

УДК 614:616-082.3

О.П. Чабан, В.М. Юзевич

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Львів  
Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАН України, Львів

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ

У статті подано елементи математичного моделювання якості систем діагностування в медицині з урахуванням системи симптомів, непевностей, діагностичної ваги ознак і діагностичної цінності інформації, отриманої в результаті обстежень пацієнтів.

Ключові слова: моделювання, діагностування, оцінювання якості, медична послуга, симптоми, непевності, діагностична вага ознаки, діагностична цінність обстежень.

### Постановка проблеми

Суть медичного діагностування полягає у розпізнаванні серед можливого кінцевого набору його станів одного із станів пацієнта, серед яких міститься низка станів типу "хворий", "здоровий", "не цілком хворий", "не цілком здоровий". Процедура розпізнавання реалізується за результатами спостереження низки ознак, пов'язаних із станами потенційного хворого. В якості діагностичних ознак, що використовуються для математичного моделювання, доцільно вибирати параметри, які, по-перше, доступні вимірюванням, по-друге, допускають математичну формалізацію. Вибір діагностичних ознак здійснюють на основі наступних критеріїв: доступність і оперативність визначення значення ознаки (параметра); широкий діапазон значень ознаки за різних умов хвороби (травматизації); максимальна залежність значення ознаки від виду зовнішньої дії [1].

Медична діагностика, тобто процес розпізнавання типу захворювання, є одним з найбільш інтелектуальних і одночасно одним з найбільш складних видів лікарської діяльності [2]. Перспективним в цьому напрямку є впровадження сучасних медичних інформаційних технологій (ІТ).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У праці [3] розглядаються математичні моделі діагностичних систем і на підставі їх основних інформативних параметрів сформовано систему діагностичних ознак. Показано неповноту такої системи ознак, відмічена розбіжність у значеннях параметрів і діагностичних ознак системи, отриманих для різних вікових груп. Приведено приклад серії експериментів сфери офтальмології, що дозволяють досліджувати стани організму у двох вікових групах – для дітей і дорослих.

Для отримання комбінованої оцінки наявності істотної відмінності у спостережуваних суб'єктах (пацієнтах) за величиною декількох ознак застосований метод дискримінантного аналізу [3]. За допо-

могою розмежувальної функції отримано кількісну оцінку для кожної вікової групи, що вивчається. Ці оцінки узагальнені і за допомогою дисперсійного аналізу зроблено висновок про відмінності в стані систем порівнюваних груп людей (організмів).

У праці [4] запропоновано вимоги до медичних систем підтримки прийняття рішень на основі експертних систем (ЕС) і бази знань (БЗ), зокрема, вважається, що медичні системи підтримки рішень (СПР) повинні: а) бути в змозі пояснити відповідні (результуючі) діагностичні і лікувальні рішення лікарям-споживачам; б) відображати (демонструвати) розуміння відповідних медичних знань; в) відображати загальний зміст (сенс).

Отже, системи підтримки рішень повинні представляти конкретні знання, які будуть корисні для лікарів і допомагатимуть їм проводити діагностування пацієнтів.

В [5] розглядається специфіка моделювання якості медичних послуг з допомогою функціоналу якості:

$$J(P_k, FB(P_k)) = \int_{t_0}^{t_k} f(\bar{y}, \bar{u}, \bar{s}, \Omega) dt \Rightarrow \text{opt} \quad (1)$$

Тут  $\Omega$  – коефіцієнт чутливості;  $\bar{y}$  – вектор заданих впливів ( $y_j(t)$  – компоненти вектора (фактори, для урахування яких можна використовувати відповідні індекси),  $j = 1, 2, \dots, n$ );  $\bar{u}$  – вектор керувань;  $\bar{s}$  – вектор невизначених збурень;  $[t_0, t_k]$  – інтервал часу, в якому розглядається процес (формування оптимальних значень параметрів, які відповідають інформаційним потокам  $P_k$ ,  $k=1, 2, \dots, m$ );  $m$  – загальне число інформаційних потоків, які розглядаються в даному проекті (проекті прийняття рішень);  $J(P_k, FB(P_k))$  – функціонал якості (зокрема, діагностичного проекту в медицині);  $f(\bar{y}, \bar{u}, \bar{s}, \Omega)$  – функція, що відображає показник якості;  $FB(P_k)$  – функція, яка характеризує обернений зв'язок (Feed-back) між інформаційними

потоками  $P_k$  і оточенням проекту з урахуванням коефіцієнта чутливості  $\Omega$ .

