

**О. А. СІТНИКОВА, М. В. ПОЧЕБУТ**

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БАГАТОПРОФІЛЬНОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ

Розглянуто принципи підтримки прийняття рішень в системі сімейної медицини. Досліджено потоки даних, які використовуються для діагностики та профілактики захворювань. Запропоновано класифікацію ознак на основі аналізу даних електронної медичної картки пацієнта. Розроблено модель ідентифікації медико-біологічних параметрів на основі даних електронної медичної картки. Розроблено системну архітектуру та структуру бази даних клінічного моніторингу.

**Ключові слова:** система підтримки прийняття рішень, медико-біологічні параметри, клінічний моніторинг, сімейна медицина, ідентифікація.

**Вступ.** Важливу роль у реалізації національної програми охорони здоров'я займають питання інформаційного моніторингу, аналізу даних, контролю, прийняття рішень. Останнім часом у медицині різко збільшився потік і обсяг інформації, в той час як спосіб її аналізу залишився без особливих змін. Аналіз інформації людиною став вузьким місцем, стримуючим як подальший розвиток медичної науки, так і практичне надання медичної допомоги.

Проблема організації збору, обробки та аналізу інформації, отриманої в процесі медичної діяльності, є в даний час однією з найбільш актуальних і невирішених проблем. Збір та аналіз інформації щодо стану здоров'я населення забезпечує основу для прийняття управлінських рішень керівниками галузі охорони здоров'я. Використання інформаційних комп'ютерних систем робить цей процес більш ефективним.

**Методи дослідження.** В даний час під підтримкою прийняття рішень (ППР) розуміють процес розпізнавання ситуації прийняття рішення і визначення мети, планування і генерації способів її реалізації, формування варіанту з використанням експертних знань і методів математичного програмування, моделювання наслідків прийнятих рішень для їх оцінки. Як рішення розглядається варіант тієї чи іншої дії, а вирішення ситуації прийняття рішення – знаходження варіанту рішення із застосуванням системи підтримки прийняття рішень (СППР), налаштованої на предметну область [1]. Для реалізації СППР використовують інформаційні технології, які забезпечують процес прийняття рішення на всіх його етапах.

При розробці СППР можна виділити наступні узагальнені етапи процесу прийняття рішень [2]:

- 1) ідентифікація інформаційного стану об'єкта.
- 2) діагностика ситуації прийняття рішень і визначення цілей.
- 3) планування дій.
- 4) формування варіантів рішень.

При прийнятті рішень в умовах невизначеності можна використовувати підходи, розглянуті в роботі [3], при нечіткій інформації – [4]. Підтримці прийняття рішень неструктурованих проблем присвячені роботи [4, 5]. Розробка СППР для задач багато профільної медичної допомоги у системі сімейної медицини повинна бути заснована на методологічних засадах створення та використання СППР.

**Огляд літератури.** Розглянемо, який математич-

ний апарат використовується для обробки даних з метою реалізації функцій управління в системах багато профільної медичної допомоги. Основою більшості інформаційних систем є облік статистичних даних [6]. Великі об'єми даних, що зберігаються в БД клінічного моніторингу, вимагають статистичної обробки. Попередній аналіз даних передбачає оцінку показників центру розподілу, варіації, форми розподілу. До статистичних методів обробки інформації належать такі види аналізу, як: дисперсійний, факторний, кластерний, регресійний, кореляційний [7]. Для виявлення прихованих знань, що зберігаються у масивах інформації, застосовуються методи Data Mining [8]. До методів Data Mining належать: базові методи, засновані на переборі [3]; нечітка логіка [4]; генетичні алгоритми [9]; нейронні мережі [10]. Таким чином, математичне забезпечення СППР представлено достатньо розгорнутим колом методів та підходів щодо збору, обробки та зберігання даних.

Як показав аналіз, в Україні існує успішний досвід впровадження інформаційних технологій в роботу лікаря сімейної медицини. Слід зазначити, що питання інформатизації сфери охорони здоров'я на рівні держави або регіону є достатньо актуальними напрямками досліджень [11, 12], але питання сімейної медицини зазвичай залишаються поза увагою. Апаратне та програмне забезпечення медичних СППР розглядаються окремо [13], що не дозволяє системно вирішувати задачі медичної діагностики. Це обумовлює напрямки досліджень з питань побудови комплексної системи сімейного лікаря.

