A. Chukhray, S. Pedan, T. Kulik]. – In Proceedings of the International Conference of «Interactive computer aided learning» ICL 2009 : EPortofolio and Quality in e-Learning, Austria, Villach, 2009. – P. 579–588.
4. *Педан, С. И.* Модели и методы интеллектуальной компьютерной поддержки приобретения профессиональных знаний и умений / Педан С. И. // Системи управління, навігації та зв'язку : збірник наукових праць. – К., 2011. – Вип. 4 (20). – С. 177–190.
5. Свідоцтво № 17725. Комп'ютерна програма «Навчальна програма розв'язання диференційних рівнянь операторним методом» / О. О. Піщухіна, Д. В. Бірюкова, О. В. Клименко (Україна) – Дата реєстрації 28.08.06.
6. Свідоцтво № 17651. Комп'ютерна програма «Навчальна програма розв'язання диференційних рівнянь методом Ейлера» / О. О. Піщухіна, Д. В. Бірюкова, О. В. Клименко (Україна) – Дата реєстрації 15.08.06.
7. *Дергачев, К. Ю.* Формирование комплекса интеллектуальных обучающих программ при решении навигационных задач / Дергачев К. Ю., Пищухина О. А., Клочок А. Ю. // Людина і космос. – 2011. – С. 211.
8. *Пищухина, О. А.* Подход к формированию обратной связи в интеллектуальных обучающих системах в сфере высшего технического образования / О. А. Пищухина, А. Ю. Клочок // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2011. – № 2. – С.107–110.
9. *Кулик, А. С.* Сигнально-параметрическое диагностирование систем управления / А. С. Кулик – Х. : Гос. аэрокосмический ун-т «ХАИ», Бизнес Информ, 2000. – 260 с.
10. *Демидович, Б. П.* Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М. : Наука, 1986. – 664 с.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2012.

Кулік А. С., Піщухіна О. О., Клочок А. Ю.
МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ПОШУКУ ПОМИЛОК ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

Запропоновано алгоритм діагностування помилок в комп'ютерній навчальній програмі розв'язання характеристичного рівняння системи управління з використанням чисельного методу, особливістю якого є формування продукційної бази знань пошуку помилок і використання дихотомічного дерева в процесі діагностування.

Ключові слова: комп'ютерні навчальні програми, діагностування, дихотомічне дерево.

Kulik A. S., Pishchukhina O. A., Klochok A. Yu.
MODELS AND ALGORITHMS FOR FINDING ERRORS WHILE SOLVING TASKS USING COMPUTER-ASSISTED LEARNING

An algorithm for diagnosing errors in a computer training program for solutions of the control system characteristic equation using a numerical method is offered. Its feature is the formation of a product knowledge base for searching errors and using dichotomous tree in the process of diagnosis.

Key words: computer training programs, diagnosis, dichotomous tree.

УДК 004.652.4+004.827

Мельникова Н. І.

Асистент Національного університету «Львівська політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ПРИЗНАЧЕННЯ ЛІКУВАННЯ

У статті розроблено моделі лікувальної експертної системи, що оптимізують процес призначення лікування та забезпечують підвищення ефективності одужання пацієнтів.

Ключові слова: модель експертної системи, оптимізація процесу, медичні системи.

ВСТУП

Безліч чинників і складність взаємодії в ході прийняття рішень роблять медицину однією з галузей де процедура отримання оптимальних рішень ускладнюється. Ситуацію посилює відсутність стандартизації в термінології, форматі, шкалах вимірювання. Ще немає гнучких і легко використовуваних комп'ютерних методів машинного представлення медичних знань, а також формалізації прийняття рішень. Більш того, на сьогодні практично не існує аналогів лікувальних експертних систем (ЕС), які давали б практичному лікарю-фахівцю структуровані терапевтичні схеми медикаментозного призначення для лікування різних патологій. Складність полягає в створенні інформаційної моделі представлення знань даної предметної області (ПО), яка вимагає знань кваліфікованого експерта в даній області. Внаслідок цього лікувальні інформаційні системи (ІС) дають потенційну платформу для подальших досліджень та обробок.

Основними задачами, що виникають при моделюванні інформаційних медичних систем, є наступні:

– узагальнення методів представлення складно-формалізованих даних та забезпечення коректного вирішення задач в предметних областях медицини;

– розроблення моделі та методів функціонування лікувальної ІС;

– розроблення алгоритмів підбору оптимального механізму лікувальних фармацевтичних схем;

– розробка системи підтримки лікувальних рішень, які поєднують переваги традиційних методів подання експертних знань;

– впровадження прототипу лікувальної системи в медичному закладі та апробація результатів роботи розроблених алгоритмів.

1. ФОРМАЛЬНА МОДЕЛЬ ЛІКУВАЛЬНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ

Описані особливості ЕС призвели до необхідності введення формальної моделі лікувальної експертної системи (ЛЕС). Для формалізованого представлення ЛЕС, завданням якої є підбір оптимального механізму лікувальної фармацевтичної схеми, ми беремо за основу структурну модель продукційної ЕС, яку зазвичай використовують для вирішення такого класу задач.