**Метою даної праці** є математичне моделювання діагностичних ознак для забезпечення систем функціонування і прийняття рішень у сфері медичних послуг.

### Виклад основного матеріалу

Розглянемо для прикладу множину діагностичних ознак у сфері офтальмології. Введемо позначення  $n$  – класів можливих альтернативних станів пацієнтів, які відповідають множині  $N$  захворювань і один стан “пацієнт в основному здоровий”, якому відповідає параметр  $Z=1$ .

Реальний стан об’єкта  $R = X + Z$ , де  $X = \{x_i\}$ ,  $x_i$  – параметри, які характеризують симптоми захворювань ( $i=1,2,3\dots n$ ). Загальне число симптомів  $n$  встановлює лікар, або консилиум лікарів. В інформаційні системи входять чіткі і нечіткі параметри, які характеризують, наприклад: бактеріальну флору пацієнта, локалізацію запального процесу, анатомічну локалізацію, супутню патологію тощо.

Наведемо для прикладу співвідношення, яке пов’язує формулювання діагнозу ( $D_N$ ) з результатами структурно-функціонального аналізу в офтальмології, тобто дозволяє виділити множину діагностичних ознак для оцінювання стану як хворого, так і здорового пацієнта за формальним співвідношенням [3]:

$$D_N \equiv (\Delta\phi, \Delta L, \Delta T), \quad (2)$$

де  $\Delta\phi$ ,  $\Delta L$  і  $\Delta T$  – відхилення фактичних значень параметрів;  $x_1 = \phi$  – кут відхилення очного яблука від нормалі;  $x_2 = L$  – довжина м’язу, що рухає оком;  $T$  – постійна часу перехідного процесу при відхиленнях від нормативних значень, характерних для здорової людини.

Запишемо показники відхилень для низки параметрів типу (2) у безрозмірній формі:

$$\begin{aligned} \delta\phi &= \frac{\Delta\phi}{\phi_S}, \\ \delta L &= \frac{\Delta L}{L_S}, \\ \delta T &= \frac{\Delta T}{T_S}, \end{aligned} \quad (3)$$

де  $\phi_S$ ,  $L_S$ ,  $T_S$  – середні значення відзначених параметрів для здорового пацієнта.

**Аналіз особливостей діагностичного підходу в медицині.** Значення діагностичних ознак типу (2), (3) дозволяють провести діагностику моделі об’єкту спочатку для кожного об’єкту досліджень (суб’єкта, пацієнта) окремо, а потім отримати інтегральну оцінку стану моделі і перенести результати на конкретного пацієнта. Аналіз значень параметрів об’єкта діагностування і набутих (внаслідок хвороби) діагностичних ознак зазвичай показує, що є деяка від-

мінність у значеннях, отриманих для різних вікових групах. У зв’язку з цим доцільно провести серію експериментів, що дозволяють досліджувати стани системи параметрів  $\{x_i\}$  двох вікових груп:  $Y_1$  – діти,  $Y_2$  – дорослі.

Діагностичний підхід орієнтований не на пошук універсальних закономірностей і типізацію проблем хворих людей, а на виявлення специфічних проблем конкретного пацієнта, також на пошук шляхів прийняття рішень, тобто визначення методу лікування. Медицина є слабо структурованою областю знань, і це приводить до серйозних труднощів при побудові систем прийняття рішень в медицині (СПРМ), особливо для діагностики. Оскільки метою СПРМ є підвищення ефективності, то одним із результатів процедури діагностування має бути визначення оптимального напрямку дії лікаря. Недостатньо просто визначити, що відбувається в організмі пацієнта. На «виході» при діагностиці повинна бути інформація, яка допоможе сформулювати специфічні рекомендації щодо можливих змін в організмі, тобто забезпечить основи прогнозування.

В практичній діяльності лікар формулює послідовність висновків, що опираються на уявлення про зв’язок спостережуваних у хворого ознак з певним діагнозом [6]. На основі логічних міркувань формулює певну діагностичну гіпотезу.

У одних випадках, що характеризуються класичними проявами хвороби, гіпотеза або навіть остаточне рішення виникає вже в процесі огляду, в інших – тільки після обстеження [6]. Слід зазначити, що послідовність діагностичних досліджень може піддаватися корекції, уточненню, а іноді і докорінній трансформації, залежно від отриманих в процесі обстеження результатів.

