

АРХІТЕКТУРА ТА КОМПОНЕНТИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

УДК 681.325

А. Батюк, С. Батюк, С. Пилипчук, І. Цмоць
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автоматизованих систем управління

ВИБІР ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

© Батюк А., Батюк С., Пилипчук С., Цмоць І., 2009

Сформульовано вимоги, вибрано принципи побудови, розроблено узагальнену архітектуру медичної інформаційної технології та проаналізовано роботу її основних компонентів.

In this article we have set the requirements, chosen the development principles, created a basic architecture, and provided an analysis of the key components of a medical information technology.

Постановка задачі

Сьогодні ефективність діагностики та лікування значною мірою визначається рівнем розвитку інформаційних технологій. Інформатизація медичної галузі України є складовою частиною державної політики інформатизації країни і спрямована на ефективне вирішення завдань охорони здоров'я. Тенденції впровадження інформаційних технологій в медичну галузь пов'язані зі створенням локальних інформаційних систем діагностичних центрів, систем телемедичних консультацій, формування єдиних гнучких форматів зберігання медичних даних, об'єднання індивідуальних робочих місць в єдині мережі, спочатку для клініки, а потім для вищих рівнів. Сучасні медичні інформаційні технології (МІТ) повинні бути орієнтовані на ефективне використання інтелектуального ресурсу медицини та на забезпечення доступності якісної медичної допомоги кожному пацієнту незалежно від місця проживання. Розв'язання таких задач вимагає широкого використання телекомунікаційних, комп'ютерних та інтелектуальних інформаційних технологій у поєднанні з досвідом фахівців-медиків. Ефективність МІТ значною мірою залежить від формалізації медичної (діагностичної) інформації, що досягається співпрацею розробників і медиків.

Широке впровадження інформаційних технологій в медичну галузь вимагає розроблення компонентів МІТ, що просто адаптуються до вимог конкретних застосувань, орієнтовані на синтез широкого спектра медичних інформаційних та інформаційно-аналітичних систем. Використання готових компонентів до синтезу МІТ для конкретних застосувань дасть змогу зменшити час і вартість їх створення.

Мета роботи полягає у формулюванні вимог, виборі принципів побудови і розробленні узагальненої архітектури МІТ.

Розв'язання задачі

Формування вимог до компонентів і вибір принципів розроблення МІТ. Розробляти компоненти для синтезу МІТ пропонуємо на основі інтегрованого підходу, який ґрунтується на нових комп'ютерних інформаційних технологіях і охоплює інформаційне, організаційне, технічне, програмне і математичне забезпечення. Інформаційні технології для медичної галузі тісно пов'язані з накопиченням і обробкою інформації. Правильність і надійність діагностики, а також ефективність лікування значною мірою залежать від методів роботи з медичною інформацією. При роботі з

інформацією діагностика ґрунтується на отриманих даних про поточний стан пацієнта та їх інтерпретацію. Для розв'язання таких задач, компоненти МІТ повинні здійснювати:

- збирання, архівацію та попередню оцінку даних;
- формування звітів за всіма необхідними параметрами медичної карти, а також засобами для створення шаблонів звітів;
- автоматизоване введення даних з використанням предикативного введення тексту та автоматичного заповнення полів;
- виявлення помилок, контроль коректності введених даних, слідкування за хронологією введення даних, виявлення неочікуваних або небезпечних призначень та ін.
- захист медичних даних від несанкціонованого доступу;
- оперативну і інтелектуальну обробку медичних даних, моделювання;
- прогнозування та планування заходів різного медичного характеру;
- візуалізацію багатовимірних даних, представлення медичних даних у вигляді графіків і діаграм;
- автоматизацію діагностики.

Для зменшення вартості, термінів і розширення галузей застосування розробляти МІТ пропонується за такими принципами [1]:

- системності, за якого між компонентами інформаційних технологій утворюються такі зв'язки, які забезпечують цілісність і взаємодію з іншими системами;
- змінного складу обладнання, що передбачає наявність ядра інформаційної технології та змінних програмно-апаратних модулів, за допомогою яких ядро адаптується до вимог конкретного застосування;
- модульності, який передбачає розроблення компонентів медичних інформаційних технологій у вигляді функціонально завершених модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс;
- відкритості, за якого медичні інформаційні технології створюються з врахуванням можливості поповнення і оновлення функцій без порушення їх функціонування;
- сумісності, який передбачає використання інформаційно-технологічних інтерфейсів, завдяки яким медичні інформаційні технології можуть взаємодіяти з іншими системами;
- узгодженості інтенсивності надходження даних з обчислювальною здатністю апаратних засобів;
- використання комплексу базових проектних рішень.

