"

[1, 2]. Грід можна також визначити як універсальну інфраструктуру, що об'єднує комп'ютери та суперкомп'ютери в одну загальну територіально – розподілену систему [3]. Грід використовує нові програмні технології разом з відомими, раніше створеними мережевими та Інтернет – протоколами, що дозволяє як спільне використання комп'ютерних можливостей, так і збереження великих масивів експериментальних даних. В перспективі Грід відкриває шлях до перетворення глобальної мережі комп'ютерів в єдиний, практично необмежений обчислювальний комп'ютерний ресурс [4].

Сьогодні безумовним лідером щодо створення Грід-мереж у світі є США. З 2004 року в США реалізується стратегічна Грід-програма, основною метою якої є створення єдиного національного простору для високопотужних обчислень. Вже функціонують 4 національні Грід-мережі, які фінансують державні відомства, в тому числі комп'ютерна мережа Національного фонду наукових досліджень. Під керівництвом Пенсільванського університету на базі Грід-технологій створений Національний цифровий центр мамографії із загальним обсягом 5,6 петабіт, який дає медикам можливість швидкого доступу до записів мільйонів пацієнтів в США.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ПРОЕКТ ENABLING GRIDS FOR E-SCIENCE

З квітня 2004 р. в Європі здійснюється великий проєкт ENABLING GRIDS FOR E-SCIENCE (EGEE), в рамках якого створюється загальноєвропейська інфраструктура, що базується на Грід-технологіях [5]. Ця інфраструктура об'єднає всі національні, регіональні та тематичні розробки в галузі Грід-технологій в єдину інфраструктуру для наукових досліджень, що надасть усім дослідникам доступ до найбільш потужних обчислювальних ресурсів, незалежно від їх географічного положення.

Біомедицина – один з напрямків, котрий обраний в Європі для розробки та впровадження Грід-технологій. Насамперед це стосується проблем створення баз даних спадкових захворювань пацієнтів. З іншого боку, біомедичні Гріді мають за мету складання баз даних різних клінік для організації віртуального госпіталю.

В проєкті EGEE беруть участь 70 організацій з 27 країн. В результаті виконання проєкту буде створений найбільший Грід в світі з обчислювальною потужністю 20000 процесорів.

У 2005 році Єврокомісія підготувала спеціальну програму вартістю 13 млрд. євро, в рамках якої Грід-комп'ютинг відводиться роль стимулятора та най-

важливішого ресурсу для перетворення Євросоюзу в “найбільш конкурентноспроможну в світі економіку знань”.

DATA GRID –ПРОТОТИП БІОМЕДИЧНОГО ГРІДУ

Грід-медицина – це інфраструктура Грідіду, що містить спеціалізований комп'ютерний сервіс, адаптований для проблем обробки біомедичних даних. Відповідно, ресурсами в Грід-медицині є комп'ютерні ресурси, спеціалізовані бази медичних даних, спеціалізовані медичні прилади та комплекси.

Перший біомедичний Грід був запропонований в рамках проєкту Data Grid IST – www.edg.org [6]. Метою проєкту було створення нового оточення для підтримки глобально розподілених комп'ютерних даних, обсягами до мультитерабайт-масивів. Уже перші застосування Грід-технологій продемонстрували важливість парадигми Грід-комп'ютингу для геномних досліджень та обробки медичних зображень.

Для розвитку Грід-медицини ключовими вважаються такі фактори:

1. *Забезпечення безпеки медичних даних.* Передача медичних даних (до рівня їх конфіденційності) повинна бути забезпечена досконалими механізмами захисту від несанкціонованого доступу.

2. *Забезпечення права власності на медичні дані пацієнтів.*

3. *Розробка нових комп'ютерних інструментів для роботи з розподіленими базами даних, засобами управління даними та нових експертних систем.*

4. *Створення та підтримка стандартів даних медичної інформації, що є необхідною для інтеграції та забезпечення доступу до великих баз даних.*

5. *Розробка та впровадження бізнес-орієнтованих прикладних застосувань Грід-технологій.*

На теперішній час більшість прикладних застосувань Грід-технологій в медицині зводиться до обробки великих масивів даних для покращення діагностики та розуміння механізмів перебігу різних захворювань людини, отримання медичних зображень в таких галузях як онкологія, нейрохірургія, радіотерапія.

Віртуальні лабораторії

Ключовою концепцією Грід-технології є створення віртуальної організації – групи територіально розподілених користувачів, які мають загальну мету і прагнуть поділитися своїми ресурсами [7]. Подібний підхід реалізований в проєкті GPCALMA до групи госпіталів. Він дозволяє застосовувати загальні програми скринінгу для ранньої діагностики раку грудей, і, в перспективі, раку легенів. Для обробки і ана-

лізу зображень використовується метод нейронних сіток, який є корисним для покращення проведення радіологічної діагностики.

Грід-сервіс дозволяє провести remote аналіз зображень та інтерактивну online-діагностику. Прототип цієї системи, що базується на AliEn грід-сервісі [7], вже є доступним і включає центральний сервер, котрий виконує загальні сервіси [8], та декілька клієнтів, які приєднані до нього. Мамограми можуть бути отримані в будь-якому місці; відповідна інформація, що її необхідно відібрати та забезпечити доступ, зберігається в загальному сервісі, котрий носить назву Data Catalogue. Модуль PROOF забезпечує використання запиту як входу для алгоритмів аналізу, що виконуються на нодах, де зберігаються зображення. Селективний підхід дозволяє уникнути передачі даних з негативним діагнозом, а також дозволяє проводити діагностику майже в реальному часі для набору зображень з високою вірогідністю наявності раку.

ПРОЕКТ INFOGENMED

Проект Infogenmed [9] є віртуальною лабораторією для забезпечення доступу та інтеграції генетичної і медичної інформації з метою наступного використання в цілях охорони здоров'я (<http://www.infogenmed.net>). Проект Infogenmed фінансується як пріоритетний європейський проект у галузі інформаційно-комунікаційних технологій.

В останні роки створена досить велика кількість віртуальних лабораторій і проектів в галузі Грід-медицини. Розглянемо деякі з них.

Область 1. Медична графіка та обробка зображень.

Цей напрямок займає важливе місце, оскільки в процесах медичної діагностики та лікування використовується, як правило, велика кількість зображень: рентгенівські знімки та томограми, скановані зображення, ультразвукові зображення, ЯМР-томограми тощо. Вони займають великі обсяги даних і вимагають детального опису та інтерпретації, тому виникає потреба в зберіганні цих знімків, їх комп'ютерній обробці та використанні.

Проект Grid PACS.

Для архівування та аналізу зображень розроблено відповідне програмне забезпечення – GRID PACS (Picture Archiving and Communication System) [10]. GRID PACS дозволяє проводити менеджмент та аналіз зображень великих масивів. Архітектура GRID PACS розроблена для підтримки широкого переліку біомедичних застосувань в клінічних дослідженнях, що використовують велику кількість зображень. Вони дають метаболічну та анатомічну інформацію від макроскопічних даних до мікроскопічних (наприк-

лад, цифрових зображень зрізів тканин). Така інформація може значно покращити розуміння загальної патології, а також забезпечити якісну діагностику захворювань у пацієнтів. Системи PACS використовуються в багатьох госпіталах з метою управління медичними даними і мають великі перспективи для розвитку Грід-медицини.

Проект MammoGrid.

Проект MammoGrid спрямований на розробку загальноєвропейської бази даних мамограм, що використовуються у важливих медичних прикладних рішеннях, та може в значній мірі сприяти розвитку співробітництва в Європейському співтоваристві між спеціалістами в цій області [11].

Проект GridCAD.

Потенціальні переваги використання Грід-технологій для обробки медичних зображень демонструє GridCAD, що є програмним забезпеченням, котре розроблено з використанням Грід-архітектури Національного інституту раку США. GridCAD дозволяє користувачам входити до локальних та віддалених баз даних, аналізувати зображення і одночасно застосовувати алгоритми CAD для обраних зображень. Зазначене програмне забезпечення може підтримувати як локальне, так і віддалене співробітництво щодо досліджень та клінічної практики завдяки ефективному, безпечному та надійному розділеному використанню ресурсів для аналізу даних зображень та їх архівування [12].

Область 2. Моделювання тіла пацієнта для вибору тактики лікування та хірургічного втручання.

В останні роки завдяки розвитку обчислювальних засобів досягнуті значні успіхи в моделюванні тіла людини. Відповідно, Грід-технології отримують широкі перспективи для застосування в цій області. Прикладом можуть бути цифрові атласи окремих органів та тіла людини, використання яких різко прискорює медичні дослідження. Перші спроби моделювання тіла людини здійснені в проектах *Virtual Human* та *Living Human Project*.

Проект DICOM.

Технологія DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) використовується для радіологічної інтероперабельності та обміну даних зображень [13]. Проект Globus Medicus розширює DICOM до Globus-базуючої Грід-інфраструктури (<http://dev.globus.org/wiki/Incubator/medicus>).

Інтерактивна реконструкція обсягів та вимірювань у Гріді.

Запропоновано для використання в клінічній практиці метод РТМ 3D, як інструмент для реконструкції

обсягу та вимірювань [14]. Створена віртуальна лабораторія для аналізу даних зображень, що отримані сучасними методами магнітного резонансу.

Віртуальний госпіталь та електронна медицина.

Мета телемедицини – забезпечити рівний доступ до медичного обслуговування на високому рівні – може бути реалізована тільки шляхом розвитку віртуальних госпіталів, цифрової медицини і створення містків між різними регіонами світу [15]. Для цього Грід-концепція повинна бути інтегрована з іншими комунікаційними мережами та платформами.

У віртуальному госпіталі будуть виконуватись передопераційне планування, професійне сполучення під час оперативного втручання, невелика інвазивна хірургія. Прикладами медичних застосувань Грід-технологій у віртуальному госпіталі є 3D візуалізація в реальному часі та маніпуляція з даними пацієнта для планування індивідуалізованого спілкування, створення розподілених баз даних медичних зображень.

Область 3. Грід-технології у фармації.

Грід-технології застосовуються в фармацевтичній науці, в першу чергу, для розподілених обчислень, створення комп'ютерних ресурсів доступу до великих обсягів даних в автоматичному режимі, структурування даних у відповідності з визначеними алгоритмами та правилами.

Область 4. Грід в геномній медицині.

Постгеномна ера в біології відкрила широкі перспективи для розвитку геномної медицини та переходу її на новий якісний рівень. Розшифровка геному людини в проєкті Human Genome Project привела до якісних змін у підходах до діагностики і лікування багатьох захворювань, оскільки дала можливість отримати нові знання про взаємовідношення будови генів, їх мутації та виникнення різних патологій людини. В постгеномну еру виникла можливість описати всі патологічні зміни в експресії білків та їх мутацій, що дає молекулярні основи для розуміння механізмів складних захворювань і приведе до появи нових методів лікування.

Область 5. Віртуальні біомедичні університети та електронне навчання.

В світі спостерігається вибухове зростання віртуальних біомедичних університетів, де впроваджується електронне навчання із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Застосування ІКТ поширюється від використання комп'ютерних програм для навчання й до створення та моделювання віртуальних пацієнтів [16–22]. Як в розвинених країнах, так і в країнах, що розвиваються, використовується дистанційне навчання для тренування лікарів в галузях медичної інформатики.

Моделювання віртуального пацієнта є розповсюдженим в медичних школах США та Канади і дає значні переваги при навчанні [17]. Широкий доступ та кооперативне використання ресурсів дозволяє медичним школам суттєво підсилити свої курси навчання. Технологія моделювання віртуального пацієнта повинна включати дані фундаментальної науки для більш інтегрованого навчання, а також наслідки прийнятого медичного рішення [17].

В Тайвані створена віртуальна медична школа – центр електронного навчання, що інтегрує спільне та самостійне середовище для навчання шляхом створення віртуальних груп, аудиторій та бібліотеки [18]. Система автоматично конвертує обрані клінічні випадки з бази даних інформаційної системи госпіталю у віртуальних пацієнтів. Усі студенти-медики мають можливість навчатися на цих типових прикладах в режимі on-line. Система використовує міжнародний стандарт SCORM 1.2 для розробки навчального матеріалу, та використовується спільно зі стандартами HL7 v2.4, CDA v1.0 для підключення до системи електронних медичних записів госпіталю. Ця система забезпечує доступ до спільних ресурсів медичних центрів, використовуючи високу швидкість комунікації Грід-мережі, інтегрованої з відеоплатформами.

У Франції створений віртуальний медичний університет, де з 2002 року здійснюється як початкове навчання для студентів, так і продовжене професійне навчання для практикуючих лікарів [19, 21, 22]. Система цього віртуального університету включає електронні підручники, аналіз різних клінічних випадків та використовує базу медичних знань ADM (Aide au Diagnostic Medical). В рамках університету створено віртуальний простір, де індивідуальні пацієнти, їх сім'ї, а також цілі асоціації пацієнтів можуть отримати медичну інформацію високої якості щодо профілактики різних захворювань.

Грід в Україні

З 2005 року в Україні виконується програма інформатизації Національної академії наук, в рамках якої вперше створений Український національний Грід (рисунок 1) [3]. Ініціатива створення Грід у Україні належить групі фізиків Інституту теоретичної фізики НАН України на чолі з академіком А.Г.Загороднім та професорами Г.М.Зінов'євим та Є.С.Мартинівим. Сьогодні Україна вже є повноправним членом WLCG (Worldwide LHC Computing Grid Project).

До створення Українського національного Грід залучені вчені різних спеціальностей, у тому числі біологи. В 2006–2007 роках були побудовані нові

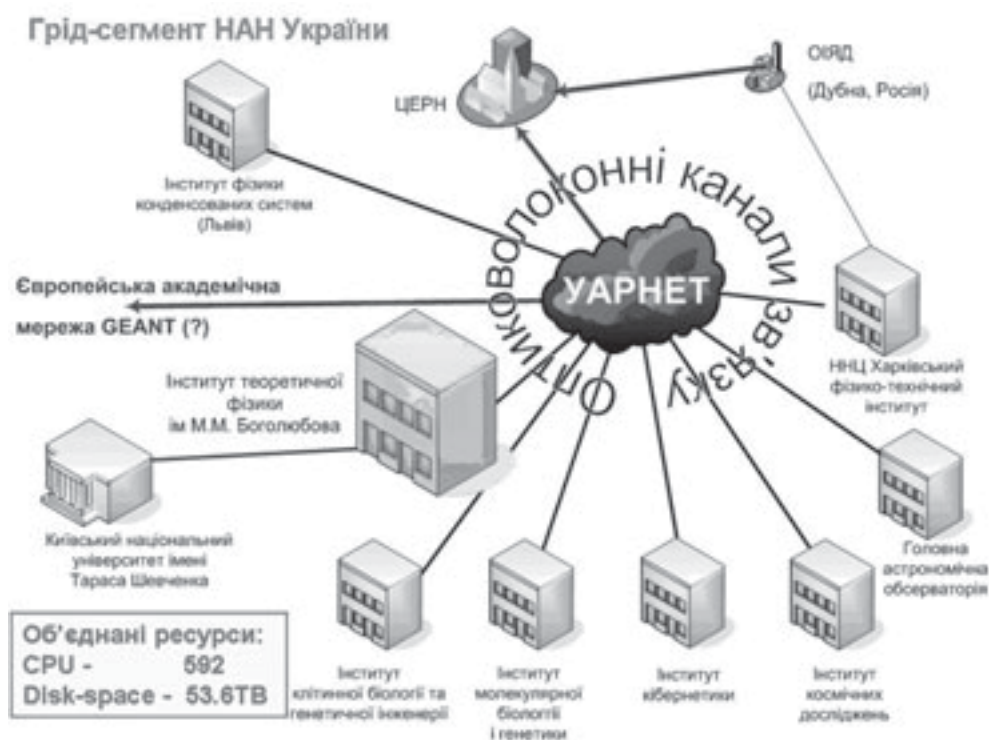


Рис.1. Грід-сегмент НАН України.

Грід – кластери в Інституті молекулярної біології і генетики НАН України та в Інституті клітинної біології і генетичної інженерії НАН України.

За ініціативою Міністерства освіти та науки України в 2007 році оголошено про початок робіт щодо створення загальнонаціональної Грід-інфраструктури для забезпечення наукових досліджень та освіти в Україні. Проект Грід-інфраструктури має такі цілі:

- добудувати та об'єднати науково-освітню обчислювальну та комунікаційну інфраструктуру в національну Грід-інфраструктуру;
- взяти активну участь у формуванні нової концепції Європейської Грід-інфраструктури, створення якої як координуючого органу для національних інфраструктур починається в Європі;
- провести розробку нових оригінальних Грід-застосувань в галузі телемедицини для співробітників Чорнобильської атомної станції, а також для дистанційного навчання в Центрально-Східно-Європейському віртуальному університеті (CEEVU);
- забезпечити обслуговування Українського відділення Міжнародного центру даних.

ВИСНОВОК. Грід-технології швидко та ефективно впроваджуються як в біомедичні дослід-

ження, так і в медичну освіту. Наукові організації інтенсивно використовують концепцію Грід для створення унікальної інфраструктури, що забезпечує глобальну інтеграцію інформаційних та обчислювальних ресурсів, причому одним з найголовніших її пріоритетів є використання для медичних досліджень. Науково – медичні заклади України мають можливість успішно залучитись до цього процесу в повному обсязі, використовуючи вже створений перший Грід-сегмент Національної академії наук та, в перспективі, всю загальнонаціональну мережу Грід. Така можливість дозволить успішно інтегруватись в міжнародні наукові проекти, що виконуються в Європі та в інших світових наукових центрах. Безсумнівно, що розвиток Грід-технологій та їх впровадження в практичну охорону здоров'я, наукові дослідження та освітній процес в медичних університетах України, створення українських Грід-проектів в галузі медицини (створення віртуальних лабораторій та госпіталів), організація українського віртуального медичного університету в перспективі дозволить вивести рівень підготовки студентів-медиків та медичних спеціалістів на рівень найкращих світових стандартів.

Література

1. Foster I. What is the Grid? A Three Point Checklist. – July 20, 2002. – 4 p.
2. Foster I., Kesselman C. The Grid 2 Blueprint for a New Computing Infrastructure. Second Edition. – Elsevier, 2003. – 777 p.
3. Загородній А.Г., Зінов'єв Г.М., Мартинов Є.С., Свистунов С.Я., Шадура В.Н. Грід – нова інформаційно-обчислювальна технологія для науки. // Вісник НАН України. – № 6. – 2005. – С. 17-25.
4. Foster I., Kesselman C., Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations // International Journal of High Performance Computing Applications. – 2001. – 15 (3). – P. 200-222.
5. Foster I., Kesselman C., Nick J., Tuecke S. The Physiology of the Grid: An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration. – <http://www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf>.
6. Breton V., Medina R., Montagnat J. DataGrid, prototype of a biomedical grid // Methods of Information in Medicine. – 2003. – 42(2). – P. 143-147.
7. Cerello P. et al. GPCALMA: a Grid-based Tool for Mammographic Screening // Methods of Information in Medicine. – 2005. – 44 (2). – P. 244-248.
8. <http://gpcalma.to.infn.it>.
9. Oliveira I.C., Oliveira J.L., Sanchez J.P., Lopez-Alonso V., Martin-Sanchez F., Maojo V., Sousa Pereira A. Grid requirements for the integration of biomedical information resources for health applications // Methods of Information in Medicine. – 2005. – 44(2). – P. 161-167.
10. Hastings S., Oster S., Langella S., Kurc T.M., Pan T., Catalyurek U.V., Saltz J.H. A grid-based image archival and analysis system // Am. Med. Inform. Assoc. – 2005. – Vol. 12, № 3. – P. 286-295.
11. Warren R., Solomonides A.E., del Frate C., Warsi I., Ding J., Odeh M., McClatchey R., Tromans C., Brady M., Highnam R., Cordell M., Estrella F., Bazzocchi M., Amendolia S.R. MammoGrid – a prototype distributed mammographic database for Europe // Clin. Radiol. – 2007. – 62(11). – P. 1044-1051.
12. Pan T.C., Gurcan M.N., Langella S.A., Oster S.W., Hastings S.L., Sharma A., Rutt B.G., Ervin D.W., Kurc T.M., Siddiqui K.M., Saltz J.H., Siegel E.L. Informatics in radiology: GridCAD: grid-based computer-aided detection system // Radiographics. – 2007. – 27 (3). – P. 889-897.
13. Erberich S.G., Silverstein J.C., Chervenak A., Schuler R., Nelson M.D., Kesselman C. Globus MEDICUS - Federation of DICOM Medical Imaging Devices into Healthcare Grids // Stud Health Technol Inform. – 2007. – 126. – P. 269-278.
14. Germain-Renaud C., Osorio A., Texier R. Interactive Volume Reconstruction and Measurement on the Grid // Methods of Information in Medicine. – 2005. – 44(2). – P. 227-232.
15. Grasczew G., Roelofs T.A., Rakowsky S., Schlag P.M., Heinzlreiter P., Kranzlmuller D., Volkert J. Virtual hospital and digital medicine – why is the GRID needed? // Stud. Health Technol. Inform. – 2006. – 120. – P. 295-304.
16. Beux P.L., Fieschi M. Virtual biomedical universities and e-learning // Int. J. Med. Inform. – 2007. – May - Jun; 76 (5-6). – P. 331-335.
17. Huang G., Reynolds R., Candler C. Virtual patient simulation at US and Canadian medical schools // Acad. Med. – 2007. – May; 82 (5). – P. 446-451.
18. Shyu F.M., Liang Y.F., Hsu W.T., Luh J.J., Chen H.S. A problem-based e-Learning prototype system for clinical medical education // Medinfo. – 2004. – 11 (Pt 2). – P. 983-987.
19. Medelez Ortega E., Burgun A., Le Duff F., Le Beux P. Collaborative environment for clinical reasoning and distance learning sessions // Int. J. Med. Inform. – 2003. – Jul; 70 (2-3). – P. 345-351.
20. Riley J.B., Austin J.W., Holt D.W., Searles B.E., Darling E.M. Internet-based virtual classroom and educational management software enhance students' didactic and clinical experiences in perfusion education programs // J Extra Corpor. Technol. – 2004. – Sep; 36 (3). – P. 235-239.
21. Seka L.P., Duvauferrier R., Fresnel A., Le Beux P. A virtual university Web system for a medical school // Medinfo. – 1998. – 9 (Pt 2). – P. 772-776.
22. Morin A., Benhamou A.C., Spector M., Bonnin A., Debry C. The French language virtual medical university // Stud. Health Technol. Inform. – 2004. – 104. – P. 213-219.
23. Tobias J., Chilukuri R., Komatsoulis G.A., Mohanty S., Sioutos N., Warzel D.B., Wright L.W., Crowley R.S. The CAP cancer protocols – a case study of caCORE based data standards implementation to integrate with the Cancer Biomedical Informatics Grid // BMC Med. Inform. Decis. Mak. – 2006. – Jun. 20; 6. – P. 25.
24. Olabariaga S.D., Nederveen A.J., Snel J.G., Belleman R.G. Towards a virtual laboratory for FMRI data management and analysis // Stud. Health Technol. Inform. – 2006. – 120. – P. 43-54.
25. Jacq N., Salzemann J., Legre Y., Reichstadt M., Jacq F., Zimmermann M., Maass A., Sridhar M., Vinod-Kusam K., Schwichtenberg H., Hofmann M., Breton V. Demonstration of in silico docking at a large scale on grid infrastructure // Stud. Health Technol. Inform. – 2006. – 120. – P. 155-157.
26. Pan T.C., Gurcan M.N., Langella S.A., Oster S.W., Hastings S.L., Sharma A., Rutt B.G., Ervin D.W., Kurc T.M., Siddiqui K.M., Saltz J.H., Siegel E.L. Informatics in radiology: GridCAD: grid-based computer-aided detection system // Radiographics. – 2007. – May - Jun; 27 (3). – P. 889-897.
27. Oliveira I.C., Oliveira J.L., Sanchez J.P., Lopez-Alonso V., Martin-Sanchez F., Maojo V., Sousa Pereira A. Grid requirements for the integration of biomedical information resources for health applications // Methods Inf. Med. – 2005. – 44 (2). – P. 161-167.

УДК 61:371.261:004.415.533

ПОЛІТИКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО ТЕСТОВОГО ІСПИТУ В КОНТЕКСТІ ДЕМОКРАТИЗАЦІЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД

Банчук М.В.

Міністерство охорони здоров'я України

Запропоновано політику проведення тестового іспиту на основі європейського досвіду та в Україні. Досліджуються процеси створення тестових питань, формування варіантів буклетів, розшифрування та оцінювання відповідей студентів. Розглянуто технічне оснащення внутрішньовузівського центру тестування, його документацію.

Ключові слова: текстовий іспит, оцінювання, варіанти питань

ПОЛИТИКА КОМПЬЮТЕРИЗОВАННОГО ТЕСТОВОГО ЭКЗАМЕНА В КОНТЕКСТЕ ДЕМОКРАТИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ЕВРОПЕЙСКИЙ И УКРАИНСКИЙ ОПЫТ

Банчук Н.В.

Министерство здравоохранения Украины

Предложена политика проведения тестового экзамена на основе европейского опыта и в Украине. Исследуются процессы создания тестовых вопросов, формирования вариантов буклетов, расшифровки и оценивания ответов студентов. Рассматривается техническое обеспечение внутривузовского центра тестирования, его документация.

Ключевые слова: тестовый экзамен, оценивание, варианты вопросов

POLICY OF THE COMPUTER-AIDED TEST EXAM FROM THE VIEWPOINT OF DEMOCRACY OF MEDICAL EDUCATION. EUROPEAN AND UKRAINIAN EXPERIENCE

Banchuk M.V.

Ministry of Healthcare, Ukraine

There is offered policy of implementation of the test exam based on both European and Ukrainian experience. There are investigated processes of test questions development, encoding and estimation. There is considered technical equipment of the university test center, its documentation.

Key words: test exam, estimation, variants of questions

ВСТУП. Оцінювання – це один із завершальних етапів діяльності студента та визначення успішності навчання. Процедура та методика оцінювання суттєво впливають на остаточні результати, можливість аналізу та статистичну достовірність оцінок. Тому при оцінюванні необхідно надавати перевагу стандартизованим методам, в першу чергу тестуванню.

Впровадження тестових іспитів в навчальний процес ВМ(Ф)НЗ України сприятиме процесам реформування вищої медичної освіти [1-5], її демократизації, виконанню заходів МОЗ України щодо боротьби з проявами зловживань та корупції.

© Банчук М.В.

МЕТА СТАТТІ – розглянути та запропонувати політику проведення тестового іспиту, оцінити процеси створення тестових питань, формування варіантів буклетів, розшифрування та оцінювання відповідей студентів, технічне оснащення внутривузівського центру тестування, його документацію.

В якості прикладу вибрано проведення тестового іспиту у Тернопільському державному медичному університеті імені І.Я.Горбачевського (ТДМУ). На підставі рішення МОЗ України №139 від 01.06.2006 в цьому вищому навчальному зак-

ладі було запроваджено в якості педагогічного експерименту проведення тестування під час вступних випробувань, семестрових комплексних іспитів, щоденного контролю знань. При впровадженні тестових технологій в ТДМУ опиралися на досвід Віденського медичного університету (Австрія) [6] та університету Південної Кароліни Апстейт

(США) [7], де викладачі університету попередньо пройшли стажування.

Європейський досвід проведення тестових іспитів. Студенти Віденського медичного університету (ВМУ) навчаються 6 років. Кожного року вони вивчають 6 блоків. Тестовий іспит – комплексний і він включає питання з кожного блоку (Рис. 1).

Рис. 1. Навчальний план ВМУ. SIP – іспити, які проводяться в кінці кожного навчального року.

Мінімальна кількість тестових запитань на іспиті – 150. На кожен блок припадає від 20 до 60 завдань. Їх кількість визначається координатором блоку залежно від кількості академічних годин.

Під час підготовки до іспиту студенти мають можливість переглянути спеціальні ознайомлювальні буклети із зразками тестових завдань (Рис. 2).



Рис. 2. Ознайомлювальний буклет із зразками тестових завдань.

Заздалегідь для кожного тестового іспиту складають план підготовки тестових завдань з предметів по блоках (Рис. 3).

Такий план включає: назви тем; прізвища викладачів, які викладають ці теми та місце їх роботи; кількість академічних годин (за темами); їх відсо-

Рис. 3. План підготовки тестових завдань для 6-го блоку.

ток від загальної кількості академічних годин у блоці; кількість тестових завдань, що включається із даної теми в тестовий іспит (це число корелює з кількістю академічних годин); кількість питань, які потрібно підготувати, в розрахунку 2 питання на 1 академічну годину (це – мета); облік вже підготовлених викладачами питань; кількість питань, підготовлених викладачами, які використовувалися раніше; кількість питань, підготовлених раніше викладачами, які були відхилені; кількість питань, підготовлених раніше викладачами, які були схвалені, але ще не використовувалися; кількість тестових питань, які потрібні для 4-х перекладань; кількість нових питань, які слід мати, щоб нових питань було 70%; скільки реально ще потрібно підготувати нових завдань.

Складають тести, як правило, молоді викладачі і подають їх електронною поштою у вигляді документів Word спеціального формату. Складання тестів входить у функціональні обов'язки викладача.

Відбір тестових завдань до іспиту здійснює комісія, яка включає координаторів блоків, представників центру тестування – всього в складі 8-10 осіб.

Банк тестових завдань у Відні сьогодні нараховує 9 тис. запитань, який планують збільшити до 30 тисяч. На іспитах реально використовується 5 тисяч завдань. До проведення іспиту тестові завдання є закритими. Після проведення іспиту їх публікують в Інтернеті на сайті. Для порівняння, у базі тестових запитань ТДМУ станом на 31.12.2007 є понад 105 тисяч тестових запитань лише для студентів, які навчаються за кредитно-модульною системою.

На іспитах, як правило, використовують два варіанти, які відрізняються між собою лише порядком слідування завдань. Такий досвід є позитивним, оскільки вимагає менше підготовчої роботи із формування варіантів (їх в ТДМУ готується від 9 до 12). Але його використання вимагає значно вищої відповідальності і принциповості викладачів, що готують іспити.

Буклети тестових завдань друкуються за межами університету.

При створенні тестових завдань у ВМУ намагаються створювати тести, що орієнтовані не на відтворення інформації з підручника (фактів, визначень, класифікацій), а на виявлення мислення студента (тобто застосування цих відомих положень до ситуаційних задач).

Листки-бланки із відповідями студентів не шифруються. На листку-бланку для кожного студента вказуються – номер студента на іспиті (він же співпадає з номером в аудиторії та номером буклету, цей номер доводять працівники центру тестування до студента за 3 тижні до іспиту, посилаючи його на персональну сторінку студента), ІД-номер студента, його прізвище та ім'я. Ці дані вдрукуються принтером заздалегідь. Студент ставить свій підпис і заповнює листок олівцем.

Студенти розміщуються в аудиторії через одного відповідно до визначених для них номерів. Студентам попередньо розкладають буклети і листки-бланки. На кожне запитання наводиться 5 відповідей, з яких студентові потрібно вибрати одну правильну.



Рис. 4. Листки-бланки відповідей студента у ВМУ.

Клітинку правильної відповіді студент замальовує власним олівцем марки М2. Олівець використовується для того, щоб студент зміг при потребі змінити відповідь за допомогою витирання гумкою невірної позначки. Спосіб заповнення листків-бланків олівцем і гумкою ґрунтується на вкрай високій довірі, відповідальності та свідомості як студентів, так і працівників центру тестування, чого в Україні на даний час досягти дуже складно. Тому в ТДМУ для заповнення бланків використовуються ручки з чорним чорнилом.



Рис. 5. Під час 4-го перескладання іспиту SIP1 у ВМУ.

Під час іспиту в аудиторії присутні 7 працівників-викладачів, що контролюють порядок (недопущення контакту студентів). Відповідальний за аудиторію перед початком проводить інструктаж та записує на дошці час початку та закінчення іспиту. Також вказується час, коли слід почати заповнення листків-бланків.

На одне тестове питання виділяють 60 секунд. Хоча для клінічних (тобто складніших) питань можуть відводити до 90 секунд. Так, при проведенні

іспиту 30.04.2007 відповідальний за аудиторію на іспит, що включав 230 запитань (SIP1), автоматично виділив 230 хвилин. Перерви не передбачаються. При потребі студент може вийти під контролем представника центру тестування.

Перед початком оцінювання робіт студентів через сканер пропускають один бланк з усіма правильними відповідями (при цьому число правильних відповідей – максимальне), один бланк з усіма неправильними відповідями (при цьому оцінка – 0).

Кількість правильних відповідей для зарахування тестового іспиту повинна становити не менше 60%. При цьому значення такого відсотка визначається експертами.

Під час проведення сканування робіт спеціалістами центру тестування формується протокол „неточних відповідей”, які доводилося звіряти в ручному режимі.

Кожне тестове запитання оцінюється в один бал (1 – правильна відповідь, 0 – неправильна відповідь, відсутність відповіді, дві і більше відповідей).

При скануванні і оцінюванні робіт присутній студент із студентської ради.

Результати іспиту зберігаються у комп’ютерній базі даних.

Результати іспитів доводяться до студентів через 3-4 тижні. Зауважимо, що в Тернопільському державному медичному університеті таку інформацію студенти отримують у день іспиту відразу після його завершення (вона також надсилається на електронні адреси). У Відні результати пересилаються студентам на їх персональні сторінки (на них можна потрапити за своїми логінами) у вигляді pdf-файлів, в яких перераховані усі питання, і вказуються вибрані студентом відповіді. Ставиться помітка, чи така відповідь вірна (Рис. 6).

У цьому ж файлі наведена таблиця, де показано по блоках – кількість питань у блоці, середнє число питань, на які студенти відповідають, та відсоток таких студентів; власний результат студента та відсоток студентів з таким же результатом.

Допускається одне складання іспиту та чотириразове перескладання його. Термін між перескладаннями 2-3 місяці (квітень, червень, серпень і т.д.). Під час періодів перескладань студентові дозволяється бути присутнім на лекціях (оскільки там не проводиться облік), але забороняється відвідувати практичні заняття.

Поновлення студентів може здійснюватися протягом кількох років (наприклад, через 2, але не через 10).

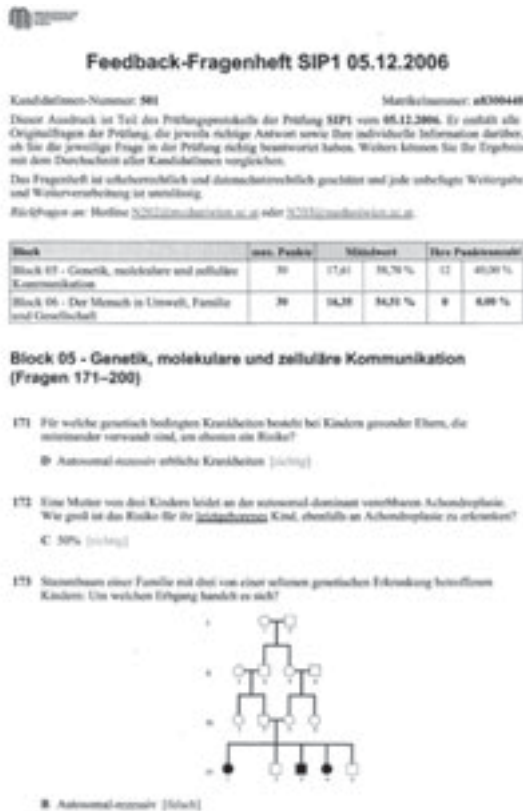


Рис. 6. Результати іспиту студента ВМУ.

Після проведення іспиту здійснюють статистичний аналіз тестових завдань, які були туди включені. Для цього усіх студентів ранжують відповідно до загального результату іспиту. На основі отриманого ранжування усіх студентів поділяють на 3 та 5 груп (3 – для побудови таблиць, 5 – для побудови гістограм (Рис. 7)).

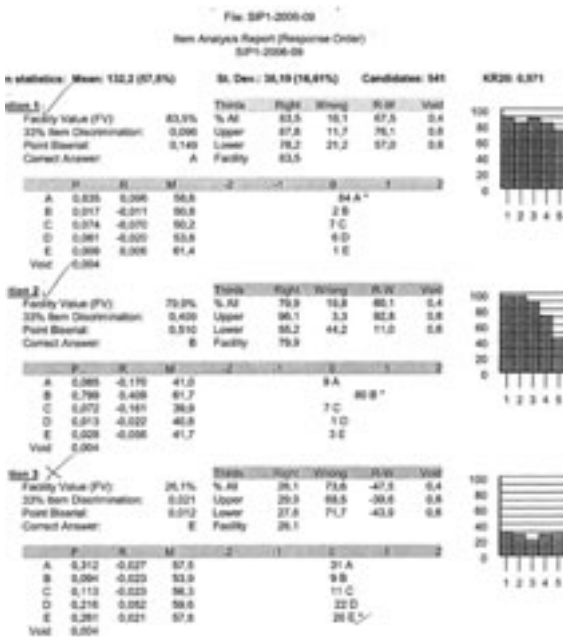


Рис. 7. Статистичний аналіз валідності тестів.

У таблиці, що будується для кожного питання, вказуються такі дані – загальний відсоток студентів, які відповіли на дане тестове завдання, загальний відсоток студентів, які не відповіли на дане завдання; різниця між відсотком тих, які відповіли, і тих які не відповіли; відсоток студентів, які не вказали жодного варіанту відповіді; відсоток студентів першої третини, які відповіли на дане тестове завдання, відсоток студентів першої третини, які не відповіли на дане завдання; різниця між відсотками першої третини, які відповіли і які не відповіли; відсоток студентів першої третини, які не вказали жодної відповіді. І такі ж дані для третини слабших студентів. Гістограма успішності відповідей на запитання будується на основі результатів студентів, проранжованих у 5 груп. Форма гістограми вказує на валідність завдання. Для валідних тестових завдань спостерігається монотонне спадання гістограм від групи найуспішніших студентів до найслабших. Для невалідних тестових завдань гістограма коливается близько деякої горизонтальної лінії.

Крім статистичного аналізу валідності тестів збирається інформація від студентів під час іспиту щодо коректності самих тестів (змістовність малюнків і т.д.). Таку інформацію збирає відповідальний за аудиторію від студентів і записує у спеціальний протокол.

Щорічно тестові завдання включають 70% нових і 30% старих запитань.

До проведення тестового іспиту тестові завдання студентам невідомі. Після проведення іспиту тестові завдання публікуються в Інтернет. Публікувати тестові завдання – вимога законодавства.

Тестові питання через рік після проведення іспиту так чи інакше стають відомі студентам (наприклад, їх запом'ятовують студенти-попередники). І деякі студенти починають вивчати тестові питання напам'ять.