Швидкість прийняття рішення залежить як від кваліфікації, досвіду та діагностичної інтуїції лікаря, так і від особливостей прояву захворювання у конкретного хворого [6]. При створенні діагностичної комп’ютерної системи слід враховувати, що у лікарів існують індивідуальні особливості відношення до порядку обстеження хворого і ролі симптомів, що проявляються, тобто різне відношення до фактів, яке іноді приводить до прийняття недостовірної діагностичної гіпотези.

Слід підкреслити, що в процесі постановки діагнозу ознаки, спостережувані у пацієнта, важливі не як такі, що мають місце при оцінюванні рівня здоров’я (при профілактичних оглядах), а саме з діагностичного погляду, тобто з позиції їх диференціально-діагностичної цінності, як факт “за” або “проти” певної діагностичної гіпотези, як симптоми або антисимптоми (ознаки-заперечення) конкретного захворювання [6].

**Симптоми та класифікація діагнозів.** Співвідношення (2), (3) доповнимо інформацією про

симптоми хвороби. В офтальмології це, наприклад, спотворення зображення, розмитість, роздвоєння зображення, швидка втомлюваність очей, постійне напруження очей, головний біль, необхідність при-мружуватись для того, щоб краще розглянути пред-мети. Такі симптоми проявляються при далекозорості, короткозорості, астигматизмі.

Для удосконалення процедури діагностування доцільно перейти до формулювання логічних симп-томів. Логічним симптомом називається змінна, що набуває три значення: ТАК, НІ, НЕВІДОМО. За логічними симптомами визначені функції, аналогічні звичайним логічним функціям. За відсутності значення НЕВІДОМО ці функції переходять в звичайні логічні функції.

Логічні симптоми придатні для аналізу спостережень, висновків лікаря і правил постановки діаг-нозів та їх класифікації у статичному випадку (коли рішення приймається одномоментно) [7].

Завдання класифікації діагнозів можна сфор-мулювати як завдання отримання функції розділен-ня для діагнозів в просторі симптомів, значення якої дозволяють віднести новий діагноз до певного кла-су [7]. У практичних завданнях класифікації цю фу-нкцію доводиться будувати "на прикладах", тобто використовуючи набори об'єктів, що свідомо нале-жать порівнюваним класам. Для цього використо-вують методи дискримінантного аналізу.

У дискримінантному аналізі класи (групи) пе-редбачаються вже заданими, а завдання дослідника полягає в тому, щоб діагноз віднести до одного з відомих класів на підставі значення деякої змінної. Основна ідея дискримінантного аналізу полягає в тому, щоб визначити, чи відрізняються різні сукуп-ності за середнім значенням якої-небудь змінної (чи лінійної комбінації змінних), і потім використати цю змінну, щоб передбачити для нових діагнозів їх приналежність до тої чи іншої групи [8,9]. За прави-лами статистичного аналізу інформації це приво-дить до того, що апріорна класифікація діагнозів формується на підставі значення вагових коефіцієн-тів, побудованих за допомогою функції класифікації на основі наявних даних.

**Подання діагнозу у вигляді функціоналу.** З урахування (2), (3) запишемо вираз для функціоналу  $F$  який характеризує результат діагностування  $D$  пацієнта

$$D = F(\delta\phi, \delta L, \delta T), \quad (4)$$

де функціонал  $F$  може бути лінійним або неліній-ним.

Розглянемо лінійну канонічну дискримінантну функцію діагнозів з невідомими коефіцієнтами  $\beta_i$  [8,9]:

$$D_{km} = \beta_0 + \beta_1 x_{1km} + \dots + \beta_p x_{pkm}, \quad (5)$$

$$m = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, g.$$

Тут  $D_{km}$  – значення дискримінантної функції для  $m$ -го діагнозу в групі  $k$  (обмежуємось випадком, коли  $k = 2$ ; зокрема, для дорослих пацієнтів  $k = 1$ , дітям відповідає індекс  $k = 2$ );  $x_{ikm}$  – значення дис-кримінантної змінної  $x_i$  для  $m$ -го об'єкту (спостере-ження, пацієнта) в групі  $k$ ;  $g$  – число класів;  $p$  – чис-ло дискримінантних змінних;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$  – коефі-цієнти регресійної залежності.