**Мета та задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності роботи сімейного лікаря шляхом створення, впровадження та використання системи підтримки прийняття рішень для багато профільної медичної допомоги.

Для досягнення поставленої мети необхідно: провести аналіз існуючих інформаційних систем в сфері сімейної медицини; дослідити потоки медичних даних щодо діагностики та профілактики захворювань; розробити модель ідентифікації пацієнтів в системі сімейної медицини; визначити структуру БД; розробити архітектуру СППР та моделі використання з урахуванням задач багато профільної медичної допомоги.

**Результати дослідження.** Вирішення головної задачі сімейного лікаря – профілактика та запро-

вадження захворювань, а також діагностика та лікування у разі хвороби, – не можливо без обробки первинних даних про стан здоров'я пацієнтів та медичних даних щодо результатів наукових досліджень. Вивчення захворюваності проводиться за загальноприйнятою схемою статистичних досліджень із певною послідовністю етапів [11]. Це вимагає якісної інформації та системи статистичного спостереження за станом здоров'я пацієнтів.

Джерелами інформації даних щодо захворювань служать: 1) медичні відомості про звернення за медичною допомогою; 2) дані медичних оглядів; 3) медичні картки пацієнтів. Електронна медична картка пацієнта – ключове джерело інформації для обробки в СППР. У картці подано хронологію відвідувань пацієнтів і призначень, є історія розвитку різних захворювань (анамнез), є загальна інформація про пацієнта, результати його аналізів тощо. З представленої інформації можна витягти такі важливі відомості, як дати профілактичних оглядів, виявити фактори ризику для захворювань, оцінити результати лікування.

Електронна медична картка повинна включати в себе наступні дані [13]:

- 1) демографічні дані, дані фізичних оглядів, оцінки, результати тестування і результати процедур протягом усього життя пацієнта;
- 2) записи про лікування, включаючи всі медичні призначення, сестринські втручання, терапію, зауваження про хід лікування і стан хворого;
- 3) подальше лікування, включаючи призначення пацієнту, плановий догляд та інше.

Для підтримки прийняття рішень сімейним лікарем необхідно зберігати інформацію у структурованому вигляді, тобто у БД. Для побудови БД виділимо такі джерела інформації: пацієнти та їхні анамнези; результати аналізів пацієнтів; результати різних медичних процедур, наприклад, флюорографія, електрокардіографія, рентген; мережа інтернет; медична література; безпосередньо сімейний лікар, який вносить в картку нові дані про пацієнтів і їхні сім'ї у зв'язку з різними ситуаціями. Джерелами інформації для бази медичних знань є також лікарі-експерти в тій чи іншій галузі медичних знань, спеціальна довідкова медична література, а також результати наукових досліджень, що мають відношення до медицини.

Процес надання амбулаторно-поліклінічної допомоги пацієнту, в результаті якого збираються медико-діагностичні дані, можна представити у вигляді діаграми потоків даних (рис. 1). Пацієнт приходить на первинний огляд, на якому вимірюються основні біометричні показники, результати заносяться до картки. Також пацієнт, зазвичай, заповнює анкету, за допомогою якої можна з'ясувати шкідливі звички, перенесені захворювання, умови життя. Наприклад, для виявлення у пацієнтів захворювань серцево-судинної системи, необхідно заповнити такі дані: стать, вік, зріст, наявність менопаузи (для жінок), наявність цукрового діабету, несприятлива спадковість в плані серцевих захворювань, підвищене споживання солі, наявність ожиріння, зловживання алкоголем, низька фізична активність, наявність стресів, куріння, соціально-економічне становище, споживання висококалорійних продуктів тощо.

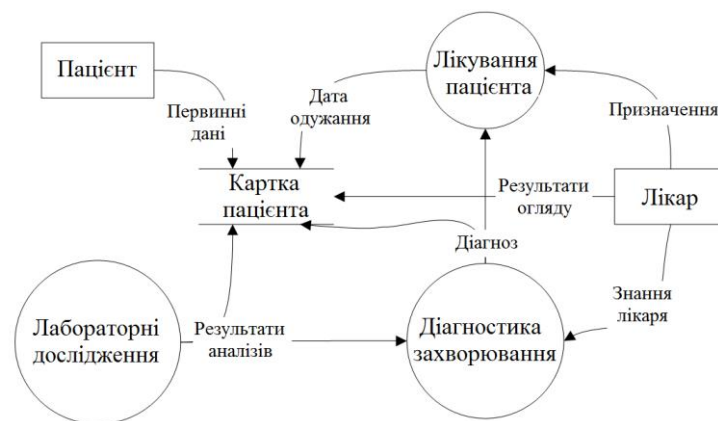


Рис. 1 – Діаграма потоків даних процесу збору медичних даних пацієнта

Враховуючи особливості медичних даних та їх потоків, можна побудувати модель даних (рис. 2).

