

О.В. Мойсеєнко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦІНКИ СТАНУ ІНТОКСИКАЦІЇ ОРГАНІЗМУ НА ОСНОВІ МЕРЕЖІ БАЙЄСА

В роботі проведений короткий аналіз підходів до створення медичних інформаційних систем оцінки стану організму. Запропоновано інструментальний метод та інформаційна система діагностики і моніторингу стану інтоксикації організму іонами HS^- або Fe^{2+} на основі мережі Байєса. Аналіз моделі дозволяє зробити висновок про однотипність причин HS^- і Fe^{2+} – інтоксикації організму, які є наслідком рівня водневого показника. Порівняння результатів роботи мережі з даними, отриманими іншим методом показали їх збіжність у 85% випадків.

Ключові слова: інтоксикація, інформаційна система, мережа Байєса.

Постановка проблеми

На даний момент відсутній єдиний погляд на те, яким чином і за допомогою яких програмних засобів повинні розроблятися інформаційні системи для вирішення завдань охорони здоров'я. Існує досить великий вибір як мов програмування, призначених для розроблення баз медичних знань, а також їх інтерфейсів, так і спеціалізованих середовищ для графічного проектування баз знань. Крім того, є різні моделі подання знань.

Сучасні технічні можливості дозволяють вийти на якісно новий рівень представлення перебігу хвороби, а саме візуально на основі математичних закономірностей, просторово змодельовати типовий розвиток патологічного процесу при конкретному захворюванні. При цьому інформаційні навантаження на лікарів постійно зростають. Постає необхідність або нехтувати повною аналізу інформації, або ширше використовувати різні методи підтримки прийняття рішень. Інформаційні комп'ютерні медичні системи дозволяють не тільки перевірити діагностичні висновки, але й звернутись до машини за консультацією у важких діагностичних випадках.

Область дослідження інформаційних експертних систем називають «інженерією знань». Цей термін було введено Е.Фейгенбаумом, і в його трактуванні він означає «привнесення принципів і засобів з галузі штучного інтелекту у розв'язок важких прикладних задач, що потребують знань експертів». Іншими словами, такі системи застосовуються для розв'язку неформалізованих проблем, таких, які володіють одною або декількома з наступних характеристик:

- задачі не можуть бути представлені у числовій формі;
- початкові дані і знання предметної області

володіють неоднозначністю, неточністю, суперечливістю;

- цілі не можна виразити за допомогою чітко визначеної цільової функції;
- не існує однозначного алгоритмічного розв'язку задачі.

Всі вище перераховані характеристики стосуються медичної галузі, так як у більшості випадків вони представлені великим об'ємом багатомірних, взаємозалежних, а іноді суперчливих даних.

Інформаційні системи дозволяють розв'язувати задачі діагностування, диференціальної діагностики, прогнозування, обрання стратегії, тактики лікування тощо.

Синдром ендогенної інтоксикації (СЕІ) розглядається як неспецифічний за більшістю клінічних, біохімічних та імунологічних проявів процес, що обумовлений невідповідністю між утворенням та екскрецією як продуктів нормального обміну, так і речовин патологічного метаболізму [1]. За своєю суттю він є закономірним наслідком порушень мікроциркуляції, газообміну, процесів перекисного окиснення ліпідів, які призводять до накопичення в тканинах і біологічних рідинах продуктів девіантного обміну, тканинної деструкції і клітинних стресових медіаторів.

Інтоксикаційний синдром – основний патологічний синдром, що зустрічається практично при всіх захворюваннях і є неспецифічною відповіддю організму на наявність патологічного процесу. При цьому, незважаючи на неспецифічність інтоксикаційного синдрому при різних патологічних процесах, різноманітність клінічних ситуацій, а саме наявність супутньої патології, обумовлює патогенез і клінічну картину основного захворювання, надає інтоксикаційному синдрому індивідуальних специфічних рис.

У літературі описані клінічні прояви та

особливості СЕІ при різних критичних і тяжких станах: ускладненій хірургічній патології, септицемії, опіках, уремії, множинній травмі. В останні роки з'явилась тенденція до універсалізації цього синдрому.