Уведемо позначення  $n_k$  – число спостережень у  $k$ -тій групі;  $n$  – загальне число спостережень в усіх групах;  $\bar{x}_{ik}$  – середня величина змінної  $i$  в  $k$ -тій гру-пі;  $\bar{x}_k$  – середнє значення змінної  $i$  для всіх груп.

Співвідношення (5) характеризує регресію. Ре-гресія може бути прямою або зворотною. При опра-цюванні результатів вимірювань не завжди врахо-вують фактичних значень непевності результатів вимірювань вхідної та вихідної величин і тому у разі наявності непевностей одночасно обох величин вони не повною мірою адекватно апроксимують експериментальні дані [10].

Обмежимося як частковий випадок розглядом двох параметрів  $D_{km}, x_{1km}$ . Тоді із (5):

$$D_{km} = \beta_0 + \beta_1 x_{1km}. \quad (6)$$

Позначимо непевності залежної  $D_{km}$  і незалеж-ної  $x_{1km}$  змінних у регресійному співвідношенні (6)  $U(D_{km}) \equiv U(D)$ ,  $U(x_{1km}) \equiv U(x)$ .  $U(x)$  знаходимо в ре-зультаті опрацювання експериментальних даних,  $U(D)$  – оцінюємо за методом найменших квадратів.

Квадрати відстаней від експериментальних то-чок до лінії регресії  $L_{1,i}^2$  відповідно до методу най-менших квадратів, повинні задовольняти співвід-ношення [10]:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{1,i}^2 = \frac{S_D^2 - 2\beta_1 r_{xD} S_D S_x + \beta_1^2 S_x^2}{(U(D) + \text{sign}(r_{xD}) \beta_1 U(x))} \times$$

$$\times \left( (U(D))^2 + (U(x))^2 \right) \Rightarrow \min. \quad (7)$$

Тут

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1kmi} - \bar{x});$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{1kmi};$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_{kmi} - \bar{D});$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{kmi};$$

$$R_{xD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1kmi} - \bar{x})(D_{kmi} - \bar{D}) =$$

$$= r_{xD} \cdot S_x \cdot S_D;$$

$r_{xD}$  – оцінка коефіцієнта кореляції між величинами  $x_{1km}$  і  $D_{km}$ .

Знак  $\text{sign}(r_{xD})$  використаний для встановлення знаку нахилу лінії регресії.

Оптимальний коефіцієнт лінії регресії  $\beta_1$  отримуємо із (8) [10]:

$$\beta_1 = \text{sign}(r_{xD}) \frac{S_D}{S_x} \frac{|r_{xD}| \cdot \frac{U(D)}{S_D} + \frac{U(x)}{S_x}}{|r_{xD}| \cdot \frac{U(x)}{S_x} + \frac{U(D)}{S_D}} =$$

$$= \text{sign}(r_{xD}) \frac{S_D}{S_x} \frac{|r_{xD}| \cdot \delta(U(D)) + \delta(U(x))}{|r_{xD}| \cdot \delta(U(x)) + \delta(U(D))},$$

де  $\delta(U(x)) = U(x)/S_x$ ;  $\delta(U(D)) = U(D)/S_D$  – нормовані (до відповідних значень коренів із оцінок центральних моментів другого порядку) відносні стандартні непевності результатів вимірювань.

Аналогічно оцінюємо оптимальні значення коефіцієнти ліній регресії  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ .

Наступним кроком буде встановлення інтегрального значення непевності дискримінантної функції  $U(D)_m$  для (3).

Співвідношення (1), (8) дозволяють проводити оптимізацію системи діагнозів для різних груп пацієнтів (зокрема, дорослі, діти) і отримувати результат з відповідною (заданою) якістю.

Один з методів пошуку найкращої дискримінації даних полягає в знаходженні такої канонічної дискримінантної функції  $D_{km}$ , яка б максимізувала відношення міжгрупової варіації до внутрішньої групової [8, 9]:

$$\lambda = B(D_{km}) / W(D_{km}),$$

$$\lambda = B(D_{km}) / T(D_{km}),$$

где  $B$  – міжгрупова і  $W$  – внутрішньо групова матриці розсіяння спостережуваних змінних від середніх. В деяких працях [8, 9] у (7) замість  $W$  використовують матрицю розсіяння  $T$  об'єднаних даних.

