АНДРУЩАК ІГОР ЄВГЕНОВИЧ. Назва дисертаційної роботи: "РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ОПТИМІЗАЦІЇ ТА КЕРУВАННЯ В СИСТЕМНИХ МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ"

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ’Я УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ МЕДИЧНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД

«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМ. І.Я. ГОРБАЧЕВСЬКОГО МОЗ УКРАЇНИ»

На правах рукопису

АНДРУЩАК Ігор Євгенович

УДК 681.51/.52 + 61:004.891

Розробка та застосування методів прийняття рішень,

оптимізації та керування в системних медичних

дослідженнях

01.05.04 – системний аналiз i теорiя оптимальних piшень

Дисертація

на здобуття наукового ступеня

доктора технічних наук

Науковий консультант:

доктор технічних наук, професор,

МАРЦЕНЮК Василь Петрович

Київ – 2015

2

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ…………………………………………….... 6

ВСТУП..........................................................................................................................7

РОЗДІЛ 1. РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ

РІШЕНЬ, ОПТИМІЗАЦІЇ ТА КЕРУВАННЯ В СИСТЕМНИХ МЕДИЧНИХ

ДОСЛІДЖЕННЯХ – АКТУАЛЬНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ПРОБЛЕМА

(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).............................................................................................17

1.1Системи підтримки прийняття рішень в медицині............................................17

1.2. Алгоритми data mining при розробці клінічних експертних систем..............28

1.3. Проблеми моделювання та аналізу популяційних процесів...........................30

1.4. Структурно-функціональна схема системи підтримки прийняття рішень в

системних медичних дослідженнях.........................................................................36

Висновки до розділу 1...............................................................................................40

РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЗАДАЧАХ МЕДИЧНОЇ

ДІАГНОСТИКИ І ПРОФІЛАКТИКИ………………………………………..……41

2.1. Розробка проблемно-орієнтованої технології експертної системи на основі

методу індукції дерева рішень..................................................................................41

2.2. Метод індукції дерева рішень на основі показника відношення приростів

інформації...................................................................................................................50

2.3. Дослідження обчислювальної складності методу індукції дерева рішень в

проблемно-орієнтованій технології експертної системи класифікації

політравм.....................................................................................................................53

2.4. Розробка проблемно-орієнтованої технології експертної системи, що

грунтується на правилах, методом послідовного покриття...................................58

2.5. Дослідження обчислювальної складності в проблемно-орієнтованій

технології експертної системи, що грунтується на правилах, побудованих

методом послідовного покриття...............................................................................61

3

Висновки до розділу 2................................................................................................66

РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЗАДАЧАХ

ЛІКУВАННЯ………………………………………………………………………..68

3.1. Створення проблемно-орієнтованої технології експертної системи

визначення оптимальної методики лікування на основі методу Decision Curve

Analysis (DCA)............................................................................................................68

3.2. Технологія експертної системи на основі методу DCA із застосуванням

теорії втрат..................................................................................................................75

3.3. Комп’ютерна технологія якісного аналізу динамічної системи на основі

дерева рішень..............................................................................................................86

3.4. Мультиваріативний метод якісного аналізу системи протипухлинного

імунітету на основі дерева рішень............................................................................96

3.5. Мультиваріативний метод якісного аналізу динамічної системи на основі

класифікаційних правил..........................................................................................109

3.6. Мультиваріативний якісний аналіз системи протипухлинного імунітету на

основі класифікаційних правил..............................................................................115

Висновки до розділу 3..............................................................................................124

РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

ПАТОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З УРАХУВАННЯМ ФАРМАКОКІНЕТИКИ

ЛІКАРСЬКИХ РЕЧОВИН.......................................................................................125

4.1. Системний аналіз медичних наукових досліджень в динаміці патологічних

процесів…………………………………………………………………………….125

4.2. Побудова узагальненої моделі динаміки Гомперца патологічного

процесу......................................................................................................................134

4.3. Побудова оцінок розв’язків у моделі протипухлинного імунітету з

імпульсними збуреннями........................................................................................143

4.4. Принципи моделювання, аналізу та синтезу фармакокінетичної моделі....149

4.5. Узагальнена фізіологічно-обгрунтована фармакокінетична (ФОФК)

модель........................................................................................................................156

4

4.6. Метод декомпозиції для системи диференціальних рівнянь ФОФК –

моделі.........................................................................................................................163

4.7. Задача адаптивного точкового регулювання для фармакокінетичної

моделі.........................................................................................................................173