База знань у відповідності до структурної схеми ЕС полягає в підборі певної множини правил P [1]:

$$P = \{P_1, ..., P_n\}, \tag{1}$$

де продукція

$$P_i = s_{i_1} \wedge s_{i_2} \wedge ..... \wedge s_{i_k} \to s_j, \tag{2}$$

та скінченної множини фактів S:

$$S = \{s_1, ..., s_k\}. \tag{3}$$

Усі правила, керуючись механізмом виводу ЛЕС, можна відобразити у вигляді підмножин правил:

$$P : \Psi \to \Omega, \tag{4}$$

де $\Psi = \Psi(s_i), s_i \in S$ та $\Omega = \Omega(s_j), \ s_j \in S$, Ω – схема лікування, Ψ – множина чітких та нечітких параметрів пацієнта.

Прикладом фактів є нечіткі параметри: бактеріальна флора, локалізація запального процесу, анатомічна локалізація, супутня патологія та ін.

Прикладом правил є підбір препаратів на основі обраних чітких та нечітких параметрів.

Можемо стверджувати, що ЛЕС характеризується множиною вхідних та вихідних параметрів:

$$LS = \langle S, A, P, Z, G, gf, ge, F \rangle, \tag{5}$$

де Z – множина всіх можливих вихідних даних; G – кінцева множина станів діалогової системи; gf – початковий стан системи, $gf \in G$; ge – кінцевий стан системи, $ge \in G$; F – множина процедур прийняття рішень; P – множина правил; A – множина чітких даних; S – множина нечітких даних, яка складається з двох підмножин S_1 та S_0, що представлено на рис. 1:

$$S = S_0 \cup S_1, \tag{6}$$

де S_1 будемо вважати множиною констатованих параметрів та S_0 – множина непомічених параметрів. На початку роботи ЕС множина S_1 містить параметри, які в процесі системи поповнюються елементами множини S_0:

$$S_0 = S_{0use} \cup S_{0unuse}, \tag{7}$$

$$S_1 = S_1 \cup S_{0use}, \tag{8}$$

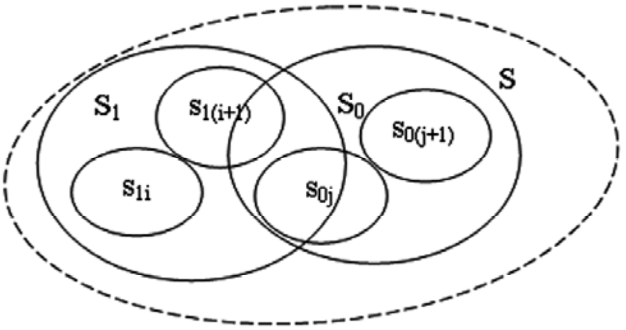

Рис. 1. Формування множини нечітких параметрів

$$S_0 = S_0 \setminus S_{0unse}. \tag{9}$$

Правила $\Psi \to \Omega$ інтерпретуються за допомогою конструкції:

ЯКЩО Ψ ТОДІ Ω.

Отже механізм виводу передбачає виконання правила, ліва частина якого Ψ співставляється з існуючими параметрами у множині S_1 і набуває істини. В результаті множина S_1 поповнюється за рахунок фактів, що констатуються у правій частині продукції Ω. Це породжує ланцюг виводів проміжних та остаточних рішень [1].

Множини продукцій та вихідних даних організовані в деяку систему, представлену у вигляді дерева рішень. Фрагмент такого дерева підбору терапевтичних схем лікування з вершинами-препаратами $z_1, z_2, \dots, z_{12}$ представлений на рис. 2.

На основі формулювання математичної моделі ЛЕС була створена концептуальна модель, яка представляє змістовний опис механізму підбору терапевтичної схеми лікування хворих.

На даній схемі до множини чітких даних (A) входять параметри, що характеризують особливості певного лікарського засобу, які можна вважати сталими величинами (рис. 3).

Розглядаючи множину нечітких даних (S), можна стверджувати, що вони взаємозалежні, так як множина S складається з двох підмножин S_0 та S_1 (рис. 4). При наявності даних підмножини S_1 формуються дані підмножини S_0.

Запропонована концептуальна модель (рис. 5) дозволяє оптимізувати процес реалізації в залежності від поширення, характеру диференціювання процесу і, таким чином, забезпечити підвищення ефективності лікування хворих: зменшення частоти повторів захворювання, скорочення тривалості періоду лікування.