Аналізуючи процедури і процеси, які характеризують роботу сімейного доктора, можна зробити висновок, що медична картка пацієнта – ключове джерело інформації для обробки. У медичній картці подано хронологію відвідувань пацієнтів і призначень, є історія розвитку різних захворювань (анамнез), є загальна інформація про хворого, результати аналізів. З представленої інформації можна витягти такі важливі відомості, як дати профілактичних оглядів, виявити фактори ризику для захворювань, оцінити результати лікування.

Якщо пацієнт звернувся за допомогою через те, що він захворів, то хворому проводиться огляд, лабораторні дослідження, далі лікар в картку заносить результати аналізів, поставлений діагноз, призначене лікування, дати звернення, що проводяться медичних процедур і одужання пацієнта. Лабораторні дослідження включають в себе два види процедур: перша – різні аналізи крові, сечі і т. д., друга – проведення приладно-комп'ютерних досліджень – УЗД, ЕКГ, рентген, флюорографія та ін. В результаті таких досліджень з'ясовуються різні показники стану організму. Ці індикатори здоров'я пацієнта бувають в числовому вигляді, а можуть мати якісну природу.

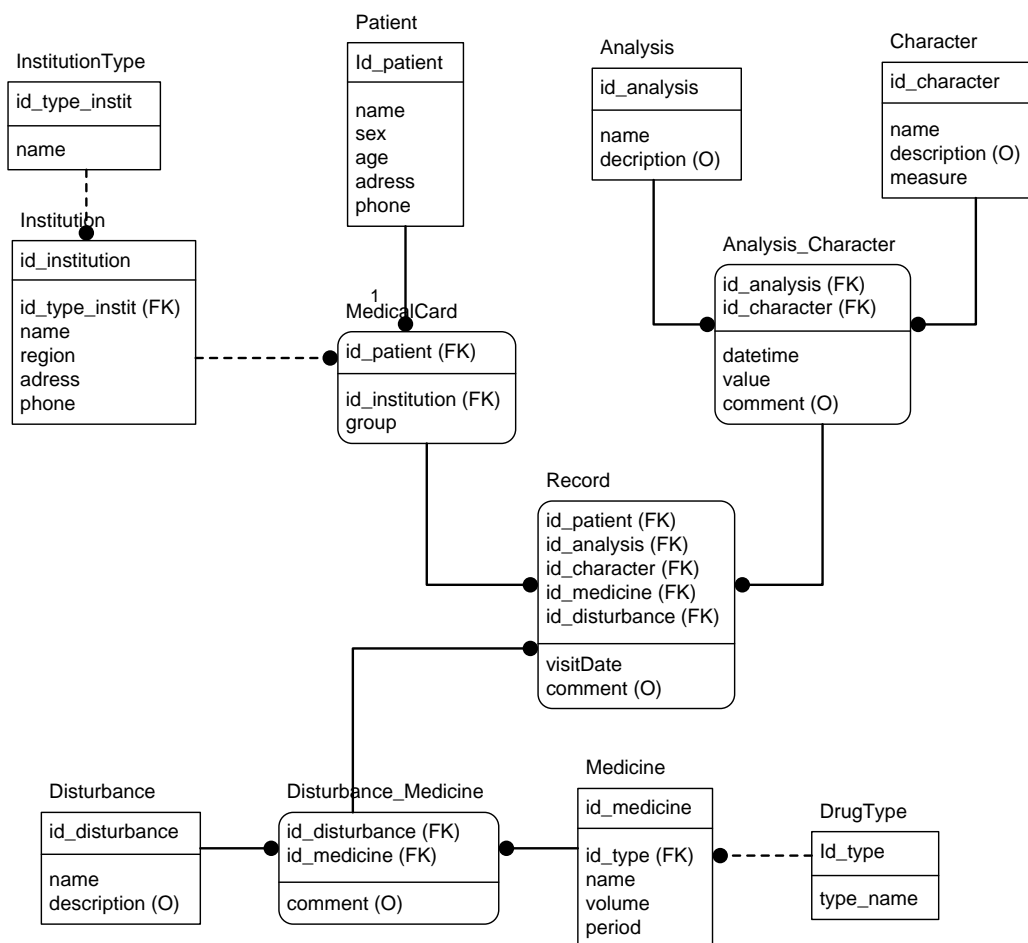


Рис. 2 – Інфологічна модель даних

Наприклад, щоб виявити інфаркт міокарда (ІМ) необхідні такі діагностичні процедури, як [14]: проведення ЕКГ, проведення клінічного та біохімічного аналізів крові. ЕКГ дасть такі параметри: форма і розміри зубця R, наявність патологічного зубця Q, висота підйому сегмента ST вище ізолінії або депресія сегмента ST, наявність негативного зубця T. У клінічному аналізі крові основними будуть такі показники як кількість лейкоцитів і швидкість осідання еритроцитів. Біохімічний аналіз дозволить судити про наявність ІМ за такими параметрами: підвищений рівня фібриногену, рівень тропоніну I, лактатдегідрогенази сироватки, рівень креатин-фосфокінази, рівень аспаратамінотрансферази. Після обробки результатів лабораторних досліджень лікар може зробити висновки про відхилення у здоров'ї, застосовуючи свої знання, досвід, відповідну медичну літературу. Лікар ставить діагноз і призначає лікування, яке заноситься в картку у вигляді переліку назв лікарських препаратів та схем їх застосування, а також рекомендованих медичних процедур.

Ще одним важливим завданням сімейного лікаря є задача планування і проведення заходів, спрямованих на профілактику здоров'я пацієнтів. Для віднесення пацієнта до групи ризику якогось захворювання або до групи з нормальним рівнем здоров'я, необхідно проводити спеціальні дослідження, наприклад, в рамках процесу диспансеризації. Диспансеризація дає

