

### ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ СТРАТЕГІЙ ЛІКУВАННЯ ВІРУСНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

*Останнім часом збільшилось значення інформаційного забезпечення медичних технологій. Широко використовуються сучасні інформаційні технології, розробка та застосування інформаційних технологій є однією з актуальних задач. Більшість персональних комп'ютерів використовуються лише для обробки текстової документації, зберігання та обробки баз даних, ведення статистики, фінансової звітності. Стаття присвячена проблемам вибору оптимальної стратегії лікування вірусних захворювань, що на сьогодні є досить гострим та актуальним питанням. Метою даного дослідження є створення інформаційної системи на основі архітектури клінічно-діагностичної системи підтримки прийняття рішень (СППР), що використовує базу знань, для допомоги лікарю в його особистому процесі прийняття рішень. Розроблений програмний продукт буде складатися з декількох модулів з характерними функціями: категоризування параметрів та показників за вихідними даними пацієнтів та поділ вибірки відповідного категорій параметрів, вибір аналізу й відображення результатів. Дана система опрацьовує дані та відображає результати у вигляді графіків, що показують динаміку зміни температури пацієнтів із прогнозом.*

*Система надаватиме інформацію для користувача, а не точну «відповідь», що і було метою їх розробки. Користувач повинен аналізувати цю інформацію і відмовлятися від помилкової або непотрібної інформації. Він повинен бути активним і взаємодіяти з системою, а не просто пасивним отримувачем інформації. Взаємодія користувача з системою відіграє важливу роль у виборі способу використання СППР. Моделювання показників здоров'я базується на основі математичного апарату ланцюгів Маркова. Ця методика дозволяє за початковими даними обчислювати набори безумовних імовірностей та здійснювати імовірнісний прогноз стану здоров'я окремої людини або груп населення на майбутні періоди життя.*

*Ключові слова: вірусне захворювання, система підтримки прийняття рішень, стратегія лікування, ланцюги Маркова.*

**Вступ.** Сучасна медицина все частіше застосовує діагностичні методи, які дозволяють отримати оцінку стану організму на початкових та ранніх стадіях захворювання. Вчасно виявлені зміни в організмі людини здатні запобігти виникненню тяжких наслідків хвороби. Особливо актуально це питання виникає в сучасному просторі, коли захворюваність виходить на рівень пандемії. Коронавірусна інфекція Covid-19 має великий вплив на всі сфери життя людей по всьому світу. Це підтверджується широким спектром різних медичним, соціальних та економічних впливів, що напряду чи опосередковано викликані розповсюдженням вірусу.

Останнім часом збільшилась роль комп'ютеризації в технологіях медицини. Широко використовуються сучасні інформаційні технології, розробка та застосування інформаційних технологій є важливим завданням [1-3]. Більшість персональних комп'ютерів використовуються переважно для обробки документів у вигляді тексту, роботою з базою даних та їх зберігання, статистична та фінансова звітність.

Більшість лікувально-діагностичних технологій майже не використовують можливості сучасних комп'ютерів. До них варто віднести діагностику, ведення протоколу лікування, ймовірність протікання хвороби тим чи іншим чином та анамнез.

Технологічні можливості сучасності в змозі досягти нового якісного рівня представлення протікання хвороби, тобто використання ефективних математичних моделей

дозволяє просторово змодельовати розвиток протікання захворювання при конкретному випадку. Медичні інформаційні технології сучасності іноді перевищують можливості людського розуму. Для лікаря експертні системи в медицині – це не лише спосіб перевірки особистих діагностичних припущень, але й можливість комп'ютерної консультації при неординарних діагностичних випадках [4-6].

Сьогодні існують різні системи, які потенційно можуть підтримувати прийняття клінічних та діагностичних рішень. Система підтримки прийняття рішень (СППР) є частиною медичних інформаційних систем, але вони передбачають ретроспективний аналіз фінансових та адміністративних даних. Хоча такі ретроспективні підходи можуть бути використані для розробки керівних настанов або алгоритмів прийняття рішень, які зазвичай не вважаються клініко-діагностичними СППР.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання застосування інформаційних технологій в медицині є досить актуальним. Цій тематиці було присвячено ряд робіт сучасних зарубіжних та вітчизняних вчених. Серед них зокрема варто виділити роботи Воробйова К.П., Жарко В.І., Цибіна А.К., Малахової І.В., Соловійова С.О., Дзюблик І.В., які присвячені питанням інформатизації медичної галузі.

G. Santori et al. [7] в трансплантології використовують технології нейромережі для прогнозування вмісту креатиніну в крові дитячого організму після ниркової трансплантації. Для того, щоб провести кореляційний аналіз вхідних та результуючих показників у пацієнтів, була побудована штучна нейромережа на основі 107 прикладах клінічних досліджень. Як результат, точності нейронної мережі початкової, каліброваної та результуючих вибірок збільшилась у відсотковому відношенні.