Висновки до розділу 4..............................................................................................181

РОЗДІЛ 5. МОДЕЛЮВАННЯ, АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНИХ

СИСТЕМ КЕРУВАННЯ.........................................................................................182

5.1. Інформаційно-статистичний підхід до моделювання епідеміологічних

процесів.....................................................................................................................182

5.2. Методи якісного аналізу в епідеміологічних моделях..................................196

5.3. Оптимізація та керування епідеміологічними динамічними системами за

наявності обмежень на керування і фазовий стан…………………………….…215

Висновки до розділу 5..............................................................................................231

РОЗДІЛ 6. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ МЕДИЧНОГО

СТРАХУВАННЯ………………………………………………………………..…233

6.1. Математична модель медичного страхування епідеміологічних

захворювань……………………………………………………………………..…233

6.2. Математичні моделі медичного страхування багатостадійних

захворювань…………………………………………………………………..……241

6.3. Програмне середовище визначення параметрів медичного страхового полісу

відповідно до етіології захворювання……………………………………………268

Висновки до розділу 6..............................................................................................274

РОЗДІЛ 7. АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМНИХ

МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ…………………………………………………276

7.1. Об’єктно-орієнтована програмна реалізація системних медичних

досліджень.................................................................................................................276

7.2. Структурно-функціональна схема програмного середовища підтримки

прийняття рішень.....................................................................................................293

5

7.3. Технічні аспекти програмної реалізації СППР...............................................296

Висновки до розділу 7..............................................................................................298

ВИСНОВКИ……………………………………………………………………..…299

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……………………………………...…301

ДОДАТКИ………………………………………………………………………….338

6

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СППР – система підтримки прийняття рішень

ЕС – експертна система

МВ – механізми виводу

ОПР – особа, що приймає рішення

ІКС – інформаційно-керуюча система

ІССМД – інтегроване середовище системних медичних

досліджень

МІС – медична інформаційна система

НДР – науково-дослідна робота

ФОФК – фізіологічно-обгрунтована фармакокінетика

DCA – decision curve analysis, аналіз кривої рішень

Ig A – імуноглобуліни класу A

Ig G – імуноглобуліни класу G

Ig M – імуноглобуліни класу M

XML – extensible markup language

ФДР – функціонально-диференціальні рівняння

C a b [ , ] – простір неперервних на відрізку

[ , ] a b

функцій

1 C a b [ , ] – простір неперервно-диференційованих на відрізку

[ , ] a b

функцій

2 L a b [ , ] – гільбертовий простір інтегрованих в квадраті на

відрізку

[ , ] a b

функцій

2

([ , ], )n

L a b R – простір

2 L a b [ , ]

із значеннями в

n R

x s t   – вектор-відрізок траєкторії, тобто

x t s s      : 0  

t

x



– рівномірна норма, тобто

0

max ( ) ,

s

x t s

   



2

x s( )



,

t 2

x – норма в просторі

2 L [ ,0]  .

7

ВСТУП

Актуальність теми. Охорона здоров’я населення України є пріоритетним

напрямком соціальної політики держави. Національна програма реформування

галузі передбачає модернізацію системи охорони здоров’я і встановлює основні

концептуальні пріоритети розвитку медичної галузі країни. Значиме місце у

вирішенні проблем національної охорони здоров’я посідає розвиток медичної

науки. При цьому одним з основних способів подолання проблем у

національних системах охорони здоров’я є використання потенціалу науковцівмедиків з метою розробки і впровадження новітніх лікувальних, діагностичних і

профілактичних методик, що сприяє підвищенню якості медичної допомоги й

збереженню здоров’я населення.

У рамках розв’язання завдань, передбачених національними проектами,

особливе значення набувають науково-практичні дослідження з інформаційного

супроводу інноваційних лікувальних методик: моделювання розвитку

захворювання під дією інноваційних лікувальних методик; порівняльний аналіз

ефективності лікувальних методик; обгрунтування прийняття рішення при

виборі тактики лікування; прогнозування фінансового забезпечення лікування,

так необхідного в медичному страхуванні. Це далеко не повний перелік задач,

які виникають при проведенні системних медичних досліджень по розробці та

впровадженню інноваційних лікувальних методик.