СЕІ виявлений також при захворюваннях, при яких він не загрожує життю пацієнта, але значно погіршує якість його життя та прогноз: при неускладненому інфаркті міокарда та ішемічній хворобі серця, метаболічному синдромі, захворюваннях суглобів, хронічному піелонефриті, тяжких дерматозах, хворобі Рейтера тощо.

Інтоксикація організму іонами HS^- або Fe^{2+} є поширеними формами післяопераційних ускладнень, які можуть істотно ускладнити процес післяопераційної реабілітації пацієнта, а у важких випадках – призвести до летального результату.

Діагностика виду інтоксикації на практиці ускладнюється тим, що в організмі можуть протікати деякі патологічні процеси, або може проводитися лікарська терапія, які здатні спотворити результати вимірювань.

Механізм токсичної дії гідросульфід-аніону (HS^-) подібний до ціаніду (CN^-) і чадного газу (CO), і полягає в комплексуванні атома міді в цитохромі А мітохондрій, що призводить до його пригнічення. Результатом цього стає неможливість генерувати АТФ і накопичення відновлення в ланцюзі перенесення електронів в мітохондріях. Надлишок Fe^{2+} при запаленні запускає білковий механізм гострої фази, який обмежує надходження Fe в тканини, і знижує його доступність для мікроорганізмів, вловлює і транспортує в макрофаги цей елемент, а також пов'язаний з руйнуванням цитохромів, що містять Fe .

Патологічні відхилення організму, пов'язані з підвищенням концентрації Fe^{2+} , в післяопераційний період після видалення пухлини у хворих становлять одну з найбільш часто розповсюджених форм ускладнень (28,4% з 1364 контрольних вимірів) [2]. Зазначені інтоксикації часто супроводжують розвиток в організмі запального процесу, отже, поява в сечі іонів HS^- або Fe^{2+} стає тим самим його маркерами.

Таким чином, рішення задачі розробки методики діагностики та лікування інтоксикації організму іонами гідросульфиду і двовалентного заліза дозволить підвищити ефективність післяопераційного супроводу пацієнтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На даний час у відкритих джерелах не існує інформації про жодну інформаційну систему оцінки інтоксикації.

В [3] запропоновано інформаційні ознаки, які забезпечують можливість моніторингу стану пацієнта на основі вивчення характеру зміни в

біосубстраті потенціалів іоноселективних електродів, що відображає особливості функціонування різних підсистем організму людини. Дані ознаки дозволили створити систему моніторингу водно-сольового обміну пацієнта, що дозволяє оцінити наявність патологічних процесів або змін в організмі.

Метою нашої роботи є розробка інструментального методу та інформаційної системи діагностики і моніторингу стану інтоксикації організму іонами HS^- або Fe^{2+} .

Виклад основного матеріалу

Медична інформаційна система – комплексна автоматизована інформаційна система для автоматизації діяльності лікувально-профілактичних установ, в якій об'єднані система підтримки прийняття медичних рішень і бази даних, що містять електронні медичні записи про пацієнтів, дані медичних досліджень в цифровій формі, дані моніторингу стану пацієнта з медичних приладів, а також фінансова та адміністративна інформація.

Одним з найбільш важливих аспектів розробки інформаційних систем в медицині є створення і ведення баз даних, що дозволяють зберігати дані як про пацієнта, так і про медичні дослідження. Збір і зберігання такої інформації в електронному вигляді дає можливість швидко обробляти великі масиви медичних даних, а також здійснювати тривале перспективне спостереження різних груп пацієнтів.

Іншим значущим аспектом є створення спеціалізованої бази знань. При проектуванні інформаційної системи в першу чергу необхідно описати змістовний зміст предметної області [4, 5].

Створення інформаційної системи здійснюється в кілька етапів. На першому етапі проводиться визначення предметної області, для якої розробляється база знань.

Наступний етап – це етап вилучення знань. Вилучення знань представляють собою процедуру взаємодії експерта з інженером по знаннях. В результаті цієї процедури відбувається формалізація і структурування предметної області. Безпосередньо при процесі нагромадження знань інженер по знаннях засобами системного аналізу, математичної логіки створює модель предметної області, якою користуються експерти при ухваленні рішення.