Організовує роботу щодо складання тестів центр тестування, створений 2004 року. В його складі 7 осіб – 1 лікар, 1 біолог, 4 психологи і 1 філософ. При потребі використовують 3 програмістів з центру інформаційних технологій (він налічує 50-60 осіб) та фахівців з приватних фірм. Центр тестування підпорядкований безпосередньо проректору з навчальної роботи. В обов'язки працівників центру входить:

- моніторинг бази (виконання технічних вимог до тестових завдань – 5 варіантів відповідей, 1 рівна відповідь і ін.);
- рекрутинг (розподіл обов'язків між викладачами по формуванню завдань, своєчасність подачі завдань і ін.);
- проведення підготовчих робіт до іспиту (формування списків кандидатів на іспит, друкування буклетів, формування пакетів документів, які включа-

ють буклети, листки-бланки, інструкцію для відповідального за аудиторію і ін.);

– загальне керівництво проведенням іспиту (загалом задіюється 20-30 осіб);

– оцінювання робіт шляхом сканування, статистична обробка і доведення результатів до студентів.

Для проведення тестування (формування бази питань, друкування буклетів, сканування та оцінювання робіт) використовується комп'ютерна програма, розроблена спеціально для університету Британською фірмою Speedwall. Для сканування листків-бланків використовується сканер АХІОМЕ (Рис. 8), спеціалізований для сканування різноманітних бланків (до того він використовувався в лікарні АХН).



Рис. 8. Сканер АХІОМЕ

При виявленні на листку-бланку сканером нечіткої позначки сканування призупиняється і інструктор вносить в комп'ютерну програму поправку вручну, про що робить відповідний запис в протоколі. Зараз випробовується нова комп'ютерна програма, що сумісна для роботи із стандартним комп'ютерним сканером Canon (Рис. 9), і яка не призупиняє своєї роботи у випадку нечітких позначок. Крім того, листок-бланк (Рис. 10) разом з потрібними даними роздруковується для студента на принтері.



Рис. 9. Сканер, що використовується в новій системі тестування ВМУ.

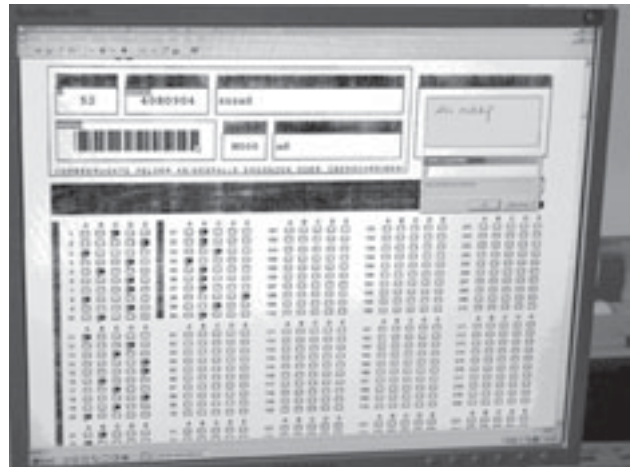


Рис. 10. Листок-бланк відповідей студента ВМУ в новій системі.

Проведення тестового іспиту у ВМ(Ф)НЗ України. Зупинимось детальніше на організації та проведенні семестрового тестового іспиту в ТДМУ – нововведенні, яке значно спрощує та об'єктивізує проведення контролю знань в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП).

КМСОНП передбачає оцінювання студента з кожного модуля навчальної дисципліни. Студент медичного факультету протягом семестру вивчає 10-12 модулів. Тому доцільним стало проведення єдиного комплексного семестрового тестового іспиту, який би дозволив оцінити знання за кожним із модулів. При цьому, згідно з вимогами КМСОНП, при виставленні загальних оцінок за модуль повинні враховуватися як середня поточна успішність (60%), так і оцінка під час тестового іспиту (40%). Тобто для кожного студента в цілому за семестр з 10-12 модулів матимемо справу з 30-36 різними оцінками. Така кількість інформації вимагає інтеграції інформаційної системи семестрового тестового іспиту з даними системи обліку студентів „Контингент”.

Семестрове тестування в ТДМУ здійснюється подібно до віденського досвіду - відповіді відмічаються на паперовому носії, виданому друкарським способом, який потім сканується і розшифрування відповіді здійснюється за допомогою спеціальної комп'ютерної програми. У тестуванні беруть участь студенти 1-3 курсів медичного факультету, які навчаються за кредитно-модульною системою. Для студентів наступних курсів при запровадженні кредитно-модульної системи навчання на цих курсах поступово буде вводиться аналогічний тестовий контроль.

Вимоги до тестів такі ж, як до тестів, що застосовуються для складання ліцензійних іспитів „Крок”:

- тести повинні бути валідними, тобто відповідати рівню середнього студента;
- на одне запитання наводиться п'ять відповідей, з яких потрібно вибрати одну правильну;
- питання повинні бути конкретними, щоб не допустити неправильного їх трактування;
- відповіді повинні бути конкретними.

Комп'ютерний комплексний тестовий контроль знань (семестровий тестовий іспит) здійснюється після закінчення семестру.

На останньому занятті модуля студенти не складають підсумкового модульного контролю. Питання підсумкових модульних контролів з різних дисциплін включаються у вигляді тестів у комплект питань комп'ютерного комбінованого тестового іспиту (об'єднаний для усіх дисциплін даного семестру), який проводиться в кінці семестру. У іспит не включаються питання модулів, які до кінця семестру не завершилися, вони переносяться на наступний семестр. З кожної дисципліни у семестровий іспит включаються тести, кількість яких повинна бути кратною 12 і пропорційною до кількості годин, що відводяться на дисципліну. У кожен варіант для семестрового контролю повинно вноситись не менше 24 тестів з кожного модуля, які вивчалися у семестрі.

Оцінка виставляється окремо за кожен модуль, включений у комплексний тестовий іспит. Усі тестові завдання оцінюються рівномірно. Комплексний іспит вважається складеним, якщо студент склав кожен модуль. У випадку, якщо студент не склав якийсь модуль, іспит не зараховується і студент зобов'язаний перескласти цей (або ці, якщо не здано кілька модулів) модуль у центрі тестування.

Перескладати модулі семестрового контролю при незадовільній оцінці дозволяється лише двічі: перший раз – з дозволу деканату тестовим методом, другий – також з дозволу деканату у формі співбесіди студента з комісією.

Іспит проводиться на базі незалежного центру тестування. Загальна кількість тестів становить 250-350 на 1 студента (на 1 варіант) залежно від кількості дисциплін, що виносяться на іспит. Варіанти, які виносять на день іспиту, формуються центром тестування за допомогою комп'ютерної програми ввечері напередодні іспиту. Бази тестових завдань для проведення іспиту кафедри щороку подають (через доступ online) в центр тестування не пізніше як за 2 тижні до початку іспиту із розрахунку 20 тестових завдань на одну академічну годину аудиторних занять. База тестових завдань оновлюється щороку на 25%.

Тести для контролю семестрового рівня знань заборонено використовувати для контролю поточного рівня знань.

Кінцева оцінка за модуль включає 60% з рейтингової оцінки за поточну успішність та 40% з тестової оцінки за модульний контроль.

Рейтингова оцінка поточної успішності визначається як середнє арифметичне усіх поточних балів у модулі (сума балів поточної успішності ділиться на кількість занять).

Таким чином, кінцеву оцінку за модуль можна розрахувати за наступною формулою:

$$A = 0,6x\P + 0,4xT,$$

де А – кінцева оцінка за модуль, П – середня оцінка поточної успішності, Т – оцінка, отримана за семестровий тестовий іспит з даного модуля.

Кінцева оцінка за дисципліну виставляється як середнє арифметичне оцінок за модулі.

Зупинимось на процедурі проведення тестового іспиту в ТДМУ.

До початку проведення формується база даних питань, які виносяться на іспит, що містить більше 105 тис. запитань з 5 варіантами відповідей, що становить приблизно 1000 питань з 1 модуля. Напередодні дня іспиту формуються варіанти буклетів із завданнями з розрахунку 1 варіант на 15 студентів, які включають 24 питання на один модуль.

Загалом було сформовано та використано більше 250 варіантів буклетів тестових завдань.

Викладачам з предметів пропонується перевірити буклет із варіантами відповідей та заповнити еталони робіт. Власне на цьому етапі стає очевидним відповідальність підходу кафедр до створення бази даних запитань. Якщо з деяких предметів не було жодних виправлень, то були й такі, у яких правок було дещо більше.

Після внесення відповідних коректив, варіанти буклетів тиражуються у міні-друкарні і зберігаються у сейфі до наступного дня.

У день іспиту (Рис. 11) у присутності комісії конверти з буклетами відкриваються і відповідальний за екзаменаційну аудиторію отримує певну кількість буклетів із завданнями та листками-бланками відповідей.

Після завершення іспиту бланки із варіантами відповідей кодуються. При цьому використовуються коди, які студенти самостійно вибирають випадковим чином і які відомі лише їм. Коди вписуються в листки-бланки, після чого здійснюється їх публічне оцінювання. Усі етапи перевірки робіт на сканері виводяться в аудиторію через мультимедійний проектор (Рис. 12).



Рис. 11. Під час складання семестрового тестового іспиту в ТДМУ



Рис. 12. Публічна перевірка листків-бланків тестових робіт студентів в ТДМУ

Листки-бланки (Рис. 13) запускаються на сканування. В результаті за допомогою програми FormReader формується таблиця, у якій навпроти відповідного коду студента ставиться послідовність оцінок, що відповідають модулям. Такі дані відразу доводяться до студентів за допомогою кодів, які відомі лише їм. Далі таблиця передається на інший комп'ютер, де встановлювався зв'язок між кодом та прізвищем студента та формуються екзаменаційні відомості. У відомостях враховується поточна успішність, оцінка за іспит і виводиться оцінка за модуль із співвідношення 60% поточної та 40% екзаменаційної оцінок.

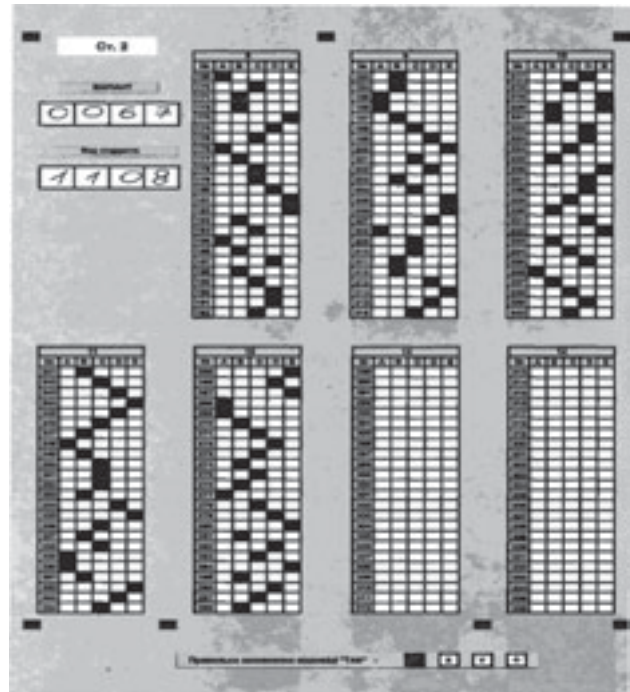


Рис. 13. Листок-бланк відповідей студента ТДМУ

Останнім етапом у проведенні іспиту є розсилка результатів іспиту та повідомлень про перескладання на електронні скриньки студентів.

Друге перескладання проводиться за вищеписаним алгоритмом, проте студент складає ті модулі, з яких отримав незадовільні оцінки. Третє перескладання відбувається у вигляді співбесіди.

Інформаційна модель системи програмного забезпечення семестрового тестового іспиту наведена на Рис. 14. Вона містить три головні компоненти:

- програмний модуль бази даних тестових завдань (база даних реалізована в термінах СУБД FireBird, усе інше програмування виконане в середовищі розробки Delphi). Його складові:

- програма-редактор тестових завдань. Програма, яка інсталюється на клієнтських комп'ютерах викладачів. Вона дозволяє викладачам кафедр з віддалених комп'ютерів формувати базу тестових завдань;

- програма для планування іспиту. Програма інсталювана на комп'ютері-сервері бази тестових завдань. Програма здійснює формування варіантів буклетів тестових завдань. Буклети тестових завдань отримуються у вигляді документів Word, які тут же тиражуються. Також програма дає на виході ключі для правильних відповідей варіантів у вигляді бази даних Microsoft Access;

- програмний модуль сканування, розпізнавання та оцінювання листків-бланків. Модуль ґрунтується на програмному середовищі ABBYY FormReader. У

програмі послідовно здійснюється сканування, розпізнавання, групова верифікація листків-бланків. Далі на основі бази даних Microsoft Access з ключами для правильних відповідей варіантів формуються оцінчні правила, за допомогою яких і перевіряються роботи. На виході програма дає результати студентів в таблиці Microsoft Excel у вигляді: код студента – оцінки за модулі. Дані саме такої таблиці, до речі, тут же доводяться до студентів;

– програмний модуль формування результатів іспиту. Він реалізований в програмному середовищі РНР. Його складові:

– програма формування відомостей. За допомогою таблиці Microsoft Excel з кодами студентів та їх оцінками та іншої таблиці, (яка тут же формується) і яка містить прізвища студентів і їх коди, формується третя таблиця, де вже співставляються оцінки з прізвищами студентів. На основі останньої таблиці та даних системи „Контингент” формуються групові відомості у вигляді документів Word, які роздруковуються;

– програма розсилки електронних повідомлень студентам. На основі останньої таблиці формуються та розсилаються електронні листи, які доводять студентам такі оцінки за модулі: середня поточна успішність, оцінка за тестовий іспит, загальна оцінка за модуль.

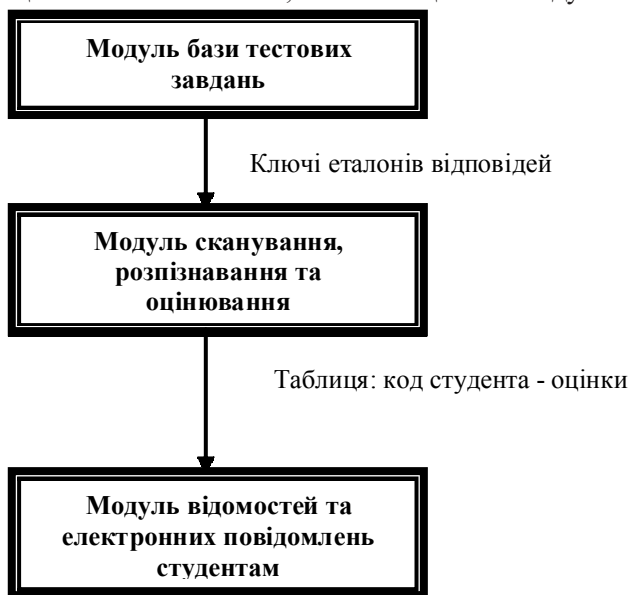


Рис. 14. Інформаційна модель системи програмного забезпечення семестрового тестового іспиту.

ВИСНОВКИ. В роботі проведено аналіз політики комп'ютеризованого підходу до підготовки та проведення тестових іспитів в умовах європейського та українського ВМ(Ф)НЗ на прикладі ВМУ та ТДМУ.

Показано, що політика комп'ютеризованого тестового іспиту сприяє об'єктивізації оцінювання знань сту-

дентів в умовах вищих медичних навчальних закладів. Така об'єктивізація досягається завдяки тому, що:

– формуються об'ємні бази тестових завдань, дерівномірно представлені усі модулі навчальних дисциплін;

– варіанти тестів створюються на основі рандомізованих вибірок, згенерованих комп'ютерними програмами. Отже, усі студенти на іспиті потрапляють в рівні умови.

Така політика також спрямована на недопущення проявів зловживань та корупції у вищій медичній освіті при оцінюванні та контролі знань студентів, оскільки:

– використання комп'ютерної програми при розшифруванні та оцінюванні листків-бланків студентів виключає контакт студента з викладачами;

– усі роботи студентів перевіряються комп'ютером в зашифрованому вигляді. Це забезпечує неможливість зовнішніх втручань в роботу комп'ютерної програми оцінювання;

– перевірка та оцінювання робіт здійснюється публічно в присутності студентів відразу після завершення іспиту.

Європейський досвід проведення тестових випробувань для українських медичних університетів слід було б використати таким чином.

Для забезпечення своєчасної підготовки необхідної кількості тестів слід запровадити плани підготовки тестових завдань по модулях.

З метою виявлення якості тестових завдань потрібно запровадити статистичний аналіз тестів на основі гістограм валідності.

Для орієнтації студента у власному рейтингу на курсі потрібно надсилати студентам інформацію про результат іспиту у вигляді: кількість вірних відповідей з модуля, відсоток студентів з таким же показником та середній результат студентів по курсу.

Відповідальним за аудиторії необхідно збирати під час іспитів інформацію від студентів щодо зауважень до тестових запитань.

Для перевірки правильності налаштування комп'ютерної системи перед початком сканування бланків відповідей студентів слід просканувати та оцінити еталонні бланки з усіма правильними та усіма не-правильними відповідями.

З метою забезпечення валідності тестових завдань та якісного аналізу результатів потрібно залучати психолога до роботи в центрі тестування.

При підготовці тестових завдань необхідно звертати увагу на те, що тестові питання повинні бути орієнтовані не на відтворення інформації (фактів, положень, класифікацій), а на вміння застосовувати її для логічних висновків та прийняття рішень.

Література

1. Банчук М.В., Волосовець О.П., Фещенко І.І. 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. Банчук М.В., Волосовець О.П., Фещенко І.І. 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. Банчук М.В., Волосовець О.П., Вітенко І.С., Мельник І.В. біоетика як навчальна дисципліна у вищій медичній школі України// *медична освіта*. – 2007. — №3. – С.8-10.
4. Банчук М.В., Волосовець О.П., Фещенко І.І. та ін. Сучасний розвиток вищої медичної та фармацевтичної освіти та проблемні питання забезпечення якісної підготовки лікарів і провізорів// *Впровадження засад Болонської системи освіти: 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.

УДК: 519.876.2:611.018.4

ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ.

Марценюк В.П., Вакуленко Д.В.

*Тернопільський державний медичний університет ім.І.Я. Горбачевського
dmitro_v@ukr.net*

В роботі проведено огляд математичних та інформаційних моделей в задачах реконструкції кісткової тканини, які застосовуються в сучасній науці та медицині зокрема. З огляду на це математичне компартментне моделювання є новим і актуальним напрямком для опису динамічних систем взаємодії клітинних елементів кісткової тканини.

Ключові слова: математичні моделі, кісткова тканина, компартментне моделювання

ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ РЕКОНСТРУКЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ

Марценюк В.П., Вакуленко Д.В.

Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я.Горбачевского

В работе проведен обзор математических и информационных моделей в задачах реконструкции костной ткани, которые используются в современной науке и медицине в особенности. В связи с этим математическое компартментное моделирование является новым и актуальным направлением для описания динамических систем взаимодействия клеточных элементов костной ткани.

Ключевые слова: математические модели, костная ткань, компартментное моделирование

THE REVIEW OF MATHEMATICAL AND INFORMATION MODELS FOR RECONSTRUCTION BONE TISSUE

Martsenyuk V.P., Vakulenko D.V.

Ternopil State Medical University named after I.Ya. Horbachevsky

In this work there is presented the review of mathematical and information models for reconstruction bone tissue. In the modern science and medicine in particular this model are use. Mathematical compartment modelling are new and actual direction for description of dynamic system of bone tissue cell elements.

Key words network: mathematical models, bone tissue, compartment modelling

ВСТУП. Дослідження моделювання кісткової тканини активно розвиваються протягом останніх 40 років. Є декілька причин такого стрімкого розвитку.

Зростання кількості катастроф і травматизму, пов'язаних з транспортом. Значне поширення серед населення різних країн остеопоротичних переломів, раку кісткової тканини, що визначає велику соціальну роль даних патологій.

Необхідна автоматизація процесів для створення протезів, підвищення їх якості, надійності та точності виготовлення, зменшення відторгнення тканинами організму протезів.

Мета даної роботи – розглянути існуючі математичні та інформаційні моделі реконструкції кісткової тканини.

Механічні моделі. Перші успішні математичні теорії стосовно зв'язку адаптації кісток з механічними стимулами з'явилися у 1970-х роках. Основні концепції їх адаптації ґрунтуються на рівнянні, що описує еволюцію кісткової структури, використовуючи поточну кісткову структуру та існуючий механічний стан [1, 2]:

$$\rho(t + \Delta t) = f(\rho(t), \sigma(t), \varepsilon(t)),$$

де $\rho(t+\Delta t)$ – міра кісткової структури (найчастіше береться кісткова щільність) в поточний момент часу $t+\Delta t$, $\rho(t)$ – попередня кісткова щільність в момент часу t , σ – стиснення кістки в момент часу t , $\varepsilon(t)$ – розтяг кістки в момент часу t .

У 1976 році С.Ковін розробив теорію, яка встановлює наступну залежність між змінами структури кісткової тканини та механічною напругою [3]:

$$\dot{e} = \frac{de}{dt} = a(e) + A_{ij}(e)\varepsilon_{ij} + \frac{1}{2}B_{ijkl}(e)\varepsilon_{ij}\varepsilon_{kl},$$

де e – це міра структури кістки (переважно щільність кістки), a , A_{ij} , B_{ijkl} – тензори реконструкції, які слід визначити експериментально, ε_{ij} – розтяг.

Математична модель в еволюційному рівнянні пов'язує зміну тензора пружних властивостей кістки з відхиленням інтенсивності деформації від її гомеостатичного значення. Аналітичні вирази компонентів тензора адаптації отримані як для губчастої, так і для щільної кісткової тканини [4].

Математичні моделі взаємозв'язку між механічними навантаженнями та фізіологічними процесами кісткової тканини.

В [5] встановлено залежність між механічним впливом на кісткову тканину та активністю клітинних елементів остеобластів та остеокластів. Запропоновано кількісну оцінку механізму регулювання метаболізму трабекулярної кістки. В [6] досліджувались механізми виявлення та адаптації клітин кістки до механічних навантажень. Було представлено метод визначення напруження в кістковій тканині, моделювалась еластичність у всій кістці. Моделі направлені на встановлення зв'язку кісткової щільності, геометричних розмірів та міцності кістки. В [7] досліджується, чи відрізняється щільність трабекулярної тканини зламаної та незламаної кістки. Для дослідження бралися зразки з шийки стегнової кістки, сканувались за допомогою мікроскопа, вимірювались ємність та сила струму зразків. В [8] визначено відмінності між розмірами та формою лакун у жінок з переломом та без, відібраних за високим ризиком перелому.

Велика деформація типово визначається як більше 3%-ої напруги (алгоритм С.Ковіна, Фігрі і Картера, Гюйскеса та Шафлера) [1].

Статистичні моделі, в основі, яких лежить спостереження за зростанням розміру первинної ракової пухлини до моменту виявлення метастазів [9].

В моделі пружного анізотропного тіла реалізована методика розв'язку зворотних задач ідентифікації типів неоднорідностей (щільність, тріщина) та визна-

чення їх розмірів по полях зміщення на границі [10]. На додаток до статистичних експериментальних є також аналітичні обчислювальні моделі для відносин функції до структури кістки. Дві з найпростіших та найчастіше використовуваних – моделі Реусса і Войта [1].

Моделі на основі рівнянь логістичного типу. Підходи до побудови математичної моделі ґрунтуються на попередній статистичній оцінці отриманих денситограм і дослідженнях відносно характеру зміни мінеральної щільності кісткової тканини з часом.

У деякий достатньо малий проміжок часу Δt швидкість зміни МЩКТ: $\frac{\Delta BMD(t)}{\Delta t}$

пропорційно залежить:

– від величини МЩКТ у даний момент часу t , тобто $BMD(t)$, що відповідає експоненціальному характеру росту $BMD(t)$ з віком, притаманному більшості кількісних показників стану організму;

– від величини $BMD^2(t)$.

Останнє припущення вказує на досягнення з віком деякого граничного значення BMD .

Отже, для зміни $BMD(t)$ пропонується різницеве рівняння:

$$\frac{\Delta BMD(t)}{\Delta t} = \alpha BMD(t)(\beta - BMD(t)),$$

що переходить при $\Delta t \rightarrow 0$ у диференціальне рівняння:

$$BMD'(t) = \alpha BMD(t)(\beta - BMD(t)).$$

Тут α і β – невідомі параметри моделі, які потрібно визначити на основі експериментальних даних. Зазначимо, що дана модель, яка не враховує інших показників стану кісткової тканини, може бути застосована для опису зміни $BMD(t)$ у віці 15-70 років [2].

Модель гомеостазу кальцію. Як відомо, найбільшим резервуаром кальцію є кісткова тканина. В математичній моделі гомеостазу кальцію [11] факторами керування є концентрація кальцію в плазмі, РТН, та кальцитріол. Органи, які встановлюють гомеостаз – прищитоподібні залози, кістка, нирки, та кишечник. Модель націлена на моделювання процесу у окремо взятому організмі, але її параметри і змінні були відрегульовані та застосовані до середньостатистичних значень.

Моделі можна поділити також за об'єктами моделювання.

– на клітинному рівні. В [12] розглядаються різні підходи до моделювання динаміки популяції стовбурових клітин. Пропонується модель Шерлі для опису скелетної регенерації. Ця модель базується на експоненціальній функції, традиційній при описі гомогенної проліферації клітин:

$$N_{n+1} = 2N_n$$

де $N_n = N(t_n)$ — це число клітин після n -го кроку. N_0 — число клітин в початковий момент часу. $T_C = t_{n+1} - t_n$ — фіксоване значення для всіх популяцій клітин. Популяція в часі t може бути записана:

$$N(t) = N_0 e^{kt},$$

$$\text{де } k = \frac{\ln(2)}{T_C}.$$

Розглядається застосування моделі Шерлі, в якій показано, що ріст популяцій клітин асиметричний циклічний та нециклічний. В моделі p співвідношення дочірніх клітин допустиме до моменту, коли $1-p$ не ділиться. При $p=1$, коли $\frac{1}{2} < p \leq 1$ ріст клітин описується експоненціальним законом. При $p = \frac{1}{2}$ ріст клітин відповідає лінійному закону, коли $p < \frac{1}{2}$ то ріст клітин дорівнює сталому значенню на тривалий час:

$$N = N_0 \left[\frac{1}{2} + \frac{1 - (2p)^{\frac{1}{T_C} + 1}}{2(1 - 2p)} \right].$$

В моделі Шерлі не враховуються клітини, які помирають, та не розрізняються клітини, які діляться та проходять диференціацію. В [13] ці недоліки моделі Шерлі враховані. Також є ще феноменологічний підхід в моделюванні реконструкції кісткової тканини, де реконструкція відбувається тільки в ділянці, де кісткова тканина зруйнована. Цей підхід описано в [14, 15, 16].

— *моделі окремих ділянок та видів кісткової тканини.* Мікроструктурне моделювання застосовувалось в [12] для встановлення зв'язку між зміною механічних властивостей трабекулярної кісткової тканини, ураженої раком. Зразки брались з трупа. В [17] показано ще і зв'язок з щільністю кісткової тканини. В [18] описано результати моделювання процесів трабекулярної кісткової тканини, які відбуваються з віком. Такі моделі реалізовано в [19], безпосередньо використовуючи або руйнівний метод послідовного секціонування [20], або використовуючи неруйнівний метод відображення мікрообчислювальної томографії (μСТ) [21]. Математичні моделі описують транспорт та зміну кількості мінеральних речовин в остеоні та різну концентрацію, залежно від віддаленості від гаверсового каналу, залежність кількості кальцію, що надходить до кістки до зміни її щільності [22]. Моделі, які допомагають встановити

орієнтацію, вісі кісток залягають їх об'єм, площу, розміри на основі вимірювання комп'ютерного томографа описані в [23]. Моделі, які встановлюють зв'язок між осьовим видовженням кістки та керуванням аллостеричним механізмом [24]. Ще один напрямок моделювання був спрямований на опис хрящів суглобів [25] та пухлин твердих тканин [26]. Модель росту кісткової тканини в ділянці діяфіза, яка базується на рівняннях збереження маси [27]. Математичні моделі, представлені в [28], описують диференціювання сполучної тканини довкола імплантатів, вживлених в кісткову тканину, під дією різних навантажень: вібрації, тиску.

Механічні моделі хребта описані в [29]. Моделювання м'язово-скелетних структур — кісткова та м'язова тканини, суглоби виступають як однорідні об'єкти з певними механічними властивостями при згинанні, крученні, стиску, розтяганні [30].

— *моделі потоку рідини в кістці.* В [31] розглядають вплив потоку міжклітинної рідини та розтягу на диференціювання сполучної тканини. В [32] показано затримку, яка відбувається в адаптації трабекулярної щільності та трабекулярної архітектури за допомогою методу кінцевих елементів, та порівняно результати, отримані за допомогою комп'ютерного томографа. Математичні моделі, які описують ріст біологічних тканин, можна ще поділити на моделі твердих тканин, моделі руху рідин в твердих тканинах, динамічні моделі, які характеризують об'єм, швидкість, тиск кожної фази [33]. Часто моделі базуються на взаємозв'язку вектора поляризації на поверхні кістки до швидкості її росту [34].

Модель метаболізму лужноземельних елементів, враховує зміни структури кісткової тканини та нерівномірність розподілу елементів в кістковій тканині [35].

Терапевтичні моделі патології кісткової тканини. Є моделі, які описують реакцію кістки на вплив різних препаратів. В [36] досліджується вплив вітаміну D_3 на стан кісткової тканини, який контролювався за допомогою механічного навантаження та геометричних розмірів. Проводяться дослідження чутливості клітинних рецепторів та їх реакції на препарати на основі моделі рецепторів паратиреоїдного гормону (бере участь у засвоєнні в організмі кальцію, необхідного для кісткової тканини), дослідження стійкості звичайних диференційних рівнянь, які описує модель [37].

В літературі зустрічається опис регулювання росту специфічних клітин у неідеальному середовищі. Наприклад:

— модель регулювання щільності кісткової тканини при раку кістки [38, 39];

– керування поділом клітин за допомогою медикаментів [40, 41] та механічних навантажень [42, 43];

– багато ґрунтовних досліджень популяційної динаміки, де розглядаються ріст клітин в межах однієї популяції на різних етапах (стовбурової клітини, клітин-попередників, диференціації та ін.) та різні стани в декількох популяціях клітинних циклів.

– в [44, 45, 46, 47] розглядається взаємозв'язок між розподілом клітинного циклу та динамікою росту популяції;

– в [48] показано кінетику розмноження в ієрархічній структурі популяції. Пояснення природи взаємодії між внутрішніми властивостями (розміщення генів) та зовнішнім керуванням потоками фенотипів клітин та взаємозв'язку між їх розміщенням та неоднорідністю є ключовим питанням тканинної інженерії.

Моделі, які використовують метод кінцевих елементів. В [49] показано модель поперекового відділу хребта, де враховуються форма хребців та їх з'єднання між собою з врахуванням фізіологічних вигинів хребта. В роботі [50] описано модель стегнової, тазових, променевої кісток, що дало змогу розрахувати міцність синтезованих різними методами кісток в умовах остеопорозу. Математичні моделі описують моделювання трабекулярних кісток на поверхні з використанням методу кінцевих елементів, де використовують наступні параметри щільності кісткової тканини: чутливість та зв'язки остеоцитів між собою [51].

Математичні моделі в стоматології при ортопедичному лікуванні, з урахуванням наступних параметрів: розмір, сила та тривалість силового впливу; конструкції та матеріалу зубного протеза; форми та матеріалу зубного імплантата; способу тканинної інтеграції в ділянці імплантата; якості та кількості кістки [52]. В [53] розглядається властивість остеоцитів керувати процесами моделювання та ремоделювання в кістковій тканині залежно від зміни навантаження на остецити. В представленому методі за допомогою мікроскопа створюється цифрове зображення лакуни остеоцита. За допомогою методу кінцевих елементів конструюється зображення.

Геометрична модель. Опис геометричних розмірів хребців, отриманих за допомогою рентгенографічного обладнання, з використанням кубічних сплайнів наведено в роботах [54, 55].

Калібрована модель керування, яка описує зміну форми тварини – те, чим вона може керувати, – хода, біг, плавання, стрибки тощо, за допомогою набору n параметрів q , та його положення в просторі, як твердого тіла – шістьма координатами x [56].

Складні математичні моделі кісткової тканини. Спроби моделювання декількох механізмів для утворення складних тканинних організацій (наприклад, мутація молекулярного тяжіння клітин, проліферація, спрямований рух та диференціація клітин) обґрунтовано в [56]. Молекулярне тяжіння клітин описано в [57, 58, 59, 60, 61, 62]. Біологічна та механічна сумісність, резорбція враховані в моделі молекулярного тяжіння клітин [63]. В [64] моделюється передача інформації за допомогою інтегрину, трансмембранного рецептора (наприклад кісткова клітина знає про число надходження інтегрину, який бере активну участь у резорбції кісткової тканини). Моделі резорбції кісткової тканини ґрунтуються молекулярному тяжінні клітин [64, 65]. Моделювання кількісних змін, пов'язаних з кістковою тканиною (щільність клітин, міжклітинна щільність матриксу), які виникають через утворення, проліферацію та місцеве переміщення (дифузія, конвекція, клітинна міграція). Цей приклад може бути описано так: число зміни кількості клітин = число клітин, які мігрували + число клітин, які проліферували.

Це рівняння на основі диференціальних рівнянь в часткових похідних буде мати наступний вигляд

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -\frac{\partial J_i}{\partial x} + F(x, t), \quad (1)$$

де c_i – щільність i ділянки кісткової тканини, J_i – потік речовини крізь i ділянку, $F(x, t)$ – кількість речовини, яка утворюється або втрачається в i ділянці.

В [66, 67] Келлер та Сеггел подають класичне рівняння хемотаксису, де потік популяції клітин c дифундує пропорційно до градієнта щільності клітин та пропорційно до напрямку градієнта руху потоку в міжклітинній хемотоксичності:

$$J_c = -D_c(a) \frac{\partial c}{\partial x} + c\chi(a) \frac{\partial a}{\partial x}.$$

В наступному рівнянні враховано проліферацію та потік замісних речовин, не врахованих в (1):

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left[D_c(a) \frac{\partial c}{\partial x} \right] - \frac{\partial}{\partial x} \left[c\chi(a) \frac{\partial a}{\partial x} \right]. \quad (2)$$

Моделювання утворення судин, рух по них живильних речовин та факторів росту. Моделювання формування судин в імплантованих тканинах та доставка живильних речовин іззовні альтернативними шляхами [68]. Галан та Лок побудували математичну модель для визначення впливу на зростання маси клітин дифузії живильних речовин на полімерній основі та зробили висновки, що ріст тканини може бути керований різними факторами [69].

Для визначення кількості взаємозв'язків між різними шляхами транспорту описано різні моделі транспорту в біологічних тканинах, потік J_i крізь пористе чи звивисте середовище [70, 71, 72, 73, 74]:

$$J_i = -D_i H_d^i \frac{\partial c_i}{\partial x} + H_c^i U c_i,$$

де c_i – концентрація розчину, H_d^i – визначає перешкоду до дифузії і об'єму тканини, D_i – коефіцієнт дифузії вільного розчину, H_c^i визначає опір в об'ємі тканини до потоку теплообміну (включаючи взаємодію з іншими хімічними елементами та гідродинамікою препаратів). U – швидкість потоку теплообміну в тканині. В загальному H_d^i та H_c^i буде залежати від структури тканин (пористості та кривизни) та розміру молекул розчину. В (1) не розглядаються рідини. В [40] пропонується математична модель скелета, де враховується концентрація кожного розчину, який протікає крізь тканини:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_i \left[\frac{\partial^2 c_i}{\partial x^2} - \frac{Pe}{L} \left(\frac{\partial c_i}{\partial x} \right) \right],$$

де Pe безрозмірна величина, число Пеклета, яка встановлює зв'язок між теплообміном та дифузією поживних речовин, які надходять:

$$Pe = \frac{H_c^i U L}{H_d^i D_i},$$

де L визначає шлях, який проходять поживні речовини. Результати дослідження взаємодії дифузії з іншими механізмами транспорту в тканинах подано в [74].

Висновки. Розглянуто існуючі математичні та інформаційні моделі в задачах реконструкції кісткової тканини.

Велика кількість моделей розроблена на даний момент, що підтверджує актуальність теми. Математичне компартментне моделювання є новим і актуальним напрямком для опису динамічних систем взаємодії клітинних елементів кісткової тканини.

В подальших дослідженнях необхідно розробити компартментну модель взаємодії клітинних елементів в процесі реконструкції кісткової тканини на основі звичайних диференціальних рівнянь [1] та диференціальних рівнянь в частинних похідних [75]. Також слід розробити алгоритм розв'язку задачі оптимального керування режимами медикаментозної терапії та фізіотерапії для реконструкції кістки при патології.

Література

1. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В., О модели взаимодействия клеточных элементов в процесс реконструкции костной ткани // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 2. – С. 138 – 145.
2. Проблеми остеопорозу / За ред. проф. Ковальчука Л.Я. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2002. – 446 с.
3. Cowin S.C., Hegedus D.H. Bone remodeling I: theory of adaptive elasticity // J. of Elasticity. – 1976. Vol. 6, № 3. – P. 313-326.
4. Акулич Ю.В., Подгаец Р.М., Сотин А.В.. Математическая модель адаптационных процессов в костных тканях нижней конечности человека. <http://school2003.icmm.ru/book/9.htm>
5. Huiskes et al. Bone remodelling // Nature. – 2000. – Vol. 404. – P. 704-706.
6. Guillaume T. Charras, Mike A. Horton. Determination of cellular strains by combined atomic force microscopy and finite element modeling // Biophys J. – 2002, Vol. 83, № 2. – P. 858-879.
7. McCreddie B.R., Champion J., Goldstein S.A. Mineral quantification in osteoporotic and normal women. <http://www.orl.med.umich.edu/orl/archgroup/a7.htm>.
8. McCreddie B.R., Schaffler M., Goldstein S.A. Quantitative measurement of osteocyte lacuna size and shape from fractured and normal individuals from confocal microscopy images. <http://www.orl.med.umich.edu/orl/archgroup/a8.htm>.
9. Malakar S., Smarandache F., Bhattacharya S. Statistical modelling of primary Ewing tumours of the bone Dormann //

Sabine and Andreas Deutsch. www.bioinfo.de/isb/2002/02/0035/main.html.