Для визначення елементів матриць  $T$ ,  $W$  використовують вирази [8, 9]:

$$t_{ij} = \sum_{k=1}^g \sum_{m=1}^{n_k} (x_{ikm} - \bar{x}_i)(x_{jkm} - \bar{x}_j),$$

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^g \sum_{m=1}^{n_k} (x_{ikm} - \bar{x}_{ik})(x_{jkm} - \bar{x}_{jk}),$$

де

$$\bar{x}_i = (1/n) \sum_{k=1}^g \bar{x}_{ik}, i = 1, \dots, p;$$

$$\bar{x}_{ik} = (1/n_i) \sum_{m=1}^{n_k} x_{ikm},$$

$$i = 1, \dots, p; k = 1, \dots, g.$$

**Діагностичні вага та цінність ознаки.** Розглянемо ознаки з погляду теорії інформації [10,11]. Відповідно до цього проста ознака може розглядатись як система, що має один з двох можливих станів, тобто означає наявність чи відсутність вимірюваного параметра в установленому інтервалі. Складна ознака – результат досліджень, який виражається  $s$ -розрядним вектором.

Розряди ознаки можна назвати діагностичними інтервалами [10, 11].

Розглянемо параметри відповідні ознакам – діагностична вага та діагностична цінність дослідження.

Вводиться поняття діагностичної ваги ознаки. Якщо в результаті дослідження виявлено, що ознака  $k_j$  має для даного об'єкту значення  $k_{js}$ , то це значення називається реалізацією ознаки  $k_j$  [10,11].

Тоді інформація про конкретний стан (діагноз)  $D_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$  – загальне число розглядуваних станів), якою володіє стан ознаки  $k_{js}$ , в теорії інформації може бути визначена формулою [10, 11]:

$$Z_{Di}(k_{js}) = \log \frac{P(D_i / k_{js})}{P(D_i)},$$

де  $P(D_i/k_{js})$  – ймовірність стану  $D_i$  при умові, що ознака  $k_j$  отримала значення  $k_{js}$ ;  $P(D_i)$  – апіорна ймовірність стану.

Для конкретних обчислень діагностична вага наявності ознаки  $k_j$  в інтервалі  $s$  може бути записана у еквівалентному відносно (12) вигляді:

$$Z_{Di}(k_{js}) = \log \frac{P(k_{js} / D_i)}{P(k_{js})}.$$

Еквівалентність співвідношень (12) і (13) випливає на основі теорії ймовірностей з тотожності [11]:

$$P(k_{js}) \cdot P(D_i / k_{js}) =$$

$$= P(D_i) \cdot P(k_{js} / D_i) = P(k_{js} D_i).$$

С погляду теорії інформації [11,12], величина  $Z_{Si}(k_{js})$  характеризує інформацію про стан  $D_i$ , якою володіє стан ознаки  $k_{js}$ .

У виразах (14) величина:

$P(k_{js}/D_i)$  – ймовірність появи інтервалу  $s$  ознаки  $k_j$  для елемента системи у стані  $D_i$ ;

$P(k_{js})$  – ймовірність одночасної появи кожного інтервалу кожної ознаки в кожному розглядуваному стані.

Величина  $P(k_{js})$  визначається за такою формулою [11, 12]:

$$P(k_{js}) = \sum_{i=1}^n P(D_i) \cdot P(k_{js} / D_i)$$

З урахуванням виразу (15) отримуємо результуюче співвідношення:

$$Z_{D_i}(k_{js}) = \log \frac{P(k_{js} / D_i)}{\sum_{i=1}^n P(D_i) \cdot P(k_{js} / D_i)}, \quad (16)$$

Введемо важливий термін теорії інформації – інформаційну або діагностичну цінність дослідження  $Z_{D_i}(k_j)$ .

Діагностична цінність  $Z_{D_i}(k_j)$  дослідження (обстеження хворого) за ознакою  $k_j$  для стану  $D_i$  це обсяг інформації, що вноситься всіма варіантами реалізації цієї ознаки в установленні відповідного стану [11].