можливість виявити захворювання на ранній стадії його розвитку, що служить передумовою успішного лікування [14]. Наприклад, для виявлення захворювань серцево-судинної системи пацієнтові до сорока років потрібно робити ЕКГ раз на п'ять років, після сорока років – раз на рік. Результати проведення диспансеризації також відображаються у медичних картках пацієнтів.

Медичні дані мають досить різну природу і являють собою неоднозначну інформацію про процеси, що протікають в організмі пацієнта. Всі дані можна розділити на чотири основні групи: дати, текстові дані, якісні дані і кількісні дані. Дати відіграють важливу роль у хронології анамнезу, дають можливість оцінити динаміку розвитку захворювань, результати лікування та ін. Текстові дані – це неструктуровані дані, що представляють собою опис скарг, результати огляду та ін. Цей вид даних сильно залежить від лікаря: чи вважає він необхідним записати ту чи іншу інформацію в картку, чи звернув увагу на будь-які скарги пацієнта або взагалі щось забув відзначити.

Кількісні дані можуть бути безперервними або дискретними. Велика кількість інформації про пацієнта представлено у вигляді якісних даних. Вони бувають дихотомічними – є тільки два варіанти відповіді, наприклад, стать або наявність або відсутність якогось захворювання, і багатоваріантними, які, в свою чергу, діляться на номінальні і порядкові. Номінальні

– це дані, що відображають умовні коди щодо невимірюваних категорій, наприклад, коди діагнозу, тяжкість стану (легке ушкодження, середнє, сильне). Порядкові дані – це такий вид якісних даних, значення яких представлені у вигляді шкали або сукупності категорій, наприклад, стадії якого-небудь захворювання, стадії лікування, ступеня серцевої недостатності.

Таким чином, для побудови БД необхідно провести аналіз даних, що зберігаються у медичних картках та розробити систему показників, за значенням яких можна вирішувати медичні завдання в системі сімейної медицини. Розглянемо у якості прикладу інформацію, необхідну для прийняття рішень про наявність серцево-судинних захворювань. Визначимо наступні групи ознак: 1) первинні ознаки – це ознаки, які є у будь-якого пацієнта та які визначаються при першому звертанні; 2) анамнез – це група ознак, які характеризують наявні діагнози та історію хвороби, а також мають суттєве значення як фактори ризику виявлення захворювань; 3) діагностичні ознаки – це показники, які визначаються на основі лабораторно-діагностичних процедур; 4) оглядові ознаки – це ознаки, які може встановити лікар тільки в процесі огляду.