10. Ватульян А. О., Булгуриян О. В., Суворова О. А. Акустическая диагностика неоднородностей в твердых тканях // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Труды международной школы-семинара (Ростов-на-Дону, 23-27 мая 2005 г.). – С. 3-4.
11. Raposo J. F., Sobrinho L. G., Ferreira H. G. A Minimal Mathematical Model of Calcium Homeostasis // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. – Vol. 87, № 9. – P. 4330-4340.
12. MacArthur B.D. et al. // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2003. – Vol. 313. – P. 825-833.
13. Deasy B.M., Jankowski R.J., Payne T.R., Cao B., Goff J.P., Greenberger J.S., Huard J. Modelling stem cell population growth: incorporating terms for proliferative heterogeneity // Stem Cells. – 2003. № 21. – P. 536-545.
14. Gallagher J.A., Grundle R., Beresford J.N. Isolation and Culture of Bone-Forming Cells (Osteoblasts) from Human Bone // Methods in Molecular Medicine: Human Cell Culture Protocols, Chapter 20: Humana Press Inc., – 1996. – P. 233-262.S
15. Spradling A. Stem cells find their niche // Nature. – 2001. – Vol. 414(6859). – P. 98-104.
16. Watt F.M., Hogan B.L. Out of eden: stem cells and their niches // Science. – 2000. – Vol. 287. – P. 1427-1430.

17. Kabel J., Van Rietbergen B., Odgaard A., Huiskes R. Constitutive relationships of fabric, density, and elastic properties in cancellous bone architecture // *Bone*. – 1999. – Vol. 25. – P. 481-486.
18. Odgaard A., Andersen K., Melsen F., Gundersen H. J. G. A direct method for fast three-dimensional serial reconstruction // *J. Microsc.* – 1990. – Vol. 159. – P. 335-342.
19. Feldkamp L. A., Goldstein S. A., Parfitt A. M., Jesion G., Kleerekoper M. The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography // *J. Bone Min. Res.* – 1989. – Vol. 4. – P. 311.
20. Bonse U., Busch F., Gannewig O., Beckmann F., Pahl R., Delling G., Hahn M., Graeff W. 3D computed X-ray tomography of human cancellous bone at 8 μm spatial and 104 energy resolution // *Bone Min.* – 1994. – Vol. 25. – P. 2538.
21. Kinney J. H., Lane N. E., Haupt D. L. In vivo, three-dimensional microscopy of trabecular bone // *J. Bone Min. Res.* – 1995. – Vol. 10. – P. 264-270.
22. Dr. Bruce Martin. – 1993. <http://drnelson.utmem.edu/faculty/BruceMartin.html>.
23. Dr. Belsole R. J., Don Hilbelink R., Llewellyn J. A., Stenzler S., Greene T. L., Dale M. Mathematical analysis of computed carpal models. <http://doi.wiley.com/10.1002/jor.1100060115>.
24. Moroz A., Wimpenny D. I. Allosteric control model of bone remodelling containing periodical modes. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TFB-4N1T1XJ-1&_user=10&_coverDate=05%2F31%2F2007&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C00050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=b097f2dc9d0e732ef5a8785b6a20a8b.
25. Mow V. C., Kuei S. C., Lai W. M., Armstrong C. G. Biphasic creep and stress relaxation of articular cartilage in compression: theory and experiments // *J. Biomech. Eng.* – 1980. – Vol. 102. – P. 73-84.
26. Netti P. A., Baxter L. T., Boucher Y. Macro- and microscopic transport in living tissues: application to solid tumors // *AICHE Journal*. – 1997. – Vol. 43. – P. 818-834.
27. Wilsman N. J., Farnum C. E., Leiferman E. M., Fry M., Barreto C. Differential growth by growth plates as a function of multiple parameters of chondrocytic kinetics // *J. Orthop. Res.* – 1996. – Vol. 14. – P. 926–936.
28. Buma P., van Loon P. J. M., Versleyen H., Weinans H., Slooff T. J. J. H., de Groot K., Huiskes R. // *Biomaterials*. – 1997. – Vol. 18. – P. 1251-1260.
29. Сергеев А. Д. Моделирование аномальных деформаций позвоночника подростка // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Труды международной школы-семинара (Ростов-на-Дону, 23-27 мая 2005 г.). – С. 42–43.
30. Farrell E. I., Zappulla R. A. Three-dimensional data visualization and biomedical applications // *CRC Crit. Rev. Biomed. Eng.* – 1989. – Vol. 16. – P. 323-363.
31. Huiskes R., van Driel W. D., Prendergast P. J., Suijbal K. // *J. of Mat. Sc.: Mat. in Med.* – 1997. – Vol. 8. – P. 785-788.
32. Tanck E., Homminga J., van Lenthe G. H., Huiskes R. // *Bone*. – 2001. – Vol. 28. – P. 650-654.
33. Fowler A. C., Yang X. Fast and slow compaction in sedimentary basins // *SIAM J. Appl. Math.* – 1998. – Vol. 59. – P. 365-385.
34. Potter L. K., Greller L. D., Cho C. R., Nuttall M. E., Stroup G. B., Suva L. J., Tobin F. L. Response to continuous and pulsatile PTH dosing: a mathematical model for parathyroid hormone receptor kinetics // *Bone*. – 2005. – Vol. 37. – P. 159-169.
35. Gjelsvik A. Bone remodeling and piezoelectricity-1 // *J. Biomechanics*. – 1973. – Vol. 6. – P. 69–77.
36. Зайцев Ю. А. Структура модели метаболизма щелочноземельных элементов // *Радиобиология*. – 1988. – Т. 28, Вып. 6. – С. 852-856.
37. Guillaume T., Charras and Mike A. Horton. Determination of cellular strains by combined atomic force microscopy and finite element modeling // *Biophys J.* – August 2002. – Vol. 83, №2. – P. 858-879.
38. Winsor C. P. The Gompertz curve as a growth curve // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1932. – Vol. 18, №1. – P. 1–8.
39. Weiss C. M., Weiss A. Principles and Practice of Implant Dentistry. – Mosby, Inc., 2001. – 447 p.
40. MacArthur B. D. et al. / *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2003. – Vol. 313. – P. 825–833.
41. Deen W. M. Hindered transport of large molecules in liquid-filled pores // *AICHE J.* – 1987. – Vol. 33, №9. – P. 1409–1425.
42. Chen C. Y., Byrne H. M., King J. R. The influence of growth-induced stress from the surrounding medium on the development of multicell spheroids // *J. Math. Biol.* – 2001. – Vol. 43, №3. – P. 191–220.
43. Please C. P., Pettet G., McElwain D. L. S. A new approach to modelling the formation of necrotic regions in tumours // *Appl. Math. Lett.* – 1997. – Vol. 11, №3. – P. 89–94.
44. Kozusko F., Bajzer Z. Z. Combining Gompertzian growth and cell population dynamics // *Math. Biosci.* – 2003. – Vol. 185, №2. – P. 153–167.
45. Pettet G. J., Please C. P., Tindall M. J., McElwain D. L. S. The migration of cells in multicell tumour spheroids // *Bull. Math. Biol.* – 2001. – Vol. 63, №2. – P. 231–257.
46. Tindall M. Modelling cell movement and the cell cycle in multicellular tumour spheroids / Ph.D. Thesis, Faculty of mathematical studies, Southampton University, 2002.
47. Zhang X.-W., Audet J., Piret J. M., Li Y.-X. Cell cycle distribution of primitive haematopoietic cells stimulated in vitro and in vivo // *Cell Prolif.* – 2001. – Vol. 34. – P. 321–330.
48. Savill N. J. Mathematical models of hierarchically structured cell populations under equilibrium with applications to the epidermis // *Cell Prolif.* – 2003. – Vol. 36. – P. 1–26.
49. Leondes C. Computer Techniques and Computational Methods in Biomechanics. – Boca Raton London New York Washington: D. C. CRC Press LLC, 2001. – 199 p.
50. Апагуни А. Э., Трясоруков А. И., Иванов Е. Н., Махмуд Сальман. К методологии создания моделей костей скелета // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Труды международной школы-семинара (Ростов-на-Дону, 23-27 мая 2005 г.). – С. 3.
51. Smith T. S., Martin R. B., Hubbard M., Bay B. K. – 1997. <http://www3.interscience.wiley.com/cgiin/resolvedoi?DOI=10.1002/jor.1100150416>.

52. Weiss C.M., Weiss A. Principles and Practice of Implant Dentistry. – Mosby, Inc., 2001. – 447 p.
53. McCreadie B.R., Hollister S.J. Confocal microscopy based digital finite element analysis of local strains in and around in situ osteocytes // *Bone*. – 2001. – Vol. 28. – P. 630–635.
54. Huijskes R., van Driel W.D., Prendergast P.J., Suijbal K. // *J. of Mat. Sc.: Mat. in Med.* – 1997. – Vol. 8. – P. 785–788.
55. Yang B.P., Yang C.W., Ondra S.L. A novel mathematical model of the sagittal spine. www.medschool.northwestern.edu/neurosurgery/biosketches/Yang%20Revised%20Biosketch.doc.
56. Марценюк М. А., Кислухин Н. М. Калибровочные модели в механике локомоций // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Труды международной школы-семинара (Ростов-на-Дону, 23–27 мая 2005 г.). – С. 25–26.
57. MacArthur B.D. et al. / *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2003. – Vol. 313. – P. 825–833.
58. Bell G. Models for specific adhesion of cells to cells // *Science*. – 1978. – Vol. 200. – P. 618–627.
59. DiMilla P.A., Barbee K., Lauffenburger D.A. Mathematical model for the effects of adhesion and mechanics on cell migration speed // *Biophys. J.* – 1991. – Vol. 60. – P. 15–37.
60. Lauffenburger D. A simple model for the effects of receptor-mediated cell–substratum adhesion on cell migration // *Chem. Eng. Sci.* – 1989. – Vol. 44, №9. – P. 1903–1914.
61. Lauffenburger D.A., Linderman J.J. *Receptors: Models for Binding, Trafficking, and Signalling*. – Oxford: Oxford University Press, 1993. – 342 p.
62. Orsello C.E., Lauffenburger D.A., Hammer D.A. Molecular properties in cell adhesion: a physical and engineering perspective // *Trends Biotechnol.* – 2001. – Vol. 19, №8. – P. 310–316.
63. Huttmacher D.W. Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage // *Biomaterials*. – 2000. – Vol. 21. – P. 2529–2543.
64. Schaffner P., Dard M.M. Structure and function of rgd peptides involved in bone biology // *Cell. Mol. Life Sci.* – 2003. – Vol. 60. – P. 119–132.
65. Yang X.B., Roach H.I., Clarke N.M.P., Howdle S.M., Quirk R., Shakesheff K.M., Oreffo R.O.C. Human osteoprogenitor growth and differentiation on synthetic biodegradable structures after surface modification // *Bone*. – 2001. – Vol. 29, №6. – P. 523–531.
66. Keller E.F., Segel L.A. Model for chemotaxis // *J. Theor. Biol.* – 1971. – Vol. 30. – P. 225–234.
67. Keller E.F., Segel L.A. Travelling bands of chemotactic bacteria: a theoretical analysis // *J. Theor. Biol.* – 1971. – Vol. 30. – P. 235–248.
68. Goldstein A.S., Juarez T.M., Helmke C.D., Gustin M.C., Mikos A.G. Effect of convection on osteoblastic cell growth and function in biodegradable polymer foam scaffolds // *Biomaterials*. – 2001. – Vol. 22. – P. 1279–1288.
69. MacArthur B.D. et al. // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2003. – Vol. 313. – P. 825–833.
70. Cunningham R.E., Williams R.J.J. *Diffusion in Gases and Porous Media*. – New York: Plenum Press, 1980. – 212 p.
71. Deen W.M. Hindered transport of large molecules in liquid-filled pores // *AIChE J.* – 1987. – Vol. 33, №9. – P. 1409–1425.
72. Sahimi M. Transport of macromolecules in porous media // *J. Chem. Phys.* – 1992. – Vol. 96, №6. – P. 4718–4728.
73. Sahimi M., Jue V.L. Diffusion of large molecules in porous media // *Phys. Rev. Lett.* – 1989. – Vol. 62, №6. – P. 629–632.
74. Grodzinsky A.J., Kamm R.D., Lauffenburger D.A. *Principles of Tissue Engineering* // Chapter 17: Quantitative aspects of Tissue Engineering: Basic Issues in Kinetics, Transport, and Mechanics. – New York: Academic Press, 2000. pp. 195–206.
75. В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко. 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.
76. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В. Оптимальное управление режимами химиотерапии в задаче реконструкции костной ткани // *Кибернетика и вычисл. Техника*. – 2007. – Вып. 154. – С. 92–106.

УДК 621.317.7

МАТРИЧНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ІНДИКАТРИСИ РОЗСІЮВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ФОРМЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРОВІ

Зіньковський Ю.Ф., Богомолов М.Ф.

*Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”;
ufzinkovsky@ukr.net
Федоровича nbogom@yahoo.com*

Запропоновано метод матричного аналізу вторинного лазерного випромінювання при взаємодії світла з форменими елементами крові. За допомогою матричного методу визначені особливості амплітудних функцій і елементів матриці для нормальних та патологічних деформацій еритроцитів і лейкоцитів. Представлені результати тематичних розрахунків змін компонент матриці при захворюваннях організму людини. Визначені рекомендації відносно розробки критеріїв оцінки патологічних станів формених елементів крові. Запропонований метод аналізу електричного і магнітного полів у ближній зоні лазерного випромінювання при дослідженні характеристик двофазних біологічних середовищ.

Ключові слова: лазерне розсіювання, формени елементи крові, переріз розсіювання, матриця розсіювання.

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ИНДИКАТРИСЫ РАССЕЙВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ

Зиньковский Ю.Ф., Богомолов Н.Ф.

*Национальный технический университет Украины
„Киевский политехнический институт”
ufzinkovsky@ukr.net
nbogom@yahoo.com*

Предложен математический метод расчета вторичного излучения от биологических объектов, например форменных элементов крови. С помощью матричного метода определены особенности амплитудных функций и элементов матрицы для нормальных и патологических деформаций эритроцитов и лейкоцитов. Представленные результаты тематических расчетов изменений компонент матрицы при заболеваниях организма человека. Произведены рекомендации относительно разработки критериев оценки патологических состояний форменных элементов крови. Предложен метод анализа электрического и магнитного полей в ближней зоне лазерного излучения при исследовании характеристик двухфазных биологических сред.

Ключевые слова: лазерное рассеивание, форменные элементы крови, сечение рассеивания, матрица рассеивания.

MATRIX METHOD OF DISPERSION ANALYSIS OF LASER RADIATION FROM UNIFORM BLOOD ELEMENTS

Yu.F. Zinkovsky, M.F. Bohomolov

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnical Institute”

The mathematical method of calculation of the secondary radiation is offered from biological objects, for example uniform elements of blood. By means of matrix method were defined the features of peak functions and elements of matrix for normal and pathological deformations of red corpuscles and leucocytes. The results of thematic calculations of changes of matrix component at the diseases of human organism are presented. Recommendations are defined in relation to development of criteria of estimation of the pathological states of uniform blood elements. The method of analysis of electric and magnetic fields in the area of fellow creature of laser radiation at research of descriptions of diphasic biological environments is offered.

Key words: laser dispersion, uniform elements of blood, section of dispersion, matrix of dispersion.

© Зіньковський Ю.Ф., Богомолов М.Ф.

ВСТУП. Робота присвячена математичному моделюванню процесів взаємодії когерентних лазерних джерел випромінювання з форменими елементами крові на основі матричного методу аналізу індикатори розсіювання для нормального та паталогічного станів організму людини.

Метою даної роботи є застосування матричного методу аналізу просторового світлорозсіювання інтенсивності випромінювання при експрес-аналізі морфологічного та фізико-хімічного складу крові для дослідження захворювань кровотворних органів та діагностиці стану здоров'я людини. Методика базується на експериментальному дослідженні оптичних характеристик і особливостей розсіювання лазерного випромінювання від формених елементів крові. При проведенні досліджень необхідно враховувати характерні властивості (геометричні, механічні, оптичні) біологічних об'єктів. Так, при нормальному кровотворенні кров людини є складною гетерогенною системою. Зокрема, вона складається з плазми, в якій у зваженому стані знаходяться зрілі клітини крові (формені елементи): еритроцити, лейкоцити, тромбоцити, лімфоцити, моноцити [1]. Основними компонентами плазми є білки, органічні кислоти та електроліти. Вміст електролітів змінюється від 0,02 г/л (магній, фосфат, сульфат) до 3,6 г/л (хлориди, натрій). Питома маса плазми дорівнює 1,025...1,029, а рН для артеріальної крові становить 7,4. Осмотичний тиск плазми крові залежить від концентрації розчинних речовин і у нормальному стані дорівнює 5600 мм.рт.ст. При патологічних процесах на клітинному рівні змінюється стан внутрішнього середовища (гомеостаз), міжклітинна рідина перерозподіляється, відбувається набряк клітин, збільшується їх розмір. Більшу частину досліджуваного обсягу крові займають клітинні елементи крові з нейтрофілами та нормоцитами. Найбільш численними з них є еритроцити, моноцити, лейкоцити, гранулоцити, лімфоцити та тромбоцити.

Кількість еритроцитів для нормального стану у чоловіків складає в середньому 5,1 млн/мкл, а у жінок - 4,6 млн/мкл. Форма – двояковигнутий диск з максимальною товщиною 2 мкм і діаметром 7...8 мкм, показник заломлення – 1,041...1,067. Конфігурація клітин дозволяє їм вільно розповсюджуватися по капілярах діаметром 2...5 мкм за допомогою оборотної деформації.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. При аналізі індикатори розсіювання суцільної крові ми враховували додатковий внесок лейкоцитів та тромбоцитів у вторинне лазерне випромінювання. Лейкоцити утворю-

ються від стовбурових клітин, мають гранулярну структуру з ядрами діаметром – 12..20 мкм і складаються з моноцитів ($400..500\text{мкл}^{-1}$), гранулоцитів [$(3..8 \cdot 10^3)\text{мкл}^{-1}$] та лімфоцитів ($1000..3000\text{мкл}^{-1}$). Чисельність лейкоцитів коливається в залежно від функціонального стану імунної системи та наявності патологічних процесів в організмі: якщо їх кількість перевищує 10^4мкл^{-1} – можна діагностувати лейкоцитоз, менше 4000 – лейкопенію. Вміст тромбоцитів у 1 мкл суцільної крові здорової людини становить 150..300 тис., форма плоских без'ядерних клітин – неправильна округла, діаметр 1..4 мкм, товщина 0,5..0,75 мкм.

Таким чином, кров людини є складним полідисперсним гетерогенним середовищем, при аналізі якого ми враховували різну концентрацію частинок, різноманітність їх форм і розмірів, характеристики ретикулярних клітин, ступені деформування еритроцитів, змін кольорового показника та середнього вмісту гемоглобіну. Сучасні методи гематологічних досліджень широко застосовують оптичне випромінювання для аналізу величин поглинання та розсіювання кров'ю, вимірювання кута заломлення та мутності фізіологічних розчинів [2, 3]. Оптичні методи дослідження найбільш поширені і мають численні переваги серед інших через високу інформативність, точність та незбурення об'єктів аналізу.

Виявилось доцільним застосувати лазерні джерела випромінювання, що дозволило суттєво покращити достовірність результатів вимірювання внаслідок високої монохроматичності та когерентності світла, широкого діапазону енергій та питомої потужності, розвинутої теорії оптичного гетеродинного прийому та лазерного спектрального аналізу, можливість безпосереднього вимірювання *in vivo* в кровоносних судинах [4-6].

Основною науковою задачею при проведенні лазерних досліджень є аналіз вторинного розсіяного випромінювання з метою селекції диференційних параметрів елементів крові, після якого визначаються патологічні зміни в формених елементах крові (розміри, форма, концентрація) і діагностуються захворювання організму людини у цілому.

Необхідність однозначно зв'язати розміри та форму елементів крові з розсіюванням лазерного випромінювання від біологічних частинок для нормального стану та при патології гемостазу являє собою фундаментальну наукову задачу, яка може вирішуватися через пізнання законів взаємодії оптичного випромінювання з полідисперсною рідинною системою, якою є кров. Лазерне випромінювання, що падає

на формені елементи крові, для сферичних полярних координат, згідно з рівнянням Максвелла, змінюється

$$\bar{K}_\lambda \cdot \bar{E}_r = \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left\{ \frac{\partial(\bar{r}\bar{H}_\varphi \sin \theta)}{\partial \theta} - \frac{\partial(\bar{r}\bar{H}_\theta)}{\partial \varphi} \right\}, \quad \bar{K}_\lambda \cdot \bar{E}_\varphi = \frac{1}{r} \left\{ \frac{\partial(\bar{r}\bar{H}_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial \bar{H}_r}{\partial \theta} \right\}, \quad (1)$$

$$\bar{K}_\lambda \cdot \bar{E}_\theta = \frac{1}{r \sin \theta} \left\{ \frac{\partial \bar{H}_r}{\partial \varphi} - \frac{\partial(\bar{r}\bar{H}_\varphi \sin \theta)}{\partial r} \right\},$$

де r – радіус – вектор; λ – довжина хвилі; θ – кут розсіювання; φ – азимутний кут; \bar{K}_λ – хвильове число розсіяного випромінювання $\bar{K}_\lambda = 2\pi/\lambda$

Граничні умови на поверхні частинки, яка знаходиться у ізотропному оточувальному середовищі, відповідають безперервності тангенціальних складових електричних та магнітних полів при $r=r_p$:

$$\bar{E}_\theta^I = \bar{E}_\theta^{II}; \quad \bar{E}_\varphi^I = \bar{E}_\varphi^{II}; \quad \bar{H}_\theta^I = \bar{H}_\theta^{II}; \quad \bar{H}_\varphi^I = \bar{H}_\varphi^{II},$$

де r_p – радіус частинки; індекс I відповідає оточувальному біологічному середовищу; індекс II – відноситься до частинки.

Розв'язок рівнянь (1) за допомогою комбінованих функцій Ханкеля та зв'язаних функцій Лежандра відносно кута розсіювання θ може бути представлений:

$$\begin{cases} \bar{E}_{pI} = i\bar{S}_1(\theta) \cdot \frac{\bar{E}_0}{k\bar{r}} \sin \varphi \cdot \exp[-i(\omega t - k\bar{r})] \\ \bar{E}_{pII} = i\bar{S}_2(\theta) \cdot \frac{\bar{E}_0}{k\bar{r}} \cos \varphi \cdot \exp[-i(\omega t - k\bar{r})] \end{cases} \quad (2)$$

де $\bar{S}_1(\theta)$ та $\bar{S}_2(\theta)$ – функції залежності амплітуди розсіяного випромінювання від кута θ (амплітудні функції), індекси « I » та « II » відносяться до радіальної та тангенціальної компоненти відповідно; ω – кругова частота.

Розв'язання рівнянь (2) здійснювалося відносно парціальних хвиль, амплітуда яких залежить від параметрів зовнішнього біологічного середовища та фізичних властивостей розсіюючих об'єктів. Враховувалися найбільш важливі з них – комплексний показник заломлення $m \bar{n} = \bar{n} - i\bar{\chi}$, де \bar{n} – дійсна частина, а $\bar{\chi}$ – уявна частина показника заломлення) і параметр дифракції q ($q = 2\pi r_p / \lambda$).

Параметр дифракції q визначає закон розсіювання лазерного випромінювання: для дуже малих частинок ($r \ll \lambda$) і високодисперсних колоїдних розчинів виникає розсіювання Релея ($q \ll \lambda$). Індикатриса розсіювання у цьому випадку має симетричну форму, яка близька до кругової, інтенсивність розсіяного випромінювання обернено пропорційна четвертій сте-

пені довжини хвилі світла. Для великих частинок ($r_p \gg \lambda$) і суспензій з них – розсіювання Мі ($q \gg 1$). Індикатриса розсіювання різко відрізняється від релеевської – більша частина світла розсіюється у зворотному напрямку, форма – різко асиметрична, інтенсивність розсіяного випромінювання майже не залежить від частоти світла.

Для основних клітинних елементів крові на довжині хвилі $\lambda = 0,545 \mu\text{м}$ (зелений колір) ми розраховували значення параметра q : тромбоцити (23,2); лейкоцити (69,7); еритроцити (46,4); лімфоцити (69,7); моноцити (116,4). Таким чином, параметр дифракції $q \gg 1$ для переважної кількості складових частин суцільної крові, тому є доцільним застосовувати апроксимації закону розсіювання Мі.

Для розсіяння у дальній зоні при $r \gg r_p$ інтенсивність розсіяного світла $I_s(\theta)$ залежить від перерізу розсіювання випромінювання частинкою $\sigma(\theta, \varphi)$:

$$I_s(\theta) = \frac{I_0 \sigma(\theta, \varphi)}{r^2}, \quad \text{де } I_0 - \text{інтенсивність світла, що падає.}$$

Індикатриса розсіювання $f(\theta, \varphi)$ обумовлює відносний розподіл за кутами інтенсивності світла і визначається через відношення перерізу розсіювання частинкою $\sigma(\theta, \varphi)$ до повного перерізу розсіювання:

$$f(\theta, \varphi) = \frac{\sigma(\theta, \varphi)}{\int_0^\pi \int_0^{2\pi} \sigma(\theta, \varphi) \sin \theta d\varphi d\theta}.$$

Розрахунок розсіяного лазерного випромінювання проводимо згідно з теорією Мі залежно від параметрів частинок – розмірів, орієнтації відносно первинного оптичного пучка, їх концентрації, форми і конфігурації зовнішньої поверхні граничного шару елементів крові. Для сферичної частинки визначилися поперечні перерізи розсіювання σ_s та загасання G_{ext} , таким чином:

$$G_s = \frac{2\pi}{k^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) (|a_n|^2 + |b_n|^2);$$

$$G_{ext} = \frac{2\pi}{k^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \operatorname{Re}(a_n + b_n);$$

$$p(\theta) = \frac{1}{k^2 r^2} \left(|S_1(\theta)|^2 + |S_2(\theta)|^2 \right),$$

де a_n та b_n коефіцієнти, які визначаються через функції:

$$a_n = \frac{P_n(p) P_n(q) m P_n(q) P_n(p)}{P_n(p) Q_i(q) m Q_i(q) P_n(p)}$$

$$b_n = \frac{m P_i(p) P_i(q) P_i(q) P_i(p)}{m P_i(p) Q_i(q) Q_i(q) P_i(p)}$$

де $p = mq$; P_p, Q_p, P'_p, Q'_i - функції Рікати – Бесселя та їх похідні.

Амплітудні функції $S_1(\theta)$ та $S_2(\theta)$ розраховуються для заданих m та q :

$$S_1(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} \left[a_n \frac{P'_n(\cos\theta)}{\sin\theta} + b_n \frac{dP'_n(\cos\theta)}{d\theta} \right]$$

$$S_2(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} \left[b_n \frac{P'_n(\cos\theta)}{\sin\theta} + a_n \frac{dP'_n(\cos\theta)}{d\theta} \right]$$

де $P'_n(\cos\theta)$ приєднувальний поліном Лежандра.

Таким чином, у дальній зоні на відстані r розсіяне лазерне випромінювання буде мати вигляд:

$$\bar{E}_s(r) = \bar{F}(\bar{k}, \bar{k}_0) \exp(i\bar{k}r)/r$$

де \bar{k} і \bar{k}_0 хвильові вектори розсіяного та первинного світла відповідно; $\bar{E}_s(r)$ – розсіяне поле;

$\bar{F}(\bar{k}, \bar{k}_0)$ амплітудна функція, яка визначається:

$$\bar{F}(\bar{k}, \bar{k}_0) = \frac{1}{4\pi} \int_V (k^2 + \nabla\nabla) \left[\frac{\varepsilon(r')}{\varepsilon_0} - 1 \right] \bar{E}(r') \exp(-i\bar{k}r') d^3r'$$

де $\varepsilon(r')$ – відносна діелектрична проникність частинки, що розсіює світло; $\nabla\nabla$ – оператор Лапласа.

Для розрахунку розсіяного лазерного випромінювання з довільною поляризацією використовувалися матричний вигляд світлового поля та параметри Стокса (I, Q, U, V). Розподіл підсумкового поля у дальній зоні визначалися за допомогою матриці розсіювання Мюллера:

$$\begin{pmatrix} I_s \\ Q_s \\ U_s \\ V_s \end{pmatrix} = \frac{1}{k^2 r^2} \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_i \\ Q_i \\ U_i \\ V_i \end{pmatrix}$$

де індекси «s» та «i» відносяться до параметрів Стокса розсіяного і падаючого випромінювання відповідно; S_{ij} - елементи матриці розсіювання, залежать від амплітудних функцій S_1, S_2, S_3, S_4 визначаються наступним чином:

$$S_{11} = 0, 5(|S_1|^2 + |S_2|^2 + |S_3|^2 + |S_4|^2);$$

$$S_{12} = 0, 5(|S_1|^2 - |S_2|^2 - |S_3|^2 + |S_4|^2);$$

$$S_{13} = \operatorname{Re}\{S_2 S_3^* + S_1 S_4^*\};$$

$$S_{14} = \operatorname{Im}\{S_2 S_3^* - S_1 S_4^*\};$$

$$S_{21} = 0, 5(|S_2|^2 - |S_1|^2 - |S_4|^2 + |S_3|^2);$$

$$S_{22} = 0, 5(|S_2|^2 + |S_1|^2 - |S_4|^2 - |S_3|^2);$$

$$S_{23} = \operatorname{Re}\{S_2 S_3^* - S_1 S_4^*\};$$

$$S_{24} = \operatorname{Im}\{S_2 S_3^* + S_1 S_4^*\};$$

$$S_{31} = \operatorname{Re}\{S_2 S_4^* + S_1 S_3^*\};$$

$$S_{32} = \operatorname{Re}\{S_2 S_4^* - S_1 S_3^*\};$$

$$S_{33} = \operatorname{Re}\{S_1 S_2^* + S_3 S_4^*\};$$

$$S_{34} = \operatorname{Im}\{S_2 S_1^* + S_4 S_3^*\};$$

$$S_{41} = \operatorname{Im}\{S_2 S_4^* + S_1 S_3^*\};$$

$$S_{42} = \operatorname{Im}\{S_4 S_2^* - S_1 S_3^*\};$$

$$S_{43} = \operatorname{Im}\{S_1 S_2^* - S_3 S_4^*\};$$

$$S_{44} = \operatorname{Im}\{S_1 S_2^* - S_3 S_4^*\}.$$

Для крові з форменими елементами різних розмірів можна пропонувати матрицю розсіювання випромінювання у загальному вигляді:

$$F_{ij}(\lambda, \alpha) = \int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\max}} \int_{m_{\min}}^{m_{\max}} f(a, m) \cdot F_{ij}(\lambda, \alpha, a, m) dm d\alpha,$$

де $F_{ij}(\lambda, \alpha, a, m)$ – компоненти матриці окремої частинки, $f(a, m)$ – функція розподілу частинок за розмірами a та за значеннями дійсної частини відносного показника заломлення.

При дослідженні патологічних деформацій еритроцитів і лейкоцитів доцільно прийняти у загальному вигляді відповідно куту повороту напрямку поляризації таку матрицю розсіювання:

$$F_{ij} = F_{11} \begin{pmatrix} 1 & f_{12} & 0 & 0 \\ f_{21} & f_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f_{33} & f_{34} \\ 0 & 0 & f_{43} & f_{44} \end{pmatrix}$$

При наявності оптичної анізотропії у середовищі, що досліджується, нормовані компоненти матриці розсіювання $f_{31} = F_{31}/F_{11}$ та $f_{32} = F_{32}/F_{11}$ не дорівнюють нулю і це призводить до виникнення додаткового кута повороту напрямку максимальної по-

ляризації лазерного випромінювання, що розповсюджується через середовище. Цей кут визначається наступним чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_j = 0,5 \arctg \left(\frac{f_{31} + f_{3j}}{f_{21} + f_{2j}} \right) \quad npu(f_{21} + f_{2j}) > 0 \\ \psi_j = \left[\frac{\pi}{2} - \left| 0,5 \arctg \left\{ \frac{f_{31} + f_{3j}}{f_{21} + f_{2j}} \right\} \right| \right] \quad npu(f_{21} + f_{2j}) < 0. \end{array} \right.$$

Ступень поляризації лазерного розсіяного випромінювання для цього випадку розраховується за формулою:

$$p = \frac{\sqrt{(f_{21} \pm f_{22})^2 + (f_{31} \pm f_{32})^2}}{1 \pm f_{12}},$$

Таблиця 1. Результати розрахунків елементів матриці розсіювання для крові здорової та хворої людини.

f_{ij}	Еритроцити здорової людини				Еритроцити хворої людини			
	f_{22}	f_{12}	f_{33}	f_{44}	f_{22}	f_{12}	f_{33}	f_{44}
$\theta=40^\circ$	0,85	-0,1	0,78	0,81	0,91	-0,05	0,85	0,91
$\theta=80^\circ$	0,58	-0,18	0,35	0,43	0,89	-0,1	0,64	0,53
$\theta=120^\circ$	0,41	-0,48	-0,26	-0,2	0,85	-0,18	0,38	0
$\theta=160^\circ$	0,38	-0,6	-0,71	-0,62	0,71	-0,2	0,11	-0,21

ВИСНОВОК. При застосуванні лазерних методів *in vitro* та *in vivo* можна діагностувати морфологічні та біохімічні зміни кровотворної та кровоносної системи людини, наприклад, визначити патологічні деформації формених елементів крові лише при розв'язанні таких наукових задач:

1. Розробка алгоритму дослідження індикатрис розсіювання вторинного лазерного випромінювання, за допомогою якого можна проводити селекцію різних типів формених елементів крові та розподіл їх за розмірами та конфігурацією.

Пропонується використовувати для виділення окремих елементів крові визначення параметра дифракції q , величина якого прямо пропорційна радіусу об'єктів дослідження. Крім того, для різних формених елементів визначено, що q змінюється від нуля до нескінченності і експериментальна індикатриса розсіювання різко змінює форму – від симетричної релеєвської до різко асиметричної при розсіюванні Мі.

2. Розробка критерію виділення розсіяного лазерного випромінювання від „хворих”, патологічних біологічних частинок.

де знак «+» відноситься до вертикальної складової, а знак «-» – до горизонтальної складової розсіяного лазерного випромінювання.

Проведено математичні розрахунки елементів f_{ij} матриць розсіювання для еритроцитів здорової і хворої людини відносно кутів розсіювання θ . Результати розрахунків розсіювання лазерного випромінювання для крові здорової та хворої людини наведені в таблиці.

При діагностуванні захворювань кровоносної системи нами доведено, що при певному патологічному становищі хворого розміри еритроцитів можуть збільшуватись, а їх форма наближатися до сферичної. Характер змін компоненти f_{33} та f_{22} підтверджують припущення, що еритроцити значно збільшують свій розмір, а компонента f_{44} змінюється узгоджено f_{33} в усій області кутів розсіювання (таблиця 1).

Пропонується враховувати, що при патологічних перетвореннях формених елементів крові змінюються їх розміри і форма наближається до сферичної. Цей процес обумовлює зміни залежності коефіцієнтів f_{ij} від кута розсіювання θ , а також просторового розподілу інтенсивності світла залежно від функціонального стану крові людини.

3. Врахування в математичних рівняннях взаємодії лазерного випромінювання з форменими елементами крові характеристик оточуючого клітину середовища, наприклад, плазми крові при нормальному та патологічному станах організму людини.

Пропонується при математичному аналізі використовувати особливості закону розподілу комплексного показника заломлення m і зміни функції $\square a, m$. Крім того, визначено, що зміни розподілу компонент електричного та магнітного полів для ближньої зони лазерного випромінювання однозначно пов'язані з характеристиками частинки і оточуючого її середовища.

Література

1. Козинец Г.И., Шишканова З.Г., Сарычева Т.Г. Клетки крови и костного мозга // Атлас. – М.: Медицинское информационное агентство, 2004.-203с.
2. Приезжев А.В., Тучин В.В., Шубочкин Л.П. Лазерная диагностика в биологии и медицине. – М.: Наука, 1989.-240с.
3. Клочков В.П., Козлов Л.Ф., Попыкевич И.В. Лазерная анемометрия, дистанционная спектроскопия и интерференция // Справочник. – К.: Наукова думка, 1985.-758с.
4. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами: пер с англ. – М.: Мир, 1986.-620с.
5. Klett D.J., Sutherland R.A. Approximate methods for modeling the scattering properties of nonspherical particles: evolution of the Wetzel-Kramer-Brillion method // Appl. Opt. – 1992. – Vol. 31, №3. – P. 733-786.
6. Shvalov A.N., Soini J.T., Chernyshev A.V. Light-scattering properties of individual erythrocytes // Appl. Opt. – 1999. Vol. 38, № 1. – P. 230-238.

УДК.544.032.6; 578.087

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ І ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ХЛОРИДУ НАТРІЮ ПРИ ДІЇ ВВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ НЕТЕПЛОВОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Лошицький П.П., Мамаєв В.Н.

Національний технічний університет України (Київський політехнічний інститут),

pepel@phbme.ntu-kpi.kiev.ua

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАНУ

Klim_46@mail.ru

Досліджено дію стохастичних електромагнітних випромінювань діапазону 57 – 68 ГГц нетеплової інтенсивності з інтегральною щільністю потужності 10^{-9} мВт/см² на розчини хлориду натрію різної концентрації і часу опромінювання. Показано, що 0,9% розчин NaCl (аналог фізіологічного) найбільш чутливий до дії ВВЧ- випромінювання.

Ключові слова: хлорид натрію, водні структури, кластери, диференціальна температура.

ВСТУП. Вода є основою складових більшості живих біологічних об'єктів і визначає функціональні властивості білкових систем, має цілий ряд фізико-хімічних властивостей, які до сьогодні не вдається теоретично проаналізувати. Через недостатнє теоретичне і експериментальне вивчення властивостей води багато біологічних і біофізичних ефектів не знайшли свого пояснення і застосування. Молекули води мають великий дипольний момент, який приводить до того, що вони в рідкому стані взаємодіють одна з одною, утворюючи зв'язані структури. В роботах [1-4] показано, що дія фізичних чинників нетеплової інтенсивності на біологічні об'єкти пов'язана з накопиченням енергій одиничних впливів (фотонів), що мають енергію значно нижчу за енергію теплових коливань при кімнатній температурі (наприклад, для фотона енергія випромінювання частотою 60 ГГц), на структурах води. Таке накопичення енергії можливе у зв'язку з тим, що час релаксації великих водних структур – кластерів незрівнянно більший, ніж час релаксації окремої молекули води. Накопичення енергії здійснюється дотих, поки накопичена енергія не перевищить енергію зв'язку кластера, після чого кластер розпадається. При розпаді кластера виникають зсувові напруження, характерні для "хімічного" тертя полімерів. Механічне тертя викликає розрив не тільки слабких водневих зв'язків, але і сильних – внутрішньомолекулярних, що приводить до утворення водних радикалів, аналогічних тим, що виникають при радіолізі води [2]. Таким чином, основна відмінність дії фізичних чинників нетеплової інтенсивності полягає у відмінності процесу передачі енергії водній структурі.

© Лошицький П.П., Мамаєв В.Н.

Водні розчини хлориду натрію є однією з найбільш вивчених систем з погляду термодинамічних і діелектричних властивостей. Тому дані розчини можуть служити моделлю для вивчення впливу на них зовнішніх фізичних чинників, зокрема, випромінювання вкрай високих частот (ВВЧ) нетеплової інтенсивності.