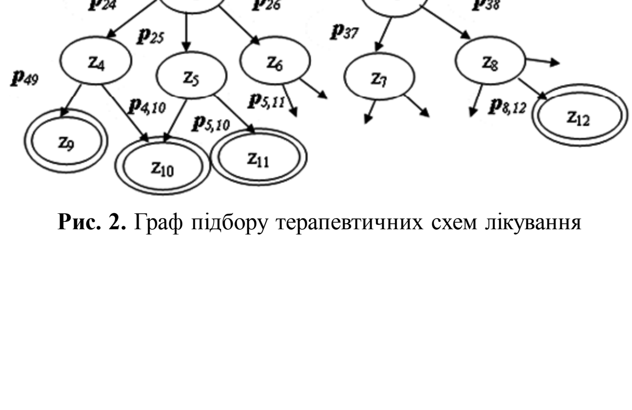

Рис. 2. Граф підбору терапевтичних схем лікування

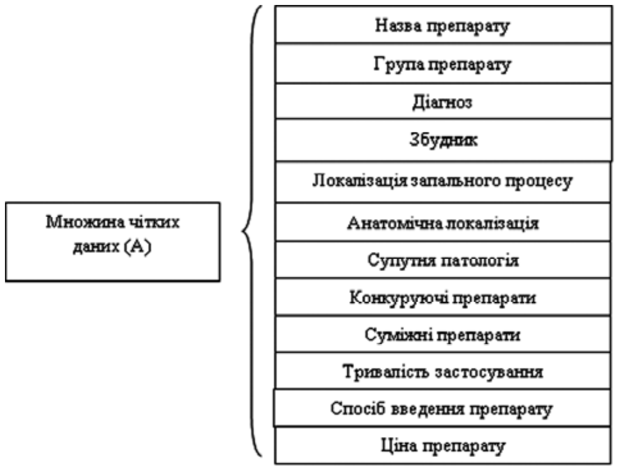

Рис. 3. Перелік параметрів, які входять у групу даних, що належать множині A

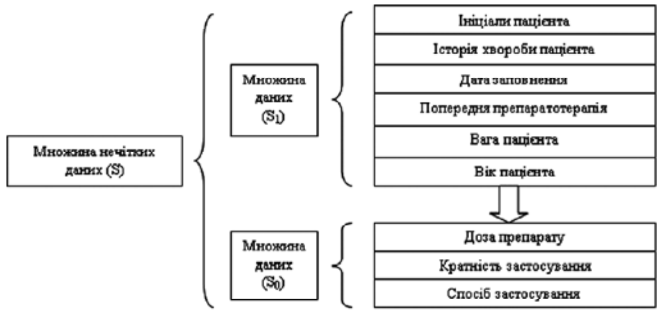

Рис. 4. Перелік параметрів, які входять у групу даних, що належать множині S

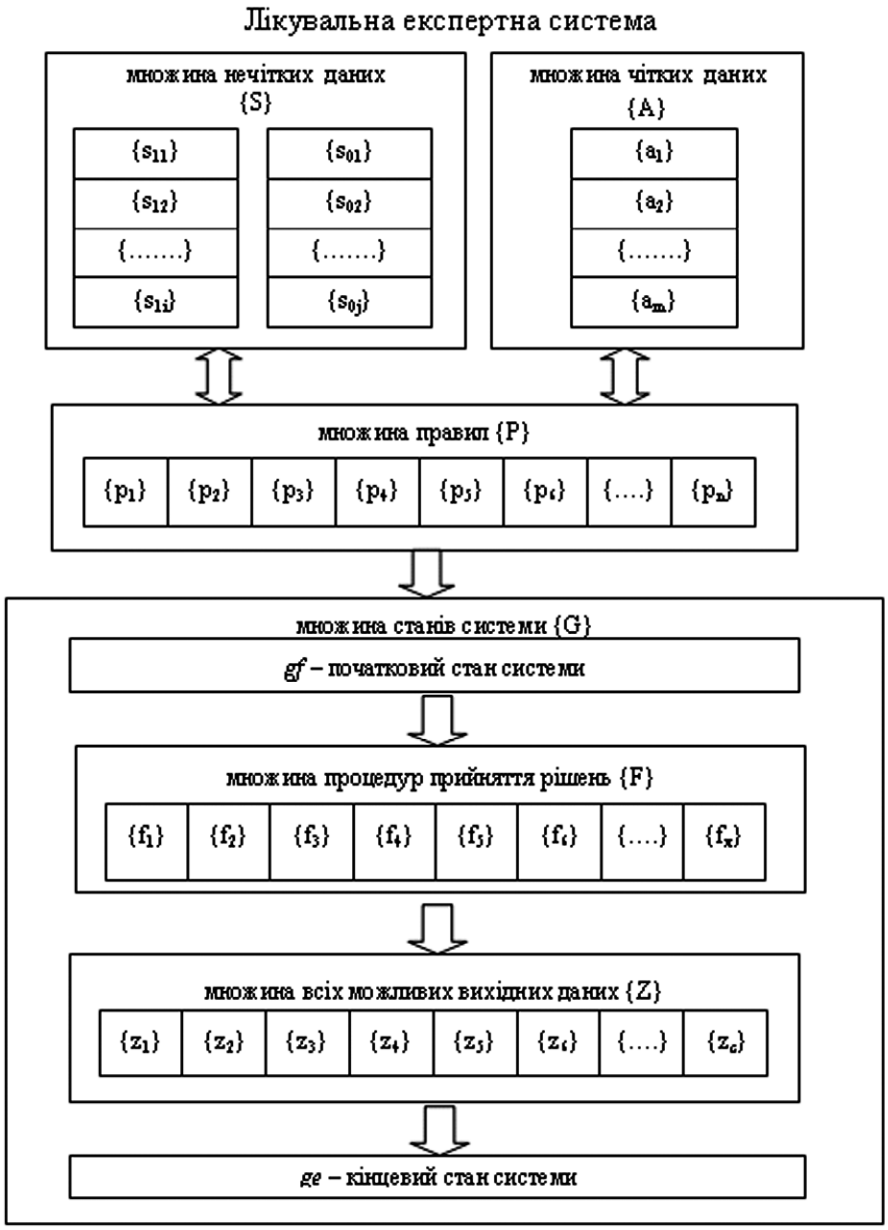

Рис. 5. Концептуальна модель підбору терапевтичної схеми лікування в ЛЕС

2. МАТЕМАТИЧНІ АПАРАТИ ОБРОБКИ СКЛАДНО ФОРМАЛІЗОВАНИХ ДАНИХ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ

Теорія автоматів – логіко-математична теорія, об'єктом дослідження якої є абстрактні дискретні автомати – перервні перетворювачі інформації [2, 11]. У дискретній математиці, інформатиці теорія автоматів вивчає абстрактні машини у вигляді математичних моделей і проблеми, які вони можуть вирішувати. За допомогою автомата розв'язано широкий ряд проблем, а саме:

– проблеми «геделівського типу» (повнота, розв'язність тощо);

– проблеми самовдосконалення;

– проблеми самоорганізації;

– проблеми самопроектування.