Аналіз математичних моделей з питань медичної наукової діяльності

показує на необхідність розробки математичного апарату методів прийняття

системних рішень, оптимізації та керування. Вирішення проблем медичної

інноваційної діяльності пов’язане із розробкою математичних моделей розвитку

і поширення захворювань (у випадку епідеміологічного захворювання), опису їх

перебігу (у випадку багатостадійності). Такі моделі використовують апарат як

теорії диференціальних рівнянь, випадкових процесів, так і інформаційних

систем, системного аналізу та прийняття рішень. Їх практична реалізація

вимагає розробки відповідного програмного середовища [98, 122, 126, 130, 141,

146, 157].

8

Суттєвих результатів в напрямку розвитку новітнього математичного

апарату та програмного забезпечення досягнуто в українській школі

кібернетики та інформатики, створеній В.М.Глушковим [45-47, 69, 80, 185, 191,

206-208, 226, 231]. Важливий внесок у розвиток теорії та методів системного

аналізу, математичного моделювання та оптимізації, загальної теорії керування,

а також в розробку відповідних програмних засобів в Україні внесли

Б.М. Бублик, Ф.Г. Гаращенко, Ю.М. Єрмольєв, О.К.Закусило, М.З. Згуровський,

В.М. Кунцевич, О.Г. Наконечний, Ю.М. Онопчук, Б.Н. Пшеничний,

І.В. Сергієнко, А.О. Чикрій, В.О. Яценко та ін.

Одержані фундаметальні та прикладні результати з питань прогнозування

процесів та прийняття рішень в складних системах при неповноті, неточності та

нечіткості вихідних даних в умовах концептуальної невизначенності

[39,40,191]; аналізу та оптимального керування процесами та полями різної

природи [46,47]; теорії диференціальних ігор [203,226]; чисельних методів

нелінійного аналізу та оптимізацції [46]; теорії нескінченновимірних

динамічних систем [76,222-224]; методів оцінювання та керування нелінійними

системами з розподіленими параметрами [45].

Аналізуючи алгоритми прийняття рішень в медичних наукових

дослідженнях слід зазначити, що традиційні біостатистичні методи для оцінки

результатів обстежень, моделей та молекулярних маркерів є обмеженими.

Традиційний біостатистичний підхід концентрується на точності, калібруванні

та дискримінативності використовуючи такі метрики як чутливість,

специфічність та площа під кривою (AUC, AUROC). У той же час такий підхід

не враховує популяційних взаємодій та компартментний характер більшості

медико-біологічних процесів.

При побудові моделей важливим є поняття етіології, оскільки природа

захворювання впливає і на вибір математичного апарату. Так для

епідеміологічних захворювань традиційним є використання диференціальних

рівнянь популяційної динаміки на основі SLIAR-моделювання; при побудові

9

моделей багатостадійних захворювань використовується компартментний

підхід.

Результати застосування методів математичного моделювання та теорії

автоматичного керування до медицини та біології відображені в роботах

М.М. Амосова, Ю.Г. Антомонова, Н. Бейлі, Л. Ластеда, Р. Ледлі, І.М. Ляшенка,

Г.І. Марчука, М. Мекі, О.П. Мінцера, Дж.М. Муррея, О.Г. Наконечного, Ю.М.

Онопчука, Ю.І. Петуніна, М.Б. Славіна, Дж. Снейда, В.О. Яценка та інших.

Підходи до проектування СППР розвинуто в роботах Глушкова В. М.,

В.С. Михалевича, Сергієнка І. В., Волковича В.Л., Наконечного О.Г.,

Заславського В.А., Андона Ф.І., Акіменка В.В., Ушакова І.А., Скуріхіна В.І.

Актуальність даної роботи визначається тим, що у дисертаційній роботі

наведено нові теоретичні дані щодо шляхів вирішення задачі створення

математичних моделей, методів алгоритмізації, а також їх реалізації у вигляді

системи підтримки прийняття рішень.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану наукових досліджень

кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень факультету кібернетики

Київського національного університету імені Тараса Шевченка Міністерства

освіти і науки України у рамках науково-дослідної теми «Проблеми теорії

прийняття рішень та системного аналізу стохастичних мереж» (№ ДР

0111U006680, виконується з 2011р.).

Базовою для даної роботи стала комплексна науково-дослідна робота

кафедри медичної інформатики Тернопільського державного медичного

університету ім. І.Я.Горбачевського «Системні дослідження та інформаційні

технології в задачах медичної науки та освіти», (№ ДР 0113U001800,

виконується з 2013 р.). та комплексна науково-дослідна робота навчальнонаукового інституту моделювання та аналізу патологічних процесів

Тернопільського державного медичного університету ім. І.Я.Горбачевського

«Медико-інформаційне дослідження експериментальної патології внутрішніх

10

органів при різних функціональних умовах та їх корекція», (№ ДР

0107U004662), яка виконувалась на замовлення МОЗ України.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробити систему

підтримки прийняття рішень для основних задач системних медичних

досліджень з урахуванням етіології захворювання та підтримкою медичного

страхування.