A.T. Tzallas et al. [8] використали нейромережу для ймовірності повторюваності приступів епілепсії, що гуртувались на аналізі електроенцефалограми. Спостерігалась висока прогнозна точність методу.

Sathish P., Elango N. M. [9] в медичній радіології використовували нейромережу для класифікаційних МРТ зображень для автоматизації пошуку прояву склерозу. Інтелектуальна нейрона мережа ИНС ґрунтувалась на 144 зображеннях і дозволяла проводити класифікацію тканин головного мозку на наявність відповідних змін.

Одна з перших діагностичних експертних систем MYCIN призначена для роботи в галузі діагностики і лікування зараження крові і медичних інфекцій. На підставі симптомів система видає декілька діагнозів із зазначенням відповідних коефіцієнтів визначеності і пропонує курс лікування виявленої інфекції. База знань MYCIN містить близько 500 правил, розроблених за допомогою групи з інфекційних захворювань Стенфордського університету.

На основі обчислених коефіцієнтів визначеності для кожного діагнозу користувачеві пред'являється список можливих результатів [10].

Існуючі системи мають обмежені можливості аналізу, оскільки база знань у них застосовується лише для ретроспективного аналізу. Якщо прогнозувати процес лікування при заданих параметрах пацієнта та препаратів, то доцільно використовувати для цього дані з бази знань СППР, оскільки такі бази зазвичай містять достатній об'єм інформації для аналізу.

Дана система має можливість ширшого застосування, ніж аналоги, так як здатна роботи прогноз за заданими параметрами та виконувати додатковий аналіз. У можливості системи також входить розрахунок похибок аналізу і здатність швидко оброблювати великі обсяги даних.

Методологічною базою розробленої інформаційної системи є метод фармакоекономічного аналізу, який враховує так звану вартість захворювання – витрати на лікування вірусних захворювань: прямі та непрямі витрати на лікування, побічні витрати, що пов'язані з лікуванням пацієнтів, нематеріальні витрати [11]. Інформація про вартість медичних діагностичних і терапевтичних процедур може бути взята із відкритих джерел провідних лікувально-профілактичних закладів. Разом із тим, на вартість має впливати початковий стан пацієнта та наявність супутніх захворювань, що може мати суттєвий вплив на перебіг захворювання [11–13].

**Метою даного дослідження** є створення інформаційної системи, основою якої є архітектура клінічно-діагностичної СППР, що використовує базу знань, для допомоги лікарю в його особистому процесі прийняття рішень.

**Основна частина.** Розроблений програмний продукт складається з декількох модулів з характерними функціями:

- категорювання параметрів та показників за вихідними даними пацієнтів та поділ вибірки відповідного категорій параметрів;

- вибір аналізу:

- аналіз динаміки одужання (проведення аналізу динаміки одужання для кожної вибірки, визначення значущості параметрів);
- аналіз частоти показника клінічного стану (визначення частоти показника в кожній вибірці, визначення похибки);
- аналіз динаміки показника клінічного стану (визначення порядку зміни показників, горизонту моделювання та часових інтервалів, визначення матриць переходів, прогнозування показника клінічного стану);

- відображення результатів.

Після відкриття файлу з базою знань користувач має обробити дані. Він виділяє у ньому сегменти даних пацієнта, даних керування, динаміки та часу. Даний вибір не є обов'язковим, оскільки користувач може відкривати файл для вирішення як окремої задачі, так і всього комплексу. Реалізований інтерфейс дозволяє користувачу працювати із таблицею та передавати відформатовані дані до відповідного модулю логіки. Далі потрібно проаналізувати всі стовпці, виділені користувачем, і зберегти всі варіанти для кожного з параметрів, після чого утворюємо всі можливі комбінації заголовків підвибірок. Для безпосереднього утворення заголовків була розроблена рекурсивна функція, що повертає список всіх можливих заголовків на основі переданого їй списку варіантів параметрів. На наступному етапі програма досліджує всі рядки бази знань та знаходить відповідний заголовок у списку. Індекс заголовка є одночасно і індексом відповідної підвибірки, тому за цим індексом дані з рядку додаються до даних підвибірки. Внаслідок проходження по всіх рядках дані бази знань розділяються на підвибірки.

**Оптимальна стратегія лікування.** Для правильного лікування хвороби в пацієнта потрібно обрати оптимальну схему терапії, яка буде спрямована проти механізмів розвитку, етіологічного чинника або симптомів захворювання для пацієнта з певним вірусним захворюванням. Такий вибір залежить від витрат на лікування  $C_n$  для здорового пацієнта та  $C_v$  для хворого пацієнта відповідно до наявності у нього вірусного захворювання. Також використовується апріорна ймовірність вірусного захворювання або критичний рівень поширеності вірусного захворювання, які допомагають обрати оптимальну схему терапії.