На даному етапі розгляду перспективності застосування теорії автоматів при вирішенні великого ряду задач динамічних процесів прийняття рішень, можемо стверджувати, що розглянута вище лікувальна експертна система є прототипом скінченного автомата. Концепція запропонованих функціональної схеми та концептуальної моделі ЛЕС базується на опрацюванні вхідних сигналів (множини *S* та *A*), які характеризують загальний стан пацієнта, правил (множина *P*), на підставі яких працюють процедури прийняття рішень (множина *F*) при підборі відповідного консервативного лікування патологічного процесу хворого та вихідних сигналів у вигляді підібраних фармакологічних схем лікування (множина *Z*).

Теорія автоматів тісно переплітається з основними принципами теорії алгоритмів. Ідея формується на підставі того, що автомат перетворює дискретну інформацію поетапно в дискретні моменти часу і формує результуючу інформацію по кроках заданого алгоритму. Ці перетворення реалізуються за допомогою технічних та програмних засобів [9, 11, 12]. На підставі цього інформаційна експертна система за ідеологічним та функціональним призначенням є автоматом, який відображається у вигляді певного пристрою, тобто програмного продукту, куди подаються вхідні сигнали (*S* та *A*) і знімаються вихідні (*Z*), що обумовлюється присутністю внутрішніх станів (*P*, *F*, *G*).

Приклад:

У нашому випадку, нехай програмний продукт – це ЛЕС (LS);

– вхідні сигнали – це параметри, що характеризують стан пацієнта, а саме:

– діагноз – мастит;

– локалізація запального процесу – молочна залоза;

– попередня препаратотерапія – парацетамол;

– бактеріальна флора – стафілокок, та ін.;

– внутрішні стани – це правила, процедури підбору відповідного лікування (*P*, *F*) та стани системи, що відтворюють результат взаємодії комуніканта та системи (*G*). Нехай на підставі введених вхідних даних формується запит на мові високого рівня, що конкретизує вибір подальших станів, а саме:

– на підставі діагнозу, локалізації, попередньої препаратотерапії та флори підбираємо ліки. Якщо інформація за запитом відсутня, генерується повідомлення про пусту множину вихідних даних;

– вихідні сигнали – це підібрані терапевтичні схеми лікування хворого (*Z*), а саме: ампіцилін, диклобрю та відповідні схеми застосування.

Можемо описати структуру елементів автомата у вигляді взаємозалежності множин параметрів системи.

Отже,

$$LS = S \times A \cup P \times F \times G \cup Z. \quad (10)$$

Особливістю ІЕС (інформаціно-експертних систем) є автоматизація вибору і прийняття оптимальних рішень на основі отриманого людиною досвіду та раціонального аналізу зовнішніх дій, описаних у термінах моделі ПО. Керуючись теорією автоматів, реалізація процесу прийняття рішень в ЕС характеризується вхідними сигналами системи у вигляді даних ПО, їхнею обробкою, що забезпечує наявність внутрішніх станів та виведенням кінцевого висновку у вигляді вихідних сигналів.

3. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРИЗНАЧЕННЯ ЛІКУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СКІНЧЕНОГО АВТОМАТА

Процес призначення лікування, що змодельований за допомогою скінченного автомата (СА), є особливим видом автомата-абстракції, що використовується для опису шляху зміни стану об'єкта (програмного продукту) в залежності від досягнутого стану та інформації [2, 4, 6], отриманої ззовні. Його особливістю є скінченність множини станів. Кількість елементів множини вхідних даних Ψ системи прийняття рішень є скінченна, тобто існує:

– натуральне число k, що є числом елементів множин нечітких даних S;

– натуральне число m, що є числом елементів множин чітких даних A.

Отже,

$$\Psi = S \cup A, \quad (11)$$

де A – множина чітких даних, $A \in \Psi$; S – множина нечітких даних, $S \in \Psi$; Ψ – множина чітких та нечітких параметрів пацієнта.

Теорія скінченних автоматів, що є основною складовою частиною загальної теорії автоматів, має велике прикладне значення. СА можуть розв'язувати велику кількість задач, серед яких автоматизація проектування електронних приладів, проектування комунікаційних протоколів, синтаксичний аналіз та інші інженерні застосування. В біології та медицині і дослідженнях штучного інтелекту автомати або їхні ієрархії іноді використовуються для описання неврологічних систем і в лінгвістиці для описання граматики природних мов. На прикладі ЛЕС теорія скінченного автомата дає підґрунтя для формалізації процесу прийняття рішень при підборі та призначенні терапевтичного лікування пацієнтів [2, 3, 10]:

$$LS = \Psi \cup P \times F \times G \cup Z. \quad (12)$$

Отже, на підставі введеної множини Ψ, що містить підмножини S і A, множини правил P, множини процедур F, множини станів системи та множини вихідних параметрів Z можемо промоделювати етапи призначення консервативного лікування пацієнтів за допомогою основних складових характеристик скінченного автомата, тобто множин «входів-внутрішні станів-виходів».

4. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СА НА ПРИКЛАДІ ЛЕС

Поняття СА було запропоновано в якості математичної моделі (ММ) технічних приладів дискретної дії, оскільки будь-який такий пристрій (через скінченність своїх розмірів) може мати тільки скінченну кількість станів. ММ – система математичних співвідношень, що описують досліджуваний процес або явище, що дозволяють передбачити хід процесу, розрахувати цільову функцію (вихідні параметри процесу), керувати процесом, проектувати системи з бажаними характеристиками [5, 6].