Вираз  $Z_{D_i}(k_j)$  для  $m$ -розрядної ознаки пропонується записати у вигляді [11]:

$$\begin{aligned} Z_{D_i}(k_j) &= \sum_{s=1}^m P(k_{js} / D_i) Z_{D_i}(k_{js}) = \\ &= \sum_{s=1}^m P(k_{js} / D_i) \log \frac{P(k_{js} / D_i)}{\sum_{i=1}^n P(D_i) \cdot P(k_{js} / D_i)}. \end{aligned} \quad (17)$$

Діагностична цінність обстеження враховує усі можливі реалізації ознаки, що відповідає конкретному стану (діагнозу) і є деякою середньою сподіваною величиною, а точніше, є математичним сподіванням величини інформації, що вноситься окремими реалізаціями ознаки в цей стан. Оскільки  $Z_{s_i}(k_j)$  відноситься до одного конкретного стану, то її прийнято називати частковою діагностичною цінністю за ознакою  $k_j$  [11].

**Узагальнення часткового варіанту діагностування** (5) для дискримінантного аналізу із сфери офтальмології за допомогою нелінійного співвідношення:

$$D = \sqrt{a_\phi (\delta\phi)^2 + a_L (\delta L)^2 + a_T (\delta T)^2}. \quad (18)$$

Тут  $a_\phi$ ,  $a_L$ ,  $a_T$  – коефіцієнти вагомості.

Для співвідношення (18) доцільно врахувати результати моделювання динаміки рішень лікаря, а також нагромадження даних у міру поступлення інформації зі сторони пацієнтів у часі. Для цього використовується метод аналізу сценарію процесу за допомогою фактів і подій, в якому для кожного спостереження може враховуватися передісторія процесу [7].

У кожен момент часу  $t$  ( $t = 1, 2, \dots, t_m$ ) думку фахівця про стан об'єкту (пацієнта) можна представити вектором, де кожна координата (думка фахівця про одну з властивостей об'єкту у момент  $t$ ) має свій кінцевий код можливих значень. Сценарієм процесу називається повна сукупність усіх векторів, що описує увесь процес [7]. Сценарій обстежень допускає

наочне подання у вигляді таблиці з  $N_R$  рядків і  $N_S$  стовпців, в клітинах якої розташовуються символи (коди) значень координат або пропуски в якості значення "невідомо".

Одне з основних положень диференціального діагнозу – виявлення характерних патологічних симптомів – є обов'язковим, але не завжди достатнім чинником для ідентифікації захворювання, що пояснюється можливими змінами в процесі прогресу хвороби, діагностичною цінністю одних і тих же ознак, а також і необхідністю формулювати діагностичну гіпотезу на основі аналізу симптомів і характерних ознак прогнозованих хвороб. Крім того, зустрічаються ситуації, в яких не лише симптоми, але навіть і ознаки хвороби мають менше діагностичне значення, ніж клінічний фон, на якому вони проявляються [6]. Це те, що носить назву анамнезу життя і анамнезу хвороби, включаючи попередні захворювання [6].

Ще одна проблема – атипіві симптоми, які зустрічаються так часто, що виправдовують існування наступного твердження: "Атипіві симптоми часто поширених хвороб бувають частіше, ніж типові симптоми рідкісних" [6].

Метою диференціальної діагностики є визначення найкоротшого шляху від найбільш важливого симптому до діагнозу [6]. Узагальнюючи, слід було б сказати, що процес диференціальної діагностики спрямований на ідентифікацію стану хворого в сенсі розпізнавання хвороби, що уразила його.

Аргументація лікаря-діагноста спрямована, з одного боку – на виявлення ознак, що є характерними для передбачуваного їм діагнозу, а з іншого боку – на пошук альтернативних ознак, що заперечують інші захворювання, тобто використовуються аргументи і контраргументи – факти "за і проти" [6].

У найзагальнішому вигляді доцільно відзначити, що одночасно з виключенням одного діагнозу виникає потреба підтвердження іншого (чи інших) діагнозів (діагностичних гіпотез) [6]. Але аргументи "за і проти" розрізняються також за мірою їх "важливості" – на "сильні" або "слабкі" – і один "сильний" аргумент може змінити рішення, що приймається, відмінивши дію безлічі "слабких" аргументів [6]. Результат міркування і рішення, що формується, може змінити появу нового аргументу, тобто має місце немонотонність аргументації, що особливо істотно в умовах неповноти і недостовірності початкової інформації [6].

Проектування систем підтримки лікувальних рішень разом з системою співвідношень (1)–(18), які забезпечують оптимізацію якості процедури діагностування, дає лікарю-фахівцю можливість підвищити рівень кваліфікованої медичної допомоги та ефективність вибору медикаментозної терапії при лікуванні різного типу патології у пацієнтів.