На наступному етапі здійснюється структурування зібраних знань. Оскільки природний інтелект і пам'ять мають деяку зв'язаність всіх понять в єдину мережу, то для розробки бази знань повинна бути вибудована ієрархія понять. Ієрархія понять – це глобальна схема, яка закладається в основу аналізу структури знань будь-якої предметної області.

В результаті зібрані дані, що включають в себе основні визначення і поняття, представляються у вигляді взаємопов'язаних об'єднаних елементів,

система з яких є знанням про предметну область. На наступному етапі отримані знання описуються на одній з мов представлення знань. Потім розроблена база знань реалізується у вигляді деякого програмного продукту.

Будь-яка система базується на деякій моделі подання знань [6–10].

Логічна модель представлення знань. В основі логічного способу представлення знань лежить ідея опису знань про предметну область у вигляді деяких тверджень, виражених у вигляді логічних формул, і отримання рішення побудовою виведення в деякій формальній системі.

Це означає, що при використанні логічних методів спочатку аналізується структура предметної області, потім вибираються відповідні позначення і в результаті формуються логічні формули, що представляють собою закономірності даної області. Безліч таких формул є логічною програмою, що містить інформацію про предметну область.

Продукційна модель заснована на деяких правилах, що дозволяє увявити знання у вигляді пропозицій типу: якщо (умова), то (дія).

Існує дві категорії продукційних моделей – з прямими і зворотними висновками. У разі використання прямого виведення процес міркування ведеться від даних до пошуку мети, при зворотному виведенні здійснюється пошук підтвердження або спростування від заданої мети до вихідних даних.

Продукції найбільш часто використовуються для відображення знань у формі переходів між станами системи.

Семантичні мережі. Семантична мережа використовує увявлення знань у вигляді вершин, з'єднаних дугами.

Під вершинами розуміються безпосередньо об'єкти, концепти і поняття предметної області. Дуги представляють відносини між об'єктами або деякі абстрактні взаємодії між концептами. Семантичні мережі досить потужні, щоб представити структурні знання. Однак знання, які використовуються при побудові подібних моделей, за визначенням є статичними, тобто представляють собою деякий стан системи в певний момент часу.

До недоліків подібної моделі можна віднести складність пошуку необхідної інформації і об'ємність представлення знань у вигляді мережевої структури. Крім того, людське знання про предмет зазвичай вкладається в досить істотний контекст, що при відображенні на мережеву модель тягне за собою появу великої кількості додаткових зв'язків. Зазначені властивості пояснюються логічною і евристичною неадекватністю семантичних мереж.

Фрейми. За своєю організацією фрейм схожий на семантичну мережу, так як є моделлю організації пам'яті людини. Але, в порівнянні з мережею, фрейм

представляє собою більш природну форму для відображення ієрархічно організованих знань. Такого роду знання базуються на понятті абстрактного образу або ситуації.

В рамках фреймового підходу знання про певний клас об'єктів або подій зберігаються в єдиній структурі даних і або зосереджені в самій структурі, або доступні з неї. Основна ідея фреймового підходу полягає у зосередженні всієї інформації, що відноситься до одного об'єкту в одній структурі даних.

У більшості проведених досліджень, що стосуються подання знань, використовується фреймовий підхід, однак, даний метод не надає можливим представити динамічно змінні знання про предметну область.

Байєсовські мережі є чудовим інструментом для опису досить складних процесів і подій з невизначеностями. Основною ідеєю побудови мережі є розкладання складної системи на прості елементи. Для об'єднання окремих елементів в систему використовується математичний апарат теорії ймовірностей. Такий підхід забезпечує можливість будувати моделі з безліччю взаємодіючих змінних для подальшої розробки ефективних алгоритмів обробки даних і прийняття рішень.