Якщо співвідношення задаються аналітично, то їх можна розв'язати в замкнутому вигляді (явно) відносно шуканих змінних як функції від параметрів моделі, або в частково замкнутому вигляді (неявно), коли шукані змінні залежать від одного або багатьох параметрів моделі. До моделей цього класу належать диференційні, інтегральні, різницеві рівняння, ймовірнісні моделі, моделі математичного програмування та інші.

Базуючись на розробленій моделі ЛЕС, можна формалізувати лікувальну експертну систему у вигляді СА, який характеризується шістьма елементами:

$$\langle G, \Psi, Z, \alpha, \beta, g_0 \rangle, \tag{13}$$

де G – скінченна множина внутрішніх станів (внутрішній алфавіт або алфавіт станів); ψ – скінченна множина вхідних сигналів (вхідний алфавіт); Z – скінченна множина вихідних сигналів (вихідний алфавіт); g_0 – початковий стан, $g_0 \in G$; α – функція переходів, β – функція виходів:

$$\alpha : G \times \Psi \to G, \tag{14}$$

$$\beta : G \times \Psi \to Z, \tag{15}$$

$\alpha(g, \psi)$ та $\beta(g, \psi)$ – однозначні функції, тобто автомат належить до класу детермінованих. В детермінованих автоматах кожен стан має лише один перехід для кожного входу. В недетермінованих автоматах вхід може призвести до одного, більше, ніж одного або зовсім без переходу для даного стану. Ця різниця важлива на практиці, але не в теорії, через існування алгоритму трансформації будь-якого недетермінованого СА в більш складний детермінований СА з однаковою функціональністю [3].

Для обох детермінованих і недетермінованих СА зручно припустити, що α неповна функція, тобто $\alpha(g, \psi)$ не має бути визначеною для кожної комбінації $g \in G$ та $\psi \in \Psi$. Якщо СА знаходиться в стані g, і $\alpha(g, \psi)$ не визначена, тоді система може повідомити про помилку (тобто відхилити ввід).

Якщо функція виходу є функцією стану і вхідного алфавіту ($\beta : G \times \Psi \to Z$), таке визначення відповідає моделі Мілі, і вона може бути виконана як автомат Мілі. Якщо функція виходу залежить тільки від стану ($\beta : G \to Z$), тоді таке визначення відповідає моделі Мура, і функція може бути виконана як автомат Мура. Скінченний автомат без функції виходу відомий як напівавтомат або як модель станів і переходів [6, 7, 12]. Отже, у даному прикладі ЛЕС скінченний автомат характеризується на основі концепції теорії автомата Мілі, і функція вихідних сигналів залежить від множини станів системи та вхідних сигналів, тобто параметрів стану пацієнта. В наступному розгляді модель ЛЕС буде базуватись на моделі автомата Мілі.

Станам автомата відповідають вершини графа, функції переходів – орієнтовані ребра, зважені символами, за якими відбувається перехід. Заключні стани позначаються подвійним кругом. Початковий та заключний стани автомата позначаються стрілками (рис. 6).

Автомат, що задається LC_2-схемою, яка характеризує процеси прийняття рішень в ЛЕС:

$$LC_2 = \langle G, \Psi, Z, \alpha, \beta, g_0 \rangle; \tag{16}$$

функціонує в дискретному автоматному часі, моментами якого є такти, тобто суміжні рівні інтервали часу, кожному з яких відповідають однакові значення вхідних і вихідних сигналів та внутрішнього стану.

Позначимо $g(t), \psi(t), z(t)$ – внутрішній стан, вхідний та вихідний сигнал t-го такту, $g(0) = g_0$.

При вирішенні задач прийняття рішень мінімізують кількість станів автомата для роботи згідно з заданим алгоритмом, зокрема такий автомат називають абстрактним. Схема абстрактного автомата ЛЕС зображена на рис. 7.

В момент часу t абстрактний автомат може сприйняти вхідний сигнал $\psi(t) \in \Psi$, встановити вихідний сигнал $z(t) \in Z$, $z(t) = \beta[g(t), \psi(t)]$ і перейти зі стану $g(t) \in G$ в стан $g(t+1) \in G$, $g(t+1) = \alpha[g(t), \psi(t)]$. Функціональна схема абстрактного автомата зображена на рис. 8.

Виходячи з вищесказаного, автомат Мілі на прикладі ЛЕС, тобто LC_2-автомат першого роду, можна описати такими рівняннями, де стани системи $g(t+1)$ у певний період часу описуються функціями переходів