Узагальнена архітектура МІТ. Розробляти МІТ доцільно за компонентно-ієрархічним підходом, який передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне) [2]. Для реалізації такого підходу використовується метод декомпозиції, який передбачає розбиття МІТ на окремі компоненти. На кожному рівні ієрархії розв'язуються задачі відповідної складності, які характеризуються як одиницями інформації, так і алгоритмами обробки. За складністю розв'язувані задачі діляться на чотири ієрархічні рівні. Збільшенню номера рівня ієрархії відповідає збільшення деталізації алгоритмічних, апаратних і програмних засобів. При цьому на вищих рівнях ієрархії одиниці інформації, алгоритми, програмні та апаратні засоби являють собою впорядковані сукупності одиниць інформації та композиції алгоритмів, програмних і апаратних засобів нижчих рівнів ієрархії (таблиця). Методологія послідовної декомпозиції, яка використовується під час розроблення медичних інформаційних технологій, відображає процес розроблення "згори донизу" [2].

На першому ієрархічному рівні МІТ розв'язуються системні задачі. Даний рівень позначимо як C_{MIT}^1 , де одиниця означає перший рівень ієрархії.

Другий рівень ієрархії складають підсистеми, що забезпечують: реєстрацію та збирання медичних даних; обробку медичних даних; збереження даних; аналітичну обробку медичних даних; прийняття рішень.

Рівні та види розробок медичних інформаційних технологій

Ієрархічний рівень	Види забезпечення та виконувані розробки		
	Алгоритмічне	Апаратне	Програмне
1-й	Алгоритми функціонування МІТ	Структура апаратних засобів МІТ	Структура програмних засобів МІТ
2-й	Алгоритми функціонування підсистем	Структура апаратних засобів підсистем	Структура програмного забезпечення підсистем
3-й	Алгоритми реалізації блоків підсистем	Схеми блоків підсистем	Бібліотеки програм
4-й	Алгоритми апаратних модулів	Схеми апаратних модулів	Програмні модулі

Третій ієрархічний рівень складають апаратні блоки та бібліотеки, поділ на які здійснюється за функціональною ознакою.

До четвертого рівня ієрархії належать апаратні та програмні модулі, які реалізують основні алгоритми роботи блоків.

Компонентно-ієрархічну структуру МІТ можна описати за допомогою такого виразу:

$$C_{MIT}^1 = \prod_{i=1}^n C_{MIT}^{2i} \prod_{j=1}^m C_{MIT}^{3j} \prod_{p=1}^h C_{MIT}^{4p},$$

де C_{MIT}^{2i} , C_{MIT}^{3j} , C_{MIT}^{4p} – засоби відповідно другого, третього і четвертого ієрархічних рівнів; n – кількість типів підсистем; m – кількість типів блоків; h – кількість типів модулів.

Алгоритми роботи апаратно-програмних засобів на кожному рівні ієрархії подаються у вигляді функціональних графів $F=(\Phi, \Gamma)$, де $\Phi=\{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$ – множина функціональних операторів, Γ – закон відображення зв'язків між операторами [2]. Таке подання дає змогу сформулювати список алгоритмів і визначити доцільність реалізації їх програмними або апаратними засобами.

Обробка семантично неузгоджених медичних даних потребує застосування різноманітних інформаційних технологій. Тому архітектуру МІТ, яка розробляється, можна розглядати як інтегровану технологію обробки інформації та засобів, що використовуються для її реалізації:

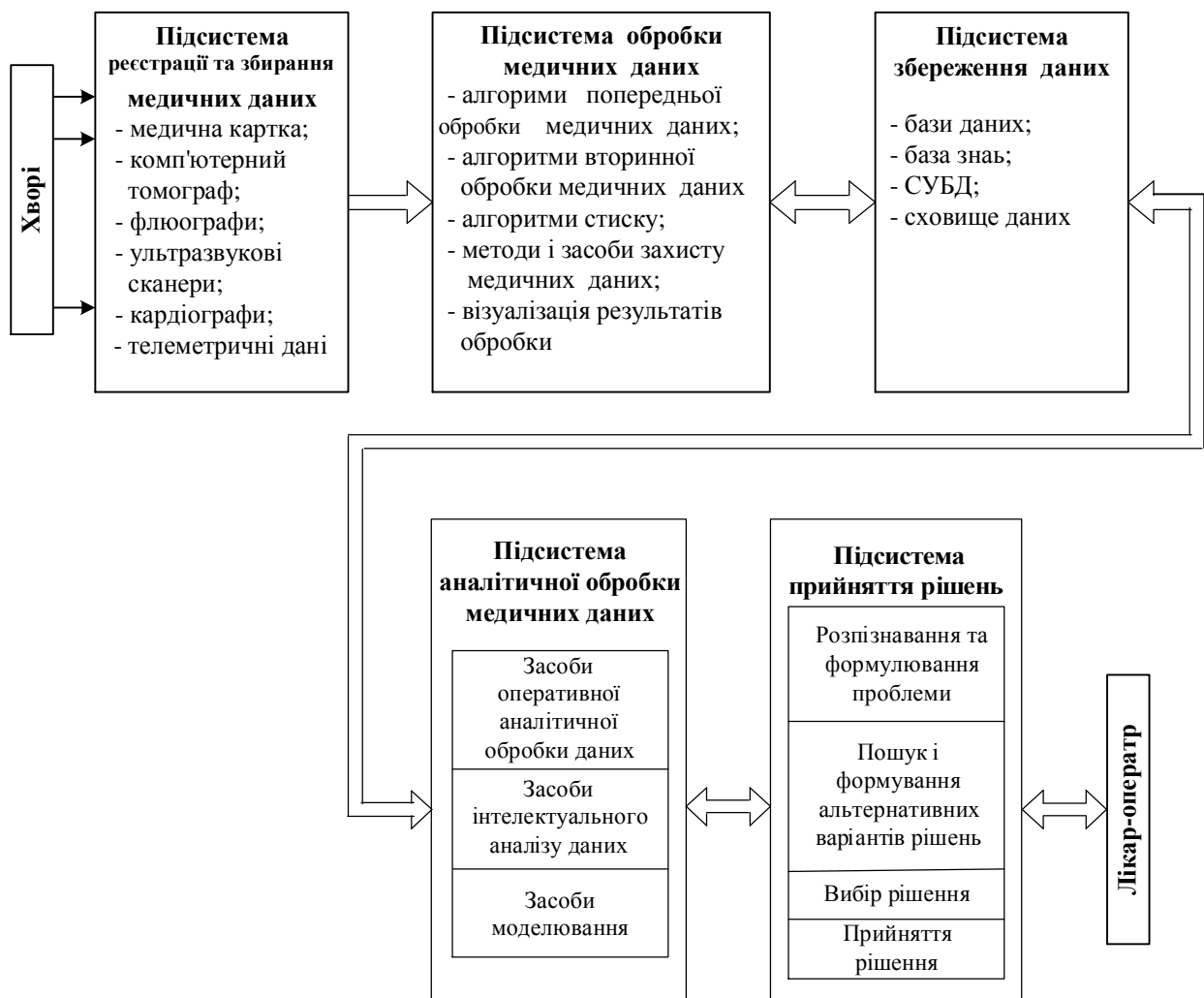
$$IT_{MIT} = \{IT_{DW}, IT_{WEB}, IT_{ЦОС}, IT_{OLAP}, IT_{EDMS}, IT_{DM}, IT_{KDD}\},$$

де IT_{DW} – технологія інформаційних сховищ (Data Warehouse); IT_{WEB} – WEB-технології; $IT_{ЦОС}$ – технології цифрової обробки сигналів (ЦОС); IT_{OLAP} – технологія оперативної аналітичної обробки (OLAP – On-Line Analytical Processing); IT_{EDMS} – технологія автоматизації ділових процесів (EDMS – Enterprise Document Management System); IT_{DM} – технологія інтелектуального аналізу даних (DM – Data Mining); IT_{KDD} – технологія, яка витягує з даних нові нетривіальні знання у формі моделей, залежностей та законів (KDD – knowledge discovery in databases).