Слід відзначити, що остання група ознак впливає на прийняття діагностичного рішення у двох випадках: по-перше, безпосередньо при зверненні хворого; по-друге, в результаті аналізу динаміки змін показників при довготривалому спостереженні. Крім цього, діагностичні ознаки також мають важливе значення лише на момент проведення діагностичних заходів. Тобто дані першої та другої групи можуть бути використані для визначення несприятливих факторів, а ознаки третьої та четвертої групи – для діагностики захворювань. Важливо, що дані щодо перших груп ознак мають достатньо тривалий період актуальності на відміну від ознак останніх груп, актуальність яких може вимірюватись в межах лише декількох годин. З іншого боку, автоматизація збору діагностичних ознак та структуроване зберігання надає можливість аналізувати динаміку показників та надає додаткову інформацію для прийняття медичних рішень, що є важливою складовою медичної СППР.

Знання, на основі яких сімейний лікар приймає рішення, можна формалізувати за допомогою методів теорії інтелекту, зокрема методу компараторної ідентифікації [15]. Компаратор реалізує предикат  $K(y_1, y_2, \dots, y_m) = t$ , що відповідає відношенню  $K$ , в якому знаходяться вхідні сигнали  $y_1, y_2, \dots, y_m$ . При цьому  $t$  – це двійкова реакція компаратора,  $t \in \Sigma, \Sigma = \{1, 0\}$ . До входів компаратора підключені своїми виходами ідентифіковані інформаційні процеси  $r_1, r_2, \dots, r_m$ . Інформаційні процеси представляють механізми сприйняття вхідних фізичних сигналів  $x_1, x_2, \dots, x_m$ . Компаратор разом із підключеними до нього інформаційними процесами називається ідентифікованим об'єктом.

Аналіз даних необхідно проводити у декілька етапів. Спочатку треба проаналізувати дані, які знаходяться у медичній картці пацієнта та визначити

групу, відповідно до якої можна застосовувати певні рекомендації щодо ризиків розвитку захворювань. У якості критеріїв групування виступають такі ознаки як стать, вік, несприятлива спадковість або наявність певних діагнозів. Визначимо цю групу ознак на прикладі аналізу серцево-судинних захворювань. Будемо називати цю групу ознак первинною. Таким чином, на першому етапі здійснюється первинна обробка даних медичної картки.

Для формалізації задачі введемо ознаки, за якими можна ідентифікувати групи пацієнтів відповідно до даних медичних карт. Позначимо:  $x_1$  – стать; змінна  $x_1$  може приймати два значення  $x_1^ч$  – чоловіча,  $x_1^{ж}$  – жіноча. При цьому виконуються наступні умови:  $x_1^ч \vee x_1^{ж} = 1$  та  $x_1^ч \wedge x_1^{ж} = 0$  для кожного пацієнта. Нехай  $x_2$  – вік. Припустимо, що сімейний лікар виділяє наступні вікові інтервали: діти ( $x_2^д$ ), підлітки ( $x_2^п$ ), молодь ( $x_2^м$ ), дорослі ( $x_2^{доп}$ ) та зрілі ( $x_2^з$ ). Тоді можна записати, що  $x_2^д \vee x_2^п \vee x_2^м \vee x_2^{доп} \vee x_2^з = 1$ . Як показали дослідження [14], факторами ризику для розвитку захворювань є несприятлива спадковість та наявність певних діагнозів. Наприклад, для серцево-судинних захворювань до таких факторів ризику можна віднести цукровий діабет, менопаузу тощо. Нехай  $x_3$  – несприятлива спадковість щодо серцево-судинних захворювань ( $x_3^е$  – існує запис у медичній картці про несприятливу спадковість,  $x_3^{немає}$  – запису немає). Тоді  $x_3^е \vee x_3^{немає} = 1$ . Аналогічно введемо ознаки  $x_4$  – наявність цукрового діабету,  $x_5$  – менопауза (у жінок),  $x_6$  – перенесена хламідійна інфекція. Враховуючи, що сімейний лікар спілкується з родиною, надає медичну допомогу та володіє інформацією щодо певних аспектів приватного життя своїх пацієнтів, будемо вважати, що заповнення медичної картки за наступними ознаками не є складною процедурою. Тому введемо до розгляду групу ознак, які характеризують образ життя пацієнта та є латентними факторами ризику для розвитку багатьох серйозних захворювань. Нехай  $x_7$  – куріння,  $x_8$  – ожиріння,  $x_9$  – гіподинамія,  $x_{10}$  – зловживання сіллю,  $x_{11}$  – наявність стресів,  $x_{12}$  – вживання висококалорійних продуктів,  $x_{13}$  – вживання алкоголю. Відповідно до значень первинних ознак можна сформулювати групи пацієнтів, що мають однакові рекомендації щодо ризиків розвитку серцево-судинних захворювань.