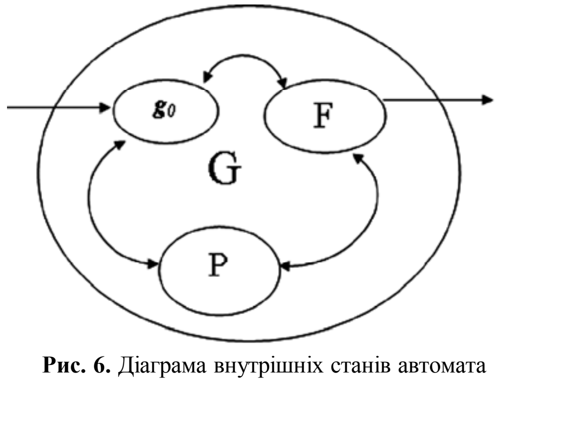

Рис. 6. Діаграма внутрішніх станів автомата

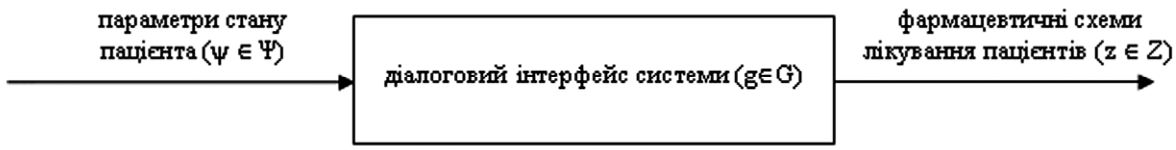

Рис. 7. Схема абстрактного автомата ЛЕС

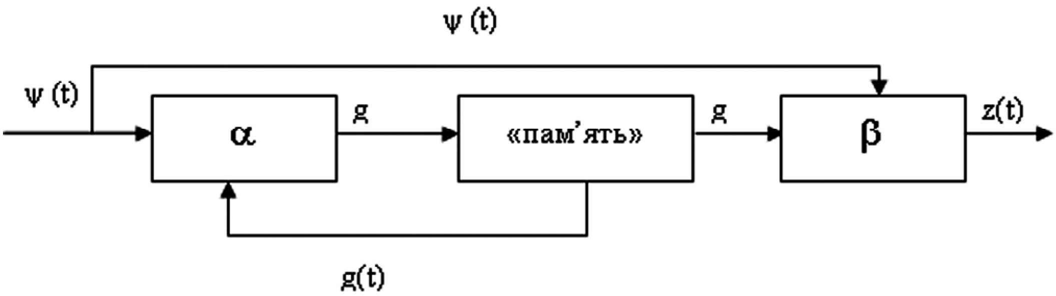

Рис. 8. Функціональна схема абстрактного автомата

$\alpha[g(t), \psi(t)]$, елементи множини виходів $z(t)$ – функціями виходів, тобто відповідними схемами лікування $\beta[g(t), \psi(t)]$, параметрами яких служать елементи множин станів системи та множини вхідних сигналів:

$$g(t+1) = \alpha[g(t), \psi(t)], \quad t = 0, 1, 2, ..., \tag{17}$$

$$z(t) = \beta[g(t), \psi(t)], \quad t = 0, 1, 2, ... \tag{18}$$

LC_2-автомат, що має більше одного стану, називають автоматом з пам'яттю, автомати без пам'яті мають лише один стан [39, 42]. Робота автоматів без пам'яті (комбінаційні або логічні схеми) полягає в тому, що кожному вхідному сигналу ставиться у відповідність один вихідний сигнал.

Опис скінченних LC_2-автоматів (задання всіх елементів множини $LC_2 = \langle G, \Psi, Z, \alpha, \beta, g_0 \rangle$) на прикладі ЛЕС здійснимо табличним, графічним та матричним способами.

Найпростіший спосіб – табличний. Він ґрунтується на використанні таблиць переходів і виходів, рядки яких відповідають вхідним сигналам автомата, а стовпці – його станам. При цьому звичайно перший зліва стовпець відповідає початковому стану g_0. На перетині i-го рядка та k-го стовпця таблиці переходів знаходиться відповідне значення функції переходів $\alpha(g_k, \psi_i)$, а в таблиці виходів – відповідне значення функції виходів $\beta(g_k, \psi_i)$, тобто схем лікування (табл. 1, 2).

Для ЛЕС функція виходу $\beta(g, \psi)$ залежить від множини станів G та вхідного алфавіту Ψ. Це дає нам підстави керуватись засадами, на яких ґрунтується модель автомата Мілі. Приклад табличного задання автомата Мілі LC_2 з трьома станами двома вхідними і двома вихідними сигналами представлено в табл. 3.

При іншому способі опису LC_2-автомата використовується поняття направленого графа. Граф автомата – це набір вершин, які відповідають певним станам, і дуг, що з'єднують ці вершини та відповідають переходам з одного стану в інший. Якщо вхідний сигнал ψ_k викликає перехід автомата зі стану g_i в стан g_j, то на графі автомата дуга, що виходить з вершини g_i і входить в вершину g_j, позначається ψ_k. Для автомата Мілі на цій же дузі позначається вихідний сигнал (рис. 9).

Таблиця 1. Таблиця переходів Мілі LC_2 автомата

G / Ψ	g_1	g_2	...	g_k
ψ_1	опрацювання запиту 1.1	опрацювання запиту 2.1	...	опрацювання запиту k.1
ψ_2	опрацювання запиту 1.2	опрацювання запиту 2.2	...	опрацювання запиту k.2
...	...	...	...	...
$\psi_{i\ i}$	опрацювання запиту 1.i	опрацювання запиту 2.i	...	опрацювання запиту k.i

Таблиця 2. Таблиця виходів Мілі LC_2 автомата

G / Ψ	g_1	g_2	...	g_k
ψ_1	*схема 1.1*	*схема 2.1*	...	*схема к.1*
ψ_2	*схема 2.2*	*схема 2.2*	...	*схема к.2*
...	...	...	...	...
ψ_i	*схема 1.i*	*схема 2.i*	...	*схема к.i*