Задачі дослідження:

а) створити комп’ютерну технологію класифікації в системі медичної

діагностики методом індукції дерева рішень на основі різних показників

приросту інформації;

б) створити комп’ютерну технологію класифікації в системі медичної

діагностики на основі класифікаційних правил методом послідовного покриття;

в) дослідити питання обчислювальної складності в комп’ютерних

технологіях класифікації в системі медичної діагностики;

г) розробити математичні моделі і методи системного дослідження

процесів пухлинного росту на основі динамік Гомперца та Ріхарда;

д) розробити та програмно реалізувати методи оптимізації для

математичних моделей хіміо-, радіо- та імунотерапії на основі динамік

Гомперца та Ріхарда за наявності обмежень на керування і фазовий стан;

е) на основі аналізу узагальнених фізіологічно-обгрунтованих

фармакокінетичних (ФОФК) моделей розробити ФОФК-модель кінетики

лікарського препарату, яка описується системою нелінійних диференціальних

рівнянь, що включають рівняння Хілла для опису метаболічних процесів;

є) підвищити якість моделювання епідеміологічних процесів шляхом

використання математичних методів та програмних засобів аналізу,

прогнозування та керування;

ж) створити комп’ютерні технології визначення оптимальних стратегій

лікування на основі аналізу кривих рішень виходячи із значень сукупної функції

корисності а також із застосуванням теорії втрат;

11

з) розробити та програмно реалізувати мультиваріативні методи якісного

аналізу динамічних систем на основі функціонально-диференціальних рівнянь з

побудовою структур знань – дерев рішень та класифікаційних правил;

и) створити комп’ютерні технології класифікації форм патологічних

процесів у вигляді структур знань – дерев рішень та класифікаційних правил;

і) розробити методи моделювання та аналізу медичного страхування з

урахуванням етіології – епідеміологічних або багатостадійних захворювань;

ї) розробити сертифікований програмний продукт з об’єктно-орієнтваної

реалізації системних медичних досліджень з використанням методів системного

аналізу та оптимальних рішень.

Об’єкт дослідження – процеси виконання системних медичних

досліджень з метою розробки ефективних лікувальних методик.

Предмет дослідження – методи прийняття системних рішень, оптимізації

та керування в системних медичних дослідженнях.

Методи досліджень. Для опису патологічних процесів використовували

детерміновані математичні моделі. При цьому фазові координати, які є

чисельностями або щільностями популяцій певних клітин, описують відповідні

усереднені значення. Патогенний фактор описували диференціальними

рівняннями узагальненої динаміки Гомперца та Ріхарда. Імунний статус

організму описували моделлю імунної системи Г.І.Марчука. Ресурсність

механізмів імунного захисту описували логістичними рівняннями. Токсичність

лікування визначали нормальними групами клітин (лейкоцити), для опису

щільності яких користувалися інтегро-диференціальними моделями. При

ідентифікації параметрів вищезазначених моделей, які в загальному випадку є

елементами гільбертового простору, користувалися методами мінімакстного

апостеріорного оцінювання та методом оцінювання на основі функцій

чутливості. Стійкість компартментів моделі патологічного процесу вивчали

методом дослідження стійкості за першим наближенням, а також методом

функціоналів Ляпунова. При розв’язуванні задачі вибору оптимальних режимів

терапії використовували принцип максимуму Понтрягіна для задачі з фазовими

12

обмеженнями.. Дослідження нелінійної динаміки патологічного процесу

проведене за допомогою мультиваріативних методів.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі

наведено нові теоретичні дані щодо шляхів вирішення проблеми розробки

математичних методів системного аналізу медичних досліджень, а також у

створенні відповідних комп’ютерних технологій.

Результати роботи дали змогу отримати для системних медичних

досліджень методи моделювання та аналізу, розвинути теорію прийняття

рішень при керуванні, прогнозуванні та оптимізації медико-біологічних систем

а також розробити відповідні програмні засоби.