Визначимо класи пацієнтів за введеними ознаками. Спочатку розглянемо дітей на прикладі хлопчиків. Якщо прийняти до уваги, що такі ознаки як  $x_5, x_7, x_8, x_{10}, x_{11}, x_{13}$  для всіх дітей завжди мають значення «немає», то можна сформувати групу з наступними ознаками:

$$D_1 = x_1^ч x_2^д x_5^{немає} x_7^{немає} x_8^{немає} x_{10}^{немає} x_{11}^{немає} x_{13}^{немає}.$$

Тоді інші ознаки визначають відповідні групи для хлопчиків. Отримаємо наступні рівняння:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= D_1 x_3^{\text{немає}} x_4^{\text{немає}} x_6^{\text{немає}} x_9^{\text{немає}} x_{12}^{\text{немає}}, \\
 S_2 &= D_1 x_3^c x_4^{\text{немає}} x_6^{\text{немає}} x_9^{\text{немає}} x_{12}^{\text{немає}}, \\
 S_3 &= D_1 x_3^c x_4^{\text{немає}} x_6^{\text{немає}} x_9^{\text{немає}} x_{12}^{\text{немає}}, \\
 S_4 &= D_1 x_3^{\text{немає}} x_4^c x_6^{\text{немає}} x_9^{\text{немає}} x_{12}^{\text{немає}}, \\
 &\dots \\
 S_{32} &= D_1 x_3^c x_4^c x_6^c x_9^c x_{12}^c.
 \end{aligned}$$

Як показує приклад з хлопчиками, визначення груп пацієнтів щодо отримання рекомендацій про розвиток серцево-судинних захворювань, потребує введення додаткових ознак класифікації. Наприклад, можна об'єднати всіх дітей, оскільки стать у даному віці не впливає на розвиток захворювання. Таким чином, первинна обробка даних медичної картки базується на вирішенні задачі ідентифікації класів рекомендацій. Відповідно до кожного класу визначаються: перелік обстежень, діагностичних процедур та превентивних заходів.

На рис. 3 представлена запропонована архітектура інформаційної системи клінічного моніторингу.

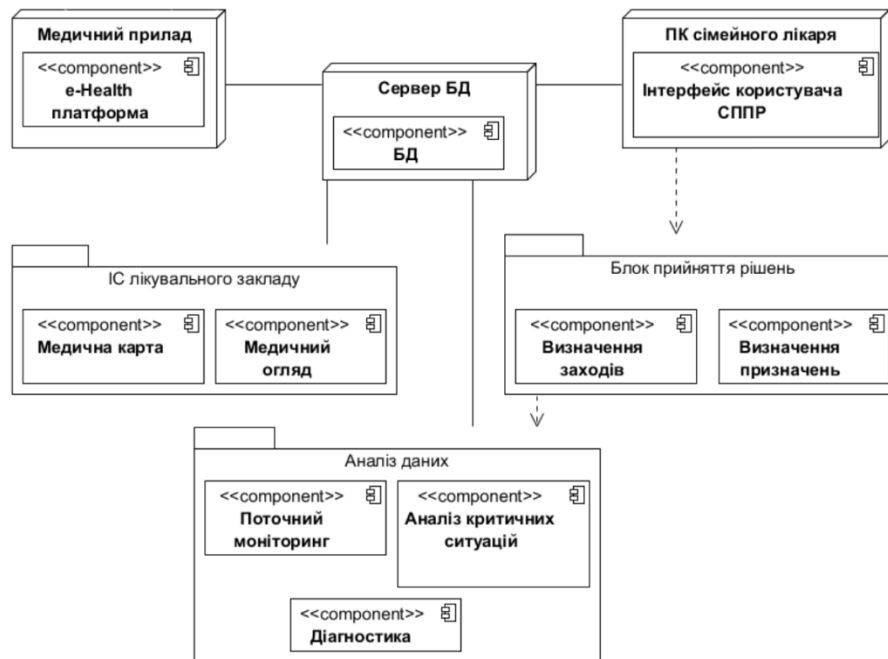


Рис. 3 – Архітектура СППР

Таким чином, підтримка прийняття медичних рішень в системі сімейного лікаря основана на створенні та використанні структурованої медичної інформації про пацієнтів, а також на механізмах обробки медичних даних задля визначення рекомендацій. Медико-діагностичні дані збираються та зберігаються в БД шляхом обробки інформації, яка зберігається в електронних медичних картках, визначається сімейним лікарем в процесі огляду, або отримується внаслідок проведення певних лабораторно-діагностичних процедур.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження отримано наступні результати:

1. Проведено аналіз існуючих інформаційних систем в медицині, зокрема в сімейній медицині, в результаті якого визначено необхідність розробки СППР для багатопрофільної медичної допомоги в системі сімейної медицини, яка дозволяє визначити рекомендації на основі інтелектуального аналізу медичних даних.

2. Досліджено особливості потоків медичних даних в системі сімейної медицини, що дозволило провести класифікацію ознак для прийняття рішень та визначити засоби їхнього збору та зберігання.

3. Розроблено модель ідентифікації медичних ознак на основі даних, що зберігаються в медичній картці пацієнта, що надає базу для формування рекомендаційних механізмів та визначення ризиків розвитку захворювань.

4. Розроблено основні моделі використання СППР, визначено цільових користувачів та запропоновано багаторівневу архітектуру, що дозволить реалізувати збір медичних даних, їх зберігання та подальшу обробку для реалізації цілей та задач багатопрофільної медичної допомоги.

**Список літератури:** 1. Попов А. Л. Системы поддержки принятия решений: Учебное пособие / А. Л. Попов. – Екатеринбург : Урал. гос. ун-т, 2008. – 80 с. 2. Decision Support Systems: Issues and Challenges / Ed. by G. Fick and R. H. Sprague. – Oxford : Pergamon Press, 1980. – 189 p. 3. Черноморов Г. А. Теория принятия решений: Учебное пособие / Г. А. Черноморов. – Новочеркасск : Рос. гос. техн. ун-т, Ред. журнала «Изв. вузов. Электромеханика», 2002. – 276 с. 4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин, А. Ф. Блишун, В. Б. Силов, В. Б. Тарасов. / Под ред. Поспелова Д. А. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с. 5. Turban E. Decision support and expert systems: management support systems / E. Turban. – Englewood Cliffs, N. J. : Prentice Hall, 1995. – 887 p. 6. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник / И. Гайдышев. – СПб. : Питер, 2001. – 752 с.

7. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 216 с. 8. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 384 с. 9. Melanie M. An introduction to genetic algorithms / M. Melanie. – London: A Bradford Book, The MIT Press, 1999. – 158 p. 10. Gallant S. Neural Network Learning and Expert Systems / S. Gallant. Cambridge, MA: The MIT Press, 1993. – 364 p. 11. Інформаційні технології в охороні здоров'я і практичній медицині / За ред. О. П. Мінцера. – К. : Вища школа, 2003. – 350 с. 12. Качмар В. О. Медичні інформаційні системи – стан розвитку в Україні / В. О. Качмар // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2010. – № 8(1). – С. 12–17. 13. Знаменська М. А. Інформатизація закладів охорони здоров'я як основа ефективних комунікацій в системі охорони здоров'я / М. А. Знаменська, Г. О. Слабкий // Медична інформатика та інженерія. – 2015. – № 2. – С. 85–88. 14. Topol E. J. Textbook of cardiovascular medicine / E. J. Topol. – Lippincott Williams & Wilkins, 2002. – 2237 p. 15. Бондаренко М. Ф. Мозгоподобные структуры: Справочное пособие. Том первый / М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко / Под ред. акад. НАН Украины И. В. Сергиенко. – К. : Наукова думка, 2011. – 460 с.