Таблиця 3. Таблиця переходів та виходів автомата Мілі LC_2

G / ψ	*запит на діагноз*	*запит на флору*	*запит на суп. пат.*
Переходи			
діагноз	*запит на суп. пат.*	*запит на діагноз*	*запит на діагноз*
бактеріальна флора	*запит на діагноз*	*запит на суп. пат.*	*запит на флору*
Виходи			
діагноз	*схема 1*	*схема 1*	*схема 2*
бактеріальна флора	*схема 1*	*схема 2*	*схема 1*

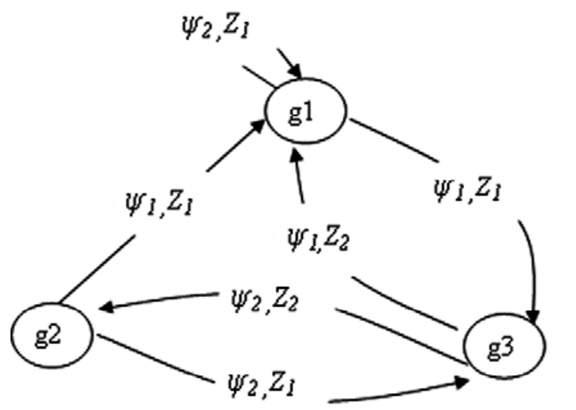

Рис. 9. Граф автомата Мілі LC_2

Математично найзручнішою є матрична форма опису СА. При цьому матриця з'єднань автомата – це квадратна матриця $C = \|c_{ij}\|$, рядки якої відповідають вихідним станам, а стовпці – станам переходу. Для автомата Мілі елемент $c_{ij} = \psi_k / z_s$, що стоїть на перетині *i*-го рядка і *j*-го стовпця, відповідає вхідному сигналу ψ_k, що викликає перехід зі стану g_i в стан g_j, і вихідному сигналу z_s, що видається при цьому переході. Для розглянутого вище автомата LC_2 матриця з'єднань матиме вигляд:

$$C_1 = \begin{pmatrix} \psi_2 / z_1 & - & \psi_1 / z_1 \\ \psi_1 / z_1 & - & \psi_2 / z_2 \\ \psi_1 / z_2 & \psi_2 / z_1 & - \end{pmatrix}. \qquad (19)$$

Якщо перехід зі стану g_i в стан g_j відбувається під дією декількох сигналів, то елемент матриці c_{ij} є множиною пар «вхід-вихід» для цього переходу, з'єднаних знаком диз'юнкції.

Стан g_k називається стійким, якщо для довільного вхідного сигналу $\psi_i \in \Psi_1$ стану $g_j \in G$, для яких $\alpha(g_j, \psi_i) = g_k$, виконується умова $\alpha(g_k, \psi_i) = g_k$ та $\beta(g_k, \psi_i) = z_k$. Таким чином, LC_2-автомат називається асинхронним, якщо кожен його стан $g_k \in G$ є стійким. В асинхронних автоматах зчитування вхідного сигналу відбувається неперервно і, реагуючи на вхідний сигнал певної тривалості, автомат може декілька раз змінювати стан і видавати відповідні вихідні сигнали, поки не перейде в стійкий стан, який вже не може змінитися під дією даного вхідного сигналу [7, 10, 11].

На практиці, автомати завжди є асинхронними, а стійкість їх станів досягається різними способами, наприклад, введенням сигналів синхронізації. Але на рівні абстрактної моделі деколи легше оперувати синхронними скінченними автоматами [3, 6, 7].

ВИСНОВКИ

У даній роботі розроблено формальну модель ЛЕС, яка формалізує поведінку людини-експерта при підборі схеми лікування пацієнтів. Ця модель характеризується сукупністю множин, підмножин чітких і нечітких вхідних параметрів, множини вихідних даних, множини процедур прийняття рішень та множини станів системи.

Запропонована концептуальна модель дозволяє оптимізувати та індивідуалізувати процес реалізації в залежності від поширення, характеру диференціювання процесу захворювання і, таким чином, забезпечити підвищення ефективності лікування хворих: зменшення частоти повторів захворювання, скорочення тривалості періоду лікування.

Припускаємо, що інформаційна експертна система за ідеологічним та функціональним призначенням нагадує автомат, який відображається у вигляді певного пристрою, тобто програмного продукту, куди подаються вхідні сигнали і знімаються вихідні, що обумовлюється присутністю внутрішніх станів. Це дало підстави формалізувати модель ЛЕС на основі концепції теорії автомата Мілі, що підтверджує існування функції вихідних сигналів, яка залежить від множини станів системи та вхідних сигналів, тобто параметрів пацієнта.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Черноруцкий, И. Г.* Методы принятия решений / И. Г. Черноруцкий. – С. Пб. : БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
2. *Глушков, В. М.* Енциклопедія кібернетики / ред. В. М. Глушков, в 2 т., АН УРСР. – К. : Голов. ред. Укр, рад. енциклопедії, 1973. – 584, [12] с.
3. *Шинкарука, В. І.* Філософський словник / ред. В. І. Шинкарука. – 2-ге вид. – К. : Голов. Ред. УРЕ, 1986. – 476 с.
4. *Савельєв, А. Я.* Прикладная теория цифровых автоматов : учеб. [для вузов по спец. ЭВМ] / А. Я. Савельев. – М. : Высшая школа, 1987. – 272 с.
5. Прикладная теория цифровых автоматов / [К. Г. Самофалов, А. М. Романкевич, В. Н. Валуйский та ін.]. – К. : Вища школа. Головне видавництво, 1987. – 375 с.
6. *Майоров, С. А.* Структура электронных вычислительных машин / С. А. Майоров, Г. И. Новиков. – Л. : Машиностроение. Ленинградское отделение, 1979. – 384 с.
7. *Каган, Б. М.* Электронные вычислительные машины и системы : учеб. пособие [для вузов] / Б. М. Каган. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
8. *Самофалов, К. Г.* Цифровые ЭВМ : теория и проектирование / К. Г. Самофалов, В. И. Корнейчук, В. П. Тарасенко. – К. : Вища школа. Головне видавництво, 1989. – 424 с.
9. *Савельєв, А. Я.* Арифметические и логические основы цифровых автоматов / А. Я. Савельев. – М. : Высшая школа, 1999. – 255 с.
10. *Савельєв, А. Я.* Прикладная теория цифровых автоматов / А. Я Савельев. – М. : Высшая школа, 2007. – 272 с.
11. *Вавилов, Е. Н.* Синтез схем электронных цифровых машин / Е. Н. Вавилов, Г. П. Портной. – М. : Советское радио, 2003. – 440 с.
12. *Соловьев, Г. Н.* Арифметические устройства ЭВМ / Г. Н. Соловьев. – М. : Энергия, 1978. – 177 с.