На основі аналізу задач МІТ і засобів, використовуваних для їхнього розв'язання, сформована узагальнена архітектура такої МІТ (рисунок), де СУБД – системи управління базами даних [1–8]. Основними структурними одиницями МІТ є підсистеми: реєстрації та збирання медичних даних; обробки медичних даних; збереження даних; аналітичної обробки медичних даних; прийняття рішень.

Підсистема реєстрації та збирання медичних даних. У МІТ вводять медичну інформацію як з використанням медичних карт, так і сучасних медичних приладів (комп'ютерних томографів, флюорографів, ультразвукових сканерів, кардіографів і т.д.), які формують результати роботи безпосередньо в електронному вигляді. Підсистема реєстрації та збору медичних даних повинна забезпечувати [4–7]:

- автоматизоване переведення документів з паперових носіїв в електронну форму;
- реєстрацію, облік всього обсягу вхідних, вихідних та внутрішніх документів;



Узагальнена архітектура медичної інформаційної технології

- первинну обробку та реєстрацію документів, внесення даних в БД;
- оперативний пошук документів і пошук документів за запитом за атрибутами документа (реєстраційний номер, дата, автори, виконавці тощо), ключовими словами та описами фрагментів документів;
 - оптимальне використання та систематизацію сховищ даних відповідно до потреб МІТ;
 - інтеграцію і взаємодію з Web-технологіями, e-mail і файловою системами;
 - підтримку різних джерел надходження інформації;
 - можливість роботи з сучасними СУБД.

Одним із завдань створення МІТ є поліпшення надання медичної допомоги незалежно від того, де знаходиться пацієнт. Розв'язання цієї задачі досягається наданням своєчасної та адресної висококваліфікованої медичної послуги шляхом телекомунікаційних і комп'ютерних технологій у поєднанні з досвідом фахівців-медиків (телемедицина). Ефективність функціонування телемедицини визначається ефективністю функціонування біотехнічної системи, до якої входять: пацієнт; лікар, котрий безпосередньо спілкується з пацієнтом; лікар-консультант, який спілкується з пацієнтом через канали зв'язку; телекомунікаційні і комп'ютерні засоби (технологічна система), що забезпечують інформаційний зв'язок і алгоритм функціонування.

Підсистема обробки медичних даних забезпечує первинну і вторинну обробку даних, що надходять від діагностичних пристроїв, компресію, декомпресію та архівацію медичних даних, захист від несанкціонованого доступу та візуалізацію результатів обробки у вигляді графіків і діаграм.

Підсистема збереження медичних даних орієнтована на надійне зберігання великих обсягів даних, для чого використовуються засоби збереження даних, які складаються з двох основних частин: бази даних і СУБД. Дані в підсистемі зберігаються в різних базах даних і при їх аналізі можуть виникати проблеми з підтримкою різних форматів даних, а також з їх кодуванням. Ця проблема вирішується шляхом створення сховищ даних, які є предметно-орієнтованими, інтегрованими та незмінними, які підтримують хронологію набору даних. В основу концепції сховищ даних покладено ідею поділу даних, які використовуються для оперативного аналізу та для розв'язання задач інтелектуального аналізу. Крім того, до підсистеми збереження входить база знань, в якій зберігається накопичений медичний досвід.

Бази даних МІТ містять такі дані: історію хвороби пацієнтів; переміщення пацієнтів у профільному відділенні; призначення додаткових методів медичного обстеження, лабораторних аналізів і скерувань, а також хірургічного втручання.

Бази знань, які використовуються в МІТ, наповнюються даними про досвід вирішення завдань лікарями госпітальних закладів, профільних клінік і реабілітаційних центрів. Досвід лікарів, який вводить в бази знань – це вербальний алгоритм діагностичних, лікувальних, профілактичних і реабілітаційних заходів з оцінкою їх ефективності.

Підсистема аналітичної обробки медичних даних використовує такі засоби: оперативної аналітичної обробки (OLAP – On-Line Analytical Processing), інтелектуального аналізу даних (ІАД – Data Mining) та моделювання.

Методи та засоби оперативної аналітичної обробки даних ґрунтуються на використанні класичних статистичних підходів, усереднених показників, на підставі яких здійснюється перевірка заздалегідь сформульованих гіпотез і “грубий” розвідницький аналіз. Стандартні статичні методи відкидають нетипові спостереження – так звані піки та сплески. Хоча така інформація може становити самостійний інтерес для дослідження, характеризуючи деякі важливі явища. Аналіз і докладний розгляд таких спостережень є корисним для розуміння сутності досліджуваних об'єктів чи явищ [7–11].