Водні розчини NaCl належать до сильних електролітів і описуються теорією Дебая-Хюккеля, яка впливає з положення проповну дисоціацію сильних електролітів на іони і враховує сукупність взаємодії кожного іона зі всіма іншими, що його оточують. Для врахування впливу розчинника в теорію введено поняття макроскопічної діелектричної сталої [5].

Дана теорія, яка побудована на допущенні відсутності розмірів іона і розглядає розчинник як безструктурне середовище з середньою величиною діелектричної сталої, не може описувати мікроструктуру водних розчинів електролітів, а також пояснити ряд властивостей розчинів, зокрема, різке зменшення коефіцієнта дифузії NaCl у водних розчинах малої концентрації [6], який, швидше за все, пов'язаний із структурними змінами розчину. Наведені в літературі результати можуть бути пов'язані з використанням капілярного методу вимірювання, при якому значні пристінкові шари рідини, що утруднювало визначення електричних характеристик розчинів настільки малої концентрації.

Метою даної роботи є дослідження змін властивостей води і водних розчинів хлориду натрію різних концентрацій при дії ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності за допомогою нової методики, що

дозволяє визначати флуктуації диференціальної температури рідини [7].

Основна частина. Для досліджень як зразки використовували реактиви з чистотою не менше 99% і дистильовану воду з хімічною чистотою не менше 99,9%. Розчини необхідної концентрації готували шляхом розчинення певної кількості NaCl в деякому фіксованому об'ємі дистильованої води. Масова концентрація солі в розчині C визначалася за формулою:

$$C = \frac{M_c}{M_p} \cdot 100\%$$

де $M_p = M_b + M_c$ – маса розчину, M_b і M_c – маса води і безводної солі, виміряні шляхом зважування на аналітичних вагах з точністю до 0,001 г.

Як критерій впливу ВВЧ на розчини вибрана дисперсія шуму диференціальної температури між контрольним і досліджуваним зразками. Тому всі описані нижче експерименти проводилися за методикою: досліджуваний розчин ділиться на дві ємності однакового об'єму – дві пробірки, тобто на контрольний зразок, на який дія не чиниться, і на досліджуваний зразок, що піддається дії ВВЧ. Далі пробірки поміщають в стійку з пінопласту, щоб виключити конвективний обмін із зовнішнім середовищем, висота стійки складає приблизно половину висоти пробірок, тому об'єм розчину вибирається так, щоб його рівень в пробірці не перевищував висоту стійки. Так, при об'ємі пробірки 20 мл об'єм розчину склав 10 мл. Отвори в пінопласті зроблені таким чином, що товщина пінопласту, що відділяє пробірку від зовнішнього середовища з лицьової сторони і з тильної сторони стійки, складає близько 6 мм. Відстань між отворами під пробірки в стійці вибрана так, щоб виключити попадання в ділянку діаграми спрямованості апарату ВВЧ контрольної пробірки, і складає 170 мм між центрами пробірок. Кожну пробірку закривають пробкою з пінопласту для виключення впливу зовнішнього середовища завтовшки порядку 10 мм з отворами діаметром 1 мм, через які просунуті виводи термопар так, щоб їх глибина занурення в розчин була однаковою для обох пробірок. Позитивний спай термопар знаходиться в пробірці, на яку виявляється дія, а негативний – у контрольній. З метою захисту від електричних перешкод вся стійка з пробірками поміщається в металевий ящик без верхньої кришки, який заземляється окремо від комп'ютера.

Як джерело ВВЧ-випромінювання використовували апарат "Ораторія-IVM" – широкопasmовий генератор електромагнітних шумів вкрай високої частоти. Його технічні характеристики:

– робоча смуга частот – 57-68 ГГц;

– спектральна щільність потужності шуму – 10^{-18} Вт/Гц;

– інтегральна потужність – 10^{-9} Вт/см²;

– модуляція сигналу – амплітудна з випадковою частотою 6-18 Гц.

Наявність випадкової модуляції в діапазоні частот 6-18 Гц дозволяє зменшити час дії, крім того, значно підвищити повторюваність і відтворюваність результатів.

Під час проведення експерименту головка випромінювача ВВЧ-апарату знаходиться напроти пробірки з досліджуваним розчином, на підставці в оцинкованому металевому ящику, де і сама стійка, впритул прилягаючи до лицьової сторони стійки. Контрольна пробірка не опромінюється. Головка випромінювача апарату ВВЧ, за винятком робочої частини, обмотана оплетенням і заземлена з метою зменшення впливу перешкод на результат вимірювання. Після кожного експерименту розчин виливали, і пробірки мили дистильованою водою.

Диференціальний датчик температури виконаний у вигляді диференціальної термопар на основі мідь-константан. Всі з'єднання виконані з урахуванням впливу зовнішньої дії на перехідні контакти і сполучні дроти для зменшення термоЕДС перешкоди.

У вимірювальній системі, що забезпечує введення значень диференціальної температури в ЕОМ, як критерій точності вимірювального тракту вибрана середньоквадратична похибка. Процес вимірювання реалізований ітеративним способом за таким алгоритмом: відбувається багатократне знімання інформації з датчика диференціальної температури доти, поки не буде досягнуто виконання умови $\Delta x < \epsilon$ або $N > N_{\max}$, де Δx – відхилення середньоквадратичного середнього, яке розраховується таким чином:

$$\Delta x_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x)^2}{N \cdot (N - 1)}}$$

де N – розмір вибірки, а ϵ – задана абсолютна погрішність вимірювання. За вимірює

значення береться середнє $x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$

Враховуючи швидку дію 12-розрядного АЦП, а також розмір вибірки в декілька тисяч для досягнення абсолютної погрішності вимірювання в 0,03⁰С, система забезпечує знімання інформації з періодичністю 1-2 секунди.

Вимірювальна система дозволяє за рахунок статистичної обробки результатів вимірювання виключити випадкові складові погрішності. Це досягається:

– вибором тривалості і граничних значень часу опиту даного каналу, виходячи із заданої погрішності залежно від рівня зовнішніх перешкод;

– визначенням в заданому тимчасовому інтервалі мінімуму середньоквадратичного відхилення середнього значення вимірюваного сигналу;

– введенням калібрувального сигналу, що дозволяє визначити дійсне значення коефіцієнта передачі всього вимірювального тракту.

Програмне забезпечення виконує такі функції.

· Введення диференціальної температури в комп'ютер з погрішністю не більше $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ і з частотою 1-3 с (залежно від рівня перешкод) і її відображення в реальному масштабі часу в числовій і графічній формах.

· Нанесення заміток і коментарів під час проведення запису (експерименту).

· Звукові нагадування через заданий інтервал часу для можливої зміни умов експерименту.

· Збереження записів диференціальної температури на жорсткому диску.

· Завантаження і відображення раніше збережених записів.

· Виділення фрагмента запису і його масштабування за амплітудою і часом з метою детальнішого вивчення.

· Накладання двох і більше кривих (до 6 записів) з метою їх порівняльного аналізу, у тому числі і можливість їх відносного зсуву за амплітудою і за віссю часу для суміщення.

· Експорт записів і їх фрагментів, що відображаються, у файли зображень формату bmp або документ Microsoft Word.

· Розрахунок дисперсії і математичного очікування шуму на виділених фрагментах запису або всього запису, а також графічне відображення шуму і згладженої кривої виділеного фрагмента запису.

· Розрахунок і відображення поточної фази Місяця на момент запису.

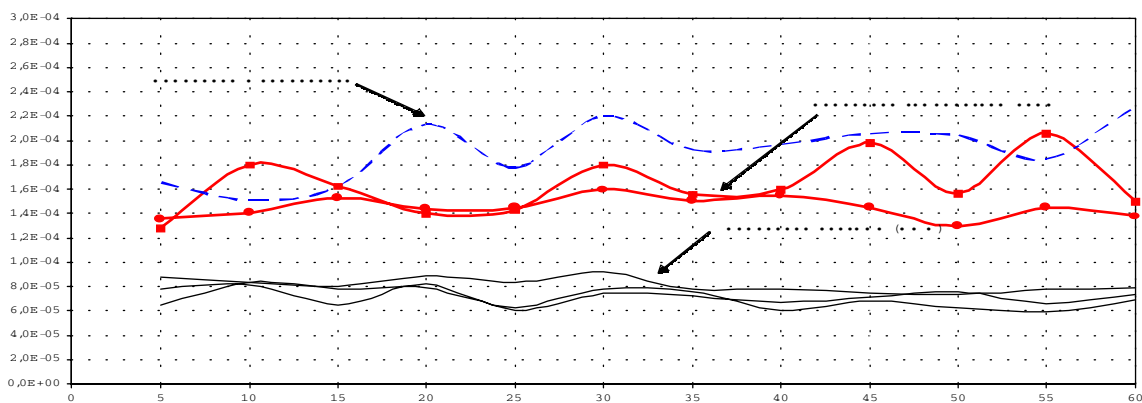
До проведення експериментів з дією ВВЧ на воду і водні розчини необхідно було провести експерименти з власних шумів АЦП, підсилювачів, сполучних дротів і перехідних контактів. Для перевірки впливу АЦП блок узгодження датчиків з АЦП був вимкнений. Записувалася температура за методикою проведення експерименту, яка використовувалася при дослідженні впливу ВВЧ на воду і водні розчини.

Для оцінки впливу вимірювальної системи записувалася температура при працюючому АЦП і блоці узгодження датчиків. Далі для визначення рівня шумів вимірювальної системи, з включеними диференціальними датчиками температури, записи проводилися при поміщенні обох спаїв в пінопласт. В іншому випадку обидва спаї було поміщено в одну пробірку з дистильованою водою.

На рис. 1 представлені криві дисперсії шумів системи для всіх описаних вище записів.

З аналізу дисперсії шуму випливає, що власні шуми вимірювальної системи спільно з диференціальними

D



t.хв.

Рис 1. Дисперсія шуму в: 1 – пінопласті, 2 – розчині, 3– вимірювальній системі.

датчиками температури на півпорядку нижчі дисперсії шуму води для випадку, коли датчики розташовані в різних пробірках.

Результати експериментів. Для визначення концентрації NaCl в дистильованій воді, найчутливіший до дії ВВЧ, були проведені експерименти над розчинами з концентрацією 0% (дистильована вода), 0,5%,

0,9% (аналог фізіологічного розчину), 1%, 2%, 3%, 4%, 5%. Кожний експеримент в цій серії включає 3 етапи – 10 хвилин без впливу (контроль), 10 хвилин під впливом ВВЧ і 10 хвилин після впливу для оцінки наслідків впливу ВВЧ. Результати обробки запису диференціальної температури представлені на рис. 2 у вигляді дисперсії шумів температури.

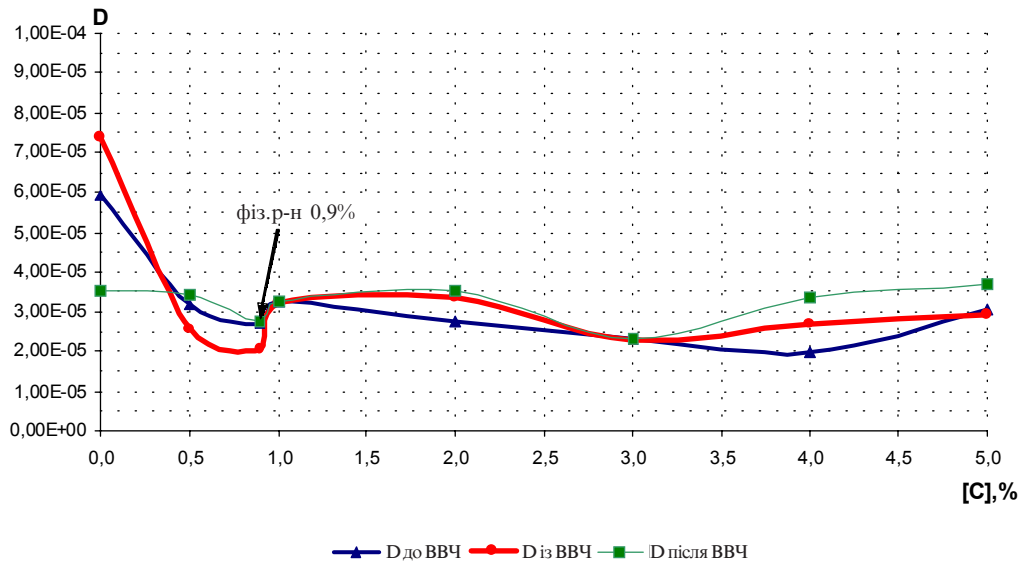


Рис. 2. Дисперсія шуму в розчинах NaCl

Аналіз кривих дисперсії шуму показав, що найбільша зміна дисперсії шуму припадає на NaCl 0,9% (аналог фізіологічного розчину).

Для дослідження впливу ВВЧ-випромінювання при різному часі впливу на розчин NaCl 0,9% були проведені експерименти за такою схемою: 10 хвилин до дії, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 хвилин впливу ВВЧ і 10 хвилин після дії ВВЧ. Як критерій оцінки впливу вибиралося середнє арифметичне дисперсії диференціальної температури по 5-хвилинних інтервалах. Враховуючи, що

дисперсія залежить від вибірки, для виключення відмінності результатів обробки, пов'язаних з різним розміром вибірки, використовувався такий підхід: кожний етап – до впливу, під час впливу і після впливу розділили на 5-хвилинні фрагменти, за якими розраховували дисперсію, а потім одержані результати узагальнювали як середнє арифметичне. Результати обробки дисперсії шуму представлені на рис. 3-4.

Як видно з представлених графіків кривих дисперсії шуму диференціальної температури, в одному випад-



Рис.3. Дисперсія шуму в розчині NaCl з максимальним значенням дисперсії на 15-и хвилині опромінення.

ку (рис.4) максимальне значення досягається на 20 хвилині з початку дії ВВЧ-випромінювання, а в іншому випадку (рис.3) – на 15 хвилині впливу.

Для зменшення впливу зовнішніх чинників на результат оцінки дисперсії шуму було проведено 9 експериментів з дії ВВЧ на дистильовану воду. Запис проводили за такою схемою: 40 хвилин до дії ВВЧ, 40 хвилин дії ВВЧ і 180 хвилин після дії ВВЧ. 40-

хвилинний інтервал був вибраний з оцінки попередніх експериментів, з яких виходило, що дисперсія шуму змінювалася при дії ВВЧ через 15 або 20 хвилин після початку впливу, а 180-хвилинний інтервал було вибрано з міркувань оцінки поведінки дисперсії шуму після впливу на воду. Приклад запису диференціальної температури в дистильованій воді представлений на рис.5.

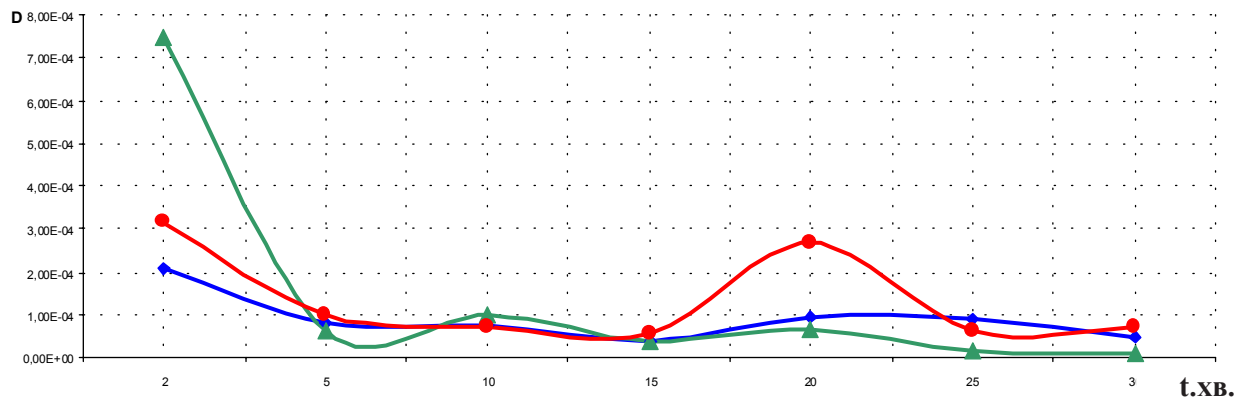


Рис. 4. Дисперсія шуму в розчин NaCl з максимальним значенням дисперсії на 20-й хвилині опромінення.

T, C

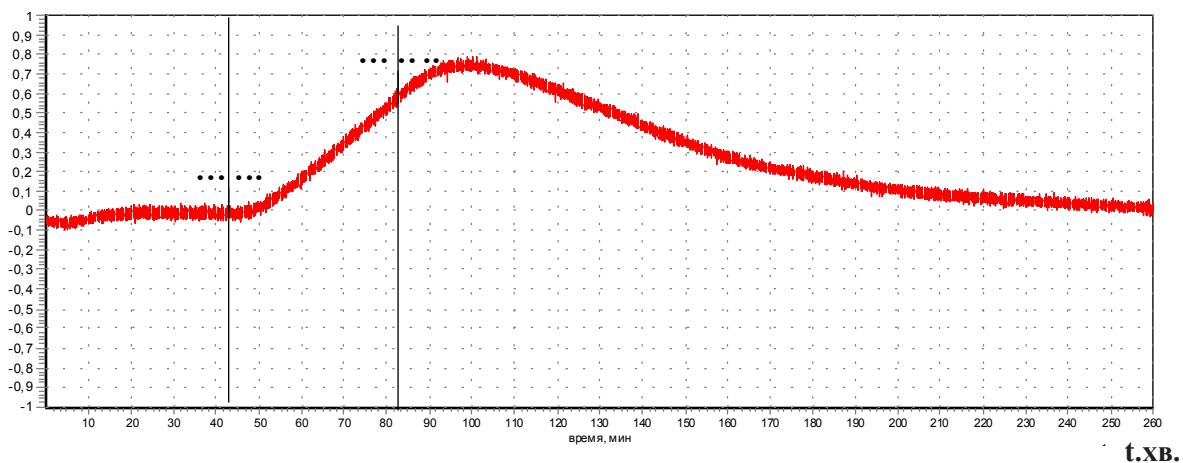


Рис. 5. Приклад запису диференціальної температури в розчині NaCl 0,9% тривалістю 260 хв.: 40 хвилин до впливу, 40 хвилин підчас впливу і 180 хвилин після впливу ВВЧ.

Далі всі результати вимірювання температури були підсумовані і побудована усереднена крива за 9-ма записами. Дисперсія шуму за усередненою кривою представлена на рис. 6.

Експерименти з розчином NaCl 0,9% проводилися з різними часовими інтервалами після дії ВВЧ-випромінювання. В першому випадку запис проводився так само, як для дистильованої води, тобто 40–40–180 хв. На рис. 7 представлена дисперсія шуму за 20-ма записами. В другому випадку інтервал після дії ВВЧ дорівнював 1000 хв, для оцінки динаміки дисперсії шуму, з метою визначення інтервалу часу, при якому зберігається пам'ять інформації, переданої розчину після впливу ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності. Аналіз динаміки дисперсії шуму показав, що після закінчення більше 13 годин після опромінювання ВВЧ дисперсія шуму не змінюється. Можна припустити, що «пам'ять» розчину NaCl 0,9% (як і дистильованої води) перевищує цей часовий інтервал. Тому

для вивчення динаміки «пам'яті» води необхідні тривалі записи, що підтверджується роботами деяких авторів [8, 9], що стверджують, що пам'ять води після опромінювання ВВЧ може складати від декількох діб до декількох місяців. З аналізу кривих дисперсії шуму випливає, що дисперсія шуму під час дії ВВЧ-випромінювання досягає максимального значення, а після дії дисперсія шуму менша, ніж до дії.

Обговорення результатів експериментів. Структура водних розчинів електролітів описується різними моделями. Найправдоподібнішою здається модель Френка-Еванса, яка передбачає існування трьох концентричних зон навколо частинок розчину. В першій зоні в результаті дії іона диполі води орієнтовані таким чином, що створюють досить міцну оболонку навколо іона. Зовнішня зона є ділянкою, де структура нормальної води повністю зберігається, а вплив іона має характер діелектричної поляризації. Між цими зонами існує проміжна, де структура води

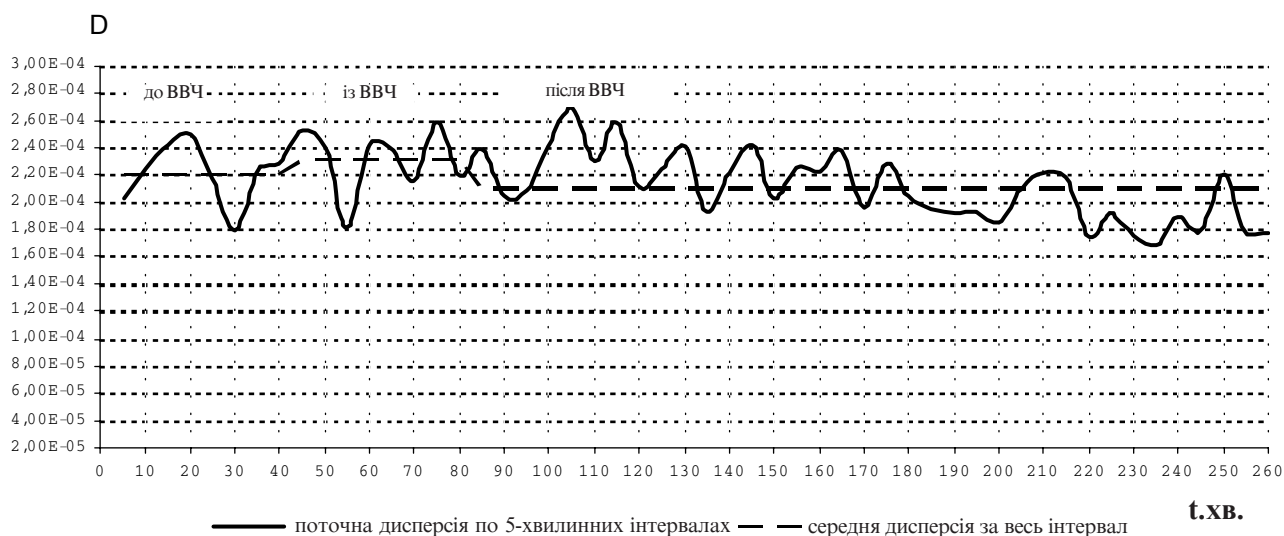


Рис.6. Дисперсія шуму в розчині NaCl 0,9% із часом запису 40-40-180 хв.

Усереднена дисперсія шуму в 0,9% розчині NaCl за 20-ма записами

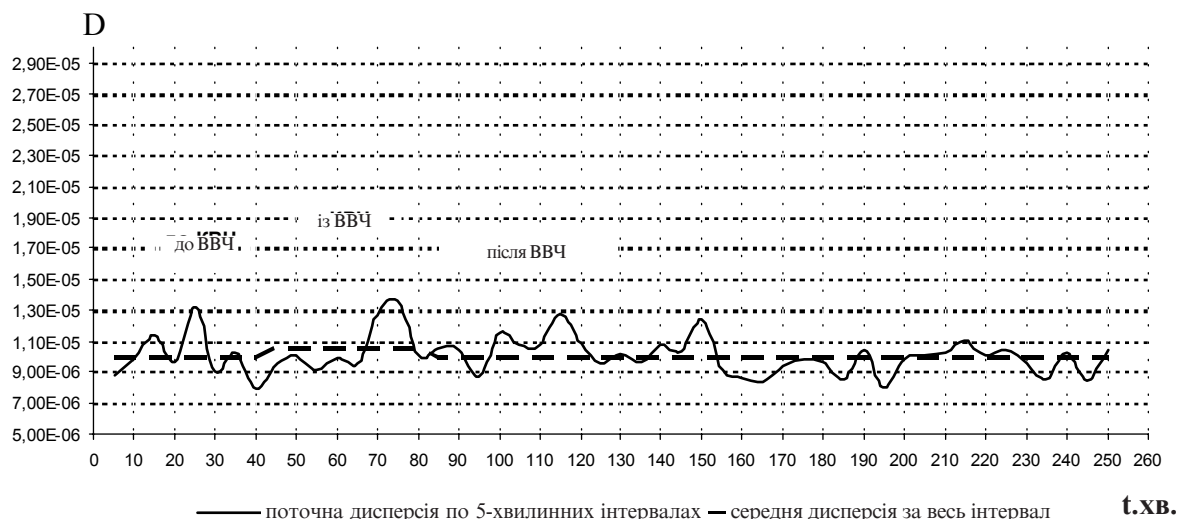


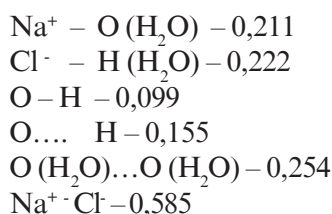
Рис.7. Дисперсія шуму в розчині NaCl 0,9% за 20 вимірюваннями

порушена конкурентною боротьбою двох крайніх зон. Їх вплив взаємно протилежний. Іони, залежно від знаку заряду, намагаються орієнтувати диполі води відповідним чином. А зона нормальної структури діє на проміжну зону, прагнучи зберегти тетраедричну структуру [10].

Структуру водних розчинів NaCl вивчали за допомогою досліджень діелектричних характеристик і випромінювальних спектрів в широкому діапазоні довжин хвиль від 10 мкм до 10 см [11–14]. В цих дослідженнях не було виявлено ніяких особливостей на малих концентраціях, зокрема відповідних фізіологічному розчину, який є 0,9% розчином NaCl в дистильованій воді, ізотонічний відносно клітин людини. При масових концентраціях 4,7% і 21,7% спосте-

рігалися особливості, які трактувалися як сукупність окремих фаз водно-сольового розчину [11].

Оптимізована модель гідраторозділеної іонної пари хлориду натрію розглянута в роботі [15]. В даній моделі довжини зв'язків (нм) такі:



Це означає, що в ближній зоні іонів знаходяться по п'ять молекул води, орієнтованих відповідно до знаків іонів. В сфері радіусом $R = 0,5 \cdot [0,585 + 0,211 + 0,222] = 0,509 \text{ нм}$ розміщені ближня і проміжна

зони. Таким чином, нормальна вода оточує гідрато-розділену іонну пару розчину хлориду натрію поверхнею радіуса R . Гексагональну плоску сітку, якою є структура льодоподібного каркасу води, можна перетворити в поверхню сфери або точніше “ікосаедра” будь-якого діаметра, замінивши в ній за певним мотивом дванадцять гексагональних вузлів на вузли з п’ятирною координацією (пентамери) [16]. Враховуючи, що поверхня, яку займає система з шести молекул води $S_6 = A^2 \cdot 2,598$, а з п’яти молекул – $S_5 = A^2 \cdot 1,785$, ($A = 0.254$ нм), то по відомому радіусу сфери R легко визначається кількість молекул, необхідна для створення даної сфери. Оцінка кількості молекул води, що знаходяться в другій проміжній зоні, проводиться шляхом обліку різниці об’ємів гідрато-розділеної іонної пари і сфери, що її описує. Для однієї іонної пари $\text{Na}^+ \cdot \text{Cl}^-$ за такими оцінками необхідно 352–358 молекул води. Наявність верхнього і нижнього значень пов’язана з тим, що не враховується правильність збору молекул води і наявність дефектів Б’єррума. В роботі [16] показано, що молекули води утворюють фрактально-кластерну структуру. Причому ступені порядку ідеальних алмазоподібних фракталів визначаються псевдоперіодами стрижнів триплетів. Кластер першого ступеня першого порядку містить 356 молекул води.

Таким чином, на одну молекулу NaCl в розчині (одну іонну пару) для “ідеальної” структури розчину необхідно 356 молекул води або в термінах масової концентрації це відповідає 0,9% розчину NaCl у воді, тобто аналогу фізіологічного розчину.

2. Для класичних (не квантових) величин вірогідність ω такої величини χ мати значення в інтервалі між χ і $\chi + d\chi$ пропорційна $e^{S(\chi)}$, де $-S(\chi)$ – ентропія, що формально розглядається як функція точного значення χ , тобто маємо:

$$\omega(\chi) = \text{const} \cdot S(\chi)$$

$$\text{або } \omega(\chi) = \text{const} \cdot e^{\frac{R_{\min}}{T_0}},$$

де R_{\min} – мінімальна робота, необхідна для того, щоб оборотним чином провести задану зміну термодинамічних величин даної малої частини тіла (по відношенню до якої решта частин тіла виконує роль “середовища”) [17].

Таким чином, найбільше впорядкована структура – структура, що має мінімальну кількість напружених зв’язків, володітиме мінімальною величиною флуктуацій. Тобто для структури, яка формується при масовій концентрації 0,9% NaCl у воді, величина флуктуацій і їх дисперсія будуть мінімальними. При

зміні співвідношення кількості молекул води і NaCl (концентрація більше 0,9% NaCl) величина флуктуації різко збільшується.

При дії на фізіологічний (впорядкований) розчин зовнішнього фізичного чинника, зокрема, ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності, відбуваються процеси прискорення об’єднання диполів води в кластери – накопичення енергії кластером – розрив кластера [2]. Впорядкована структура розчину піддається збуренням, які значно збільшують флуктуації. Після дії фізичним чинником малої інтенсивності (що механічно не руйнує структури) флуктуації всієї системи водних оболонок іонних пар оптимальної структури дещо зменшуються, порівняно з флуктуаціями до дії, що пов’язано з більш рівномірним розподілом даних структур одна щодо одної (процес “утруски” зовнішнім збудженням) (рис. 3 і рис. 4).

Якщо структура розчину неустоялась (збовтування рідини, перехідні процеси в пристінковому шарі), то і без дії фізичним чинником дисперсія велика (рис. 4). При дії ВВЧ-випромінювання на такий розчин максимум дисперсії спостерігається при часі дії 20 хвилин. Коли використовується фізіологічний розчин із структурою, що вже сформувалася, і величина дисперсії шуму температури без дії мала (рис. 3), то при дії ВВЧ-випромінюванням максимум дисперсії досягається при 15 хвилинах опромінювання, тобто за наявності структури немає необхідності витрачати енергію (час опромінювання) на її формування.

ВИСНОВКИ. Дослідження водних розчинів NaCl різної концентрації показало, що найчутливішим до зовнішніх фізичних впливів є розчин, концентрація NaCl якого складає 0,9%, що відповідає аналогу фізіологічного розчину і концентрації NaCl в крові людини.

Концентрація 0,9% NaCl у воді відповідає такій кількості молекул води, що створюють гідратні ближню, проміжну і дальню оболонки навколо іонної пари хлориду натрію, яка відповідає структурі фрактального кластера першого ступеня першого порядку, що має симетрію подібності атомному кластеру води.

При концентрації більше 0,9% в розчині не вистачатиме молекул води для створення дальньої, а при подальшому збільшенні концентрації хлориду натрію – і проміжної гідратних зон навколо іонної пари речовини, що розчиняється, що призведе до зміни властивостей розчину.

Гідратні оболонки води є динамічними структурами, в яких відбуваються обміни, заміщення молекул води, проте теплові рухи молекул води не руйнують дану динамічну структуру протягом довгого часу (“пам’ять” води).

При дії ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності на дистильовану воду і фізіологічний розчин величина середніх значень дисперсії шуму диференціальної температури збільшується під час опромінювання, а після дії зменшується, при цьому величина дисперсії стає меншою, ніж в неопроміненому розчині.

Література

1. Тамбиев. А.Х., Кирикова Н.Н., Латишин О.М., Яковлева М.Н., Мантрова Г.М. Изменение реакционной способности экзометаболитов синезеленой водоросли спирулина под действием ММ излучения. – Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения. – М.: ИРЭ АН СССР, 1987.
2. Лошицкий П.П., Курик М.В., Николов Н.А. Реакция водных растворов на действие низкоинтенсивных физических факторов // Электроника и связь. – 2002, – №16, – С. 80-84.
3. Лошицкий П.П. Терапевтические частоты в КВЧ-терапии // Электроника и связь. – 2002, – №17, – С. 20-21.
4. Лошицкий П.П., Сизов В.М., Мамаев В.Н., Дроздов Р.В. Физиотерапевтическая аппаратура на основе стохастических электромагнитных колебаний нетепловой интенсивности. Техн. электродинамика, Тем. Выпуск, Киев, 2006.
5. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии. – М.: Металлургия, 1972. – 544 с.
6. Фурман А.А., Бельды М.П., Соколов И.Н. Поваренная соль. – М.: Химия, 1989. – 272с.
7. Лошицкий П.П., Мамаев В.Н. Исследование теплового воздействия стохастических электромагнитных колебаний крайне высокой частоты низкой интенсивности на физиологический раствор // Электроника и связь. Тематический выпуск “Проблемы электроники”. Ч. 2. – 2007. – С.46–50.
8. Искин В.Д., Завгородний Ю.В., Яценко Н.М., Силина Л.К., Степула Е.В., Медведовский А.В., Райс Б.Г., Руденко С.В. Биологические эффекты миллиметровых волн. – Биофизика, 1987. Препринт №7591-В87.
9. Орябинская Л.Б., Лошицкий П.П., Мосиенко В.С., Орловский А.А., Полищук В.Ю. Структурированная вода и ее

Поеднання декількох вимірювань за однакових умов проведення експериментів дозволяє зменшити шуми, викликані зовнішніми перешкодами, без втрати основних закономірностей дії ВВЧ-випромінювання.

- роль в функционировании биологических систем // Электроника и связь. – 1999. – Т.1. – №6. – С.183–189.
10. Милюков В.В. Структура одноатомных жидкостей, воды и водных растворов электролитов. – М.: Наука. 1976. – 256 с.
 11. Романов А.Н. Влияние массовой концентрации минеральных солей на диэлектрические характеристики их водных растворов в микроволновом диапазоне // Радиотехника и электроника. – 2004. – Т.49. – №10. – С. 1235–1242.
 12. Засецкий А.Ю., Лилеев А.С., Ляценко А.К. Диэлектрические свойства водных растворов NaCl в СВЧ-диапазоне // Журнал неорганической химии. – 1994. – Т.39, №6 – С. 1035–1040.
 13. Ляценко А.К., Новскова Т.А., Лилеев А.С., Засецкий А.Ю., Гайдук В.И. Вращательное движение молекул воды в гидратных оболочках ионов и ши рокополосные диэлектрические спектры растворов электролитов // Журнал физической химии. – 1993. – Т.67, №8. – С. 1615–1622.
 14. Либерман Б.М., Гайдук В.И. Расчет диэлектрических и излучательных спектров водных растворов электролитов в широком диапазоне длин волн. Гибридная модель // Радиотехника и электроника. – 1999. – Т.44, №1. – С. 97–103.
 15. Шапошник В.А. Кинетическая теория водных растворов электролитов. // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2003. – №2. – С. 81–85.
 16. Буленков Н.А. О возможной роли гидратации как ведущего интеграционного фактора в организации биосистем на разных уровнях иерархии. // Биофизика. – 1991. – Т.36. – вып.2. – С. 181–243.
 - Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука. – 1964. – 567с.

УДК 616.28

ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ РЕЄСТРАЦІЇ ОТОАКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ (ОАЕ)

Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М.

dionis@voliacable.com lysenko@pson.ntu-kpi.kiev.ua

*Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”*

Розглянуто проблеми метрологічного забезпечення сучасного аудіологічного обладнання для об'єктивного дослідження слуху людини – засобів реєстрації ОАЕ. Обладнання вказаного виду належить до засобів вимірювальної техніки медичного призначення, на які поширюється державний метрологічний нагляд. Розглянуто методику визначення метрологічних характеристик експериментального зразка, яку доцільно використати при створенні єдиної методики повірки засобів реєстрації ОАЕ.

Ключові слова: отоакустична емісія (ОАЕ), система, слух, метрологічні характеристики, діагностування, „штучне вухо”

ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ ОТОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ (ОАЭ)

Лебедев Д.Ю., Лысенко А.Н.

*Национальный технический университет Украины
„Киевский политехнический институт”*

Рассмотрены проблемы метрологического обеспечения современного аудиологического оборудования для объективного исследования слуха человека – средств регистрации сигналов ОАЭ. Оборудование указанного вида принадлежит к средствам измерительной техники медицинского назначения, на которые распространяется государственный метрологический надзор.

Приведены требования к метрологическому обеспечению средств регистрации «эхо-сигналов» и проанализировано его состояние в стране, которое показало отсутствие соответствующих нормативных документов, единой методики поверки в государственных метрологических службах и наличие в обращении только необходимых поверочных инструментов (приборов «искусственное ухо» и шумомеров). Исходя из опыта определения метрологических характеристик созданного экспериментального образца эхо-скриннера ОАЭ, авторами рассмотрены поверочная схема, основные измерительные процедуры и средства их реализации. Указано, что к метрологическим характеристикам средств регистрации ОАЭ принадлежат основные погрешности установки частоты и уровня звукового давления стимулирующих тональных сигналов, а также их коэффициент гармоник. Предложено рассмотреть методику определения метрологических характеристик использовать при создании единой методики поверки средств регистрации ОАЭ в Украине.

Ключевые слова: отоакустическая эмиссия (ОАЭ), система, слух, метрологические характеристики, диагностика, “искусственное ухо”

PROBLEMS OF THE METROLOGICAL ASSURENCE OF INSTRUMENTS FOR REGISTRATION OF OTOACOUSTIC EMISSION (OAE)

D.Y. Lebedev, O.M. Lysenko

*National Technical University of Ukraine
“Kyiv Polytechnical Institute”*

The problems of metrological assurance of modern audiology instruments for the objective research of hear function of the person – facilities for registration of OAE signals. They belong to instruments of the measurement technique for the medical assignings to which the state metrological supervision is spreaded.

© Лебедев Д.Ю., Лысенко А.Н.

Resulted requirement to the metrological assurance of instruments for registration of “echo-signals” and its condition in country is analysed, which showed absence of the proper normative documents, single method of check in government metrological services and presence in use only of necessary test instruments (devices “artificial ear” and measuring device of noise). Coming from experience of determination of metrological features of the created experimental simple of OAE echo-screener, authors are considered a test scheme, basic measuring procedures and facilities of their realization.

It is indicated that the basic errors of setting of frequency, level of sound pressure of stimulate tone signals and their coefficient of harmonics, belong to metrological features instruments for registration of OAE. The considered method of determination of metrological features is offered to use for creation of single method of check of instruments for registration of OAE in Ukraine.

Key words: otoacoustic emissions (OAEs), system, hearing, metrological features, diagnostics, “artificial ear”.

ВСТУП. Відомо, що одним із основних та ефективних методів об’єктивного дослідження слуху людини на сьогодні є метод реєстрації звукових сигналів ОАЕ [1-3], який активно застосовується в аудіологічній практиці провідних країн світу, зокрема, при проведенні масового дитячого слухового скринінгу, в тому числі новонароджених. Метод полягає в реєстрації так званого “еха Кемпа”, що генерується структурами завитки внутрішнього вуха людини спонтанно або у відповідь на зовнішню акустичну стимуляцію. Спектральний склад та інтенсивність цього сигналу мають діагностичну цінність і несуть інформацію про стан внутрішнього вуха обстежуваного.