Стаття надійшла до редакції 22.08.2011.

Мельникова Н. И.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ НАЗНАЧЕНИЯ ЛЕЧЕНИЯ

Разработаны модели лечебной экспертной системы, которые оптимизируют процесс назначения лечения и обеспечивают повышение эффективности выздоровления пациентов.

Ключевые слова: модель экспертной системы, оптимизация процесса, медицинские системы.

Melnykova N. I.
MODELING OF EXPERT SYSTEM ASSIGNMENT TREATMENT

Developed models expert system of treatment, that optimize the assignment of treatment and providing efficiency convalescence of patients.

Key words: model of expert system, optimization of the process, medical systems.

УДК 539.3

Сабо И. И.[1], Толок В. А.[2]

[1]Аспирант Запорожского национального университета
[2]Д-р техн. наук, профессор Запорожского национального технического университета

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ О ШТАМПЕ В ДВУМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

В данной работе строится решение двумерной задачи теории упругости (плоская деформация) о действии штампа на упругую полуплоскость при помощи символического метода Власова В. З. [1] и точного решения гармонического уравнения для полуплоскости. Замена символических функций соответствующими гармоническими функциями позволяет получить точное решение рассматриваемой задачи.

Ключевые слова: символический метод, штамп, полуплоскость, гармоническое уравнение, символическая функция, гармоническая функция, точное решение.

ВВЕДЕНИЕ

Символическое решение Власова В. З., полученное методом начальных функций, находит широкое применение при решении задач теории упругости. Суть метода начальных функций состоит в поиске начальных функций. В случае плоской задачи – это поиск функций напряжений и перемещений на плоскости $y=0$ [1]: $U_0(x)=Gu(x,0)$, $V_0(x)=Gv(x,0)$, $Y_0(x)=\sigma_y(x,0)$, $X_0(x)=\tau_{xy}(x,0)$. Решение представляется в виде суммы произведений дифференциальных операторов и соответствующих начальных функций [1]:

$$U(x,y)=Gu(x,y)=L_{UU}U_0(x)+L_{UV}V_0(x)+ \\ +L_{UY}Y_0(x)+L_{UX}X_0(x),$$

$$V(x,y)=Gv(x,y)=L_{VU}U_0(x)+L_{VV}V_0(x)+ \\ +L_{VY}Y_0(x)+L_{VX}X_0(x),$$

$$Y(x,y)=\sigma_y(x,y)=L_{YU}U_0(x)+L_{YV}V_0(x)+ \\ +L_{YY}Y_0(x)+L_{YX}X_0(x),$$

$$X(x,y)=\tau_{xy}(x,y)=L_{XU}U_0(x)+ \\ +L_{XV}V_0(x)+L_{XY}Y_0(x)+L_{XX}X_0(x),$$

$$\sigma_x(x,y)=A_UU_0(x)+A_VV_0(x)+ \\ +A_YY_0(x)+A_XX_0(x).$$

Дифференциальные операторы могут быть представлены либо в виде бесконечных операционных рядов, либо в виде символических формул (для плоско-деформируемого состояния) [1]:

$$\frac{1-\nu}{\pi G}\int_{-a}^{a}p(\xi)\left(\ln|x_1-\xi|+C\right)d\xi=f(x_1)+h-z_0,$$

$$L_{UV}=-\frac{(1-2\nu)}{2(1-\nu)}\sin(\alpha y)-\frac{\alpha y}{2(1-\nu)}\cos(\alpha y),$$

$$L_{UY}=-\frac{y}{4(1-\nu)}\sin(\alpha y),$$

$$L_{UX}=\frac{1}{\alpha}\sin(\alpha y)-\frac{\sin(\alpha y)}{4\alpha(1-\nu)}-\frac{\alpha y\cos(\alpha y)}{4\alpha(1-\nu)},$$

$$L_{VU}=\frac{1-2\nu}{2(1-\nu)}\sin(\alpha y)-\frac{\alpha y}{2(1-\nu)}\cos(\alpha y),$$

$$L_{VV}=\frac{\alpha y}{2(1-\nu)}\sin(\alpha y)+\cos(\alpha y),$$

$$L_{VY}=\frac{(3-4\nu)\sin(\alpha y)}{4(1-\nu)\alpha}-\frac{y}{4(1-\nu)}\cos(\alpha y),$$