В основу концепції OLAP покладено багатовимірне представлення даних шляхом побудови багатовимірних таблиць, які можуть бути доступними для запитів користувачів. Ці багатовимірні таблиці будуються на основі вхідних даних і зберігаються як у вигляді реляційних, так і у вигляді багатовимірних баз даних. Використовуючи OLAP, користувач може здійснювати гнучкий перегляд інформації, отримувати різні зрізи даних, виконувати аналітичні операції деталізації, згортки, наскрізний розподіл та порівняння в часі. Сьогодні використовується значна кількість OLAP-засобів, які відрізняються за способом зберігання даних, за місцем знаходження і за ступенем готовності до застосування.

Головними задачами ІАД є: пошук функціональних і логічних закономірностей у накопичених даних; знаходження прихованих правил і закономірностей; побудова моделей і правил, які характеризують стан або прогнозують розвиток певних процесів. У загальному випадку процес ІАД має такі стадії [10]:

- виявлення закономірностей (вільний пошук);
- використання виявлених закономірностей для передбачення невідомих значень (прогностичне моделювання);
- аналіз винятків, призначений для виявлення і тлумачення аномалій у знайдених закономірностях.

Залежно від принципів роботи з початковими навчальними даними всі методи ІАД можна розділити на дві великі групи [10,11]:

- які ґрунтуються на безпосередньому використанні навчальних даних;
- які ґрунтуються на використанні даних, що видобуваються із первинних даних і перетворюються на деякі формальні конструкції.

Методи першої групи використовуються на стадіях прогностичного моделювання і аналізу винятків. До цієї групи методів належать: кластерний аналіз, метод ближнього сусіда, метод к-ближнього сусіда, суджень за аналогією. До другої групи методів належать: логічні методи (генетичні алгоритми, дерева рішень, нечіткі запити та аналізи, символні правила); методи візуалізації; методи крос-табуляції (агенти, байєсівські мережі, крос-таблична візуалізація); методи, що ґрунтуються на рівняннях (статистичні методи і нейронні мережі).

Засоби моделювання є важливим засобом розв'язання багатьох завдань, зокрема, моделювання функціонального стану пацієнта, його органів і систем. З допомогою моделей в МІТ виявляється корисна, раніше невідома інформація, яка використовується для прийняття рішень. Моделі можуть бути записані у вигляді схем, математичних формул і т. д. Найпростіший формальний опис моделі здійснюється за допомогою такої функціональної залежності:

$$Y = f(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m, w_1, \dots, w_k),$$

де Y – залежна або цільова змінна; x_1, \dots, x_n – незалежні змінні, які є внутрішніми характеристиками об'єкта дослідження; z_1, \dots, z_m – незалежні перемінні, які є зовнішніми факторами, що впливають на об'єкт дослідження; w_1, \dots, w_k – невраховані характеристики або фактори.

Перевагою використання моделей для постановки діагнозу та дослідження процесу лікування є простота моделі порівняно з реальним об'єктом. При цьому моделі дають змогу виділити в об'єкті найістотніші фактори з погляду мети дослідження. Розроблені моделі можуть мати різну складність, яка залежить як від складності діагнозу, так і від методів лікування, що використовуються.

Моделі, які використовуються в МІТ, можна класифікувати залежно від характеристик досліджуваного об'єкта так:

- динамічні і статичні;
- стохастичні і детерміновані;
- неперервні і дискретні;
- лінійні і нелінійні;
- статистичні, експертні, побудовані за методами Data Mining;
- прогнозувальні, класифікаційні і описувальні.

У МІТ найчастіше використовують прогнозувальні і класифікаційні моделі. Прогнозувальні моделі дають змогу виділити особливості лікування та на їх основі здійснити прогноз. Моделі, з допомогою яких визначається клас об'єкта (діагноз), називатимемо класифікаційними.

Моделі, які використовуються в МІТ, попередньо перевіряються на достовірність (адекватність) шляхом тестування, яке зводиться до проведення множини експериментів. При тестуванні моделі на вхід подаються вибірки різного обсягу. Перевірка моделі передбачає визначення міри, до якої вона насправді помагає лікарю при прийнятті рішень.