Вказаний вище метод реалізується у спеціальних технічних засобах – системах реєстрації ОАЕ, що складають разом із аудіометричним та імпедансометричним обладнанням окрему групу приладів серед засобів вимірювальної техніки медичного призначення, на які поширюється державний метрологічний нагляд [4-10].

Відсутність до останнього часу на ринку аудіологічного обладнання України промислових моделей засобів реєстрації ОАЕ вітчизняного виробництва призвела до оснащення (в незначній мірі) окремих медичних закладів засобами виробництва провідних закордонних фірм, зокрема, ТЕОАЕ25, OtoRead фірми Interacoustics та Capella фірми Madsen Electronics (Данія), ІЛО92 фірми Otodynamics Ltd (Великобританія), GSI AUDIOscreener фірми Grason-Statler (США) тощо, що, в свою чергу, породило ряд проблем, пов’язаних із їх технічним обслуговуванням і, насамперед, із проведенням з ними повірочних робіт. Адже відомо, що про достовірність одержаних в різних медичних закладах за допомогою різних типів засобів реєстрації ОАЕ результатів досліджень та про правомірність їх порівняння можна говорити лише при умові проведення в обов’язковому порядку відповідними державними метрологічними службами процедури повірки даних засобів при їх експлуатації.

Недодержання цієї умови, як наслідок, може стати причиною встановлення неправильного діагнозу і тим

самим вплинути на вибір методів та засобів лікування і реабілітації органа слуху.

Оскільки клінічні та скринінгові системи реєстрації ОАЕ закордонного виробництва, як правило, не включають до комплексу постачання інструкцій з їх технічного обслуговування, а в державних метрологічних службах України наразі відсутня єдина методика повірки даних засобів та відповідний досвід проведення такого роду робіт, це спонукає вітчизняні медичні заклади обмежуватися в основному лише проведенням періодичного суб’єктивного прослуховування приладів та контрольних обстежень на місці їх експлуатації. Останнє є недопустимим, оскільки може призвести до згаданих вище негативних наслідків.

Враховуючи важливість вирішення вказаних проблем для медичних закладів України та відсутність висвітлення на сторінках вітчизняних видань проблем метрологічного контролю засобів реєстрації ОАЕ, автори вважають за доцільне детальніше зупинитись на питанні метрологічного забезпечення сучасних систем реєстрації ОАЕ і запропонувати один із підходів для вирішення наявної проблеми, виходячи з досвіду успішного вирішення питань метрологічного забезпечення створеного в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» експериментального зразка системи [11-17] та інших засобів аудіометрії і акустичної імпедансометрії [8, 9].

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1. ВИМОГИ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ РЕЄСТРАЦІЇ ОАЕ ТА АНАЛІЗ ЙОГО СТАНУ

Згідно з ДСТУ 2681-94 [18] метрологічне забезпечення засобів включає установлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань. Відповідно до засобів реєстрації “ехо-сигналів” їх метрологічне забезпечення передбачає:

- наявність в обігу повірених приладів “штучне вухо”, за допомогою яких виконується повірка каналу формування стимулів системи при роботі з акустичним

зондом, до складу якого входять два мініатюрні телефони стимулюючого тону;

- впроваджену систему як державної повірки систем реєстрації, так і повірки, що здійснюється акредитованими метрологічними службами підприємств та організацій, підкріплених наявністю відповідних зразкових і робочих повірочних апаратурних засобів та нормативно-технічної документації.

На жаль, на сьогодні відсутні вітчизняні та міжнародні нормативні документи, що визначають технічні вимоги до засобів реєстрації ОАЕ, а також до обладнання для отримання їх метрологічних характеристик. Окрім цього, як вже зазначалось, в державних метрологічних службах України наразі відсутні єдина методика повірки зазначених засобів та відповідний досвід проведення такого роду робіт.

Зате можна констатувати факт наявності в обігу в країні необхідних повірочних інструментів, зокрема, приладів „штучне вухо” та прецизійних вимірювачів шуму. Зокрема, при нормуванні метрологічних характеристик каналу генерації стимулюючих сигналів засобів реєстрації ОАЕ в якості імітаторів акустичних характеристик зовнішнього вуха людини може бути використано прилад „штучне вухо” з акустичною узгоджувальною камерою об’ємом 2 см³ згідно з вимогами публікації ІЕС 60126 [19]. Оптимальним для вирішення цього завдання є застосування приладу “штучне вухо” типу 4152 [20], що має в комплекті постачання акустичну камеру вказаного об’єму.

Як правило, в схемах повірки аудіологічних засобів в якості вимірювального підсилювача з реєстратором використовуються прецизійні вимірювачі шуму. Для доведення до мінімуму впливу шуму зовнішнього середовища та різноманітних вібрацій при проведенні повірочних робіт на відносно низьких рівнях інтенсивності (50 дБ - 80 дБ) в повірочну схему підключається набір октавних або 1/3 октавних фільтрів. Вони дозволяють виконувати процедуру повірки не в звукоізованих, а в звичайних при-

міщеннях. Різні типи прецизійних вимірювачів шуму виготовляються рядом відомих закордонних фірм, зокрема типу 800В фірмою «Larson*Davis» (США), типу 2231 - 2235 фірмою «В&К» (Данія) тощо. В Україні здебільшого застосовуються вимірювальні комплекси типу 22С фірми RFT (Німеччина), які є дещо дешевшими і в невеликій кількості знаходяться в експлуатації ще з часів колишнього СРСР.

Але наявність лише одних повірочних інструментів не дозволяє говорити про вирішення у повному обсязі в Україні проблем метрологічного забезпечення засобів реєстрації „ехо-сигналів” ОАЕ, що об’єктивно унеможливає проведення з ними повірочних робіт та ставить під сумнів отримані результати діагностування.

2. ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ РЕЄСТРАЦІЇ ОАЕ В УКРАЇНІ

Для вирішення наявної проблеми автори пропонують наступне.

Виходячи із досвіду визначення метрологічних характеристик створеного експериментального зразка ехо-скринера ОАЕ, нижче розглянуто повірочну схему, основні вимірювальні процедури та засоби їх реалізації, які використовувались розробниками при налагодженні та випробуванні зразка. При цьому автори виходили із ідентичності реалізації процедур вимірювання вихідних параметрів тракту формування акустичних тональних стимулів системи реєстрації ОАЕ (в режимах ДРОАЕ та ТЕОАЕ) [2, 3] та каналу іпсилатерального стимулюючого тону аналізатора середнього вуха [21]. Це є коректним, оскільки вимірювання параметрів стимулів в обох випадках необхідно здійснювати через акустичну камеру типу DV 0138 об’ємом 2 см³ приладу “штучне вухо” типу 4152 шляхом підключення до неї акустичного зонда відповідного діагностичного засобу.

Процедура вимірювання частот, рівнів звукового тиску (РЗТ) та коефіцієнтів гармонік стимулів здійснювалася відповідно до схеми, наведеної на рис. 1.

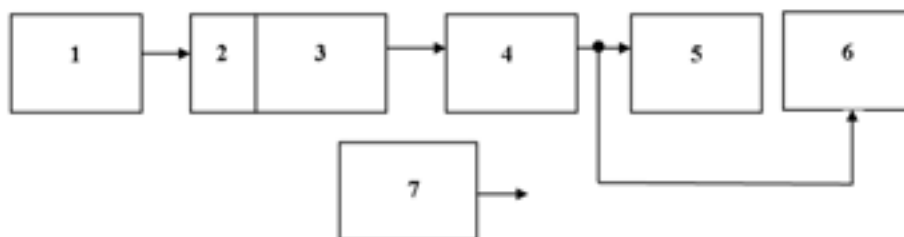


Рис. 1 - Схема робочого місця для вимірювання параметрів стимулів експериментального зразка ехо-скринера ОАЕ:

1 – ехо-скринер ОАЕ; 2 - акустичний зонд; 3 - прилад “штучне вухо” з вимірювальним мікрофономом; 4 - вимірювач шуму; 5 - вузькосмуговий фільтр; 6 - вимірювач нелінійних викривлень; 7 - калібратор звуку.

В якості складових наведеної схеми застосовано прилад “штучне вухо” типу 4152 та вимірювальний мікрофон типу 4144 фірми “B&K”, вимірювач шуму типу 00018, вузькосмуговий фільтр типу 01020 та калібратор звуку типу 05001 фірми “RFT”, а також вимірювач нелінійних викривлень типу С6-11.

Перед проведенням вимірювання параметрів тональних стимулів необхідно впевнитися у відсутності акустичного витікання між акустичним зондом засобу реєстрації ОАЕ та акустичною камерою зв'язку об'ємом 2 см³ приладу “штучне вухо”.

Зупинимось коротко на розгляді вимірювальних процедур. Слід зазначити при цьому, що до метрологічних характеристик засобів реєстрації ОАЕ належать основні похибки встановлення частоти та РЗТ стимулюючих тональних сигналів, а також їх коефіцієнт гармонік.

1. Визначення відносної похибки встановлення частоти тональних стимулів та їх коефіцієнта гармонік.

Вимірювання частот стимулів виконувалось відповідно до наведеної схеми шляхом установки акустичного зонда співвісно із камерою зв'язку типу DV0138 об'ємом 2 см³ приладу “штучне вухо” типу 4152 з мікрофоном типу 4144 та послідовного встановлювання вибраних робочих частот стимулів системи реєстрації ОАЕ, наприклад: 1000 Гц, 2000 Гц, 3000 Гц, 4000 Гц, 5000 Гц та 6000 Гц при максимальному РЗТ тону 80 дБ спочатку для одного, а потім іншого каналів стимуляції (в режимі DPOAE).

Отримані за допомогою вимірювача нелінійних викривлень покази не повинні перевищувати максимального допустимого значення 5% для кожної із вибраних робочих частот [21].

Визначення відносної похибки встановлення частоти стимулюючого тону здійснювалось згідно з наступним виразом:

$$\Delta F = \left(\frac{F_{\text{вим.}} - F_{\text{ном.}}}{F_{\text{ном.}}} \right) \cdot 100\%,$$

де $F_{\text{ном.}}$ - номінальне значення встановленої частоти, Гц; $F_{\text{вим.}}$ - значення виміряної частоти, Гц. При цьому отримані значення похибок не повинні перевищувати $\pm 3\%$ [21].

2. Визначення абсолютної похибки встановлення РЗТ стимулюючих сигналів.

Вимірювання РЗТ стимулів кожного із двох каналів стимуляції виконувалось відповідно до наведеної вище схеми шляхом послідовного змінювання рівнів в діапазоні від 50 дБ до 80 дБ через ступінь 5 дБ на всіх вибраних в п. 1 робочих частотах стимуляції.

Визначення абсолютної похибки ΔL встановлення РЗТ виконувалось згідно з наступним виразом:

$$\Delta L = L_{\text{ном.}} - L_{\text{вим.}}$$

де $L_{\text{ном.}}$ - номінальне значення встановленого рівня, дБ; $L_{\text{вим.}}$ - рівень звукового тиску згідно з показами вимірювача шуму, дБ.

Отримані значення похибок вимірювання РЗТ стимулів не повинні перевищувати ± 3 дБ на всіх вибраних частотах стимуляції [21].

ВИСНОВКИ. Наявні на сьогоднішній день в Україні проблеми метрологічного забезпечення систем реєстрації ОАЕ можуть бути вирішені шляхом створення єдиної для державних метрологічних служб України методики їх перевірки на основі розглянутих в роботі повірочної схеми та вимірювальних процедур тракту генерації стимулюючих сигналів експериментального зразка ехо-скринера ОАЕ, успішно апробованих авторами при проведенні його випробувань. Розробка такої методики є нагальною потребою для аудіологічного обладнання закордонного виробництва, що знаходиться наразі в експлуатації в медичних закладах країни.

Література

1. Kemp D.T. Stimulated acoustic emission from within the human auditory system // J. Acoust. Soc. Am. – 1978. – Vol. 64. – P. 1386-1391.
2. Katz J. Handbook of clinical audiology. Fours editional. – Baltimor (USA).: Williams&Wilkins, 1994. – 839 p.
3. Лисенко О.М. Сучасні методи та засоби дослідження слуху людини: Монографія. – К.: Видавництво “КВІЦ”, 2002. – 176 с.
4. Лисенко О.М., Іващенко А.П. Сучасні засоби вимірювальної техніки для дослідження слуху: класифікація, функціональні можливості та тенденції розвитку // Український метрологічний журнал. – 2002. – № 3. – С. 52-57.

5. Пат. 52523А України, МПК7 А 61 В 5/12. Портативний ручний імпедансний аудіометр/О.М. Лисенко. – № 2002087069; Заявл. 29.08.02; Опубл. 16.12.02; Бюл. ДДІВ № 12.
6. Пат. 69369А України, МПК7 А 61 В 5/12. Аудіометр/О.М. Лисенко. – № 20031213248; Заявл. 31.12.03; Опубл. 16.08.04; Бюл. ДДІВ № 8.
7. Пат. 69368А України, МПК7 А 61 В 5/12. Імпедансний аудіометр/О.М. Лисенко. – № 20031213247; Заявл. 31.12.03; Опубл. 16.08.04; Бюл. ДДІВ № 8.
8. Лисенко А.Н. Диагностический высокочастотный аудиометр АВА1 // Український метрологічний журнал. – 1999. – № 3. – С. 52-57.

9. Лысенко А.Н. Метод измерения, структура построения и основные функциональные возможности акустического ушного импедансметра АУИ1 // Украинський журнал медичної техніки і технології. – 1999. – №1. – С. 36-46.
10. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 11.02.1998р. №113/98-ВР.
11. Пат. 70880А України, МПК 7 А 61 В 5/12. Система реєстрації отоакустичної емісії (варіанти) / О.М. Лисенко, Д.Ю. Лебедев – №20031213245; Заявл. 31.12.03; Опубл. 15.10.04; Бюл. ДДІВ №10.
12. Лебедев Д.Ю. Моделювання вимірювального тракту системи реєстрації отоакустичної емісії // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2005. – №3. – С. 31-33.
13. Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М. Розроблення тракту вимірювання та реєстрації сигналів отоакустичної емісії (ОАЕ) на основі процесора TMS320VC5510 // Приладобудування 2006: стан і перспективи: Тези доповідей П'ятої науково-технічної конференції. – Київ. – 2006. – С. 229.
14. Лебедев Д.Ю. Розроблення тракту генерації стимулів системи реєстрації отоакустичної емісії (ОАЕ) на основі процесора TMS320VC5510 // Информационные технологии и кибернетика 2006: Сборник докладов и тезисов IV-го Международного научно-практического форума. – Днепропетровск: ИТМ. – 2006. – С. 82.
15. Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М. Проектування акустичного зонду системи реєстрації отоакустичної емісії (ОАЕ) // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2006. – Спецвипуск. – С. 172–174.
16. Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М. Обґрунтування вибору елементів тракту генерації та вимірювання системи реєстрації ОАЕ // Приладобудування 2007: стан і перспективи: Тези доповідей Шостої науково-технічної конференції. – Київ. – 2007. – С. 348.
17. Лисенко О.М., Лебедев Д.Ю. Розроблення тракту вимірювання та реєстрації сигналів отоакустичної емісії на основі процесора TMS320VC5510: Вісник НТУУ «КПІ», серія Приладобудування. – 2007. – №33. – С. 134-139.
18. ДСТУ 2681 - 94. ДСЗЭВ. Метрологія. Терміни та визначення.
19. IEC 60126: 1973. IEC reference coupler for the measurement of hearing aids using earphones coupled to the ear by means of ear inserts.
20. БРЮЛЬ и КЪЕР. Искусственное ухо типа 4152. Описание и применение. – Себорг.: К.Ларсен и сын, 1972. – 26 с.
21. IEC 1027: 1991. Instruments for the measurement of aural acoustic impedance/admittance.

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ У СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Федорук П.І. pavlo@pu.if.ua

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

У статті розглянуто можливості реалізації методів адаптивного тестування, подано найпростіші та необхідні процедури статистичної обробки результатів тестування знань і методи оцінки якості тесту. Розглянуто підхід до конструювання тестів, представлений в сучасній теорії тестування на основі математичної теорії параметричної оцінки тестових завдань на базі однопараметричної моделі Раша.

Ключові слова: адаптивний тест, статистична обробка, логіти рівнів складності.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Федорук П.И.

Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника

В статье рассмотрены возможности статистических методов анализа результатов тестирования, приведены простейшие и необходимые процедуры обработки результатов тестирования знаний и методы оценки качества теста. Рассмотрено подход к конструированию тестов, который представлен в современной теории тестов на основе математической теории параметрической оценки тестовых заданий на базе однопараметрической модели Раша.

Ключевые слова: адаптивный тест, статистическая обработка, логит уровня сложности.

REALIZATION OF METHOD OF ADAPTIVE TESTING IN SYSTEM OF DISTANCE EDUCATION

P.I. Fedoruk

Precarpathian National University by Vasyl Stefanyk

The article reveals the possibilities of static methods of analysis of test results, gives the simplest and the most necessary procedures of statistical processing of knowledge test results and methods of evaluation of test quality. The article describes the approach to test construction which is described in the modern test theory on the basis of mathematical theory of parametric evaluation of test tasks on the basis of oneparametric model of Rasch.

Key words : adaptive test, statistical processing , logit of level of evaluation.

ВСТУП. Одним із найоб'єктивніших методів контролю та оцінювання знань, умінь і навичок, який позбавлений таких традиційних недоліків інших методів контролю знань, як неоднорідність вимог, суб'єктивність екзаменаторів та невизначеність системи оцінок, є тестування [1]. Деталі, пов'язані з комп'ютерним контролем знань, є об'єктом неабиякого інтересу для викладачів вузів і творців засобів ре-

лізації такого контролю. Крім того, питання комп'ютерного контролю недостатньо широко освітлені в теоретичному плані, і інтерес до них, як правило, реалізовується в більшості випадків шляхом створення чергової програми комп'ютерного контролю із завчасно складеним набором контрольних завдань. Проте, в області комп'ютерного контролю не все так очевидно, як здається на перший погляд. Існують деякі важливі питання, які або висвітлені в малодоступній літературі, або пропрацьовані недостатньо [2].

Тому вивчення, розробка та вдосконалення нових форм і методів комп'ютерного контролю знань є важливою і актуальною проблемою.

2. Традиційні тести

Перші наукові праці із теорії тестів з'явилися на початку XX століття, на стику психології, соціології, педагогіки й інших так званих поведінкових наук (Behavioral Sciences)[3]. Психологи називають цю науку психометрикою (Psychometrika), а педагоги – педагогічним виміром (Educational measurement). Одним з перших займався конструюванням та впровадженням тестового контролю в американській школі всесвітньо відомий американський учитель Е. Торндайк (1874–1949). Тестування як об'єктивний контроль рівня освітньо-професійної підготовки фахівця впроваджував французький психолог А. Біне, який розробив у 1900–1915 роках тести для перевірки інтелекту. Праці інших вчителів – О. Стоуна, Б. Зекінгема, Т. Келлі, Ч. Спірмена – присвячені створенню системи базових тестових завдань. У радянській школі були невдалі спроби працювати за тестовою технологією у 30-х та 70-х роках, але розповсюдження цей вид контролю не отримав. Із впровадженням модульно-рейтингової системи, тестові завдання є базою для перевірки досягнутого рівня розвитку здібностей, знань та умінь.

Традиційний тест являє собою стандартизований метод оцінки рівня знань і структури підготовленості людини. При проведенні такого тестування всі відповіді на одні і ті ж завдання, протягом однакового часу, в однакових умовах і з однаковими правилами оцінювання відповідей. Головна мета застосування традиційних тестів – визначити співвідношення порядку, що встановлюється за рівнем знань між тими, хто проходить тестування. І на цій основі визначити місце (чи рейтинг) кожного. Тут виникає одне з головних питань теорії тестів – питання підбору оптимального за деякими критеріями тесту. Кожен тест може відрізнитися від інших тестів кількістю завдань, їх складністю, а також багатьма іншими характеристиками. З прагматичної точки зору краще робити тест, що має порівняно менше число завдань, але який може відобразити весь спектр задач.

Один з актуальних напрямків сучасної організації тестового контролю – це *індивідуалізація контролю*, що приводить до значної економії часу тестування. Контроль ведеться за допомогою заздалегідь відкаліброваних за рівнем складності завдань. Якість тесту традиційно зводиться до визначення міри його *надійності* і *валідності* отриманих результатів. Якнісим, як і об'єктивним, можна назвати тільки той

метод виміру, який обґрунтований науково і здатний дати необхідні результати. Теоретично виправданим критерієм упорядкування змісту є критерій складності завдань. Позанавчальний зміст (наприклад, перевірка рівня інтелектуального розвитку) у навчальний тест не включається. Це предмет психологічного виміру.

Складність завдань можна визначити двома способами:

1. На основі оцінки передбачуваного числа і характеру розумових операцій, необхідних для вдалого виконання завдань і оцінки підготовки студента;

2. На основі емпіричної перевірки завдань, з підрахунком частки неправильних відповідей на запитання тестів різної складності.

У класичній теорії тестів багато років розглядалися тільки емпіричні показники складності. У сучасних теоріях навчальних тестів, які використовуються в дистанційному навчанні, більше уваги почали приділяти характеру розумової діяльності у процесі виконання тестових завдань різних форм і психологічного типу студента. Показник складності завдання розглядається як важливий системо- і, одночасно, структуроутворюючий фактор тесту.

3. Адаптивні тести

Доцільність адаптивного контролю впливає з необхідності раціоналізації традиційного тестування. Кожен викладач розуміє, що добре підготовленому студенту немає необхідності давати легкі завдання, оскільки такі матеріали не володіють помітним потенціалом розвитку. Аналогічно, через високу імовірність неправильного рішення нема рації давати важкі завдання слабкому учню. Відомо, що важкі і дуже важкі завдання знижують навчальну мотивацію багатьох учнів. Потрібно знайти порівняння в одній шкалі для міри складності завдань і міри рівня знань. Ця міра була знайдена в теорії педагогічних вимірів. Датський математик Г. Раш назвав цю міру словом «логіт» [4]. Після появи комп'ютерів ця міра лягла в основу методики адаптивного контролю знань, де використовуються способи регулювання складності і числа пропонованих завдань, залежно від відповіді учнів. При успішній відповіді комп'ютер підбирає більш важке наступне завдання, при неуспішній – легше. Зрозуміло, цей алгоритм вимагає попереднього випробування всіх завдань, визначення їх міри складності, а також створення банку завдань і спеціальної програми. Використання завдань, що відповідають рівню підготовленості, істотно підвищує точність вимірів і мінімізує час індивідуального тестування до 5-10 хвилин. Адаптивне тестування

дозволяє забезпечити комп'ютерну видачу завдань на оптимальному, приблизно 50%-му рівні імовірності правильної відповіді для кожного учня.

Модель Раша. Успіх учасника тестування при розв'язанні деякого тестового завдання залежить від двох факторів: складності завдання і рівня підготовки учасника. Ймовірність того, що деякий учасник вірно виконає конкретне завдання, є функцією щонайменше двох аргументів – рівня підготовки учасника тестування S та рівня складності даного завдання t :

$$P = P(S, t).$$

Таку функцію називають функцією успіху. Якщо вигляд функції успіху відомий, то за результатами випробувань можна методами математичної статистики з певною точністю оцінити аргументи цієї функції, а саме, у числі і рівень складності завдань [5].

Основна логістична модель Раша полягає в тому, що ймовірність правильної відповіді першим учасником (більш підготовленим) на перше завдання має співпадати із ймовірністю правильного виконання другим учасником (менш підготовленим) другого завдання (менш складного).

Із цього впливає, що

аргументи S і t тісно пов'язані між собою, неможливо визначити один із них, не визначивши другий;

ймовірність успіху залежить не від кожного аргументу S і t окремо, а від їх відношення:

$$P = P(S, t) = P_1(\xi), \quad \xi = \frac{S}{t}$$

Параметри S і t називають латентними (не спостережуваними) параметрами [6], оскільки вони описують деякі приховані характеристики учасників тестування та тестових завдань.

Функція успіху запишеться у вигляді однорідної функції нульового порядку:

$$P = P(S, t) = \frac{S}{S + t} = \frac{S/t}{S/t + 1} = \frac{\xi}{\xi + 1}$$

Ця найпростіша модель ймовірності успіху була запропонована в 1957 році математиком із Данії, Джорджем Рашем [7]. Вона вперше дала можливість об'єктивно визначати співвідношення між учасниками тестування і тестовими завданнями довільних рівнів підготовки та складності.

4. Реалізація адаптивного тестування на основі моделі Раша

За допомогою моделі Раша можна на основі тестувань визначити рівні складностей тестових завдань. Як наслідок, питання, які були задіяні в тесті можна розмістити на одній шкалі. Але для шкалування всієї

сукупності питань із бази тестів не можна просто застосувати модель Раша. Адже для одного тесту здійснюється лише вибірка окремої кількості питань. Необхідною умовою для застосування моделі Раша є те, що всі вибрані завдання повинні бути запропоновані кожному із студентів. В результаті ми отримуємо щільну матрицю результатів. Для шкалування наступної (відмінної від попередньої) вибірки питань на ту ж саму шкалу отримати логіти рівнів складності недостатньо, тому що при наступному тестуванні рівні знань студентів можуть відрізнятись і навіть склад групи дещо може різнитись від складу протестованих у попередньому тесті. Тому ми запропонували метод калібрування на основі трьох опорних завдань із попереднього тесту. Таким чином, у результаті скінченної кількості поточних тестувань можна звести на одну шкалу всі питання з бази. Кількість таких експериментальних тестувань залежить від вибірок.

Процес застосування даного методу зображено на схемі (рис. 1).

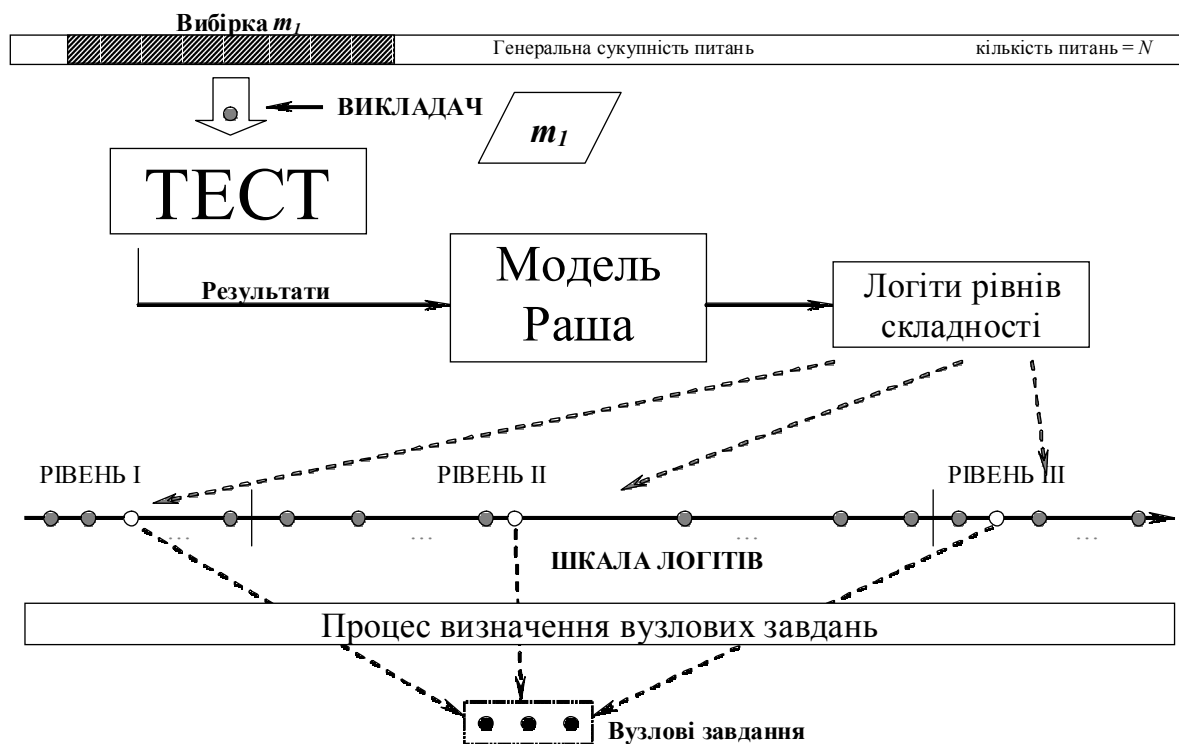
Таким чином було сформульовано постановку задачі для практичної реалізації методу визначення міри складності тестового завдання на основі однопараметричної моделі Раша. Для реалізації цього методу нами було створено програмний модуль до існуючої системи дистанційного навчання за допомогою засобів РНР, який виконує контроль над подачею тестових питань, опрацьовує результати тестувань за допомогою методів, описаних вище, ставить у відповідність ідентифікатору питання значення логіта рівня складності. Це дозволяє розмістити питання на одній метричній шкалі.

Алгоритм функціонування такого модуля можна подати в вигляді блок-схеми, яка зображена на рисунку 2.

На перших стадіях функціонування дистанційного курсу формується перший тест для поточного тестування. Для тестового контролю в даному курсі викладач формує категорії завдань, із яких будуть вибиратися завдання для тестувань. Для першого тесту викладач задає кількість випадково відібраних завдань з цих категорій (рисунк 3). На рисунку видно, що для тесту відібрано два завдання із категорії 1 і набір з десяти випадкових завдань з цієї ж категорії.

Після цього формується нова категорія „звжених” завдань, в котру ці завдання автоматично переносяться з наявних вже категорій. Відбувається організоване тестування. Після закінчення ми отримуємо щільну первинну матрицю результатів. Вона опрацьовується за допомогою моделі Раша. В результаті ми отримуємо масив логітів рівнів складності цих завдань.

Етап I



Етап II

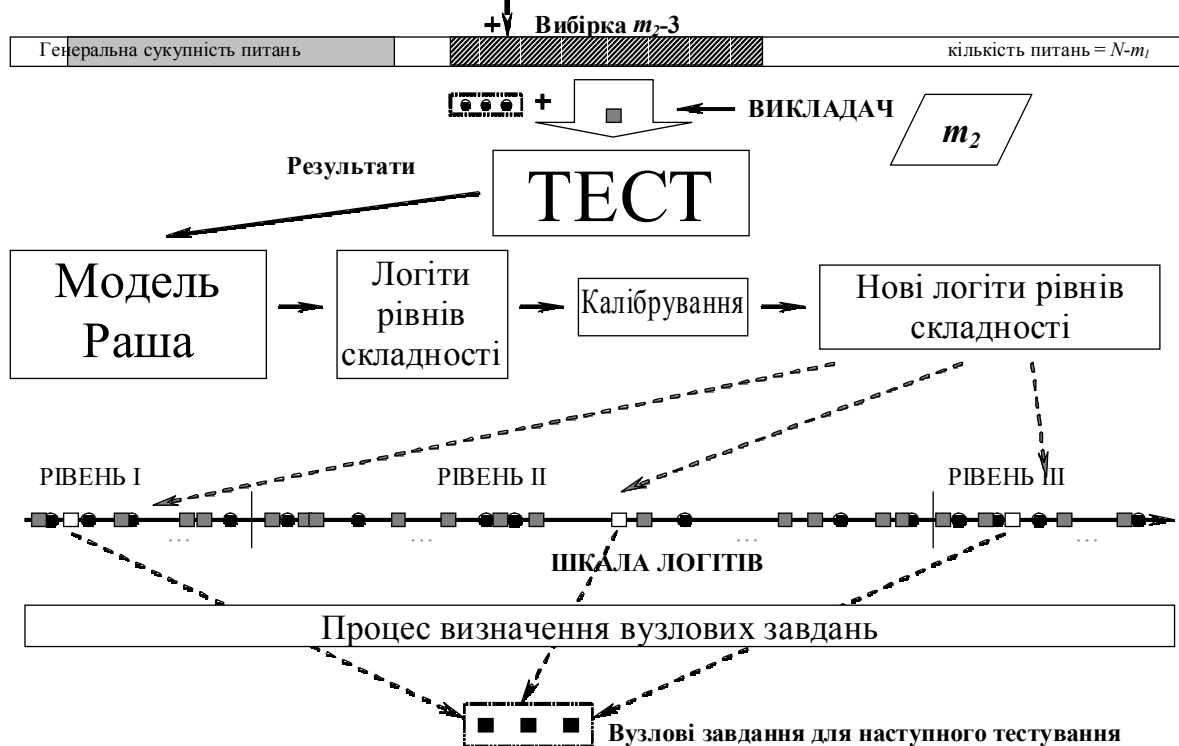


Рис.1. Процес шкалування тестових завдань генеральної вибірки

(I-II етап)

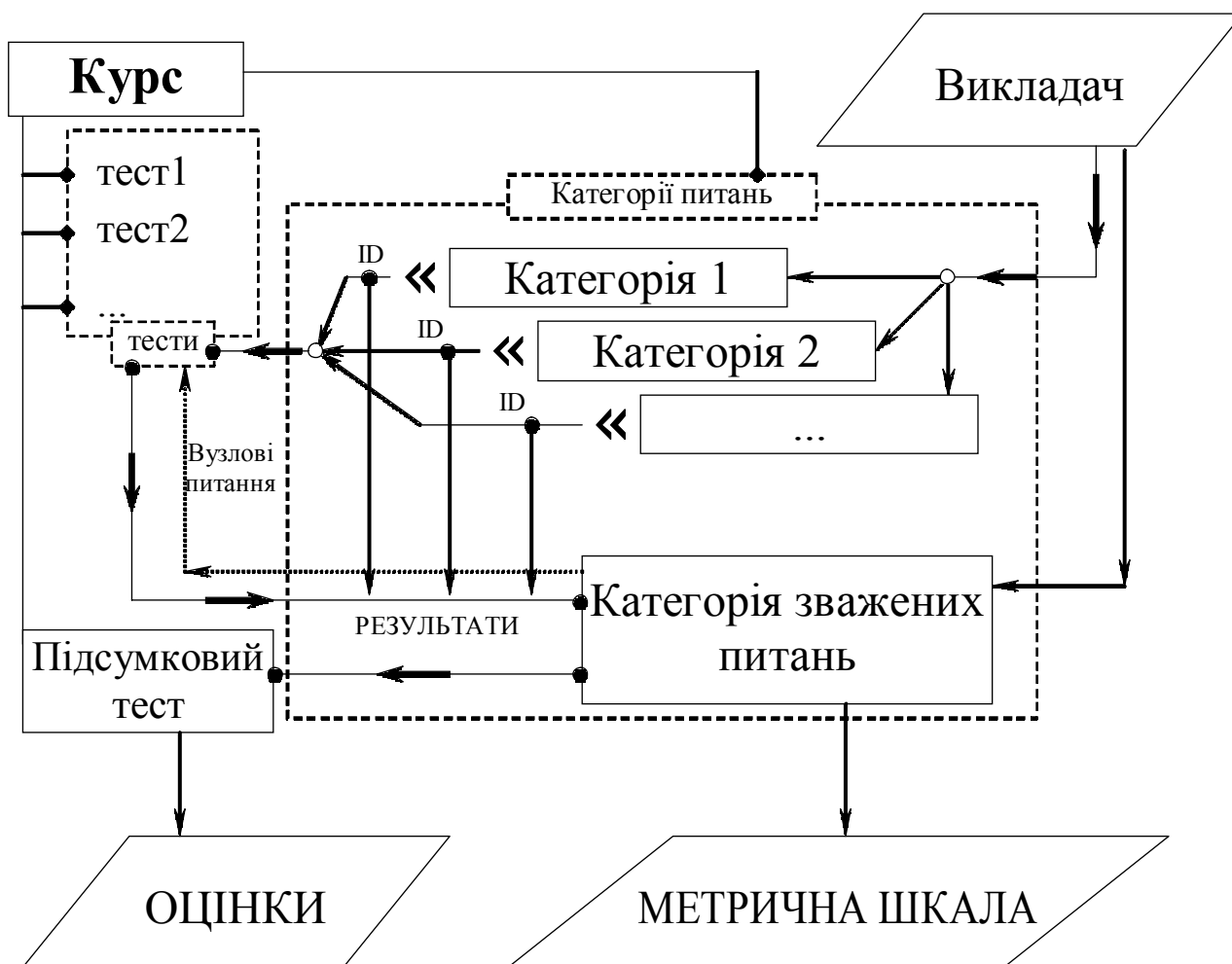


Рис.2. Блок-схема програми

При створенні наступних тестів викладач вибирає завдання із групи „незважених”, що залишилися в наявних категоріях. Таким чином, протягом поточних тестувань вичерпується вся генеральна сукупність тестових завдань, передбачених для даного курсу. Для того, щоб звести на одну шкалу логіти рівнів складності завдань, задіяних в другому тестуванні, перед тестуванням відбувається процес визначення вузлових завдань. В даному експерименті це значення логітів, що набувають від’ємного, близького до нуля, додатного значень відповідно. Фактично, тепер ці завдання відповідають трьом рівням складності. За допомогою результатів відповідей на ці ж питання в другому тестуванні ми можемо визначити поправку для визначення логітів, які розмістяться на потрібній нам метричній шкалі.

Процес вибору і переміщення завдань між категоріями аналогічний до попереднього. В експерименті нами було передбачено, що протягом поточних тестувань будуть зважені всі завдання з курсу і при

підсумковому тестуванні можуть бути враховані ваги питань. Таким чином, ми вирішуємо проблему неадекватності визначення рівня знань студента. Маючи логіти, які відповідають завданням на метричній шкалі, такий метод надає можливість оцінити знання студента, враховуючи складність завдань, на які він відповідав.