Вперше створено:

- комп’ютерну технологію класифікації в системі медичної діагностики

методами індукції дерева рішень та класифікаційних правил на основі

різних показників приросту інформації. На відміну від існуючих підходів

технологія є повністю веб-інтегрованою та об’єктно-орієнтованою;

- комп’ютерні технології визначення оптимальних стратегій лікування на

основі аналізу кривих рішень виходячи із значень сукупної функції

корисності а також із застосуванням теорії втрат;

- комп’ютерні технології класифікації форм патологічних процесів у

вигляді структур знань – дерев рішень та класифікаційних правил;

Досліджено:

- питання обчислювальної складності в комп’ютерних технологіях

класифікації в системі медичної діагностики. При цьому встановлено

узгодження прогнозованих оцінок часу виконання алгоритмів з

модельними чисельними прикладами;

Розроблено та програмно реалізувано:

- методи оптимізації для математичних моделей хіміо-, радіо- та

імунотерапії на основі динамік Гомперца та Ріхарда за наявності

обмежень на керування і фазовий стан;

13

- на основі аналізу узагальнених фізіологічно-обгрунтованих

фармакокінетичних (ФОФК) моделей реалізовано ФОФК-модель кінетики

лікарського препарату, яка описується системою нелінійних

диференціальних рівнянь, що включають рівняння Хілла для опису

метаболічних процесів;

- отримали подальший розвиток математичні моделі і методи системного

дослідження процесів пухлинного росту на основі динамік Гомперца та

Ріхарда;

- розвинуто теорію мультиваріативних методів якісного аналізу динамічних

систем на основі функціонально-диференціальних рівнянь з побудовою

структур знань – дерев рішень та класифікаційних правил.

Удосконалено:

- якість моделювання епідеміологічних процесів шляхом використання

математичних методів та програмних засобів аналізу, прогнозування та

керування;

- методи моделювання та аналізу медичного страхування. На відміну від

відових раніше запропоновані в роботі моделі враховують етіологію –

епідеміологічних або багатостадійних захворювань.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено та

впроваджено:

- в навчальний процес під час проведення практичних занять із змістового

модуля «Експертні системи в медицині» вивчення застосування алгоритму

індукції дерева рішень для побудови експертної діагностичної системи на

кафедрі медичної інформатики Тернопільського державного медичного

університету імені І.Я.Горбачевського;

- в наукову роботу Тернопільського державного медичного університету

ім.І.Я. Горбачевського, Буковинського державного медичного університету та

Луцького національного технічного університету сертифікований програмний

продукт з об’єктно-орієнтованої реалізації системних медичних досліджень з

використанням методів системного аналізу та оптимальних рішень (авторське

14

свідоцтво на комп’ютерну програму “Система підтримки прийняття рішень в

системних медичних дослідженнях” № 57045).

- в наукову роботу Тернопільського державного медичного університету

ім.І.Я.Горбачевського, веб-інтегроване програмне середовище дослідження

фармакокінетики наночастинок (авторське свідоцтво на комп’ютерну програму

“Програмне середовище дослідження фармакокінетики наночастинок

(ПСДФН)” № 43392).

Розроблені середовища містять програмний інтерфейс, орієнтований на

користувача та відкриту бібліотеку відповідних Java-класів.

Особистий внесок здобувача. Дисертантом отримані особисто всі

положення, що виносяться на захист. Автором проведено аналіз та узагальнення

літературних джерел із питань систем підтримки прийняття рішень та

математичного моделювання в медицині Проведено збір експериментального та

клінічного матеріалу, обрано методи досліджень.

Особисто розроблено:

- UML-моделі та програмно реалізовано варіанти використання

інформаційної системи підтримки прийняття рішень в системних медичних

дослідженнях;

- застосування алгоритмів data mining в задачах медичної діагностики та

профілактики. Підібрано приклади та апробовано на реальних даних алгоритми

індукції дерева рішень та послідовного покриття. Визначено оцінку

обчислювальної складності реалізованих алгоритмів та знайдено її

експериментальні підтвердження;

- математичні моделі патологічних процесів. При цьому патогенний

чинник було запропоновано моделювати динаміками Гомперца та Ріхарда;

- ФОФК-модель динаміки лікарського препарату;

- якісне дослідження основних епідеміологічних моделей, в тому числі з

врахуванням двох штамів вірусу;

- з метою встановлення ефективності існуючих лікувальних методик

запропонував і застосував метод аналізу кривої рішень;

15

- для прогнозування перебігу патологічних процесів запропонував і

реалізував мультиваріативний метод якісного аналізу;

- особисто запропонував і реалізував методи розробки оптимальних схем

медичного страхування виходячи з етіології захворювання.