Розглянемо дві схеми терапії (рис. 1) [11]:

- основна – очікувані витрати розраховуються за формулою:

$$EC^A(p) = pC_v^A + (1-p)C_n^A, \quad (1)$$

- альтернативна – очікувані витрати розраховуються за формулою:

$$EC^B(p) = pC_v^B + (1-p)C_n^B. \quad (2)$$

Формули (1) і (2) розраховуються як сума витрат для випадків, коли присутнє чи відсутнє захворювання, а також враховується ймовірність його виникнення.

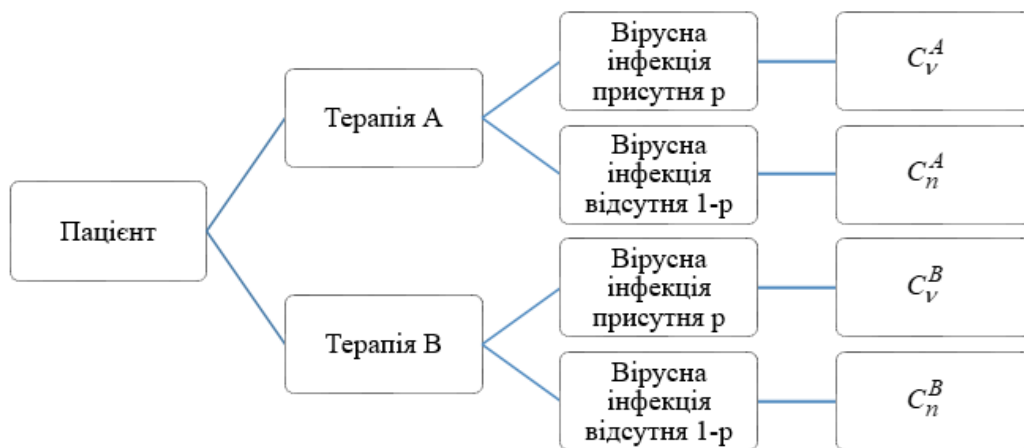


Рисунок 1 – Дерево прийняття рішень при обранні оптимальної стратегії лікування

Очікувані витрати також залежать від показника  $p$  поширеності (рис. 2): пряма  $EC^A(p)$  характеризує очікувані витрати при виборі основної схеми терапії, а  $EC^B(p)$  – при альтернативній схемі. В результаті, обирається схема, яка дає мінімальні значення очікування витрат [11].

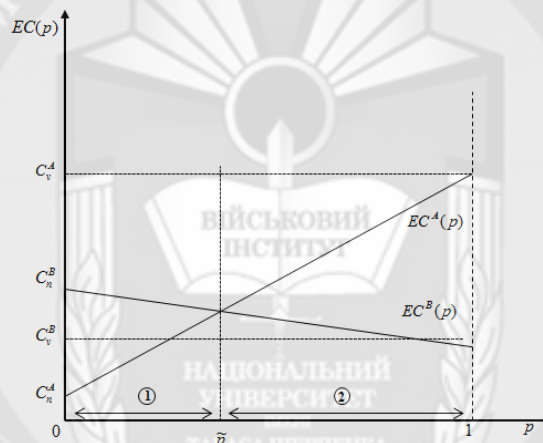


Рисунок 2 – Критичний рівень поширеності вірусного захворювання як критерій прийняття рішень: 1) домінування схеми А; 2) домінування схеми В

Якщо в пацієнта вірусна інфекція відсутня, тобто  $p=0$ , то оптимальною буде симптоматична терапія, для якої витрати на лікування будуть дорівнювати витратам на здорового пацієнта –  $EC(p=0) = C_n^B$ . Якщо ж в пацієнта вірусна інфекція присутня, тобто  $p=1$ , то альтернативна схема терапії буде завжди актуальною, і витрати на лікування будуть дорівнювати витратам на хворого пацієнта, який отримав етіотропну терапію –  $EC(p=1) = C_v^B$ . Показник  $p$  називається критичним рівнем поширеності та є проміжним значенням для обох схем, за якого вони дають однаковий результат.

Обчислимо різницю між очікуваними витратами при виборі обох схем:

$$EC^A(p) - EC^B(p) = p[C_v^A - C_v^B] + (1-p)[C_n^A - C_n^B]. \quad (3)$$

4 Позначимо як  $G$  зміну витрат на хворого пацієнта із вірусним захворюванням при виборі певної терапії і як  $L$  – зміну витрат на пацієнта без вірусної інфекції:

$$G \equiv C_v^A - C_v^B, \quad (4)$$

$$L \equiv C_n^A - C_n^B. \quad (5)$$

Підставимо вирази (4) і (5) у формулу (3) і отримаємо відношення вигравів та витрат від прийняття рішення про вибір схеми терапії:

$$EC^B(p) - EC^A(p) = pG + (1-p)L. \quad (6)$$

У випадку обрання лікарем альтернативної схеми терапії у виграві буде той пацієнт, який захворів вірусною інфекцією, на відміну від пацієнта, у якого ця хвороба не була виявлена, але на діагностування були затрачені великі кошти. Якщо лікар не включає до схеми лікування етіотропний препарат, то пацієнт без вірусної інфекції буде у виграшному становищі.