ВИСНОВОК. Створення описаного вище програмного модуля є вагомим кроком у розвитку систем адаптивного комп’ютерного контролю знань. Результати роботи програм, що базуються на математичній моделі Раша, дозволяють адекватно визначити міри складностей тестових завдань, незалежно від рівнів знань студентів, що брали участь в тестуваннях. Це суттєво впливає на ефективність визначення адекватної оцінки знань. Встановлення рівнів складностей тестових завдань і можливість звести логіти на одну метричну шкалу дозволяє розбити базу тестових завдань на рівні складності. Це дуже важливий крок для адаптації тестового контролю знань в систе-

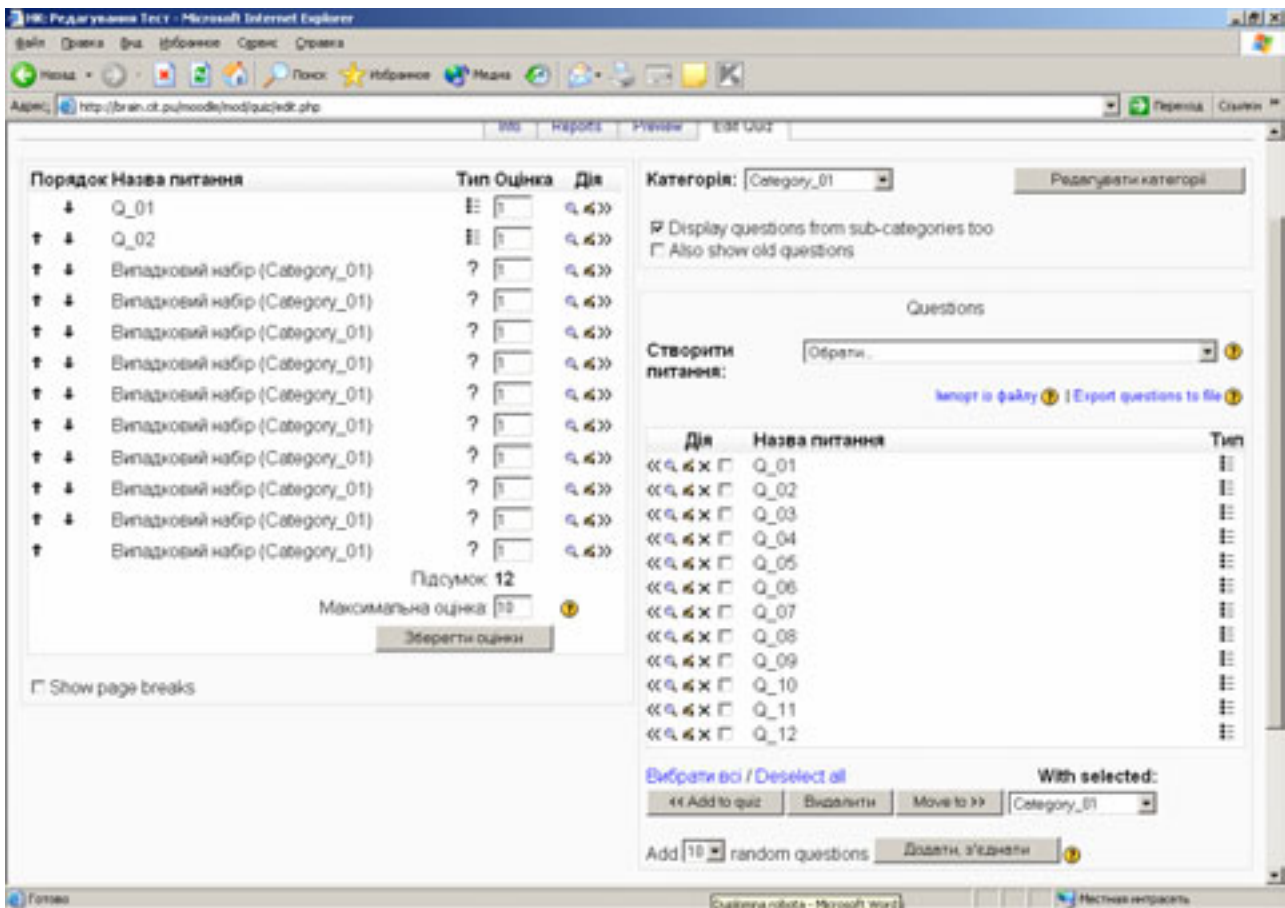


Рис.3 Інтерфейс викладача

мах дистанційного навчання. Адже адаптивний тест включає регулювання подачі різних за складністю завдань під час процесу тестування. Особливістю методу, що використовується в даному програмному модулі є те, що зведення логітів рівнів складності тестових завдань відбувається на основі результатів поточних тестувань. Тобто протягом проходження курсу студент перевіряє свої знання, а ми, в свою чергу, використовуємо результати таких перевірок для визначення мір складності тестових завдань.

Важливим елементом вдосконалення вищеописаних процесів є можливість уточнення логітів рівнів складності тестових завдань. Тобто, розміщення числових значень на метричній шкалі буде змінюватись і покращуватись протягом наступних поточних тестувань і навіть в інших групах студентів. Цим і визначається одна з особливостей даного програмного модуля, який базується на обробці первинних результатів за допомогою математичної моделі Раша.

Література

1. Аванесов В.С. Теория и методика педагогических измерений (материалы публикаций). – М.: Подготовлено ЦТ и МКО УГТУ-УПИ, 2005. – 98 с.
2. Кривицкий Б.Х. К вопросу о компьютерных программах учебного контроля знаний // Международный журнал "Образовательные технологии и общество". – Т. 7, № 2. – 2004. – С. 158-169.
3. Аванесов В.С. Научные проблемы тестового контроля знаний — М., 1994. — 135 с.
4. Trevor G. Bond, Christine M. Fox. Applying the Rasch Model. Fundamental Measurement in the Human Sciences. 2001. – 280 p.
5. Чельшкова М.Б. Разработка педагогических тестов на основе современных математических моделей: Уч. пособие. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1995. – 32 с.
6. Lord F.M. Application of Item Response Theory to Practical Testing Problems. Hillsdale N-J. Lawrence Erlbaum Ass., Publ., 1980. – 266 p.
7. Rasch, G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. With a Foreword and Afteward by B.D. Wright. The Univ. of Chicago Press. Chicago & London, 1980. – 199 p.

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

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я “ЕЛЕКТРОННА ЛІКАРНЯ”

Козлов С.М., Моїсєєв Ю.В.

*Національний медичний університет імені О.О.Богомольця
Закрите акціонерне товариство «СОФТЛАЙН»*

Розглянуті проблеми створення сучасної інформаційно – аналітичної системи для установ охорони здоров'я в Україні.

Показано на конкретному прикладі, що саме інформація є основою для прийняття рішень в лікарні. Тому автоматизація установи обов'язково приведе до підвищення ефективності її роботи і, як наслідок, – до поліпшення якості надання медичної допомоги. Розробка інформаційно – аналітичної системи «Електронна лікарня» здійснювалася в два етапи і наступний ступінь її розвитку повинен бути пов'язаний з телемедициною.

Наголошується, що в нових соціально - економічних умовах слабкою ланкою в інформатизації системи охорони здоров'я в Україні є відсутність затвердженого єдиного стандарту медичної інформації.

Підкреслюється необхідність розробки єдиної медичної уніфікованої документації.

Ключові слова: інформатизація медицини, уніфікована медична документація, стандарти обміну інформацією, телемедицина.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ «ЭЛЕКТРОННАЯ БОЛЬНИЦА»

Козлов С.Н., Моисеев Ю.В.

*Национальный медицинский университет имени А.А.Богомольца
Закрытое акционерное общество «СОФТЛАЙН»*

Рассмотрены проблемы создания современной информационно – аналитической системы для учреждений здравоохранения.

Показано на конкретном примере, что именно информация является основой для принятия решений в больнице. Поэтому автоматизация учреждения обязательно приведет к повышению эффективности его работы и, как следствие, – к улучшению качества оказания медицинской помощи. Разработка информационно-аналитической системы «Электронная больница» осуществлялась в два этапа и следующая ступень её развития должна быть связана с телемедициной.

Отмечается, что в новых социально - экономических условиях слабым звеном в информатизации системы здравоохранения в Украине является отсутствие утвержденного единого стандарта медицинской информации.

Подчеркивается необходимость разработки единой медицинской унифицированной документации.

Затронуты также важные вопросы использования международных стандартов обмена информацией.

Ключевые слова: информатизация медицины, унифицированная медицинская документация, стандарты обмена информацией, телемедицина.

INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF ESTABLISHMENTS OF PUBLIC HEALTH SERVICE «ELECTRONIC HOSPITAL»

S.M. Kozlov, Yu.V. Moiseyev

*National Medical University by O.O. Bohomolets
Joint-Stock Company “Softline”*

Problems of creating a modern information and analytical system for establishments of public health service in Ukraine are considered.

It is shown on a concrete example that exactly information is a basis for decision-making in a hospital. Therefore, the automatization of establishment will sure to result in increase of efficiency of its work and, consequently, to improved quality

© Козлов С.М., Моїсєєв Ю.В.

of rendering medical care. The development of information and analytical system "Electronic hospital" was carried out in two stages and the following step of its development should be connected to telemedicine.

It is noted, that under new social and economic conditions a weak part in information system in public health service in Ukraine is the absence of authorized integral standards in medical information.

The necessity of developing the integral unified medical documentation is emphasized.

Key words: informatization of medicine, unified medical documentation, standards of information interchange, telemedicine.

ВСТУП. Інформатизація сьогодні стає однією з найважливіших складових частин існуючих і нових програм в галузі охорони здоров'я. Вона повинна об'єднати комплекс заходів щодо розробки та впровадження організаційного, методичного, програмного та технічного забезпечення цих програм.

Для отримання об'єктивної та своєчасної інформації все більше керівників використовують інформаційні системи. Автоматизація полегшує життя не тільки керівникам, але й персоналу. Інформаційна система перебирає на себе всю або майже всю паперову роботу лікаря, який може присвятити свій вивільнений час творчій роботі. Під медичною інформаційною системою зазвичай розуміють комплекс методологічних прийомів, технічних засобів та алгоритмів управління, що призначені для збору, обробки, збереження та передачі інформації в лікувально – профілактичних закладах.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Інформаційно – аналітична система «Електронна лікарня» створена відпо-

відно до Концепції державної політики інформатизації охорони здоров'я України. Основним її завданням є автоматизація існуючих лікувально-діагностичних процесів закладів охорони здоров'я.

Система дозволяє організувати оперативний та ефективний доступ до інформації про пацієнтів при забезпеченні необхідного рівня захисту інформації, а також виконувати контроль за роботою лікувально-діагностичних підрозділів, мінімізувати витрати часу на функції контролю виконання, підвищити їх достовірність (рис. 1).

Єдиний електронний архів історій хвороби та облікових карток дозволяє максимально скоротити час на пошук необхідних карток, спростити контроль за їх належним опрацюванням (рис. 2).

Гнучкість, високий рівень масштабування системи гарантують, що протягом багатьох років існуватиме можливість розширення функціональності, необхідної закладам охорони здоров'я, адаптації до змін в законодавстві та організації процесів, а також до-

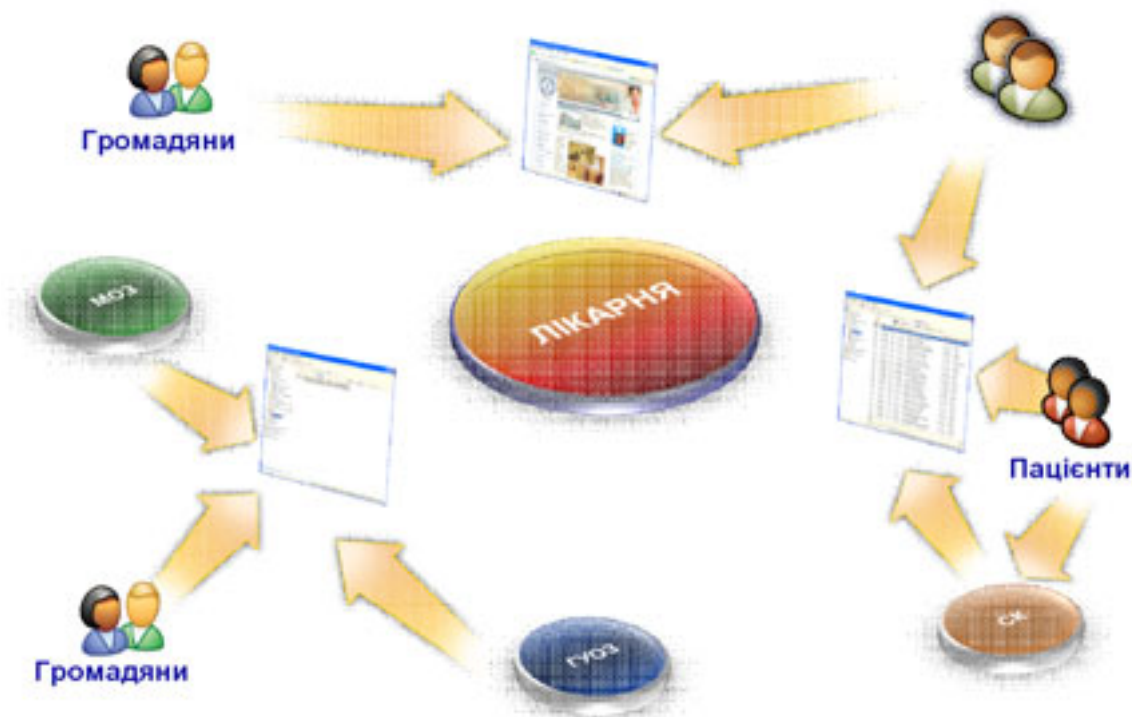


Рис.1. Інформаційно-аналітична система «Електронна лікарня».



Рис.2. Єдиний електронний архів історій хвороби та облікових карток.

даткового підключення до системи такої кількості користувачів, що буде потрібна (тобто кількість визначатиметься наявним апаратним обладнанням, а не архітектурою програмного забезпечення). Зазначені

гарантії й забезпечують високу захищеність інвестицій у придбання та розвиток системи.

Компоненти (підсистеми) інформаційно-аналітичної системи «Електронна лікарня» представлені на рис. 3.



Рис.3. Компоненти (підсистеми) інформаційно-аналітичної системи «Електронна лікарня».

Надамо перелік функцій, що виконують окремі компоненти інформаційно-аналітичної системи «Електронна лікарня».

Реєстрація

- реєстрація даних про пацієнта;
- автоматична журналізація відвідувань пацієнтів;
- реєстрація відмов пацієнтам;
- друк картки форми 003/о;
- пошук інформації про пацієнта в базі даних.

Підсистема «Стационар»



- облік і реєстрація пацієнта з розміщенням його в палаті;
- формування картки лікування пацієнта із зазначенням медикаментозного впливу й лікувально-профілактичних процедур;
- введення і підтримка в актуальному стані відомостей про палатний фонд та фонд місць стационару.

Інтеграція з лабораторними і діагностичними дослідженнями

- збереження результатів роботи з діагностичним устаткуванням медичного центру в графічному форматі в історії хвороби;
- фіксація результатів лабораторних досліджень медичного центру в історії хвороби.

Планування роботи лікарів

- формування графіка прийому лікарями медичного центру;
- оперативна оцінка завантаження фахівців однієї спеціальності при попередньому записі пацієнта;
- оперативна зміна розкладу.

Лист непрацездатності



- облік і реєстрація виданих лікарняних листів;
- експорт даних про діагноз пацієнта в картку лікарняного листа;
- підрахунок кількості лікарняних листів по підрозділах за будь-який період.

Статистика та звітність

- ведення історії хвороби пацієнта;
- первинний огляд та призначення лікарських засобів, процедур;
- аналіз завантаженості лікарів;
- облік статистики діагнозів пацієнтів;
- облік результатів прийому лікарів і проведених досліджень, процедур, операцій;
- формування медичної звітності.

Адміністрування та аудит

- можливість створення внутрішнього облікового запису користувача або використання облікового запису з домену мережі;
- блокування дії облікового запису;
- включення та виключення користувача/групи до групи користувачів;
- перегляд входження облікового запису в групи користувачів;
- аутентифікація користувача за допомогою введеного імені та паролю;
- адміністрування доступів до окремих реквізитів та операцій;
- можливість протоколювання дати та часу виконання дій над відповідним ресурсом та внесення змін у ресурс;
- забезпечення збереження інформації аудиту в базі даних для її подальшого аналізу;
- неможливість модифікації інформації про доступ користувача до ресурсів та його дії у системі (рис. 4).

Підсистема «Діловодство та контроль виконавчої дисципліни»

Діловодство та контроль виконавчої дисципліни включає такі групи функцій.

Реєстрація:

- надання можливості реєстрації документів шляхом заведення електронної реєстраційної картки;
- забезпечення мінімального набору аналітичної інформації групи функцій «Реєстрація» щодо попереднього розгляду вхідних документів;
- реєстрація документів одного виду в різних журналах;
- формування реєстраційних номерів як під час створення нової картки документа, так і в момент збереження картки;
- забезпечення пошуку реєстраційних записів у журналах реєстрації.

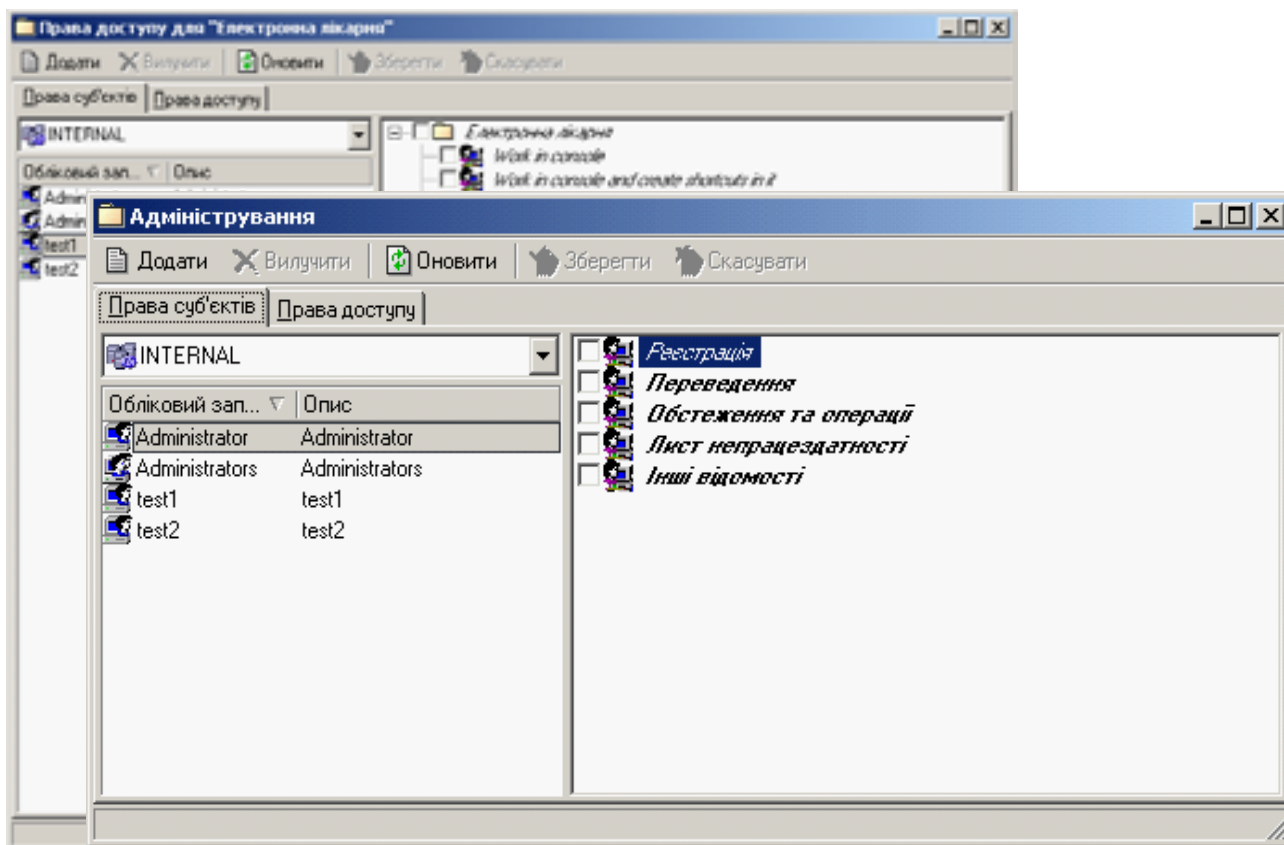


Рис. 4. Адміністрування та аудит інформаційно-аналітичної системи «Електронна лікарня».

Завдання (резолуції):

- документ або резолюція мають можливість містити у собі довільну кількість завдань;
- фіксація виконавця, відповідального за виконання всього документа, на який накладається резолюція;
- надання можливості ведення довільного переліку етапів виконання завдання;
- введення інформації щодо результатів виконання завдання.

Контроль:

- наявність фільтрації документів, що підлягають контролю зовнішньому (звіт перед вищими організаціями) та/або внутрішньому (звіт перед керівництвом організації);
- можливість закриття документів.

Рух документів:

- надання можливості створення та ведення реєстрів передачі документів.

Експедиція:

- надання можливості ведення реєстрів відправлень;
- конвертація документів на підставі даних з груп функцій «Реєстрація» та «Рух документа».

Статистика та аналітика.

Підсистема «Web-сайт лікарні»

Сервіси та системи web-сайту лікарні (рис. 5):

- система «Публікації»;
- сервіс «Пошук»;
- сервіс «Новини»;
- сервіс «Реєстрація»;
- сервіс «Карта сайту»;
- сервіс «Зворотний зв'язок»;
- система управління web-сайтом;
- система розмежування прав доступу.

Створення web-сайту дає змогу домогтися поліпшення інформування зацікавлених користувачів про діяльність установи та забезпечення функціонування в межах web-сайту консультативного центру лікарні.

Впровадження системи автоматизації існуючих лікувально-діагностичних процесів дозволить домогтися:

- одноразовості введення будь-якої інформації в систему;
- підвищення ефективності роботи як окремих співробітників, так і установи в цілому;
- зниження витрат часу та ресурсів на копіювання, передачу та збереження множини копій паперових документів;
- підвищення обґрунтованості рішень, що приймаються, завдяки наданню лікарю максимально повної документальної бази;

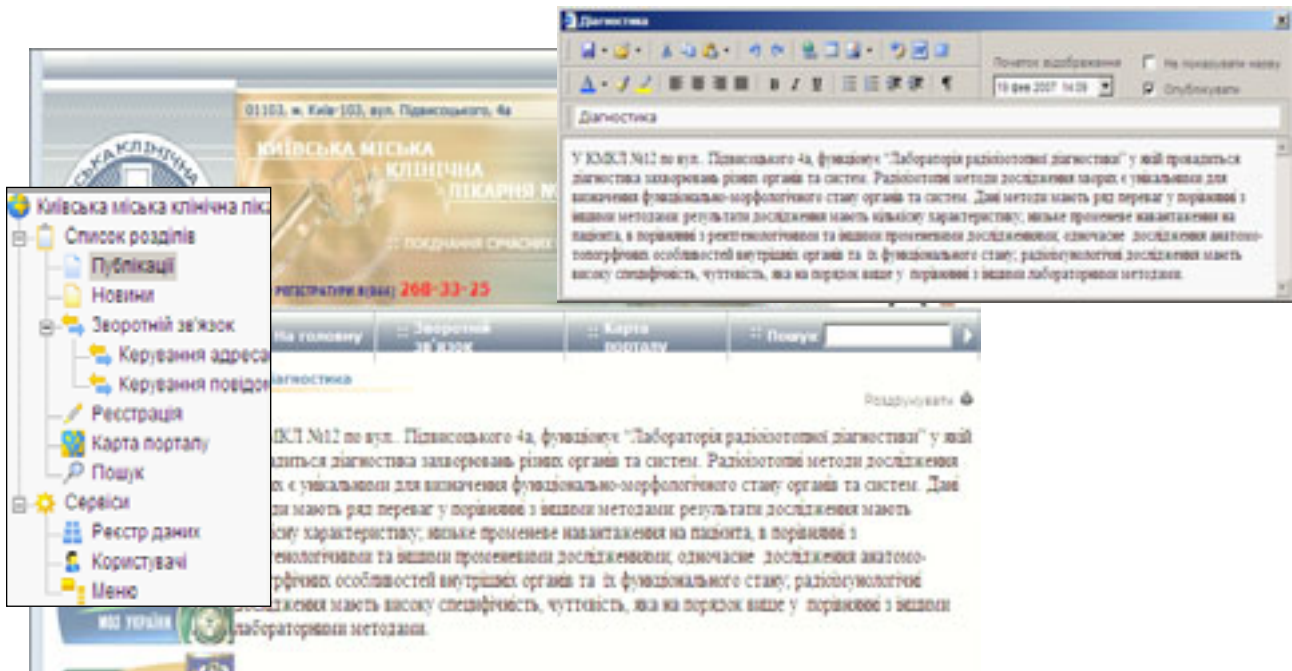


Рис. 5. Підсистема « web-сайт лікарні».

- прискорення руху документів в установі;
- забезпечення ефективного контролю використання документів та прийняття управлінських рішень.

В основу програмного забезпечення «Електронна лікарня» покладено оригінальну платформу «Megapolis», що працює під управлінням операційної системи Microsoft Server 2003. Система функціонує на СУБД Microsoft SQL Server.

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Розробка системи здійснювалася поетапно.

На першому етапі (2005–2006 рр.) основні зусилля були спрямовані на розробку програмного забезпечення й створення макетних робочих місць для медичного персоналу. Завдяки активній участі компаній Cisco, Samsung і Microsoft, проект одержав перші позитивні результати.

На другому етапі (2006–2007 рр.) були встановлені сервери, побудована локальна мережа, організовано підключення до мережі Інтернет, а також розгорнуто бездротовий Wi-Fi-доступ у конференц-залі, ординаторській та хірургічному відділенні пілотного лікувального закладу.

Для організації взаємного обміну інформацією між лікарями було розгорнуто сервер електронної пошти. Використовуючи бездротові користувальницькі термінали, співробітники лікарні одержали доступ до єдиної бази даних, що містить інформацію про історії хвороб усіх пацієнтів. Крім цього, на другому етапі впровадження системи були розроблені спеціальні

штрих-коди, що можна застосовувати як у лабораторних дослідженнях, так і в медичних документах для ідентифікації пацієнтів.

В результаті впровадження вся інформація про пацієнта з моменту його надходження в лікарню й до виписки потрапляє до бази даних, де зберігаються діагностичні відомості й лікувальні призначення лікаря, результати обстежень, листи непрацездатності, протоколи операцій тощо. Після завершення лікування пацієнт одержує виписку із зазначенням повної інформації про проведені дослідження, використані лікарські засоби, виконані процедури тощо.

Оскільки сьогодні в Україні відсутній затверджений єдиний стандарт медичної інформації, то аналогічний документ було розроблено тільки в рамках проекту «Електронна лікарня». Надалі планується розробка єдиної медичної уніфікованої документації, за допомогою якої лікувальні заклади зможуть обмінюватися інформацією про пацієнтів.

Однією з найважливіших складових проекту «Електронна лікарня» є використання міжнародних стандартів. Насамперед, це стосується реєстрації й передачі даних інструментальних досліджень хворих, наприклад, формату DICOM (digital imaging and communications in medicine), що дозволяє українським лікарням здійснювати обмін інформацією із закордонними медичними установами.

Іспитовим полігоном для інформаційно-аналітичної системи «Електронна лікарня» обрана Київська

міська клінічна лікарня № 12. Таке рішення було не випадковим. По-перше, дана медична установа є багатопрофільною, що дозволяє відпрацьовувати різнопланові рішення. Щорічно сюди для лікування надходить понад 20 тисяч пацієнтів. Крім того, перші кроки до автоматизації в лікарні почали робити ще 15 років тому, що дало, нехай і не великий, але все-таки досвід.

Основна концепція інформаційно-аналітичної системи «Електронна лікарня» полягає не в революційній заміні паперових на електронні носії, а в еволюційному вдосконаленні в рамках існуючих вимог регуляторних органів.

Реалізована система автоматизації покликана не тільки зняти з лікарів і медсестер колосальну паперову роботу, позбавивши від необхідності багаторазового занесення тих самих даних, але й максимально знизити ймовірність виникнення помилок. Дані про пацієнта заносяться в базу один раз і на всіх етапах лікування або складання звітності можуть бути легко надані в розпорядження лікаря. Крім того, в базі даних накопичується вся медична історія пацієнта: діагностичні й лікувальні призначення, результати обстежень, листи непрацездатності, протоколи операцій тощо.

На сучасному етапі в умовах багатопрофільної лікарні важко забезпечити своєчасне повернення лікареві замовленої клінічної інформації, зокрема, результатів аналізів. У системі з моменту виконання подібних процедур до їхнього отримання лікарем проходить кілька хвилин. Як тільки дані вносяться в базу, вони відразу стають доступними лікареві. Така інформація є набагато коректнішою, оскільки ймовірність здійснення помилки при введенні інформації зводиться до мінімуму. Цьому сприяє також ідентифікаційний код, за яким звіряється вся документація.

В результаті, оскільки лікар менше зайнятий паперовою тяганиною, він зможе більше уваги приділити пацієнтові.

Важливою особливістю системи є те, що лікарі мають доступ до Інтернет зі своїх робочих місць, що дозволяє оперативно отримувати дані про ефективність сучасних методик лікування конкретного

захворювання, а також про застосування нових лікарських засобів. Подібні можливості повинні допомогти лікареві правильно скорегувати свої лікувальні призначення. Крім того, всі дані про пацієнтів тепер зберігаються централізовано, з великим ступенем захищеності від втрати. Пацієнт же на руки отримує уніфіковану виписку з історії хвороби.

ВИСНОВОК. Розглядаючи світову практику успішного застосування ІКТ у медицині можна знайти приклади в Німеччині, США, в Ізраїлі. Однак, закордонні інформаційно-аналітичні системи практично неможливо впровадити в українських медичних установах. Справа в тому, що в цих країнах зовсім інші вимоги до звітних форм, документації й усіх бізнес-процесів, що відбуваються в лікарнях. Україна ж має свої власні національні особливості. Намагатися адаптувати іноземну систему автоматизації в медичній галузі під українські норми не виправдано.

Для прийняття більш якісних рішень необхідно вирішити проблеми, пов'язані з недостатньою оперативністю внесення інформації. Тому дуже важливо при впровадженні відразу встановлювати систему в усіх відділеннях лікувального закладу. При закупівлі техніки для функціональної діагностики необхідно переконатися, що устаткування підтримує світові стандарти щодо обміну інформацією.

Введення телемедицини, як наступного ступеня розвитку проекту, може ще більше поліпшити якість медичного обслуговування, за рахунок дистанційного консультування пацієнтів. Лікар зможе, зв'язавшись із центральним офісом будь-якої спеціалізованої установи, вислати через Інтернет результати обстеження пацієнта й отримати кваліфікований висновок або консультацію щодо методів лікування або можливих ускладнень.

Отже, запропонована система автоматизації лікувального закладу стосується не тільки лікувальної сфери лікарні, але й дозволить оптимізувати багато інших її бізнес-процесів: логістику, облік лікарських засобів, харчування пацієнтів тощо. Як тільки всі основні розділи системи будуть відшліфовані, її можна буде пропонувати до впровадження в усіх багатопрофільних лікарнях України.

Список літератури

1. Современные ИТ-решения для сферы государственного управления // ComputerWorld Украина. – 2007. – № 47 (616). – С. 28.
2. Электронная больница // PCWeek/UE. – 2007. - № 21 (65). – С. 24.

3. Лікарня майбутнього // Управління закладом охорони здоров'я. – 2007. - № 10. – С. 16-17.
4. Информатизация украинского здравоохранения // ComputerWorld Украина. – 2007. – № 36. – С. 10.
5. <http://softline.kiev.ua/>

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОСТІ “МЕДИЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА І КІБЕРНЕТИКА”: ТИПОВА ПРОГРАМА КАНДИДАТСЬКОГО ІСПИТУ

Мінцер О.П., Гойко О.В., Чалий К.О.

Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика

Впродовж останнього часу спостерігається широке впровадження інформаційних технологій у систему охорони здоров'я та практичну медицину. У медичних галузях усіх розвинених країн широко використовуються комп'ютерні бази даних, розподілені інформаційно-пошукові системи, цифрові засоби комунікації, глобальна інформаційна мережа Інтернет, телемедицина тощо. З метою сприяння цілеспрямованій підготовці наукових кадрів вищої кваліфікації з медичної та біологічної інформатики і кібернетики у Національній медичній академії післядипломної освіти імені П.Л. - Шупика наказом ВАК України № 369 від 06.07.2006 р. було створено спеціалізовану вчену раду Д 26.613.10 з правом прийняття до розгляду та проведення захистів дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора (кандидата) наук за спеціальністю 14.03.11 - “Медична та біологічна інформатика і кібернетика” (медичні та біологічні науки), якої не було в Україні більше десяти років. Відсутність такої наукової спеціальності істотно шкодила розвитку одного з найважливіших напрямків, що пов'язаний з впровадженням нових інформаційних технологій, ідей і методів кібернетики у систему охорони здоров'я та практичну медицину. Відновлення цієї спеціальності сприятиме подальшому розвитку наукових досліджень з медичної та біологічної інформатики, результати яких знайдуть своє втілення у медичній галузі.

З метою забезпечення виконання вимог ВАК України щодо процедури підготовки до захисту кандидатських дисертацій за спеціальністю 14.03.11 - “Медична та біологічна інформатика і кібернетика”, авторським колективом співробітників кафедри медичної інформатики Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика було підготовлено Програми кандидатського іспиту за спеціальністю 14.03.11 - “Медична та біологічна інформатика і кібернетика” (медичні науки та біологічні науки). Програма частково включає та коректно враховує зміст навчальних програм та програм кандидатських іспитів із споріднених дисциплін. Складені програми є типовими і за рішенням Вченої ради навчального чи наукового закладу, в якому проходить

підготовка аспірантів і пошукачів, можуть бути покладені в основу кандидатського іспиту з деякими змінами та доповнення, що відображають специфіку наукової галузі, в межах якої виконується дисертаційна робота.

В цьому номері журналу до уваги читачів пропонується *Типова програма кандидатського іспиту за спеціальністю 14.03.11 - “Медична та біологічна інформатика і кібернетика” (медичні науки)*, що затверджена Атестаційною колегією МОН України (протокол №5 від 22.12.2006 р.) та погоджена Головою ВАК України.

1. Загальна інформатика та основи інформаційних технологій.

Базові питання загальної інформатики. Предмет, задачі та методологічні основи інформатики. Місце інформатики у системі наук. Поняття інформації й інформаційних технологій. Види і властивості інформації. Інформатизація і комп'ютеризація. Класифікація і види інформаційних технологій. Поняття і види інформаційних систем. Обчислювальна техніка: етапи розвитку, класифікація комп'ютерів. Персональні комп'ютери. Основні блоки комп'ютера і їх функціональне призначення. Апаратне забезпечення комп'ютера. Периферійні пристрої. Носії інформації. Комп'ютерні мережі. Сучасні засоби зв'язку і їх взаємодія з комп'ютерною технікою. Класифікація систем відображення інформації. Науково-інформаційна діяльність та автоматизовані інформаційні системи.

Програмно-прикладне забезпечення інформаційних технологій. Поняття і класифікація програмного забезпечення. Рівні програмного забезпечення. Операційні системи. Функції операційних систем. Прикладні програми загального призначення. Текстові й табличні процесори. Базы даних. Типи і структури даних. Моделі представлення даних. Реляційні й об'єктно-орієнтовані бази даних. Основи проектування баз даних. Системи управління базами даних. Сортування, пошук, фільтрація даних. Запити до бази даних. Розробка звітів. Бази знань. Сервісні інструментальні засоби: архіватори, електронні словники, перекладачі, програми розпізнавання тексту. Системи прикладного програмування. Системи підготовки презентацій. Основи комп'ютерної графіки. Сис-

теми обробки зображень. Засоби Інтернет-програмування та веб-дизайну. Системи математичної обробки даних і математичного моделювання, програмні засоби статистичного аналізу даних. Системи автоматизованого проектування, системи підтримки прийняття рішень.

2. Медична інформатика.

Предмет і задачі медичної інформатики. Основні положення медичної інформатики. Типи і стандарти медичної інформації. Визначення цінності інформації. Оцінювання інформативності й валідності медичної інформації. Задачі та ключові аспекти інформатизації медичної діяльності. Загальна інформаційно-технологічна схема лікувально-діагностичного процесу. Медичні інформаційні системи. Етапи створення та основні характеристики медичних інформаційних систем і середовищ. Концепція інформатизації системи охорони здоров'я.

Сучасні інформаційні технології в медичній галузях. Концептуальні основи інформаційних технологій у медицині. Технічне забезпечення інформаційних технологій в медичній галузі. Проблеми і ризики впровадження інформаційних технологій в медичній галузі. Перспективні інформаційні технології в медичній галузі. Використання інформаційних технологій для фахового удосконалення.

Інформаційні технології в медичній генетиці. Основні поняття та методи білкової інженерії. Структурна біоінформатика. Структурно-динамічне моделювання. Візуалізація та молекулярне моделювання. Геноміка. Науково-інформаційні аспекти проекту дослідження генотипу людини - Human Genome Project. Аналіз генетичних послідовностей. Анотація геномів. Сучасні напрямки генетичних досліджень - протеоміка та інтерактоміка.

Основи аналізу медичних зображень. Типи зображень і засоби їх описування. Засоби отримання зображень. Візуалізація даних діагностичних досліджень. Інтерфейси діагностичних систем і комплексів. Принципи побудови систем відображення інформації. Методи попередньої обробки зображень та їх фільтрації. Трансформація зображень. Алгоритми виміру параметрів зображень. Інтерактивний режим обробки зображень. Обробка зображень у цифровій радіографії. Рентгенівські системи з додатковою обробкою зображень. Обробка образів в ангиографії. Дво- та тривимірні зображення. Обчислювальні системи аналізу візуальних даних. Задача ідентифікації і розпізнавання образів.

Доказова медицина. Основи доказової медицини. Основні положення доказової медицини. Принципи

доказової медицини. Тенденції розвитку доказової медицини. Джерела доказів у медицині. Основна мета систематичного огляду. Принципи співставлення доказів (метааналіз). Основні положення метааналізу. Переваги і проблеми метааналізу. Різновиди метааналізу. Стратегія інформаційного пошуку. Принципи Кокранівського співробітництва. Складання систематичних оглядів. Кокранівська електронна бібліотека. Принципи роботи з інформацією з Кокранівської бази даних систематичних оглядів. Методи бібліографічного пошуку. Використання баз даних Cochrane Library, MEDLINE, EMBASE тощо. Планування та організація клінічних досліджень. Рандомізація в клінічних дослідженнях. Багатоцентрові дослідження. Принципи проведення досліджень з оцінки ефективності лікування. Клінічні рекомендації.

3. Клінічна інформатика.

Інформаційно-методологічні аспекти медичної діагностики. Загальна характеристика медичних систем. Роль виміру в медичній практиці. Джерела похибок. Методичні похибки. Методи діагностичних досліджень. Пасивні методи. Електричні властивості організмів і тканин. Біоелектричні потенціали. Реєстрація й аналіз біопотенціалів серцево-судинної системи. Методи реєстрації магнітних полів біооб'єктів. Фотометричні методи дослідження. Дослідження процесів теплопродукції і теплообміну. Активні методи дослідження: біологічна інтроскопія, вимір витрат й об'ємної швидкості кровотоку. Методи функціональних досліджень. Аналітичні дослідження: біопроби, як об'єкти лабораторного аналізу. Фізико-хімічні методи дослідження. Наукова база стандартизації програмно-апаратних засобів і техніки медичного призначення. Сертифікація програмно-апаратних засобів і техніки медичного призначення. Визначення оптимального рівня уніфікації і стандартизації. Державний контроль і нагляд за дотриманням вимог стандартів.