## Висновки

1. Запропонована система діагностичних ознак в медицині, зокрема, офтальмології, що доповнена логічними симптомами і ваговими коефіцієнтами, для впорядкування якої використовуються принципи дискримінантного аналізу.

2. Сформульовано формальне подання діагнозу у вигляді функціоналів. Оцінювання якості процедури діагностування на основі дискримінантної функції з урахуванням функціоналу якості та непевностей вхідної і вихідної інформації дасть лікарю-фахівцю можливість підвищити рівень кваліфікованої медичної допомоги та ефективність вибору медикаментозної терапії при лікуванні різного типу патології у пацієнтів.

3. Для удосконалення процедури діагностування пацієнтів в медицині і покращення медичних послуг вводиться діагностична вага ознак і діагностична цінність обстежень, що сприятиме підвищенню якості медичної допомоги.

4. Запропонована система математичних співвідношень, яка разом із системою підтримки лікувальних рішень забезпечить оптимізацію якості процедури діагностування та підвищить ефективність та швидкість надання медичної допомоги.

## Список літератури

1. Бахметьев В.И. Математическое моделирование вида внешнего воздействия на основе анализа морфологии разрушения длинных трубчатых костей / В.И. Бахметьев, В.А. Кирилов, Н.В. Огаркова // Вопросы судебной медицины, медицинского права и биоэтики - Самара 2011. – 20.01.2012. – Publication in electronic media: <http://journal.forens-lit.ru/node/628>.

2. Гнатівська Ю.О. Розробка медичних діагностичних систем реального часу / Ю.О. Гнатівська // Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили]. Сер.: Комп'ютерні технології. – 2008. – Т. 90, Вип. 77. – С. 130-136.

3. Комлевая Н.О. Построение системы диагностических признаков с использованием метода дискриминантного анализа в офтальмологических исследованиях / Н.О. Комлевая // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 6 (47). – С. 250-254.

4. Евстафьева В.В. Математическое моделирование динамики эпидемического процесса / В.В. Евстафьева // Математическое моделирование и дифференциальные уравнения. – Минск: Институт математики НАН Беларуси, 2009. – Часть I. – С. 37-39.

5. Чабан О.П. Формулювання засад для ймовірного моделювання та оцінювання якості медичних послуг / О.П. Чабан // Technology audit and production reserves. – 2014. – № 5/1(19). – С. 51-55.

6. Кобринский Б.А. Логика аргументации в принятии решений в медицине / Б.А. Кобринский // Научно-техническая информация. – 2001. – Сер. 2, №9. – С. 1-8.

7. Котов Ю.Б. Методы формализации профессионального знания врача в задачах медицинской диагностики: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д. ф.-м.н.: Спец. 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" / Ю.Б. Котов. – Москва: 2002. – 48 с.

8. Афифи А. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзенс. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

9. Болч Б. Многомерные статистические методы для экономики / Б. Болч, К.Дж. Хуань. Пер. с англ. – М.: Статистика, 1979. – 317 с.

10. Дорожовець, М.М. Оптимальне урахування непевностей вимірювань вхідної та вихідної величин у лінійній регресії / М.М. Дорожовець // Автоматика, вимірювання та керування. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2008. – С. 42-48.

11. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

12. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 830 с.

Надійшла до редколегії 10.12.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.В. Руженцев, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ

О.П. Чабан, В.Н. Юзевич

В статье проверены элементы математического моделирования качества систем диагностирования в медицине с учетом системы симптомов, неопределенностей, диагностического веса признаков и диагностической ценности информации, полученной в результате обследования пациентов.

**Ключевые слова:** моделирование, диагностирование, оценивание качества, медицинская услуга, симптомы, неопределенности, диагностический вес признака, диагностическая ценность обследования.

## MATHEMATICAL MODELLING OF DIAGNOSTIC SIGNS FOR PROVIDING OF SYSTEM OF FUNCTIONING MEDICAL SERVICES

O.P. Chaban, V.M. Yuzevych

The elements of mathematical modelling of systems quality of diagnostication in medicine are given in the article with taking into account the system of symptoms, vagueness, diagnostic weight of signs and diagnostic value of information, got as a result of inspection of patients.

**Keywords:** modelling, diagnostication, evaluation of quality, medical service, symptoms, vagueness, diagnostic weight of sign, diagnostic value of inspection.