Показник критичного рівня поширеності у випадку вибору терапевтичної схеми призводить до однакових очікуваних витрат, тому з формули (6) отримуємо рівняння:

$$pG = -(1-p)L. \quad (7)$$

Розв'язком рівняння (7) є показник  $p$ :

$$p = \frac{-L}{G-L} = \frac{1}{1-\frac{G}{L}}. \quad (8)$$

Якщо  $0 \leq p \leq 1$ , то

$$0 \leq \frac{1}{1-\frac{G}{L}} \leq 1. \quad (9)$$

Критичний рівень поширеності існує за умови, що  $G \geq 0$  та  $L < 0$ , інакше при будь-якому рівні поширеності інфекції домінує одна схема терапії.

Якщо значення рівня поширеності нижчі критичного, то очікувані витрати від вибору схеми лікування є меншими, ніж при виборі альтернативної, в діапазоні  $0 \leq p < p$ . Якщо ж збільшується апіорна ймовірність вірусної інфекції, то очікувані витрати при виборі альтернативної схеми зменшуються, а при виборі основної схеми – зменшуються. Для значень рівня поширеності вище за критичного, очікувані витрати при альтернативній схемі є меншими, ніж при основній схемі, яка є домінуючою в межах  $p \leq p \leq 1$ .

Оскільки лікар приймає рішення про схему лікування за умов діагностичної невизначеності, тобто при невизначеному стані здоров'я пацієнта, то неправильний вибір схеми терапії може призвести до надлишкового лікування пацієнта, якщо він не хворий, або недостатнього лікування, якщо пацієнт має вірусну інфекцію. Тому діагностичний тест є недосконалим у більшості випадків. Він лише може точно відділити пацієнтів із вірусною інфекцією від інших, що мають схожі симптоми.

Чутливість  $Se$  та специфічність  $Sp$  таких тестів є завжди меншими за одиницю та визначається в залежності від результату тесту і відповідного вибору схеми терапії. Із ймовірністю  $Se$  тест правильно визначає пацієнтів з вірусною інфекцією – дійснопозитивний результат діагностики; із ймовірністю  $Sp$  правильно визначає пацієнтів без вірусної інфекції – дійснонегативний результат діагностики (табл. 1).

Таблиця 1

Визначення діагностичного стану пацієнта та пов'язані з ним витрати

Результат діагностики	Витрати
Дійснопозитивний результат	$C_v^B + C_t$
Хибнопозитивний результат	$C_n^B + C_t$
Дійснонегативний результат	$C_n^A + C_t$
Хибнонегативний результат	$C_v^A + C_t$

Дерево альтернатив (рис.1) може бути розширене за рахунок включення варіанту попередньої діагностики (рис.3).

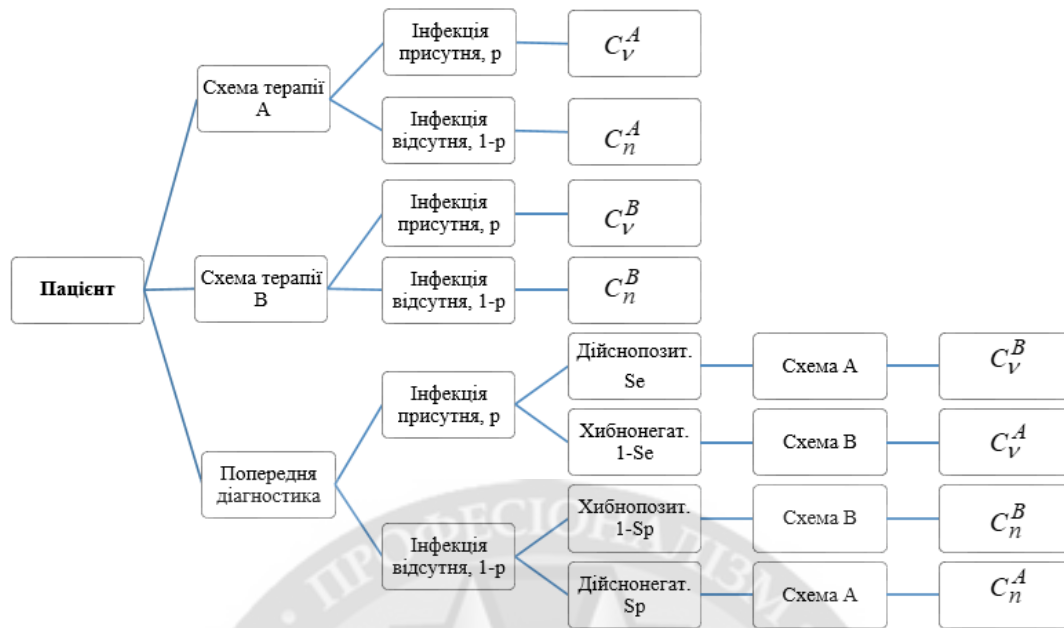


Рисунок 3 – Дерево рішень зі стратегією попередньої діагностики з використанням недосконалого тесту

Якщо підвищується точність діагностичного тесту через збільшення чутливості або специфічності, то тоді збільшується і діапазон поширеності, при якому попередня діагностика є раціональною. При критичному значенні поширеності  $p$  очікувані витрати різних стратегій попередньої діагностики є мінімальними. При дуже низьких та дуже високих рівнях поширеності інформаційна значущість є від'ємною, а тому попередня діагностика є недоцільною у таких випадках. Таким чином, незважаючи на поширену думку, діагностика не завжди призводить до оптимального результату.