Інформаційно-алгоритмічні основи діагностичних досліджень. Автономні діагностичні комплекси. Пристрої управління, пристрої відображення інформації, пристрої сполучення з комплексами більш високого ієрархічного рівня і/або зовнішніми комп'ютерами. Аналіз даних в електрокардіографії, фонокардіографії, реографії і векторкардіографії. Автоматизація обробки й аналізу вимірюваних параметрів для оперативного контролю серцевої діяльності. Аналіз даних електричної активності мозку. Параметри сигналів, системи відведення, методи обробки сигналів. Основи біотелеметрії. Інформаційні системи оперативного лікарського контролю та тривалого спостереження

за важкохворими. Приліжкова і централізована інформаційні системи. Системи дистанційного контролю. Методи аналізу температури і кольору біологічних структур. Візуалізація та інтерпретація даних електронних поліграфів для реєстрації ЕКГ, ФКГ, ЕЕГ, ЕМГ, сфінгограми, реоплетизмограми, торакоспірограми, ультразвукової апаратури та приладів рентгено-УЗ томографії. Фізичні і біологічні основи застосування іонізуючих випромінювань у медицині. Одержання медичної інформації шляхом спільного дослідження зображень, що отримані за допомогою рентгенівських і інфрачервоних випромінювань.

Автоматизовані системи діагностики захворювань. Методи визначення інформативності діагностичних відомостей. Метод нелінійного відображення вибірових точок у простір меншої розмірності. Формалізація та алгоритмізація медичних задач. Розробка уніфікованих історій хвороби, призначених для кібернетичної обробки. Алгоритми комп'ютерної діагностики захворювань. Структура і причини помилок при автоматичній діагностиці. Оптимізація числа використовуваних симптомів у системах автоматичної діагностики.

4. Інформаційні технології в системі охорони здоров'я.

Інформаційні технології в управлінні медичною діяльністю. Системи підтримки прийняття рішень. Поняття про нові інформаційні технології. Загальна характеристика нових інформаційних технологій. Клінічні системи підтримки прийняття рішень. Діагностичні і прогностичні технології. Експертні системи. Автоматизоване робоче місце лікаря. Технології госпітальних баз даних. Комп'ютерні системи ведення медичної документації.

Медичні інформаційні системи. Медичні інформаційні системи базового рівня. Інформаційні системи територіального рівня. Інформаційні системи державного рівня. Інформаційно-довідкові системи. Інформаційні консультативні системи. Адміністративне управління медичними інформаційними системами. Консультативно-діагностичні системи. Інформаційні системи лікувально-профілактичних закладів. Технічні засоби для автоматизації досліджень у клініко-діагностичних лабораторіях і лабораторіях санітарно-епідеміологічних станцій. Автоматизовані системи для масових обстежень і диспансеризації населення. Скринінгові системи.

5. Обробка й аналіз даних медичних досліджень.

Методи обробки медичних сигналів і даних. Класифікація, джерела і характеристики даних. Метрорологія в медичних дослідженнях. Загальна харак-

теристика і моделі експериментальних даних, числових масивів, зображень. Обробка й аналіз сигналів. Амплітудний і частотний аналіз. Кореляційний і спектральний аналіз сигналів. Часові ряди і теорія марковських ланцюгів. Аналіз числових даних: геометрична модель даних, виділення однорідних груп даних. Класифікація багатовимірних спостережень. Методи побудови розподілених функцій у задачах класифікації. Методи дослідження взаємозалежності багатовимірних даних. Методи зменшення розмірності простору описів. Вибір альтернатив при аналізі даних інформації.

Елементи теорії ймовірностей і математичної статистики. Визначення ймовірності. Простір подій і елементи комбінаторики. Множини. Операції над множинами. Ймовірності у просторі подій. Умовна ймовірність. Теорема Байєса. Характеристики випадкових величин. Показники центральної тенденції, варіативності та форми розподілу. Теорема Чебишова про розподіл ймовірностей. Дискретна і неперервна випадкові величини. Біномний розподіл дискретної випадкової величини. Закон Пуассона. Щільність неперервного розподілу ймовірностей. Закон Гауса. Обчислення ймовірностей за законом Гауса. Рівномірний і показниковий розподіли неперервної випадкової величини. Числові характеристики розподілу дискретних величин. Основні поняття вибіркового методу. Елементи формальної логіки. Основні поняття формальної логіки. Оператори математичної логіки.

Методи статистичного аналізу даних. Організація статистичних досліджень. Обробка відносних величин. Обробка кількісних величин. Параметричні і непараметричні критерії розбіжності. Сутність і призначення критеріїв розбіжності. Належність варіанти до сукупності. Оцінювання розбіжностей між частотами появи ознаки в окремих серіях спостережень. Оцінювання розбіжностей між емпіричним і теоретичним розподілом. Параметричні критерії розбіжності для двох сукупностей. Непараметричні критерії розбіжності для двох спряжених сукупностей. Непараметричні критерії розбіжності для двох незалежних сукупностей. Кореляційний аналіз. Поняття про кореляційну залежність. Лінійна кореляція. Методи визначення кореляційних характеристик. Нелінійна кореляція. Множинна кореляція. Рангова кореляція. Кореляція якісних показників. Хибна кореляція. Дисперсійний аналіз. Сутність дисперсійного аналізу. Факторний аналіз. Однофакторний, двофакторний та альтернативний метод ANOVA. Дослідження багатфакторних експери-

ментів методом латинських квадратів. Кластерний аналіз. Основні означення і поняття. Оцінювання подібності об'єктів кластеризації. Відстань між об'єктами (метрика). Відстані між групами об'єктів. Кластеризація об'єктів. Дослідження результатів, отриманих при кластерному аналізі. Щільність і локальність кластерів. Усталеність і якість кластеризації. Нормування (стандартизація) даних. Кластеризація ознак. Ілюстрація результатів кластеризації.

Математичні основи аналізу медичних даних. Диференціальні рівняння. Загальні відомості про диференціальні рівняння. Лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами. Головні визначення та основи застосування диференціальних рівнянь в частинних похідних. Основи гармонічного аналізу. Сутність і мета розкладання функцій у тригонометричні ряди. Ряди Фур'є для періодичних функцій. Ряди Фур'є для неперіодичних функцій на скінченному інтервалі значень аргументу. Наближений гармонічний аналіз. Апроксимація експериментальних залежностей із використанням методу найменших квадратів. Апроксимація нелінійних функцій щодо своїх параметрів. Апроксимація експериментальних даних після лінеаризації нелінійних функцій щодо своїх параметрів. Елементи аналізу часових рядів. Лінійні стаціонарні моделі. Лінійні нестаціонарні моделі. Ідентифікація моделей. Оцінювання моделі. Діагностична перевірка моделі. Прогнозування майбутніх значень ряду.

Комп'ютерний аналіз та інтерпретації медичних даних. Основні принципи комп'ютерної обробки й аналізу даних. Особливості комп'ютерного аналізу медичних даних. Загальна характеристика етапу попереднього аналізу медичних даних. Програмні засоби аналізу медичних даних. Принципи вибору пакетів аналізу медичних даних. Характеристики та основні модулі по обробці даних пакетів STATISTICA, SPSS, StatGraphics. Інтерпретація результатів математичного аналізу даних.

Прикладні аспекти застосування методів аналізу даних. Автоматична діагностика захворювань. Імовірнісні алгоритми. Навчання розпізнаванню. Потенціальні методи. Метод відокремлюючої поверхні. Стандартизація медичної інформації. Оцінювання інформативності медичної інформації. Аналіз інформаційної цінності ознак. Оцінювання валідності медичної інформації. Стандартизація показників досліджень.

6. Основи кібернетики.

Медичні системи як об'єкт дослідження. Системний підхід до вивчення об'єктів живої і неживої природи. Загальні властивості, принципи синтезу і

класифікація медичних систем. Функціональні системи організму й особливості їх як об'єктів медико-біологічних досліджень. Розгляд організму з позиції системного аналізу. Основні функціональні характеристики складних систем. Засоби опису систем. Системні аспекти управління. Джерела і походження біологічних сигналів як носіїв інформації про стан організму. Проблеми аналізу і синтезу біотехнічних систем. Типи і засоби управління станом організму.

Методи і системи оптимізації у медичних дослідженнях. Особливості обробки інформації і прийняття рішень людиною. Проблеми оптимізації медико-біологічних досліджень. Складні системи. Задача системного аналізу. Планування експерименту. Організація експерименту. Аналіз і обробка результатів. Математичні моделі процесів і систем. Оптимальна фільтрація. Системи і мережа масового обслуговування. Прикладні задачі дослідження операцій: розподіл ресурсів, управління запасами, задача упорядкування. Методи моделювання безупинних систем. Формування математичного опису. Застосування методів моделювання в медичних дослідженнях. Дослідження і розробка прикладних методів, систем і комплексів. Імітаційні моделі процесів систем. Критерії оцінки і прогнозування стану об'єкта. Інформаційно-аналітичні бази даних, підсистеми прийняття рішень і вироблення оптимальних керуючих впливів для вивчення механізмів функціонування складних медико-біологічних об'єктів. Оцінки стану систем і прогнозування їх поведінки. Управління на різних рівнях організації системи: клітинному, органному, організмівому та популяційному.

Медичні інформаційні системи (МІС). Основні задачі МІС. Методи і засоби забезпечення інформаційної і програмної сумісності медичних програмних продуктів. Інтеграція різноманітних автоматизованих робочих місць у єдину інформаційну систему. Методи комплексного використання приладів, вимірювальних систем і МІС. Критерії оцінки ефективності МІС.

Задачі оптимізації в управлінні та практичній медицині. Критерії оптимізації. Прикладні задачі оптимізації в системі охорони здоров'я. Оптимізація кількості ліжок у лікарні. Визначення оптимальної лікарської терапії. Управління та оптимізація якості надання медичних послуг населенню.

7. Математичне моделювання.

Основи математичного і комп'ютерного моделювання. Поняття моделі. Основні принципи моделювання. Види моделювання. Етапи математичного моделювання. Задачі ідентифікації структури і

параметрів моделі. Структурно-функціональні моделі. Методи синтезу математичних моделей. Математичне забезпечення інформаційних технологій і комп'ютерне моделювання в предметній галузі.

Методологія та програмно-математичне забезпечення. Біологічний об'єкт як джерело інформації. Характеристика біотехнічної інформації. Сигнали і їхні властивості. Математичні моделі сигналів. Основи теорії аналізу сигналів. Аналітичні співвідношення оптимальної обробки багатовимірних сигналів. Цифрова обробка зображень. Математичні основи розпізнавання образів. Обробка, ідентифікація і синтез мовних сигналів. Види забезпечень біотехнічних систем. Типова структура проблемно-орієнтованої системи. Проблемно-орієнтовані мови. Показники якості програмної системи. Моделі вартості і стандарти розробки програмного забезпечення. Верифікація, тестування і налагодження програмних систем. Методи і засоби розробки програмних систем. Програмні засоби обробки діагностичної інформації в реальному масштабі часу. Комплекси для збору, аналізу, обробки і збереження медичної інформації; бази даних і знань, системи прогнозування і прийняття рішень, програмні засоби наукових досліджень медичних систем.

Синергетичні принципи дослідження медико-біологічних систем. Синергетика: процеси самоорганізації та впорядкування в системах, далеких від рівноваги. Основні визначення та поняття. Принципи самовпорядкування. Приклади самовпорядкування у системах різної природи. Головні принципи і методи синергетики. Кінетичні моделі. Параметри порядку і принцип підпорядкування. Поняття про особливі точки та класифікацію Пуанкаре. Поняття про біфуркації. Біфуркації Хопфа і Т'юрінга. Елементи теорії катастроф. Класифікація Тома та Арнольда. Утворення впорядкованих структур і процеси самоорганізації у стаціонарних відкритих системах.

Моделювання процесів у відкритих системах. Теоретичні основи та методи моделювання медико-біологічних систем. Математична моделювання в імунології. Математична модель росту популяції бактерій. Математичне моделювання функцій кровообігу. Моделі дихання та тканинного метаболізму. Моделі терморегулювання. Моделі водно-сольового обміну. Математичне моделювання у генетиці. Автоколивальні процеси. Екологічна модель "хижак-жертва". Періодична хімічна реакція Белоусова-Жаботинського та її математична модель. Зв'язок автоколивальних процесів в хімічних системах з проблемою фібриляції у міокарді. Статистичне мо-

делювання перебігу патологічного процесу при ураженні серця. Моделювання розповсюдження епідемії. Автохвилі. Типи і властивості автохвиль. Теорія біологічних аналізаторів. Імовірнісний аналіз електричних сигналів рецепторних носіїв. Математичні моделі функціонування та управління нервовою системою. Моделювання процесів синоптичної передачі інформації. Генерація та розповсюдження нервового імпульсу. Модель Ходжкіна-Хакслі. Комплексні моделі функціонування та регуляції організму людини. Перевірка адекватності моделей фізіологічних систем. Моделювання та прогнозування процесів в соціумі. Моделювання демографічних процесів. Моделювання та моделі системи охорони здоров'я.

8. Телекомунікаційні технології в медичній галузі.

Телекомунікаційні мережі. Основні визначення та поняття мереж комп'ютерів. Типи мереж та їх особливості. Локальні та глобальні мережі. Мережі абонентського доступу, мережевий обмін даними. Глобальна мережа Інтернет. Сервіси Інтернету. Гіпертекст та гіпермедіа як засоби подання інформації. Інформаційно-пошукові системи. Методи та засоби пошуку інформації в Інтернеті. Поняття про медичні інформаційні ресурси Інтернету. Проблеми раціонального використання медичних інформаційних ресурсів. Оцінка адекватності медичних інформаційних ресурсів Інтернет. Використання спеціалізованих пошукових систем MEDLINE/PubMed, BioMed Central. Методи доступу до реляційних баз даних. Технології доступу в файл-серверних системах. Технології з архітектурою клієнт-сервер. Використання новітніх телекомунікаційних технологій в діагностиці та терапії.

Концептуальні основи телемедицини. Визначення, предмет, історія і класифікація телемедичних систем. Мотивація використання телемедичних технологій. Структура телемедичних систем. Телемедичні системи віддаленого консультування. Телеконференції. Віртуальні консилиуми. Віддалений моніторинг життєвих функцій. Біорадіотелеметричні системи для моніторингу. Управління станом хворого на відстані. Клінічна база для відкладених телемедичних консультацій. Базові конфігурації центру/кабінету телемедицини. Медична робототехніка в телемедичних системах. Програмне забезпечення. Телемедичні консультації лікар-пацієнт і лікар-лікар. Метод «друга думка». Підвищення кваліфікації з використанням телемедичних систем дистанційного навчання. Телемедичні ресурси Інтернет. Правові аспекти телемедицини. Забезпечення конфіденційності при зберіганні та передачі інформації про стан хворого.

Технологічні питання телемедицини. Представлення медичної інформації для віддаленого консультування. Алфавітно-цифрова інформація. Візуально-графічна інформація. Звукова інформація. Комбінована інформація. Особливості підготовки графічних та аудіовізуальних матеріалів. Електронна форма історії хвороби. Форми передачі даних залежно від типу медичної інформації. Оптимізація засобу передачі медичних даних. Вимоги до протоколів обміну даними. Загальні вимоги до формату обміну даними між медичними інформаційними системами. Номенклатура уніфікованих форматів електронного обміну даними в окремих предметних галузях. Стандарти передачі медичної інформації HL7 та DICOM. Цифрова рентгенологія та телемедицина. Практика застосування телемедицини (телекардіологія, телетравматологія, телеортопедія, телепатологія, телерадіологія, телеендоскопія, військова телемедицина та ін.). Загальні типи даних, що використовуються як елементи повідомлень. Загальні правила опису семан-

тичних одиниць повідомлень. Правила кодування повідомлень. Тенденції та перспективи розвитку телемедицини.

Захист інформації в розподілених мережах. Проблеми захисту інформації: несанкціонований доступ до даних, вплив деструктивних програм. Сучасні методи захисту інформації. Організаційні, технічні, програмні та правові методи. Програмна та апаратна безпека даних. Електронні ключі. Біометричні методи ідентифікації користувачів. Криптографічні методи захисту інформації. Методи комп'ютерної стеганографії. Електронний цифровий підпис. Забезпечення безпеки баз даних при роботі в мережесистемах. Використання засобів мережевого моніторингу та контролю трафіку. Системні та об'єктні привілеї баз даних. Надання та позбавлення привілеїв. Безпечні середовища розподілених баз даних. Проблеми впровадження комплексних систем захисту медичних інформаційних систем. Правові аспекти захисту електронних записів щодо стану здоров'я пацієнтів.

Рекомендована література

1. Амосов Н.М. Моделирование сложных систем. –К.: Наукова думка, 1968.
2. Минцер О.П., Молотков В.Н., Угаров Б.Н. и др. Биологическая и медицинская кибернетика. Справочник. –К.: Наукова думка, 1985.
3. Гланц С. Медико-биологическая статистика. –М.: Практика, 1999. –459 с.
4. Минцер О.П., Вороненко Ю.В., Власов В.В. Оброблення клінічних і експериментальних даних у медицині. Навч. посіб. –К.: Вища школа, 2003. –350 с.
5. Гойко О.В. Практичне використання пакета STATISTICA для аналізу медико-біологічних даних. Навч. посібн. –Київ, 2004. –76 с.
6. Скакун М.П. Основы доказательной медицины. –Тернопіль: Укрмедкнига, 2005. –188 с.
7. Трофимова И.П. Системы обработки и хранения информации. –М.: Высшая школа, 2003.
8. Хакен Г. Синергетика. –М.: Мир, 1980.
9. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. –М.: Наука, 1997.
10. Хаїмзон І.І. Желіба В.Т. Основы медичної інформатики. Навч. посіб. –К.: Вища школа, 1998. –181 с.
11. Гельман В.Я. Медицинская информатика: практикум. –СПб.: Питер, 2001. –480 с.
12. Лях Ю.Е., Владимировский А.В. Введение в телемедицину. Серия “Очерки биологической и медицинской информатики”, –Донецк: Лебедь, 1999, –102 с.
13. Минцер О.П., Кнышов Г.В., Цыганин А.А. Кибернетика в сердечной хирургии. –К.: Вища школа, 1984. –140 с.

14. Абакумов В.Г., Рыбин А.И., Сватош И., Синекон Ю.С. Системы отображения в медицине. –К.: Юніверс, 2001. –336 с.
15. Чалий О.В., Стучинська Н.В., Меленевська А.В. Вища математика. –К.: Техніка, 2001.
16. Глушаков С.В., Сурядный А.С. Самоучитель для работы на ПК. –Харьков: Фолио АСТ, 2003. –500 с.
17. Чалий О.В., Дяков В.А., Хаїмзон І.І. Основы медичної інформатики та обчислювальної техніки. –К.: Вища школа, 1993.
18. Леонтьев В.П. Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2001. –М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001.
19. Хаїмзон І.І. Нові інформаційні технології ведення обліку та обробки медичної документації. –К.: Вища школа, 1992. –144 с.
20. Герасевич В.А. Компьютер для врача. Самоучитель. –СПб.: БХВ-Петербург, 2004. –512 с.
21. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. –К.: Морион, 2000. –320 с.
22. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Основные принципы применения статистических методов в клинических испытаниях. –К.: Морион, 2002.
23. Петри А., Сэбин К. Наглядная статистика в медицине. –М.: Гэотар-Мед, 2003.
24. Чалий О.В., Агапов Б.Т., Цехмістер Я.В. та ін. Медична і біологічна фізика: Підручник. –К.: Книга плюс, 2005. –760 с.
25. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Нові інформаційні технології: Транспортні мережі телекомунікацій. –К.: Техніка, 2004. –488 с.
26. Основы информатики: Учеб. пособие / Под. ред. А.Н. Морозевича. –Мн.: Новое знание, 2003.

27. Петров М.Н. Молочков В.П. Компьютерная графика. – СПб.: Питер, 2002.
28. Дюк В., Эмануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
29. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. – СПб.: ВМедА, 2002. – 266 с.
30. Микрокомпьютерные медицинские системы: проектирование и применение / Под ред. У. Томпкинса, Дж. Уэбстера. – М.: Мир, 1983. – 544 с.
31. Корневский Н.А., Попечителей Е.П. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий. – СПб.: Курск, 1999.
32. Попечителей Е.П., Корневский Н.А. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника. – М.: Высшая школа, 2002.
33. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. – М.: Медиа-Сфера, 1998. – 352 с.
34. Гринхальх Т. Основы доказательной медицины: Учеб. пособие. – М.: Гэотар-Мед, 2004.
35. Рассолов И.М. Право и Интернет. Теоретические проблемы. – М.: Норма, 2003. – 336 с.
36. Глинский Я.М., Рязьска В.А. Интернет. Сервіси. HTML і web-дизайн. – Львів: Деол, 2002. – 168 с.
37. Кулаков Ю.О., Луцкий Г.М. Комп'ютерні мережі. – К.: Юнітар, 2003. – 400 с.
38. Свердан П.Л. Вища математика. Аналіз інформації у фармації та медицині. – Львів: Світ, 1998. – 332 с.
39. Марценюк В.П., Семенець А.В. Медична інформатика. Інструментальні та експертні системи. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. – 222 с.

УДК 004932+621.396

МОДЕЛЬ ПІВТОНОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗАДАЧІ СЕГМЕНТАЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Вишневський В.В., Власова Т.М., Калмиков В.Г.

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України

Наведена строкова модель півтонового зображення та продемонстровано можливості її застосування при обробці діагностичних зображень. В якості прикладу використані зображення, отримані при реєстрації ефекту Кирліан, відскановані з рентгенівської плівки.

Ключові слова: структурний аналіз, зображення, строкова модель, сегментація, системи підтримки прийняття рішень (СППР).

СТРОЧНАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУТОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧЕ СЕГМЕНТАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Вишневский В.В., Власова Т.М., Калмыков В.Г.

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

Приведена строчная модель полутонового изображения и продемонстрированы возможности ее применения при обработке диагностических изображений. В качестве примера использованы изображения, полученные при регистрации эффекта Кирлиан, отсканированные с рентгеновской пленки.

Ключевые слова: структурный анализ, изображение, строчная модель, сегментация, системы поддержки принятия решений (СППР).

LINEAR MODEL OF HALF-TONE IMAGE AND ITS APPLICATION IN THE TASK OF SEGMENTATION OF MEDICAL IMAGES

Vyshnevsky V.V., Vlasova T.M., Kalmykov V.G.

Institute of Problems of Mathematical Machines and Systems of NAS of Ukraine

The linear model of half-tone image is presented and possibilities of its application at elaboration of diagnostical images are demonstrated. As an example, the used images, to be obtained at registration of Kyrlian's effect, were scanned from X-ray film.

Key words: structural analysis, image, linear model, segmentation, system of maintenance of decisions solving.

ВСТУП. Сучасний стан розвитку комп'ютерної науки і техніки дозволяє розглядати можливість створення інформаційних технологій, які передбачають використання довільної, спотвореної візуальної інформації про об'єкти істотно мінливої форми.

Такими об'єктами є, зокрема, зображення медичних препаратів, форма яких дуже мінлива, але, в той же час, саме у формі і міститься діагностична інформація, яку достатньо упевнено визначають фахівці при візуальній оцінці. Як правило, зображення медичних препаратів спотворені перешкодами. Прикладами таких класів зображень є електрокардіограми, спектрограми різних тест-систем, діагностичні зображення,

що виробляються за методом Кирліан тощо. Зображення медичних препаратів використовуються в процесі прийняття рішень у медичних діагностичних системах, які є окремими випадками реалізації сучасних систем підтримки прийняття рішень (СППР).

Для оптимального сприйняття людиною-оператором довільної візуальної інформації вона має бути перетворена з урахуванням фізіологічних особливостей зорового сприйняття. Зокрема, однією з найважливіших природних особливостей зорового сприйняття людини є його здатність сегментації поля зору на об'єкти, що відрізняються від фону оптичною щільністю, кольором, текстурою тощо. Основною

характеристикою будь-якого об'єкта є його форма, яка визначена контуром – межею між об'єктом і фоном. Контур, у свою чергу, сприймається людиною як послідовність відрізків прямих і дуг кривих ліній. Форма півтонових і кольорових об'єктів визначається, крім того, функцією оптичної щільності з урахуванням кольору, текстури усередині кожного з об'єктів. Ці особливості зорового сприйняття людини відображені в структурній моделі зображення, що розроблена авторами [1].

Структурна модель дає можливість одноманітною за формою представлення довільних зображень. Задача приведення до структурної моделі довільних зображень, заданих в растровому вигляді, спотворених перешкодами у загальному випадку ще не вирішена. Проте, в окремих, достатньо численних випадках перетворення зображень до структурної моделі дозволяє істотно підвищити швидкість та якість оброблення візуальної інформації, що, в свою чергу, забезпечує якісне функціонування складних медичних інформаційних систем.

Зазначимо також, що такий структурний аналіз форми візуальних об'єктів, спотворених перешкодами, добре узгоджується із відомим стандартом MPEG-7, і може бути до нього адаптований.

Перш за все, зображення медичних препаратів, що характеризують один і той же діагноз, можуть відрізняються афінними перетвореннями: положенням і/або кутом повороту в полі зору, масштабом за однією або обома осями координат. Зображення, які одержані в процесі функціонування таких систем, далеко не завжди можуть бути достатньо високої якості. Часто це пов'язано з тим, що апаратура, яку використовують для отримання зображень медичних препаратів, використовується на граничних режимах. До того ж, неможливо постійно підтримувати всі екземпляри апаратури, розташовані на значному віддаленні від діагностичного центру, в однаково хорошому стані. Вказані властивості зображень значно знижують можливість їх швидкого і повного сприйняття експертами з метою вироблення якісного рішення при мінімальних витратах часу. В той же час, саме в процесі аналізу великих кількостей таких зображень можуть бути одержані нові знання про стан здоров'я груп населення, вдосконалені методи дослідження.

Час обробки і ухвалення рішення, як і кількість експертів в медичних діагностичних системах, як правило, обмежена. Без автоматизації обробка таких обсягів візуальної інформації перестає бути ефективною: знижується якість обробки, зростає кількість помилок. Автоматичний або автоматизований аналіз таких зображень вимагає використання найсучасніших засобів обробки візуальної інформації, зокрема, наукоємких технологій штучного інтелекту, розпізнавання образів, нейротехнологій.

Вирішення задачі структурного аналізу півтонових зображень для автоматичного виділення об'єктів на зображеннях медичних препаратів представлено у даній роботі. В якості прикладу використаний метод Кирліан.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1. Структурний аналіз півтонового зображення.

Основою структурного аналізу півтонового зображення є модель, що визначає його структурні елементи. Відповідно до відомих уявлень про механізми зорового сприйняття, такими структурними елементами, зокрема, є фон зображення, що визначається двомірною функцією оптичної щільності, та розташовані на його тлі об'єкти. Об'єкти, в свою чергу, визначаються контурами, що обмежують об'єкти, та двомірною функцією оптичної щільності в межах об'єкта. Контури є замкненими послідовностями, що утворені відрізками прямих та дугами кривих ліній. Представлення півтонових зображень у вигляді такої чи подібної моделі є інваріантним відносно афінних перетворень об'єктів, завдяки чому стає можливою автоматична обробка зображень медичних препаратів у медичних діагностичних системах.

1.1. Структурна модель півтонового зображення.

Під зображенням розуміють частину площини, обмежену деякою геометричною фігурою, звичайно прямокутником, кожна точка якої характеризується певним значенням оптичної щільності.

Іншими словами, на частині площини, обмеженій прямокутником з розмірами X, Y визначена функція оптичної щільності $\rho = f(x, y)$, ($0 \leq x \leq X$; $0 \leq y \leq Y$). Цій функції можна поставити у відповідність деяку поверхню $z = f(x, y)$ у просторі $Oxyz$.

Заздалегідь наведемо необхідні відомості з області аналітичної геометрії в просторі [2].

Множина точок $P(x, y, z)$, координати яких задовольняють системі рівнянь

$$x = x(u, v), \quad y = y(u, v), \quad z = z(u, v) \quad (1)$$

при відповідних значеннях дійсних параметрів u, v , називається безперервною поверхнею, якщо праві частини рівнянь є безперервними функціями параметрів.

Поверхня може бути також визначена рівнянням

$$\varphi(x, y, z) = 0 \text{ або } z = f(x, y).$$

Поверхня може мати більш ніж одну порожнину (полость (рос.)).

Простою поверхнею називається безперервна поверхня, що складається з однієї порожнини і не має самоперетинів (кратних точок). При цьому мається на увазі, що прості поверхні є двосторонніми (односторонні поверхні, такі як лист Мебіуса, виключаються).

Точка поверхні (1) називається **регулярною точкою**, якщо при деякому параметричному завданні поверхні функції (1) мають в достатній близькості до даної точки безперервні окремі похідні першого порядку і, щонайменше, один з визначників

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial u} \\ \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial v} \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} \frac{\partial z}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial u} \\ \frac{\partial z}{\partial v} & \frac{\partial x}{\partial v} \end{vmatrix},$$

відмінний від нуля. Точки, що не є регулярними, називаються **особливими**. Простий кусок поверхні, обмежений замкнутою кривою, називається **регулярним**, якщо всі його внутрішні точки регулярні. **Регулярною поверхнею** називається двостороння проста (замкнута або незамкнута) поверхня, складена з кінцевого числа регулярних кусків із спільними регулярними дугами і точками.

Таким чином, кожному півтоновому зображенню можна поставити у відповідність регулярну незамкнуту поверхню в просторі $Oxuz$, яка складається з простих кусків поверхні.

Для поверхні, яка відповідає півтоновому зображенню, справедливе наступне обмеження. Кожному значенню пари координат (x, y) відповідає одне і лише одне значення функції $\rho(x, y)$, тобто перпендикуляр до площини зображення в будь-якій точці x, y перетинає уявну поверхню один і лише один раз.

Контур кожного куска регулярної поверхні є замкнутою послідовністю регулярних дуг кривих і відрізків прямих. Точки контуру не є регулярними точками кусків простих поверхонь. Точки контуру - це граничні точки кусків простих поверхонь. Точки контуру утворюють особливі лінії поверхні, які є граничними, такими, що розділяють різні куски простих поверхонь. У півтоновому зображенні завжди можна виділити області, для яких значення оптичної щільності постійне, або міняється за певним законом. Закон зміни оптичної щільності визначається $\text{grad } \rho$ - градієнтом оптичної щільності. Звичайно в межах однієї області $\rho = \text{const}$, або $d\rho/dx + d\rho/dy = \text{const}$, або $d^2\rho/dx^2 + d^2\rho/dy^2 = \text{const}$. В той же час можливі і інші закони зміни оптичної щільності.

1.2. Цифрова строкова модель довільного півтонового зображення.

З поверхнею в просторі $Oxuz$, якій відповідає півтонове зображення, суміщена ґратка $N \times M \times P$ і для кожного пікселя зображення визначено середнє в межах його площі значення оптичної щільності $\rho(n, m)$, що приймає цілочисельні значення $\rho(n, m) \in (0, R)$; $n \in (0, N)$; $m \in (0, M)$. Сторона ґратки з N клітками розташована уздовж осі Ox , сторона ґратки з M клітками розташована уздовж осі Oy , сторона ґратки з P клітками розташована уздовж осі Oz . Нехай (unp) ; $n \in (0, N)$ – множина паралельних площин, перпендикулярних осі Ox в тривимірному просторі $Oxuz$. Так само (xmp) ; $m \in (0, M)$ – множина паралельних площин, перпендикулярних осі Oy . Перетин поверхні зображення з цими площинами утворює на кожній з площин unp лінію контуру $\rho_n(x)$, а

на кожній з площин xmp лінію контуру $\rho_m(y)$, або $\rho_n(m)$ і $\rho_m(n)$ для випадку дискретизованого зображення.

Виділення регулярних і особливих точок регулярних поверхонь може бути виконано у процесі структурного аналізу функцій $\rho_n(m)$ і $\rho_m(n)$ дискретизованого півтонового зображення, що дає можливість представити їх як послідовності відрізків цифрових прямих і дуг цифрових кривих в площинах ρOun при всіляких значеннях $m \in (0, M)$ і ρOm при всіляких значеннях $n \in (0, M)$ відповідно. Граничні точки відрізків і дуг є особливими точками ліній перетину, тоді як інші точки є регулярними точками ліній перетину.

Кожна точка a дискретизованого зображення належить одночасно двом перпендикулярним площинам unp і xmp і двом лініям контуру $\rho_n(m)$ і $\rho_m(n)$, що перетинаються, відповідно.

З визначення регулярної поверхні випливає, що точка поверхні є регулярною, якщо вона є регулярною точкою горизонтальної і вертикальної ліній перетину.

Якщо ж точка поверхні є особливою точкою хоч би однієї з ліній - горизонтальної і/або вертикальної ліній перетину, то така точка є особливою – граничною точкою регулярної поверхні – області півтонового зображення.

Граничні точки областей півтонового зображення (його регулярної поверхні) утворюють лінії контурів в площині xOy . Лінії контурів, у свою чергу, містять регулярні і особливі точки.

Виконати структурний аналіз півтонового зображення – означає визначити параметри регулярних повер-

хонь в полі зображення, тобто визначити контури простих кусків регулярних поверхонь, що відповідають об'єктам на зображенні, структурні елементи контурів – відрізки прямих та дуги кривих ліній, закони зміни оптичної щільності для кожного простого куска регулярної поверхні.

Структурний аналіз півтонового зображення, зокрема, має містити наступні операції.

1. Виділення особливих точок регулярних поверхонь (областей зображення).
2. Побудова особливих ліній зображення (контурів) за особливими точками регулярних поверхонь.
3. Виділення структурних елементів контурів – відрізків прямих та дуг кривих ліній.

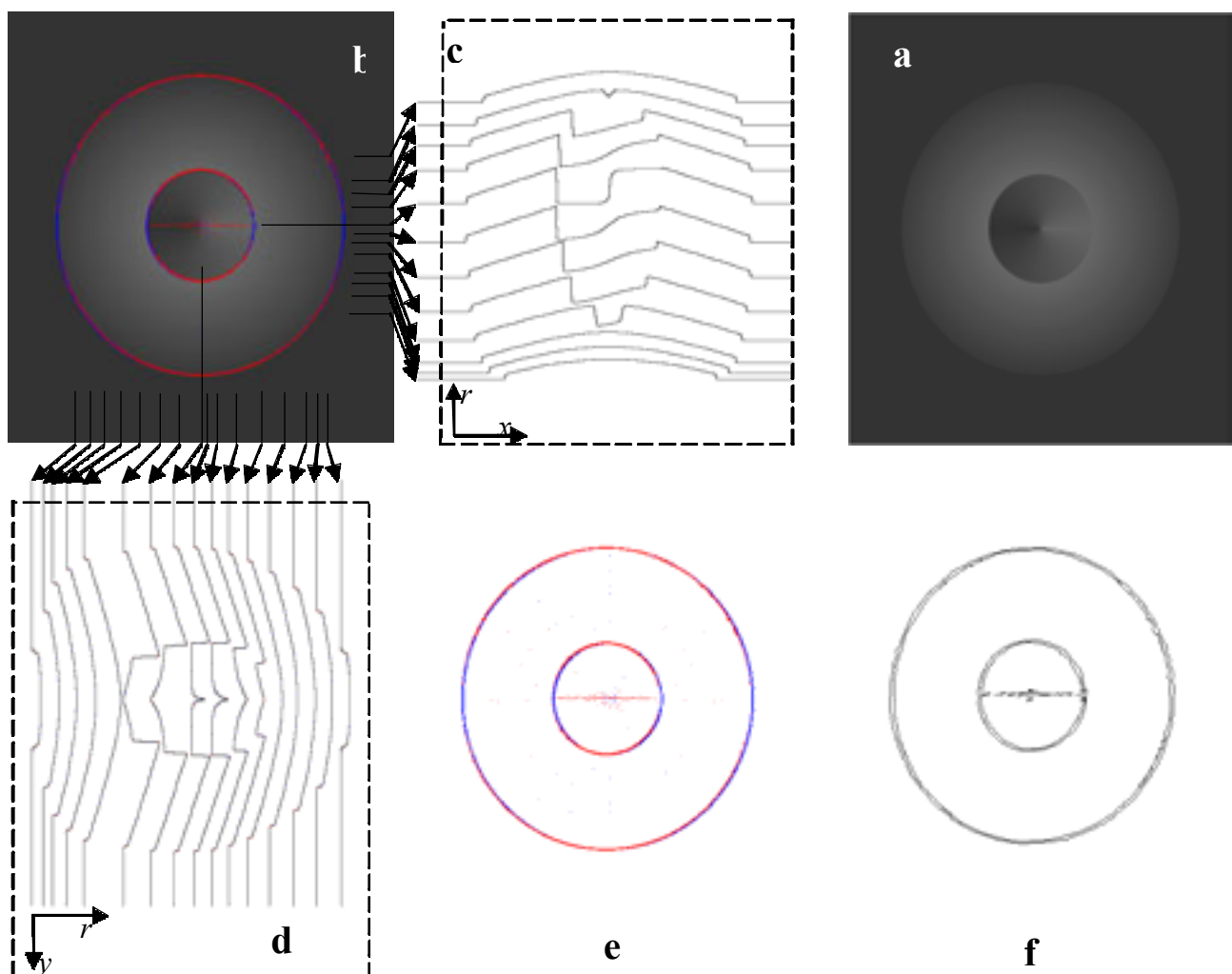


Рис.1. Виділення контурів на півтоновому зображенні, отримане програмами, що реалізують строкову модель зображення та оброблення контурів: а – модельне півтонове зображення; б – те ж саме зображення з виділеними особливими точками; с – криві оптичної щільності – r – горизонтальних рядків; д – криві оптичної щільності – r – вертикальних рядків; е – зображення контурів, утворені окремими особливими точками; ф – зображення контурів лініями, що поєднують особливі точки.

На рис. 1 представлений приклад структурного аналізу з використанням строкової моделі, а саме виділення контурів на півтоновому зображенні. Програми виконують над зображенням (рис. 1 а) наступні операції. Для кожної вертикального і горизонтального рядків зображення будуються графіки функцій оптичної щільності, приклади яких зображені на рис. 1 с, d. Для кожного графіка визначається послідовність елементів, з яких він складається, - відрізків цифрових прямих і дуг цифрових кривих. Граничні точки між елементами графіка є особливими точками графіка даного рядка і всього півтонового зображення. Особливі точки зображення показані на рис. 1 b. Червоним кольором відмічені особливі точки вертикальних ліній, синім кольором відмічені особливі точки горизонтальних ліній. Особливі точки належать лініям контуру півтонового зображення. За особливими точками побудовані контури півтонового зображення. На рис. 1 e представлено контури в растровому вигляді, тобто утворені окремими особливими точками. Їм відповідають контури у векторному вигляді – рис. 1 f.

2. Обробка зображень медичних препаратів, одержаних за методом Кирліан за допомогою строкової моделі півтонового зображення.

Програмне забезпечення обробки зображень, одержаних за методом Кирліан (далі за Кирліан) призначено для використання в діагностичній системі з метою попередньої обробки та сегментації зображень у полі зору.