У випадку, якщо було розроблено декілька різних моделей, їх вибирають на основі характеристик і оцінок, а також врахування думки експертів. Основні характеристики моделі, які враховуються при виборі моделі – це точність і ефективність роботи алгоритму. Після тестування, оцінювання та вибору моделі настає етап застосування. На цьому етапі вибрана модель використовується стосовно нових даних з метою розв'язання поставлених задач.

Підсистема підтримки рішень має передбачити потенційну можливість автоматизації процедури прийняття рішень, які ґрунтуються на базі знань. Проблема прийняття рішень в інформаційній МІТ має такі загальні риси [11]:

- неповторність ситуації вибору;
- складний для оцінювання характер розглядуваних альтернатив;
- невизначеність післядій;
- множина різноманітних факторів, які необхідно враховувати під час прийняття рішень;
- наявність особи або групи осіб, які відповідають за прийняття рішень.

У МІТ підсистема прийняття рішень виконує такі функції:

- допомагає лікарю оцінити ситуацію, вибрати критерії та оцінити їх відносну важливість;
- генерує можливі рішення та сценарії дій;
- здійснює оцінку та вибір рішень і сценаріїв;
- забезпечує постійний обмін і узгодження інформації про процес прийняття рішень;
- моделювання та аналіз можливих наслідків прийнятих рішень;
- оцінює реалізацію прийнятих рішень і за їх результатами проводить донавчання.

Рішення, які необхідно приймати лікарям, дуже різноманітні. На одному рівні рішення змінюються від “структурованих” до “неструктурованих”. Структуровані рішення – це повторювані відповідно до заведеного порядку рішення, для прийняття яких розроблена деяка процедура. Неструктуровані рішення – це, навпаки, рішення, які не відповідають заведеному порядку і навіть унікальні. Для прийняття таких рішень немає заздалегідь узгодженої процедури, і особа, що приймає таке рішення, повинна керуватися власними судженнями, оцінками та ситуацією. Багато рішень знаходяться між цими двома і мають назву “напівструктурованих рішень”, що означає: тільки на частину проблеми можна дати чітку відповідь за допомогою заздалегідь узгодженої процедури.

На цьому рівні при прийнятті достатньо структурованих і передбачуваних рішень можуть бути особливо корисні деякі технології, що збирають, зберігають і спрощують доступ до інформації операційного рівня. Системи обробки операцій (TPS) є основними системами для роботи на операційному рівні. Вони обробляють тисячі звичайних операцій, що відбуваються щоденно у більшості організацій. Крім того, що ці системи поновлюють записи і документи відповідно до нових даних, вони часто формують зручні короткі звіти. Інформація, яка знаходиться в таких системах на операційному рівні, є важливою основою для систем вищих рівнів.

На практиці брак часу і засобів часто обмежує якість та об'єм інформації, доступної для прийняття рішень (встановлення діагнозу). Навіть коли інформації дуже багато, її неможливо утримати в пам'яті, тому можливість прорахувати оптимальне рішення на основі наявної інформації обмежена. Більше того, лікарям як особам, що приймають рішення, часто бракує розуміння самої суті проблеми, релевантного критерію чи основних цілей. У результаті цього вони не приймають оптимальних рішень без сторонньої допомоги, часто відмовляються від них на користь допустимих чи просто розумних [5]. На щастя, різноманітні інформаційні технології можуть допомогти у цій справі шляхом збирання і зберігання даних, прискорення пошуку та аналізу інформації, а де потрібно – застосуванням моделей для знаходження оптимальних рішень, полегшуючи сумісне використання інформації і управління знаннями, а також допомагаючи визначити додаткові альтернативи чи моделі, які спочатку були незрозумілі.