Novocherkassk: Ros. gos. tehn. un-t., Red. zhurnal "Izv. vuzov. Elektromekhanika", 2002. Print. 4. Averkin, A. N., et al. *Nechetkie mnozhestva v modelyah upravleniya i iskusstvennogo intellekta*. Moscow: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986. Print. 5. Turban, E. *Decision support and expert systems: management support systems*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995. Print. 6. Gaydyshchev, I. *Analiz i obrabotka dannyh: spetsialnyy spravochnik*. St. Petersburg: Piter, 2001. Print. 7. Kim, Dzh.-O., Ch. U. Myuller, and U. R. Klekka. *Faktornyiy, diskriminantnyiy i klasternyy analiz*. Moscow: Finansyi i statistika, 1989. Print. 8. Barsegyan, A. A., et al. *Tehnologii analiza dannyh: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP*. St. Petersburg: BHV-Peterburg, 2007. Print. 9. Melanie, M. *An introduction to genetic algorithms*. London: A Bradford Book, The MIT Press, 1999. Print. 10. Gallant, S. *Neural Network Learning and Expert Systems*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1993. Print. 11. Mintsera, O. P., ed. *Informatsiyi tehnologiyi v ohoroni zdorov'ya i praktichniy meditsini*. Kiev: Vischa shkola, 2003. Print. 12. Kachmar, V. O. "Medichni informatsiyi sistemi – stan rozvitku v Ukraini". *Ukrayinskiy zhurnal teleditsini ta medichnoyi telematiki*. No. 8.1. 2010. 12–17. Print. 13. Znamenska, M. A., and G. O. Slabkiy. "Informatizatsiya zakladiv ohoroni zdorov'ya yak osnova effektivnih komunikatsiy v sistemi ohoroni zdorov'ya". *Medichna Informatika ta Inzheneriya*. No. 2. 2015. 85–88. Print. 14. Topol, E. J. *Textbook of cardiovascular medicine*. Lippincott Williams & Wilkins, 2002. Print. 15. Bondarenko, M. F., and Yu. P. Shabanov-Kushnarenko, *Mozgopodobnyie struktury: Spravochnoe posobie. Vol.1* Kiev: Naukova dumka, 2011. Print.

**Bibliography (transliterated):** 1. Popov, A. L. *Sistemyi podderzhki prinyatiya resheniy: Uchebnoe posobie*. Ekaterinburg: Ural. gos. un-t, 2008. Print. 2. Fick, G., and R. H. Sprague, eds. *Decision Support Systems: Issues and Challenges*. Oxford: Pergamon Press, 1980. Print. 3. Chernomorov, G. A. *Teoriya prinyatiya resheniy: Uchebnoe posobie*.

Надійшло (received) 05.11.2015

**Сітнікова Оксана Олександрівна** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри обчислювальної техніки та програмування; тел.: (098) 960–89-39; e-mail: oasitnikova@mail.ua.

**Sitnikova Oksana Oleksandrivna** – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", senior lecturer at the Department of hardware and programming; tel.: (098) 960-89-39; e-mail: oasitnikova@mail.ua.

**Почебут Максим Валентинович** – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри програмної інженерії; тел.: (098) 558-63-95; e-mail: pochebut.maksim@mail.ru.

**Pochebut Maxim Valentinovich** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv National University of Radioelectronics, Associate Professor at the Department of software engineering; tel.: (098) 558-63-95; e-mail: pochebut.maksim@mail.ru.

УДК 519.2: 658.5.011

**С. В. ШЕВЧЕНКО, А. А. ЭГОЯНЦ**

## ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Предлагаются методы формирования планов производства электроэнергии с учетом задаваемой динамики изменения состояния основных производственных ресурсов энергосистемы. На основе применения разработанных математических моделей и алгоритмов управления состоянием энергоблоков энергосистемы определяются распределения объемов генерации и поставок электроэнергии, а также формируются графики работы отдельных энергоблоков, обеспечивающих производство электроэнергии в соответствии с требуемыми объемами потребления. Результаты работы могут быть использованы в составе задач функциональной структуры подсистемы диспетчерского управления энергосистемой.

**Ключевые слова:** электроэнергия, энергосистема, изменение состояний, критерий, модель, оптимизация, алгоритм, анализ.

**Введение.** Переход к рыночным отношениям в сфере производства, поставок, транспортировки и потребления электроэнергии приводит к необходимости рассмотреть ряд новых задач в управлении, решение которых позволит создать условия для повышения эффективности в электроэнергетике. Это задачи формирования процедур управления рыночными механизмами регулирования соотношений спроса и пред-

ложений, задачи совершенствования решения задач диспетчерского управления, задачи перспективного планирования и др. Подобные вопросы рассматривались в работах [1–4]. Однако задачи формирования целостной стратегии организации эффективного управления в электроэнергетике рассмотрены не полностью. Работа посвящена совершенствованию управления на базовом уровне – на уровне управления