**Прогнозування параметрів динаміки.** Для прогнозування параметрів динаміки одужання пацієнта обрана модель, яка заснована на ланцюгах Маркова [17] з дискретним часом. Ланцюг Маркова — послідовність випадкових подій з кінцевим або розрахунковим числом результатів, що характеризується тим, що при фіксованому сьогоднішньому майбутнє не залежить від минулого.

Нехай  $I$  – деяка скінченна чи зліченна множина, елементи якої називаються станами. Нехай деякий процес в момент часу  $n$  (де  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ) може перебувати в одному із цих станів, а в час  $n + 1$  може перейти в деякий інший стан або залишитися в тому ж самому. Кожен такий перехід називається кроком. Кожен крок не є точно визначеним. З певними ймовірностями процес може перейти в один з кількох станів або навіть в усі стани. Якщо ймовірності переходу залежать лише від часу  $n$  і стану, в якому перебуває процес в цей час, і не залежать від станів, в яких процес перебував у моменти  $0, 1, 2, \dots, n - 1$ , то такий процес називається дискретним ланцюгом Маркова. Ланцюг повністю задається визначеними ймовірностями перебування процесу в стані в час  $n = 0$  і ймовірностями переходу зі стану в стан в час  $n$ .

У нашому випадку концепція моделі Маркова передбачає, що в розвитку будь-якого захворювання можна виділити окремі взаємовиключні стадії (марковські стани), які будуть в повній мірі відображати стан здоров'я хворих, і, знаючи ймовірності переходу між стадіями, можливо проаналізувати витрати і ефективність застосування різних технологій охорони здоров'я в заданому проміжку часу (горизонти дослідження).



Горизонт дослідження поділяється на окремі рівні періоди — марковські цикли. При настанні кожного нового циклу здійснюється перехід модельованої групи хворих між станами. Переміщення по ланцюгу марковських станів відбувається через ряд проміжних станів і завершується кінцевим (абсорбуючим) станом, в якому рано чи пізно залишиться вся модельована група хворих. Напрямок переходу визначається виходячи з особливостей конкретного захворювання. Модель дозволяє враховувати прогрес та регрес захворювання, розвиток ремісії і смерть.

Ймовірності переходу є ключовим елементом моделі, тому що визначають розподіл групи хворих по станах у кожен момент часу протягом заданого горизонту дослідження. Використовувані ймовірності переходу повинні відповідати ймовірності настання події в проміжок часу, рівний тривалості марковського циклу. Важливо відзначити, що у моделі немає «пам'яті»: ймовірності переходу між марковськими станами визначаються тільки виходячи з поточного стану хворого, тобто не враховується історія попередніх переміщень. Однак, самі ймовірності переходу між станами можуть бути динамічними і змінюватися від циклу до циклу, що ускладнює модель, але може бути важливо при моделюванні окремих випадків захворювання, тому що дозволяє враховувати зміну ймовірності події із часом. Знаходження в кожному із марковських станів (стадій захворювання) пов'язано з певними витратами, що дозволяє за рахунок обліку числа переходів і тривалості перебування розрахувати витрати як для модельованої групи хворих, так і для одного усередненого представника цієї групи.

**Випробовування аналізу динаміки показника клінічного стану.** Розроблена система була протестована різними базами знань.

Першою була протестована база знань, що містить дані про захворюваність на Covid-19 різних вікових груп. Утворено декілька вибірок на основі даних про вік та супутні захворювання пацієнтів. У результаті аналізу було виявлено, що найбільш схильна до появи супутніх захворювань є група пацієнтів віком від 18 до 30 років. База містить дані про динаміку температури лише протягом двох тижнів. Тому було проведено прогноз динаміки захворювання на 30 днів для цієї вікової групи (рис.4).