Однією з таких технологій підтримки прийняття рішень є сховища даних [6;10]. Зберігання даних – це створення і підтримка величезної спеціалізованої бази даних із найсвіжішою об'єднаною інформацією, а також зручих у використанні запитів та інструментів аналізу. Дані збираються в базу із різних функціональних систем, а часто і з зовнішніх джерел та поміщаються в окреме сховище, щоб користувачі могли отримувати та аналізувати їх, не звертаючись до першоджерел. Сховище даних значно полегшує перетворення даних на корисну інформацію для прийняття рішень за рахунок: централізації поточної інформації з різних функціональних систем; спрощення доступу до цих даних; надання аналітичних та звітних документів. А чи можна довідатися з даних про те, яке лікування найкраще для конкретного пацієнта, як організувати ресурси клініки найефективніше чи як мінімізувати вартість лікування і при цьому перекласти значну частину аналітичної роботи на комп'ютер? Хотілося б автоматизувати процес аналізу і зробити його більш об'єктивним, а саме: одержати деяку технологію, яка б автоматично витягала з даних нові нетривіальні знання у формі моделей, залежностей, законів і т.д., гарантуючи при цьому їхню статистичну значимість. Новітня технологія, спрямована на рішення цих проблем – це технологія knowledge discovery in databases (KDD). KDD – це синтетична область, що об'єднала у собі останні досягнення штучного інтелекту,

числових математичних методів, статистики й евристичних підходів. Мета технології – знаходження моделей і відносин, схованих у базі даних, таких моделей, що не можуть бути знайдені звичайними методами. Слід зазначити, що на плечі комп'ютера перекладаються не тільки “рутинні” операції (скажімо, перевірка статистичної значимості гіпотези), але й операції, що раніше було аж ніяк не прийнято називати рутинними (вироблення нової гіпотези). KDD дає змогу побачити такі взаємини між даними, що колись навіть не приходили в голову досліднику, а застосування яких може сприяти підвищенню ефективності лікування як окремого пацієнта, так і функціонування медичної установи загалом.

Висновки

1. Розробити компоненти і синтезувати архітектуру МІТ доцільно на основі інтегрованого підходу, який охоплює інформаційні технології, методи та засоби аналітичної обробки даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень і ґрунтується на таких принципах побудови: системності, змінного складу обладнання, модульності, відкритості, сумісності та використання комплексу базових проектних рішень.

2. Для забезпечення прогнозування та пошуку неочевидних закономірностей традиційні методами оперативної аналітичної обробки доцільно доповнювати методами інтелектуального аналізу медичних даних.

3. Архітектура МІТ повинна мати змінний склад засобів, який передбачає наявність ядра і змінних модулів, за допомогою яких ядро адаптується до вимог конкретної медичної установи.

1. Гриценко В.І., Котова А.Б., Вовк М.І., Кіфоренко С.І., Белов В.М. Інформаційні технології в біології та медицині: Курс лекцій: Навч. посібник. – К.: Наук. Думка, 2007. – 382 с. 2. Цмоць І.Г. Інформаційні технології та спеціалізовані засоби обробки сигналів і зображень у реальному часі. Львів: УАД, 2005. – 227с. 3. Батюк А.Є., Батюк С.А., Пилипчик С.І., Цмоць І.Г. Компоненти інформаційних технологій для медицини: Тези міжнародної наукової конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту”. Т.1. – Євпаторія, 2009. – С. 135–137. 4. Гланц С. Медико-биологическая статистика: Пер. с англ. – М., Практика, 1999, 459 с. 5. Василенко В. Х. Врачебный прогноз. – Душанбе: Дониш, 1982. – 108 с. 6. Батюк А.Є., Пасека М.С. Концепція побудови і реалізація інформаційних систем, орієнтованих на аналіз даних. // Технічні вісті. – 2000. – №1(10), 2(11). – С. 76–79. 7. Батюк А.Є. Стратегія побудови систем, орієнтованих на аналіз даних // Збірник наукових праць ІПМЕ НАНУ. – 2001. – Вип.12. – С. 158–164. 8. Батюк А.Є., Кравчук Г.Т. Концепція створення інформаційно-аналітичних систем в управлінні. // Збірник наукових праць ІПМЕ НАН України: “Моделювання та інформаційні технології”. – 1999. – Вип.4. – С. 123–127. 9. Батюк А.Є., Чоп'як В.В., Цмоць І.Г., Леськів М.В., Кирик В.Ю. Інформаційна система автоматизації діяльності медичного центру клітинної імунології та алергології // Збірник наукових праць ІПМЕ НАН України: “Моделювання та інформаційні технології”. – 2002. – Вип.14. – С. 175–182. 10. Чубакова І.А. Data Mining: Учебн. пособие. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 382 с. 11. Тарасов В.А., Герасимов Б.М., Левин И.А., Корнейчук В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.