Зображення, одержані за Кирліан, є знімками, виконаними на спеціальній фотоплівці, розміром А5, на яких зафіксовані всі п'ять пальців (рис. 2). Для зображень характерні нестабільність і нерівномірність фону, значна кількість перешкод, які за рівнем яскравості і величиною порівнянні з об'єктами, нестійкість

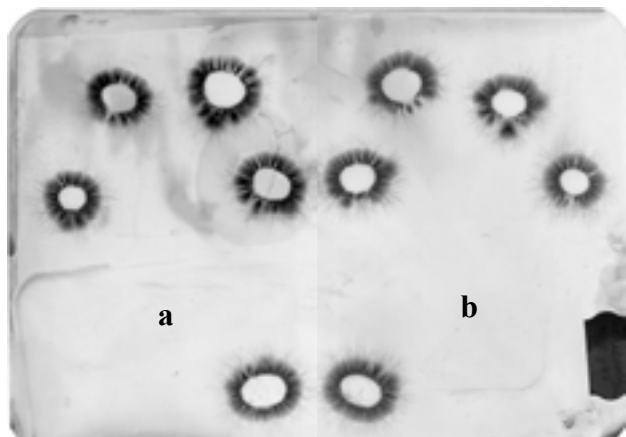


Рис. 2. Приклад зображень за Кирліан: а – пальці лівої руки, b – пальці правої руки.

форми і рівня яскравості самих об'єктів. Хоча за змістом обробки на теперішній час ці зображення могли б вважатися бінарними, проте, навіть задача бінаризації таких зображень не може вважатися тривіальною, не говорячи вже про задачі подальшої обробки, зокрема, задачі розпізнавання з метою діагностики.

Щоб використовувати стандартне програмне забезпечення для зображень [3], таких як на рис. 2, необхідно заздалегідь сегментувати такі зображення і повернути зображення кожного пальця таким чином, щоб воно відповідало його вертикальному напрямку.

Отже програмне забезпечення, що пропонується, призначено для автоматичної сегментації зображень за Кирліан від пальців на зображення світіння від кожного пальця окремо, автоматичного корегування орієнтації кожного пальця, корегування роботи функцій програмного пакета в інтерактивному режимі.

Прийняті також певні емпіричні припущення, при виконанні яких алгоритм працює задовільно.

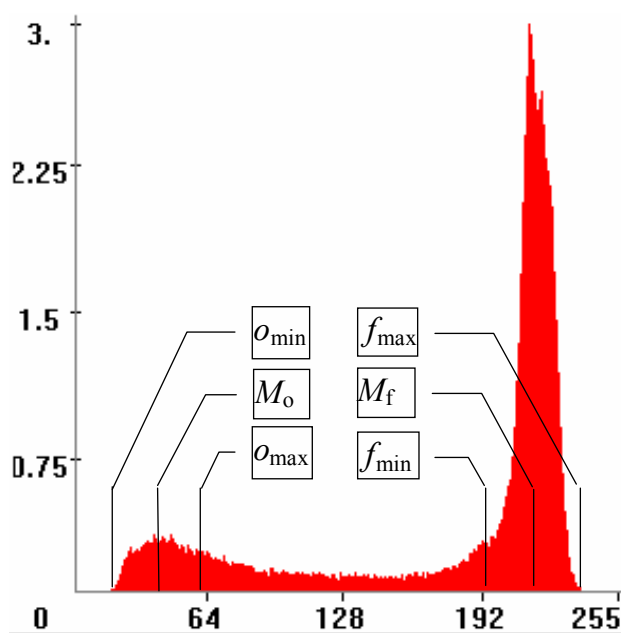


Рис. 3. Гістограма яскравості (оптичної щільності) зображення. По осі абсцис визначені значення яскравості. По осі ординат – умовні значення, пропорційні кількості пікселів, що відповідають даному значенню яскравості.

M_o, M_f – середні значення яскравості об'єктів та фону.

$O_{min}, O_{max}, f_{min}, f_{max}$ – мінімальні та максимальні значення яскравості об'єктів та фону.

Робота програми полягає у виконанні наступних операцій.

– Обчислюють гістограму оптичної щільності досліджуваного зображення за Кирліан (рис. 3). За гістограмою, після її згладжування, визначають мінімальне значення яскравості об'єктів o_{min} як мінімальне значення яскравості пікселів зображення, максимальне значення яскравості фону f_{max} як максимальне значення яскравості пікселів зображення. Визначають також середнє значення яскравості об'єктів M_o як перший максимум при зростанні значень яскравості, починаючи з нуля, і фону M_f як перший максимум при спаданні значень яскравості, починаючи з максимального (255).

– На підставі припущення про симетричність випадкових величин яскравості пікселів фону і об'єктів обчислюють мінімальне значення яскравості пікселів фону як $f_{min} = M_f - (f_{max} - M_f)$ і максимальне значення яскравості пікселів об'єктів як $o_{max} = M_o + (M_f - o_{min})$.

– Обчислюють функції яскравості (оптичної щільності) горизонтального рядка $r(m,n)$ $m = 1, M$ для

всіх горизонтальних рядків зображення $n = 1, N$ (рис.4).

– Визначають спеціальну функцію $v_b(m,n)$ на зображенні, що характеризує належність пікселів рядка фону чи об'єкту.

Ця функція не є результатом бінаризації, оскільки не розглянуті значення функції яскравості $o_{max} < r(m,n) < f_{min}$. Пікселі з такими значеннями функції яскравості є проміжними між пікселями фону і об'єкта і не мають істотного значення для виділення об'єктів на зображенні, принаймні, для вирішення завдань з обробки зображень за Кирліан.

Дане перетворення зображення є нелінійним перетворенням, з урахуванням динамічного діапазону зображення, кількості рівнів квантування з 256 до 3 і дозволяє значною мірою виключити вплив перешкод.

Приклади функції $v_b(m,n)$ зображені на рис.4. Числами 1, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16, визначають особливі точки зображення, що належать фону. Числами 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15 визначають особливі точки зображення, що належать об'єктам.

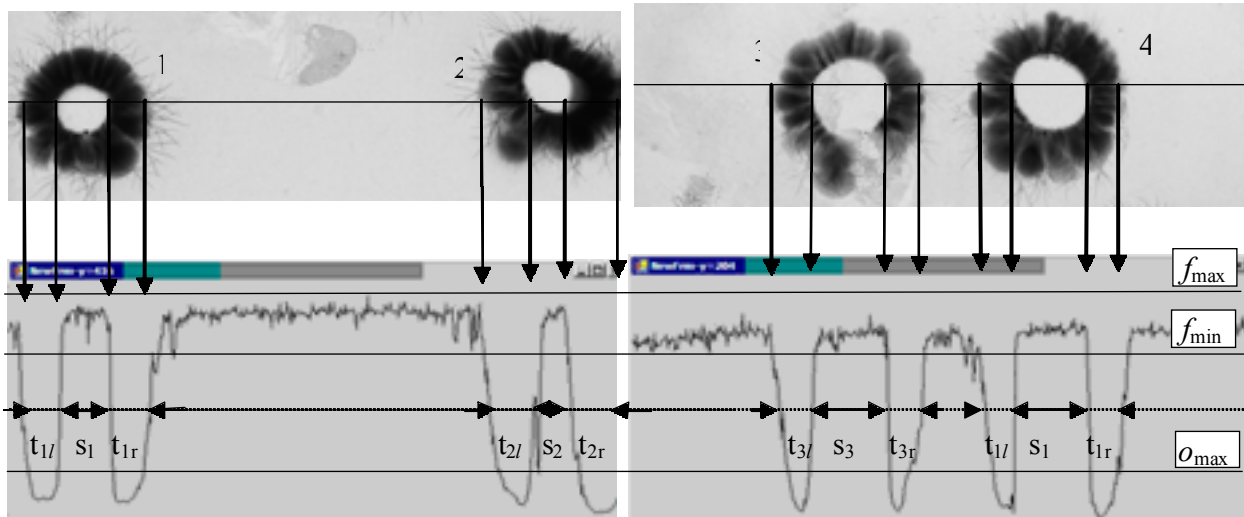


Рис.4. Визначення особливих точок у місцях перетину об'єктів горизонтальними строками.

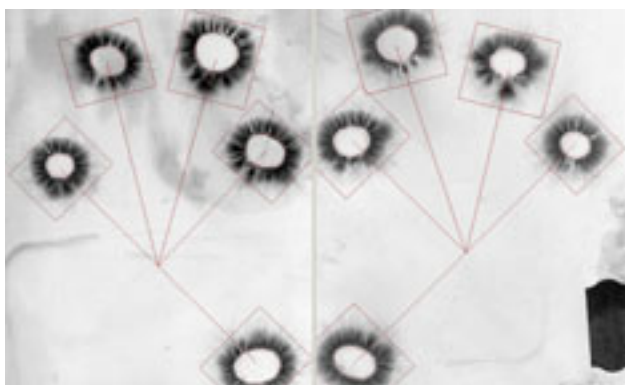


Рис.5. Приклад автоматичної сегментації зображень за Кирліан на об'єкти.

– Будують внутрішній і, при необхідності, зовнішній контури об'єктів, за виділеними особливими точками (рис. 5). Якщо контури визначені, то об'єкти виділені успішно.

Визначають положення об'єктів світіння пальців щодо центру долоні. Апроксимують внутрішні контури еліпсами, визначають кут повороту кожного пальця, повертають зображення світіння пальця до відповідності вертикальному положенню пальця (рис.5) і формують результуючі файли зображень.

ВИСНОВКИ 1. Проведені експерименти підтвердили велику складність задач обробки півтових зображень і, в той же час, показали можливість

та достатню ефективність обробки півтонових зображень з використанням структурної моделі півтонових зображень, що відповідає загальноприйнятому стандарту MPEG7.

2. Розроблене та перевірене прикладне програмне забезпечення для обробки півтонових зображень може бути використане при створенні телемедичних діагностичних систем.

Література

1. Ефективні методи та засоби економного кодування бінарних та півтонових зображень: Науковий звіт. - ІПММСНАН України. - К., 2000. - 126 с.

2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1974.

3. Коротков К.Г. Основы ГРВ биоэлектрографии. - СПб., 2001. - 134 с.

УДК 004.424.7:61

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК НОСІЇВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Петров В.В., Крючин А.А.

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

В статті проведений аналіз вимог до систем зберігання медичної інформації. Особлива увага надана технології використання електронних медичних карт.

Ключові слова: електронна медична карта, формат представлення медичних даних, тривале зберігання, оптичні носії

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Петров В.В., Крючин А.А.

Институт проблем регистрации информации НАН Украины

В статье проведен анализ требований к системам хранения медицинской информации. Особое внимание уделено технологии использования электронных медицинских карт.

Ключевые слова: электронная медицинская карта, формат представления медицинских данных, длительное хранение, оптические носители

ANALYSIS OF FEATURES OF CARRIERS FOR PRESERVING OF MEDICAL INFORMATION

Petrov V.V., Kryuchyn A.A.

Institute of Problems of Information Registration of NAS of Ukraine

The article provides the analysis of requirements for systems of preserving of medical information. A special attention is paid to technology of application of electronic medical records.

Key words: electronic medical record, format of medical data presentation, prolonged preserving, optical carriers.

ВСТУП. Документування лікувально-діагностичного процесу є базисним інформаційним процесом як для всього медперсоналу лікувально-профілактичних установ, так і для управління лікувальним процесом [1].

Здійснення збору, зберігання, аналізу і передачі медичних даних про пацієнтів в електронному вигляді стає все більш поширеним і необхідним в медичних установах. Можливість обміну медичними даними в електронному вигляді є важливим кроком в інформатизації медицини.

Для створення ефективних архівних систем медичної інформації необхідно:

- розв'язати проблему міграції даних з паперових рукописних носіїв на цифрові;

- забезпечити тривале (десятки років) і надійне зберігання інформації.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Основною особливістю медичної інформації є різноманітність даних, які можуть бути представлені в стандартизованому електронному форматі, як, наприклад, дані комп'ютерної томографії, рентгенографії, ультразвукових методів обстеження, так і в довільному — наприклад, записи лікуючого лікаря. Організація системи зберігання медичних даних багато в чому визначається характеристиками носіїв інформації. Особливості зберігання медичної інформації полягають в тривалому терміні її зберігання, який може досягати десятиліть, і необхідності забезпечення великої швидкості доступу до інформації, оскільки від цього може залежа-

ти своєчасність і правильність лікування, призначеного пацієнту [2].

1. Створення баз даних медичної інформації

Необхідність довготривалого зберігання всезростаючих об'ємів критично важливих даних примушує медичні установи шукати раціональніші варіанти управління даними і сховищами. Збільшення об'ємів даних в поєднанні з необхідністю зберігання інформації протягом тривалого часу примушує адміністраторів систем зберігання формувати економічно ефективні стратегії, що забезпечують максимально повне задоволення потреб користувачів, захист цінних даних, масштабування на вимогу, спрощення міграції даних і автоматизацію відновлення при планових і позапланових простоях [3].

У даний час розвиваються три основні концепції зберігання даних: SAN (Storage Area Network), NAS (Network Attached Storage), SAS (Server Attached Storage) або DAS (Direct Attached Storage). Вибір концепції зберігання даних обумовлює вимоги до системи зберігання, що визначаються специфікою інформації в системі, вимоги до термінів зберігання інформації в системі, число користувачів, що мають доступ до файлових архівів, швидкість пошуку даних в системі.

Апаратний комплекс зберігання даних може бути представлений декількома альтернативними варіантами, вибір яких визначається концепцією зберігання даних. До числа можливих варіантів слід віднести RAID-масиви, JBOD, стримери і стрічкові бібліотеки, оптичні носії, роботизовані DVD-бібліотеки. Роботизована бібліотека є масивом DVD-R або CD-R дисків, розміщених в окремому корпусі, сумарна місткість бібліотеки вимірюється десятками терабайт. Крім дискових масивів, в корпусі бібліотеки розташовані приводи, що забезпечують запис і зчитування інформації [2].

Для створення багаторівневих, багатоцільових і розподілених архівних сховищ корпоративного рівня, доставки медичної інформації пропонується використання Grid-технологій. Інтегроване рішення корпоративного рівня на базі систем зберігання, серверів і послуг IBM забезпечує архівацію інформації, віртуалізацію сховищ і захист даних в лікувальних і дослідних медичних установах [3].

Оптичні носії мають високі потенційні можливості для забезпечення довготривалого зберігання великих масивів інформації. Це пов'язано з безконтактністю процесу запису, використанням високонадійного мікрорельєфного представлення даних, можливістю зчитування інформації різними фізичними

методами, використанням для запису інформації сфокусованого оптичного випромінювання з високою густиною потужності. Оптичні носії для тривалого зберігання інформації можуть бути створені з використанням підкладок, виготовлених із спеціальних високостабільних матеріалів (метали, скло, кристали). Інформація, що підлягає тривалому зберіганню, записується на спеціальні носії типу WORM великої місткості [8].

2. Завдання і шляхи створення системи електронних медичних карт

Введення в медичну практику електронних медичних карт є одним зі шляхів підвищення якості медичного обслуговування на основі використання нових інформаційних технологій.

Електронна медична карта (ЕМК) дозволяє організувати зберігання медичної інформації і її відтворення на будь-якому сучасному комп'ютері, а також режим онлайнового доступу медичних працівників до необхідної інформації по комп'ютерних мережах. Створення електронних медичних карт і можливість їх широкого вживання стало можливим із створенням малогабаритних носіїв інформації великої місткості, які забезпечують тривалий термін зберігання записаної інформації, пристроїв запису і необхідного програмного забезпечення. Електронна медична карта може стати електронним медичним паспортом громадянина. Як електронні носії можуть бути вибрані захищений варіант флеш-пам'яті (з механічним, біометричним і ін. захистом), смарт-карти або оптичні картки.

У даний час вартість флеш-накопичувачів істотно знизилася, і вони стали досить поширеними, а тому і фактично всюди підтриманими на програмно-апаратному рівні у всіх сучасних комп'ютерах. Переваги флеш-накопичувачів, крім ціни і широкої підтримки, ще і в тому, що їх об'єм цілком достатній для внесення всієї необхідної медичної інформації, яка може бути потрібна пацієнту.

Смарт-карти є достатньо поширеною і такою, що добре зарекомендувала себе, технологією в різних сферах, особливо в платіжних системах. Основна перевага таких носіїв – це високий ступінь захисту інформації, що важливо для персональних медичних даних. Мінусами даної технології є недостатній об'єм смарт-карт для зберігання повної ЕМК, що містить у тому числі і графічну інформацію, а також дорога інфраструктура для використання таких карт.

Оптичні картки забезпечують зберігання великих об'ємів інформації, допускають можливість запису/зчитування з високою швидкістю, характеризують-

ся високою надійністю зберігання інформації. Все це робить їх перспективним типом носіїв для створення електронних медичних карт. Особливий інтерес можуть становити оптичні ЕМК, записані у форматах компакт-дисків нових поколінь, що дозволяє істотно збільшити місткість носіїв і надійність зберігання інформації. Перші зразки оптичних електронних медичних карток виготовлялися на базі технології оптичних носіїв CD-R. Місткість ЕМК шириною 54 мм і завдовжки 85 мм, виготовленої за технологією CD-R-носіїв, складає 30 Мбайт (збільшення ширини картки до 61,5 мм дозволяє збільшити її місткість до 50 Мбайт). Проте така місткість ЕМК може накладати обмеження на реєстрацію результатів складних аналізів з графічним представленням їх результатів.

Для вирішення проблеми збільшення місткості електронної медичної картки розроблена нова оптична картка на основі цифрового багатофункціонального диска (DVD) великої місткості і нижчої вартості, ніж звичні картки на основі записуваного компакт-диска (CD-R), яка тонша, міцніша, і яку можна носити як кредитну картку [6]. Місткість ЕМК шириною 54 мм і завдовжки 85 мм, виготовленої за технологією DVD-R-носіїв, складає 180 Мбайт (збільшення ширини карток до 61,5 мм дозволяє збільшити їх місткість приблизно в 2,8 рази).

Щоб нова картка стала міцнішою за звичну CD-R-карточку, на неї наносять два захисні покриття на шари з полікарбонату, а саме підкладку для DVD+R і захисне покриття для реєструючого шару. Такі захисні шари широко застосовуються в нових поколіннях компакт-дисків [7].

Використання технології виготовлення компакт-дисків HD-DVD дозволяє збільшити місткість ЕМК до 1,5 Гбайт (ширина картки 61,5 мм). Оптична картка DVD-типу, розроблена в Токійському університеті, має товщину 0,8 мм, де 0,6 мм припадає на DVD+R-підкладку з реєструючим середовищем для однократного запису, а 0,2 мм – на захисний шар полікарбонату для носія [5]. Загальна товщина цієї нової оптичної картки складає 0,8 мм.

DVD-плеєр будь-якого персонального комп'ютера може прочитати записану DVD-карточку і розшифрувати зроблені записи за наявності спеціальних паролів. Інформація на картку може бути записана тільки записуючим пристроєм для DVD-носіїв у медичній установі за наявності спеціального програмного забезпечення. Це означає, що даний тип оптичної картки можна ефективно застосовувати в системі реєстрації медичних даних (тільки лікар може записувати медичні дані на ЕМК, а пацієнти зможуть

зчитувати і виводити на екран приватну медичну інформацію з використанням DVD-плеєрів.

Медична інформація на електронній медичній картці може бути структурована за такими розділами:

- інформація для екстрених ситуацій (група крові і резус-чинник, алергічні реакції, телефони лікуючих лікарів, номер страхового поліса, оперативні втручання, поточні призначення і т.д.);

- основна інформація (поліклінічний і стаціонарний епікризи на момент останніх відвідин медичних установ) про стан пацієнта з можливістю швидкого переходу до первинних результатів обстежень (рентгенівських знімків, ЕКГ і ін.);

- повна медична карта пацієнта.

Електронна карта не тільки обновляється автоматично з інформаційної системи клініки при кожних відвідинах пацієнта, але і допускає можливість запису всіх результатів досліджень, виконаних в будь-якій іншій клініці. Інформація на електронній картці повинна бути захищена від виправлення. Додатковою перевагою оптичних карток є використання в них режиму однократного запису і багатократного зчитування (режим WORM), який на апаратному рівні виключає можливість внесення змін у вже зроблені записи. Режим запису WORM разом з використанням програмних методів захисту записаної інформації від спотворень гарантує достовірність зчитаної інформації.

Використання електронних медичних карт передбачає розробку і впровадження системи захисту даних від несанкціонованого доступу, особливо при передачі даних по комп'ютерних мережах. Безпека персональних даних пацієнта є одним знайважливіших завдань всієї технології ЕМК, для забезпечення якої пропонується таке:

- використання спеціалізованих носіїв і програмного забезпечення, що дозволяє регламентувати доступ до даних за рахунок ідентифікації користувача введенням пароля або за біометричними параметрами;

- шифрування даних стійкими шифрами і доступ за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення з використанням пароля користувача. Плюси: надійний рівень захисту, відсутність прив'язки до носія; можливість використання телекомунікацій для передачі даних. Мінуси: необхідність спеціалізованого програмного забезпечення для читання даних; необхідність запам'ятовування ідентифікації даних [3].

Широкі дослідження зі впровадження ЕМК проводяться останнім часом в Росії і Японії [3, 4, 5], в Україні розроблена пропозиція щодо створення електронного медичного паспорта.

ВИСНОВКИ. 1. Сучасні системи зберігання великих масивів інформації на оптичних дисках, магнітних дисках і стрічках з використанням апаратно-програмних засобів підвищення надійності зберігання інформації дозволяють забезпечувати довготривале зберігання медичної інформації і швидкісний доступ до неї.

2. Електронна медична карта може стати важливою компонентою медичної інформаційної системи. Наявність повних медичних даних дозволить

лікуючому лікарю одержати відомості, необхідні для організації ефективного лікування. Створення електронних медичних карт можливе з використанням сучасних електронних носіїв високої місткості.

3. Оптичні носії завдяки можливості забезпечення тривалого зберігання інформації, високій щільності запису і надійності зберігання інформації можуть знайти широке застосування в системах зберігання медичної інформації.

Література

1. Карабаев М., Раимжанов А., Хошимов В. и др. Электронная история болезни как основа медицинской информационной технологии // Национальный Саммит по информационно-коммуникационным технологиям, г. Ташкент, Узбекистан, 25-26 сент. 2006 г. Режим доступа: <http://summit2006.ictp.uz>
2. Юлия Граванова. Особенности хранения медицинской информации. – Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/>
3. <http://www.ibm.com/news/ru/ru/2007/05/1601.html>
4. http://www.logistics.ru/5/i84_1691.htm

5. <http://skif.pereslavl.ru/psi-info/interin/interin-publications/mk.pdf>
6. Goto K., Satsukawa T., Chiba S., Ohmori T. New optical card for sneaker's network in place of electronic clinical record // Japan. J. Appl. Phys. – 2006. – Vol. 45, No. 2B. – P. 1435-1437.
7. Hayashida N., Itoh H., Yoneyama K. et al. Anti-fingerprint property of the hard cost for cartridge-free Blu-ray disc // Proc. SPIE. – 2003. – Vol. 5069. – P. 361-368.
8. Металеві носії для довготермінового зберігання інформації / В.В. Петров, А.А. Крючин, С.М. Шанойло, Л.І. Крючина, І.О. Косско – Київ: «Наук. думка», 2005. – 132 с.

УДК 61671-001.5+61:621.397.13+61:621.398+61:681.3

РОЗРОБКИ В ОБЛАСТІ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ РІШЕННЯ МЕДИЧНИХ ЗАДАЧ

Малиновський Р.А.

ТОВ О.Т.С.

В статті проведено аналіз використання систем відеоконференцзв'язку у сфері охорони здоров'я, а також розглянуті приклади успішного використання телемедичних підходів.

Ключові слова: телемедицина, відеоконференцзв'язок, термінал, протокол, телеконсультації.

РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗКИ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЗАДАЧ

Малиновский Р.А.

ООО О.Т.С.

В статье выполнен анализ использования систем видеоконференцсвязи в сфере здравоохранения, а также рассмотрены примеры успешного применения телемедицинских подходов.

Ключевые слова: телемедицина, видеоконференцсвязь, терминал, протокол, телеконсультации.

ELABORATIONS IN THE FIELD OF VIDEO CONFERENCING ARE EFFECTIVE TOOL FOR SOLVING OF MEDICAL TASKS

Malynovsky R.A.

O.T.C., Ltd

The article presents regulations about necessity of introduction of video conferencing systems in sphere of public health services. The examples of successful application of telemedicine approaches are considered.

Key words: telemedicine, video conferencing, terminal, multipoint, report, teleconsultations.

ВСТУП. Упровадження систем відеоконференцій – один з найвиразніших трендів розвитку інформаційних технологій в області охорони здоров'я. За допомогою відеоконференцсистем (ВКС) лікарі можуть надавати консультаційну підтримку, проводити консилиуми, проводити дистанційну діагностику та інше.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Вже сьогодні в світі діють більше 200 телемедичних проєктів, які дозволяють мешканцям віддалених районів (районів з нерозвинутою інфраструктурою або низьким рівнем медичного обслуговування) одержувати консультації кваліфікованих фахівців великих медичних центрів. Набагато простіше і дешевше провести сеанс відеоконференцзв'язку (ВКС) з віддаленим райцентром, ніж відправити хворого на консультацію в столичну клініку.

Поява цілком успішних телемедичних проєктів в Росії є переконливим доказом того, що даний напрямок перспективний і досягне не менших, а може навіть і великих результатів в Україні.

Функціональні можливості систем ВКС дозволяють реалізувати з високою ефективністю такі заходи, як:

лекція – виступ лектора перед «телемедичною» аудиторією із показом слайдів і проводиться в режимі багатоточки;

консультація – бесіда між лікуючим лікарем і (не обов'язково, але бажано) пацієнтом, з одного боку, і консультуючим фахівцем – з другого; часто супроводжується демонстрацією медичних зображень (зокрема – on-line УЗД) і пацієнта;

конференція/телеміст – співбесіда двох і більш груп людей, при якому заслуховує доповідач (часто

із слайдами) і відбувається обговорення; нерідко проводиться в режимі розрахованої на багато користувачів взаємодії.

Перелік завдань, необхідних для вирішення при упродовженні і використуванні устаткування ВКС, достатньо широкий. Перш за все, це можливість первинного консультування. Якщо лікуючий лікар не може вирішити ту або іншу проблему самостійно, пацієнт, як правило, прямує в медичний центр, де працюють фахівці вищої кваліфікації. Багато лікарень в регіонах непогано оснащено медичною апаратурою, але існує гострий брак у високопрофесійних практикуючих лікарях певної спеціалізації; останні, як правило, працюють в столиці і великих містах.

Ще одним завданням телемедицини є післяопераційний нагляд. До того ж треба відзначити, телеконсультація може проводитися не тільки між лікарем і пацієнтом, а і між двома лікарями, щоб виключити неточності в інтерпретації рекомендацій фахівця.

Дистанційне спілкування, крім очевидної користі для хворого, дає можливість професійного розвитку співробітників медичних закладів в регіонах. В рамках навчання можуть проводитися спеціальні сеанси навчання (наприклад, демонстрація в режимі реального часу ходу операції). Багаточасковий режим ВКС дозволяє організувати медичні відеоконсилиуми і семінари. Ще однією перевагою дистанційного навчання за допомогою засобів ВКС є можливість створення інформаційних відеопорталів, що містять необхідну для підвищення рівня кваліфікації медичного персоналу відеоінформацію. Так, наприклад, достатньо просто створити курс лекцій з будь-якого напрямку і дати учню можливість його перегляду необхідну кількість раз, а при виникненні питань записати їх в спеціально відведеному розділі для отримання відповіді фахівця.

При глобальному підході в рамках держави телемедична мережа повинна об'єднувати всі типи установ охорони здоров'я - центральні і регіональні Управління, центральні, обласні і районні клініки і лікарні, медичні академії і університети, архіви і бібліотеки та інші лікувально-профілактичні установи і відповідати таким вимогам:

- забезпечувати доступ до всіх сервісів цілодобово і щодня;
- ефективно захищати всю інформацію і забезпечувати ідентифікацію користувачів;
- забезпечувати скільки завгодно необхідне географічне і функціональне розширення;
- надавати необхідний і достатній набір функцій для вирішення завдань діагностики, лікування і реабілі-

тації хворих, навчання і підвищення кваліфікації медичних працівників, а також збору і поширення управлінської інформації;

- об'єднувати об'єкти регіональної охорони здоров'я в єдину інформаційну телемедичну мережу.

В умовах наявності висококваліфікованого медичного персоналу, територіально розподіленого на просторах нашої країни, одним з найважливіших питань реалізації проектів телемедичного профілю є наявність високоякісного, максимально простого з погляду управління і використання інструменту, що дозволяє об'єднати інтелектуальний медичний ресурс і забезпечити доступ до нього з будь-якої важкодоступної крапки, яким і є устаткування відеоконференцзв'язку.

Одним з основних розробників рухомих ВКС систем для телемедицини і рішень ТМЦ компанією О.Т.С. використовується апаратура фірм Tandberg і Polycom. Основна перевага системи рухомого (МОБІЛЬНОГО) зв'язку при використанні устаткування Tandberg є використання унікальних мереж третього покоління 3G.

Для рухомих телемедичних пунктів може використовуватися комплекс Tandberg Tactical MXP, який в складеному вигляді виглядає як валізка приблизно в півтора раза товща від стандартного кейсу. У середині нього змонтований повний комплект устаткування ВКС, що включає екран, відеосистему і апаратний кодек. Комплекс може підключатися до звичної дротяної Ethernet-мережі, якщо вона доступна, або до супутникової антени або до пари таких антен: це дозволяє удвічі — з 128 до 256 кбіт/с — розширити канал передачі інформації. Швидкість 256 кбіт/с при використанні спеціальних методів стиснення дає цілком прийнятну якість зображення і звуку для телеконсультацій. Комплекс забезпечено також рядом інтерфейсів для підключення всілякої медичної апаратури (всі сучасні пристрої мають цифровий вихід), а відеосистема дозволяє передавати не тільки зображення і звук, але і будь-яку двійкову інформацію, включно знімки, результати аналізів, всіляких вимірювань. Таким чином, консультант на своєму екрані може бачити одночасно і пацієнта, і дані його обстеження (рис. 1).

У стаціонарних ТМЦ, де немає жорстких обмежень на фізичний об'єм апаратури і спеціальних вимог до стійкості проти зовнішніх дій (таких, як вібрації), встановлюється більш стандартне устаткування. Його конфігурація залежить від потреб конкретного центру: якщо, наприклад, ВКС передбачається використовуватися тільки для консультацій, то



Рис. 1. Термінал мобільної ВКС Tandberg Tactical MXP.

як система візуалізації підійде стандартний комп'ютерний монітор, а для дистанційного навчання краще обладнати залу з хорошою акустичною системою, і встановити для виведення зображення велику плазмову панель або екран з проектором.

Канали для підключення ТМЦ зазвичай проводові і надаються місцевими операторами зв'язку. Там, де є можливість, центри підключають за технологією ISDN, інакше — за IP. Устаткування ВКС допускає обидва варіанти: перший якісніший, другий доступніший і дешевший. У разі ISDN бажана швидкість 384 кбіт/с, у разі IP — 768 кбіт/с. Якщо канал стійкий і зв'язок не рветься, одержуємо при цьому практично студійну якість звуку і відео. В таких умовах спеціально розроблено пересувне вирішення Tandberg Intern MXP, що включає 23-дюймовий рідкокристалічний дисплей, ширококутну камеру і зручний пересувний пристрій з можливістю підключення периферійної медичної апаратури. Система включає опцію MultiSite, що дозволяє одночасно брати участь у відеосеансі до 6-ти відео- і 5-ти аудіоабонентів (рис. 2).

Широкий спектр рішень компанії Tandberg дозволяє підібрати устаткування, яке б ідеально відповідало функціональним можливостям (рис. 3).

Використовування в рамках одного проекту систем різних постачальників може бути пов'язано з

рядом проблем. Навіть якщо декларується відповідність всіх цих систем стандартам, в роботі їх сумісність досягається не завжди. Стратегія, зак-



Рис. 2. Термінал мобільної ВКС Tandberg Intern MXP.

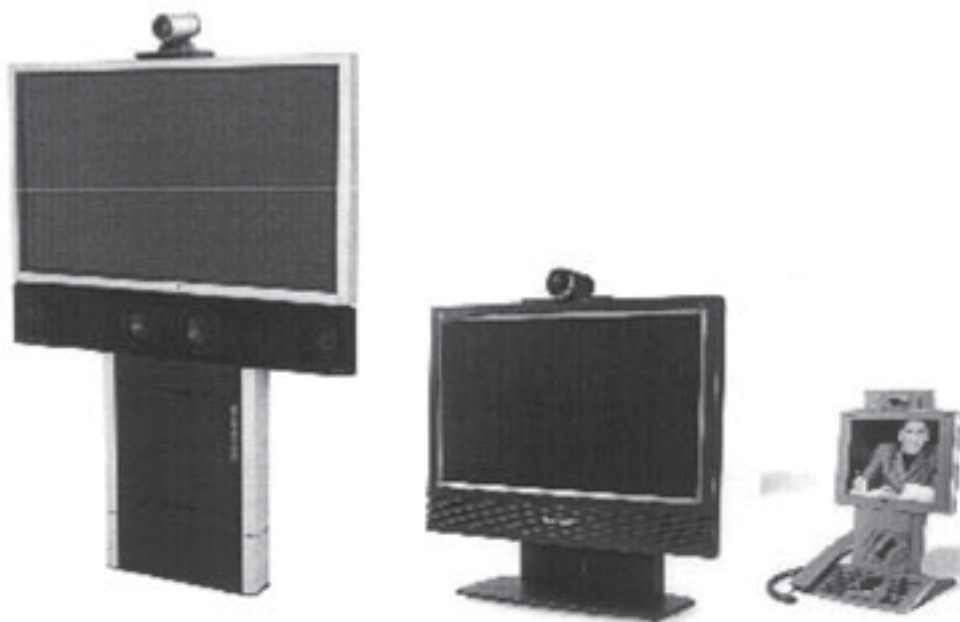


Рис. 3. Термінальне обладнання різного рівня: Tandberg 6000 Profile MXP, Tandberg 1700 MXP, Tandberg Centric 150 MXP.

ладена врішення Tandberg, а саме підтримка повної сумісності устаткування стандартам ІТУ, гарантує відсутність проблем при стикуванні різнорівневого устаткування різних виробників стандартів ІТУ, які дотримуються. Врешті-решт, головна мета всіх проєктів — ефективне і якісне лікування хворих. Можна стверджувати, що стандартизація протоколів обміну даними у ВКС гарантує виконання умови про те, що устаткування ВКС нарікань викликати не буде — воно функціонуватиме стійко і абсолютно сумісно.

Література

1. Мобільні телемедичні комплекси. Домашня телемедицина // Матеріали науково-практичної конференції. - Ростов-на-Дону, 2005.
2. Ключев В.М., Корнеев Н.В., Андреев М.Ю., Переведен-

ВИСНОВКИ. На сьогодні компанія О.Т.С. завершує створення сімейства тиражованих телемедичних рішень на основі устаткування Tandberg і спеціалізованого телемедичного ПО, розробленого самостійно, з огляду на вимоги до ВКС в телемедицині. Кінцевим результатом буде програмно-апаратні комплекси, що дозволяють влічені хвилини в будь-якому місці розвернути пункт лікарської допомоги і підключити його до центральної бази даних для обміну інформацією.

цев О.В., Мальцев Е.Г., Чернов М.Ю. Телемедицина як інструмент підвищення ефективності лікувально-діагностичного процесу // ГВКГ ім. академіка Бурденко, 2006. - ТОВ "СТЕЛ-Комп'ютерні системи".

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 дисертації та з дотриманням основних вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

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

Титульний аркуш:

УДК- у верхньому лівому куті.

Назва статті (по центру, півжирним шрифтом, кегль - 16). У назві статті не допускається використання скорочень.

Прізвище та ініціали автора(-ів) (по центру).

Повна назва установи.

Анотація: до 200 слів.

Ключові слова: до вісьмох слів.

Основна частина статті містить наступні розділи: вступ (постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями, аналіз останніх опублікованих досліджень, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, виділення невирішеної частини загальної проблеми, якій присвячена означена робота).

Мета дослідження. Матеріал і методи дослідження (викладення об'єкта дослідження і методик, опис яких повинен бути достатнім для розуміння їх доцільності і можливості відтворення. У випадку проведення експериментальних досліджень з тваринами слід вказувати вид, стать, кількість тварин, методи анестезії при маніпуляціях, пов'язаних із завданням тваринам болю, метод евтаназії. обов'язковим є зазначення методик статистичного аналізу з обґрунтуванням вибору критеріїв достовірності оцінок). Результати й обговорення (викладається основний фактичний матеріал, проводиться повне обґрунтування отриманих наукових результатів, висловлення власного судження щодо одержаних результатів, його порівняння з тлумаченням подібних даних, наведених іншими авторами). Висновки. Перспективи подальших досліджень (подається бачення автора перспективності подальших шляхів до розв'язання проблеми, висвітленої у роботі). Література (друкується в порядку згадування джерел у тексті, у квадратних дужках).

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

Підзаголовки повинні бути надруковані прописними літерами, півжирним шрифтом.

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

Список літератури повинен формуватися послідовно, в порядку появи посилання в тексті статті. Для оформлення посилань на книги та журнали використовувати відповідні формати, наприклад:

1. Амосов Н.М., Касаткин А.М., Касаткина Л.М., Талаев С.А. Автоматы и разумное поведение. –К.: Наук.думка, 1973. – 374 с.

2. Вороненко Ю.В., Мінцер О.П. Технології дистанційного навчання у практичній медицині // Журнал сучасного лікаря. Мистецтво лікування. –2005. – № 7. – С. 8–11.

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

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

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

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

Діаграми, графіки бажано створювати у Microsoft Excel.

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

Розширена анотація до статті - подається двома мовами (наприклад, якщо основний текст статті написаний українською мовою, то дві розширені анотації подаються російською та англійською); обсяг – 1 сторінка; містить: (а) назву статті, (б) прізвища та ініціали авторів, (в) електронні адреси авторів, (г) повна назва установи, (д) реферат статті до 400 слів, (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 вищенаведених вимог, не реєструються. У першу чергу друкуються статті передплатників журналу, а також матеріали, що замовлені редакцією. Редакція залишає за собою право виправляти термінологічні та стилістичні помилки; за погодженням з авторами усувати зайві ілюстрації та скорочувати текст.

Рукописи направляти за адресою:

04112, м. Київ, вул. Дорогожицька, 9,
Національна медична академія післядипломної освіти
ім. П.Л. Шупика,
Редакція журналу «Медична інформатика та інженерія»
Електронна пошта: miejournal@nmapo.edu.ua

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.