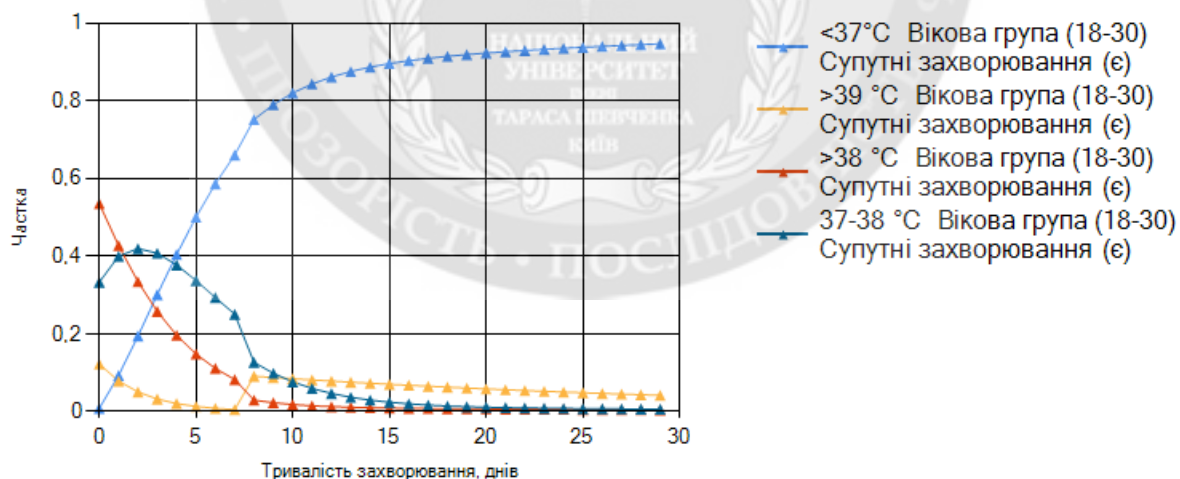


Рисунок 4 – Прогнозування параметрів динаміки на основі реальних даних

Другою була протестована база знань, отримана в результаті прогнозу на основі ланцюгів Маркова. Отримані результати показують, що критичним є сьомий-восьмий дні терапії. На рис. 5 видно різкі зміни у частках груп пацієнтів із високою (39° і вище) температурою.

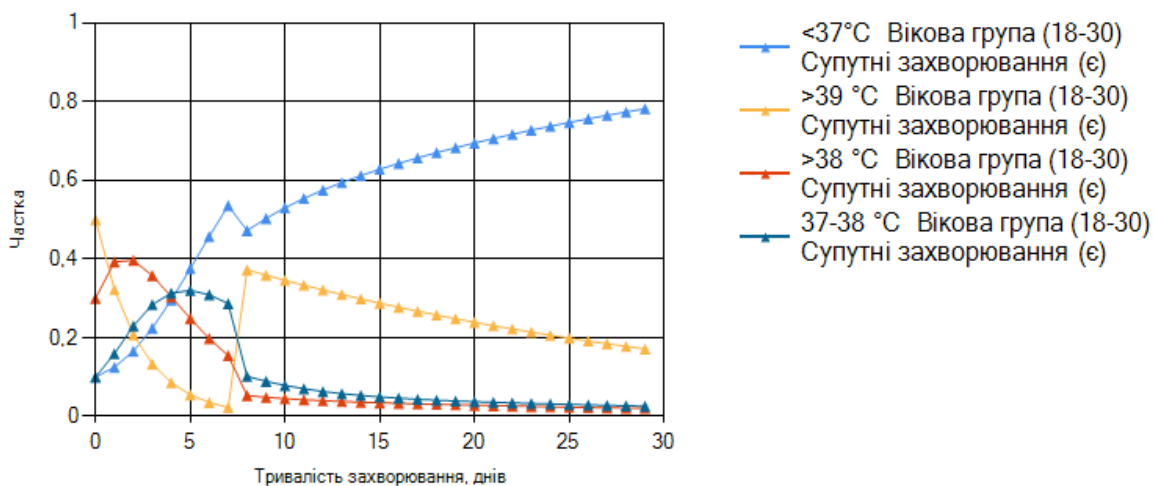


Рисунок 5 – Прогнозування параметрів динаміки на основі ланцюгів Маркова

Також користувач може самостійно ввести частки варіантів для різних показників температури, утворивши таким чином власну вибірку, для якої буде виконуватись прогноз та проводити аналіз різних ситуацій.

Отже, дана система опрацьовує дані та відображає результати у вигляді графіків, що показують динаміку зміни температури пацієнтів із прогнозом (в тому числі для груп пацієнтів, заданих користувачем). Система отримує дані у вигляді таблиці у форматі Microsoft Excel, оскільки така форма є зручною і наочною для оператора програми.

**Висновки.** Для реалізації системи було обрано принцип архітектури система підтримки прийняття рішень, яка заснована на знаннях. Результати роботи відображаються у вигляді графіків, а також можуть бути збережені в окремих Excel-файлах. Моделювання показників здоров'я базується на основі ланцюгів Маркова, які дозволять нам за початковими даними здійснювати ймовірнісне прогнозування стану здоров'я окремої людини або групи населення на майбутнє.

Система має ширше застосування, ніж існуючі аналоги, оскільки може обирати оптимальну схему терапії на основі СППР та робити прогнози тривалості захворювання пацієнтів на тривалий період часу. Зокрема, система має можливість проведення порівняння похибок виконаного аналізу та досить швидко оброблювати великі обсяги даних.