Апробація результатів дисертації. Дисертаційна робота пройшла

достатню апробацію. Результати дисертаційної роботи були викладені та

обговорені на:

–Перший всеукраїнський зїзд “Медична та біологічна інформатика і

кібернетика” з міжнародною участю, м.Київ, (23–26 червня 2010);

–XVI Міжнародній конференції «Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2010)» (Ялта, 2010);

–XVІІI Міжнародній конференції « Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2011)» (Ялта, 2011);

–Всеукраїнська науково-методична конференція «Реалізація принципів і

завдань Болонського процесу» (Луцьк, 2011);

–XX Міжнародній конференції «Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2012)» (Брно, Чеська Республіка, 2012);

–XІX Міжнародній конференції «Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2012)» (Мукачево, 2012);

–XXІ Міжнародній конференції «Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2013)» (Східниця, 2013);

–XXII Міжнародній конференції «Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2013)» (Ялта-Форос, 2013);

– ІІ Всеукраїнська наукова конференція «Застосування математичних

методів в науці і техніці» м.Луцьк, (22 – 23 листопада 2013).

– Всеукраїнська науково-методична інтернет-конференція «Актуальні

проблеми іншомовної комунікації: лінгвістичні, методичні та соціальнопсихологічні аспекти» м.Луцьк, (11 квітня 2014).

–XXII Міжнародній конференції «Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2014)» (Мукачево, 2014);

16

–Підсумкова науково-технічна конференція «Здобутки клінічної та

експериментальної медицини» (Тернопіль, 2014);

–XХІV International conference Problems of decision making under

uncertainties «PDMU-2014» (Cesky Rudolec, Czech Republic);

– Міжнародній конференції «Problems of Decision Making under

Uncertainties (PDMU-2015)» (Східниця, 2015).

Результати досліджень, що включено до дисертації, доповідались: в

Київському національному університеті імені Тараса Шевченка на семінарі

„Моделювання і оптимізація динамічних систем” (керівники – проф.

Наконечний О.Г., проф. Гаращенко Ф.Г.).

ВИСНОВКИ

Удисертаціїнаведенотеоретичнеузагальненняіновийнапрямок

вирішеннянауковоїпроблемищополягаєврозробцісистемипідтримки

прийняттярішеньдляосновнихзадачсистемнихмедичнихдослідженьз

урахуванняметіологіїзахворюваннятапідтримкоюмедичногострахування

Длязадачдіагностикитапрофілактикизапропонованотареалізованоу

виглядікомп’ютернихтехнологійметодиіндукціїдереварішеньтапобудови

класифікаційнихправил

Дослідженопитанняобчислювальноїскладностівкомп’ютерних

технологіяхкласифікаціївсистемімедичноїдіагностики

Розробленоматематичнімоделііметодисистемногодослідження

процесівпухлинногоростунаосновідинамікГомперцатаРіхарда

Розробленотапрограмнореалізованометодиоптимізаціїдля

математичнихмоделейхіміорадіотаімунотерапіїнаосновідинамік

ГомперцатаРіхардазанаявностіобмеженьнакеруванняіфазовийстан

Наосновіаналізуузагальненихфізіологічнообгрунтованих

фармакокінетичнихФОФКмоделейрозробленоФОФКмоделькінетики

лікарськогопрепаратуякаописуєтьсясистемоюнелінійнихдиференціальних

рівняньщовключаютьрівнянняХілладляописуметаболічнихпроцесів

Підвищеноякістьмоделюванняепідеміологічнихпроцесівшляхом

використанняматематичнихметодівтапрограмнихзасобіваналізу

прогнозуваннятакерування

Створенокомп’ютернітехнологіївизначенняоптимальнихстратегій

лікуваннянаосновіаналізукривихрішеньвиходячиіззначеньсукупноїфункції

корисностіатакожіззастосуваннямтеоріївтрат

Розробленотапрограмнореалізованомультиваріативніметодиякісного

аналізудинамічнихсистемнаосновіфункціональнодиференціальнихрівняньз

побудовоюструктурзнань–дереврішеньтакласифікаційнихправил



Створенокомп’ютернітехнологіїкласифікаціїформпатологічних

процесівувиглядіструктурзнань–дереврішеньтакласифікаційнихправил

Розробленометодимоделюваннятааналізумедичногострахуванняз

урахуванняметіології–епідеміологічнихабобагатостадійнихзахворювань

Розробленосертифікованийпрограмнийпродуктзоб’єктноорієнтваноїреалізаціїсистемнихмедичнихдослідженьзвикористаннямметодів

системногоаналізутаоптимальнихрішень