Система стане в нагоді лікарям у прийнятті правильного рішення при виборі оптимальної схеми лікування вірусних захворювань.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Жарко В.И., Цыбин А.К., Малахова И.В. и др. Вопросы организации и информатизации здравоохранения. 2006. Вып. 4. С. 3–7.
2. Krumholz H. M. Big data and new knowledge in medicine: the thinking, training, and tools needed for a learning health system. *Health Affairs*. 2014. Vol. 33, No. 7. Pp. 1163–1170.
3. Hueso M., Vellido A., Montero N., et al. Artificial intelligence for the artificial kidney: pointers to the future of a personalized hemodialysis therapy. *Kidney Diseases*. 2018. Vol. 4, No. 1. Pp.1–9.
4. Johnson K. W., Torres Soto J., Glicksberg B. S., et al. Artificial intelligence in cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018. Vol.71, No. 23. Pp. 2668–2679.
5. Topol E. J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*. 2019. Vol. 25, No. 1. Pp. 44–56.
6. Niel O., Bastard P. Artificial intelligence in nephrology: core concepts, clinical applications, and perspectives. *American Journal of Kidney Diseases*. 2019. Vol. 74, No.6. Pp. 803–810.
7. Santori G., Fontana I., Valente U. Application of an Artificial Neural Network Model to Predict Delayed Decrease of Serum Creatinine in Pediatric Patients After Kidney Transplantation. *Transplantation Proceedings*. 2007. Vol. 39, N 6. Pp. 1813–1819.



8. Tzallas A.T., Tsipouras M.G., Fotiadis D.I. et al. Automatic Seizure Detection Based on Time-Frequency Analysis and Artificial Neural Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2007. Vol. 2007. Pp. 1–13.
9. Sathish P., Elango N. M. Exponential cuckoo search algorithm to Radial Basis Neural Network for automatic classification in MRI images. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*. 2019, Vol. 7, No. 3. Pp. 273–285.
10. Любченко К.М. Експертні системи в практичній медицині. *Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка*. 2009. Вип. 51. С.22.
11. Соловійов С.О., Дзюблик І.В., Заліська О.М., Сахно Г.О. Аналітичне обґрунтування включення противірусного препарату в схему лікування пацієнтів з підозрою на гостре вірусне захворювання. *Annals of Mechnikov Institute*, № 4, 2016. С. 18–26.
12. Dzyublik I.V., Yurchenko A.V., Stepchenkova T.V. Analysis of lethal causes of among HIV-infected patients of the Kiev City AIDS Center in 2013. *Preventive medicine*. 2014. № 3-4. Pp. 48–49.
13. Soloviov S.O., Dzyublik I.V. Some approaches to the modeling of recurrent cases of rotavirus infection among children in Ukraine. *Proceedings of Shupryk NMAPE staff*. 2013. № 22(4). Pp. 506–515.
14. Перова И.Г. Адаптивная обработка данных медико-биологических исследований методами вычислительного интеллекта. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2014. Вып. 67. С. 24–28.
15. Марценюк В. П., Стаханська О. О. Про клінічну систему, що ґрунтується на правилах, на основі технології DataMining. *Медична інформатика та інженерія*. 2014. № 1. С. 24–27.
16. Семенець А. В., Марценюк В. П. Розробка платформи системи підтримки прийняття рішення для медичної інформаційної системи з відкритим кодом OPENEMR. *Медична інформатика та інженерія*. 2015. № 3. С. 22–40.
17. Вагіс О.А. Дослідження показників здоров'я на основі ланцюгів Маркова. *Комп'ютерна математика*. 2017. № 2. С. 78–84.

#### REFERENCES:

1. Zharko V.I., Tsybin A.K., Malakhova I.V. i dr. (2006) "Voprosy organizatsii i informatizatsii zdavookhraneniya" [Issues of organization and informatization of health care]. Vol. 4. Pp. 3–7.
2. Krumholz H. M. (2014) "Big data and new knowledge in medicine: the thinking, training, and tools needed for a learning health system" *Health Affairs*. Vol. 33, No. 7. Pp. 1163–1170.
3. Hueso M., Vellido A., Montero N., et al. (2018) "Artificial intelligence for the artificial kidney: pointers to the future of a personalized hemodialysis therapy" *Kidney Diseases*. Vol. 4, No. 1. Pp.1–9.
4. Johnson K. W., Torres Soto J., Glicksberg B. S., et al. (2018) "Artificial intelligence in cardiology" *Journal of the American College of Cardiology*. Vol.71, No. 23. Pp. 2668–2679.
5. Topol E. J. (2019) "High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence" *Nature Medicine*. Vol. 25, No. 1. Pp. 44–56.
6. Niel O., Bastard P. (2019) "Artificial intelligence in nephrology: core concepts, clinical applications, and perspectives" *American Journal of Kidney Diseases*. Vol. 74, No.6. Pp. 803–810.
7. Santori G., Fontana I., Valente U. (2007) "Application of an Artificial Neural Network Model to Predict Delayed Decrease of Serum Creatinine in Pediatric Patients After Kidney Transplantation" *Transplantation Proceedings*. Vol. 39, N 6. Pp. 1813–1819.
8. Tzallas A.T., Tsipouras M.G., Fotiadis D.I. et al. (2007) "Automatic Seizure Detection Based on Time-Frequency Analysis and Artificial Neural Networks" *Computational Intelligence and Neuroscience*. Vol. 2007. Pp. 1–13.
9. Sathish P., Elango N. M. (2019) "Exponential cuckoo search algorithm to Radial Basis Neural Network for automatic classification in MRI images" *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*. Vol. 7, No. 3. Pp. 273–285.
10. Liubchenko K.M. (2009) "Ekspertni systemy v praktychnii medytsyni. Visnyk NTUU «KPI»" [Expert systems in practical medicine. Bulletin of NTUU "KPI"] *Informatics, management and computer engineering*. No. 51. P. 22.
11. Soloviov S. O., Dzyublyk I.V., Zaliska O.M., Sakhno A. O. (2016) "Analitichne obgruntuvannya vkluchennia protyvirusnogo preparatu v skhemu likuvannya patsientiv z pidozroiu na hostre virusne zakhvoriuvannya" [Analytical Justification of Including the Antiviral Drug into Treatment Scheme for Patients with Suspected Viral Disease]. *Annals of Mechnikov Institute*, No. 4. 2016. Pp. 18–26.

12. Dzyublik I.V., Yurchenko A.V., Stephenkova T.V. (2014) "Analysis of lethal causes of among HIV-infected patients of the Kiev City AIDS Center in 2013". Preventive medicine. № 3-4. Pp. 48–49.
13. Soloviov S.O., Dzyublik I.V. (2013) "Some approaches to the modeling of recurrent cases of rotavirus infection among children in Ukraine". Proceedings of Shupyk NMAPE staff. № 22(4). Pp. 506–515.
14. Perova I.G. (2014) "Adaptivnaya obrabotka dannykh mediko-biologicheskikh issledovaniy metodami vychislitel'nogo intellekta" [Adaptive data processing of biomedical research using computational intelligence methods] Eastern European Journal of Advanced Technologies. No. 67. P. 24–28.
15. Martseniuk V. P., Stakhanska O. O. (2014) "Pro klinichnu systemu, shcho gruntuietsia na pravylakh, na osnovi tekhnolohii DataMining" [About a rule-based clinical system based on DataMining technology] Medical informatics and engineering. No. 1. Pp. 24–27.
16. Semenets A. V., Martseniuk V. P. (2015) "Rozrobka platformy systemy pidtrymky pryiniattia rishennia dlia medychnoi informatsiinoi systemy z vidkrytym kodom OPENEMR" [Development of a decision support system platform for the OPENEMR open source medical information system] Medical informatics and engineering. No. 3. Pp. 22–40.
17. Vahis O.A. (2017) "Doslidzhennia pokaznykiv zdorovia na osnovi lantsiuhiv Markova" [A study of health indicators based on Markov chains] Computer Mathematics. No. 2. Pp. 78–84.

**Doctor of Technical Science, Professor Barabash O.V.,  
Ph.D. Svyunchuk O.V., Bandurka O.I., PhD Open'ko P.V.  
INFORMATION SYSTEM FOR SELECTION OF OPTIMAL STRATEGIES FOR  
TREATMENT OF VIRAL DISEASES**

*Recently, the importance of information support of medical technologies has increased. Widely used modern information technology, development and application of information technology is one of the urgent tasks. Most personal computers are used only for processing text documents, storing and processing databases, statistics, financial reporting. The article is devoted to the problems of choosing the optimal strategies for the treatment of viral diseases, which is quite an acute and urgent issue today. The aim of this study is to create an information system based on the architecture of a clinical diagnostic decision support system (DSS) that uses a knowledge base to assist the physician in his personal decision-making process.*

*The developed software product will consist of several modules with characteristic functions: categorization of parameters and indicators according to the initial data of patients and division of the sample of the corresponding categories of parameters, selection of analysis and display of results. This system processes data and displays the results in the form of graphs showing the dynamics of changes in temperature of patients with prognosis.*

*The system will provide information to the user, not the exact "answer", which was the purpose of their development. The user must analyze this information and discard erroneous or unnecessary information. He must be active and interact with the system, not just a passive recipient of information. User interaction with the system plays an important role in choosing how to use DSS. Modeling of health indicators is based on the mathematical apparatus of Markov chains. This technique allows you to calculate the sets of unconditional probabilities from the initial data and to make a probabilistic forecast of the health status of an individual or groups of the population for future periods of life.*

*Key words: viral disease, decision support system, treatment strategy, Markov chains.*