З математичної точки зору Байєсова мережа – це модель для представлення імовірнісних залежностей, а також відсутність цих залежностей. Такі моделі здатні до самонавчання і самовдосконалення в процесі накопичення експериментальної інформації. З цією властивістю пов'язана відносна нечутливість таких моделей до можливих хибних або неповних даних. Перевагою є також можливість інтеграції різнорідних даних користувачем в процесі експлуатації. Внаслідок цього дана форма представлення знань виявляється однією з найбільш ефективних для вирішення завдань пов'язаних з роботою із біологічним об'єктом. Насправді, живий організм характеризується нелінійною реакцією на зовнішній вплив, і протікання процесів його життєдіяльності носить скоріше імовірнісний, ніж детермінований характер. В силу цього, класичні моделі, засновані на міркуваннях виду «якщо» – «то» виявляються недостатньо ефективними для вирішення завдань медичного характеру.

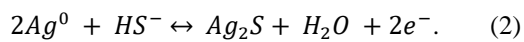
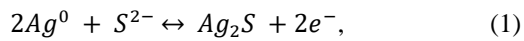
При розробці бази знань інформаційної системи за основу моделі прийняття рішення за видом патологій пацієнтів були обрані мережі Байєса. Даний вибір був обумовлений наявністю у даних мереж можливості роботи з невизначеними знаннями, які використовуються в процесі діагностики захворювань, при виборі оптимального ходу лікування та подальшого прогнозування стану пацієнтів. Крім того, вони пропонують найбільш адекватне формальне подання неточних знань, оскільки є результатом синтезу статистичних методів аналізу

даних і засобів штучного інтелекту.

Байєсовські мережі мають логіко-імовірнісну семантику і широко використовуються в медичній діагностиці. Постановка діагнозу кожному пацієнту – це побудова гіпотези про захворювання, від якого страждає пацієнт, що ґрунтується на непрямих спостереженнях і діагностичних тестах.

Формально, найбільш ймовірний діагноз D можна визначити як значення з безлічі можливих діагнозів D_i , при якому досягається максимум ймовірності наявності захворювання за умови конкретного набору спостережень E , які включають симптоми, результати тестів і інші ознаки.

В основі можливості потенціометричного контролю лежать реакції твердокристалічного Ag_2S і Pt електродів в присутності іонів HS^- або Fe^{2+} . Контроль біоматеріалу за допомогою Ag_2S електрода в присутності сульфгідрильних компонентів заснований на електрохімічних реакціях:



Електродні функції для цих реакцій відповідно описуються рівняннями:

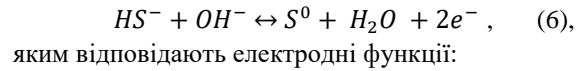
$$\varphi_1 = -0.688 - 0.029lg(S^{2-}), \quad (3)$$

$$\varphi_2 = -0.282 - 0.029lg(HS^{2-}) - 0.029pH. \quad (4)$$

Ag_2S електрод є класичним електродом для визначення концентрації сульфідних і гідросульфідні іонів.

Контроль за допомогою платинового електрода можливий завдяки окислювально-відновним систе-

мам, присутніх в компартментах людського організму. Зокрема, для описаного вище випадку редокс-система визначається електрохімічними рівняннями:



$$\varphi_3 = -0.480 - 0.029lg(S^{2-}), \quad (7)$$

$$\varphi_4 = -0.074 - 0.029lg(HS^{2-}) - 0.029pH. \quad (8)$$

Результатом розв'язання отриманої системи рівнянь є вираз (9), що встановлює зв'язок між потенціалами електродів:

$$E(Ag_2S) = -208 + E(Pt). \quad (9)$$

Відхилення від цієї залежності свідчить, про присутність у біосубстраті інших сильних відновників, крім іонів гідросульфіда, перш за все іонів Fe^{2+} . Таким чином, спираючись на залежність (9), є можливою побудова методики розпізнавання видів інтоксикації.

Практична діагностика виду інтоксикації на практиці ускладнюється тим, що в організмі можуть протікати деякі патологічні процеси, або може проводитися лікарська терапія, що здатні спотворити результати вимірювань. Для того, щоб врахувати таку можливість, нами була розроблена мережа Байєса, що дозволяє автоматизувати процес постановки діагнозу, і представлена на рисунку 1. Для цього було використане середовище проектування експертних систем HuginExpert 8.3.

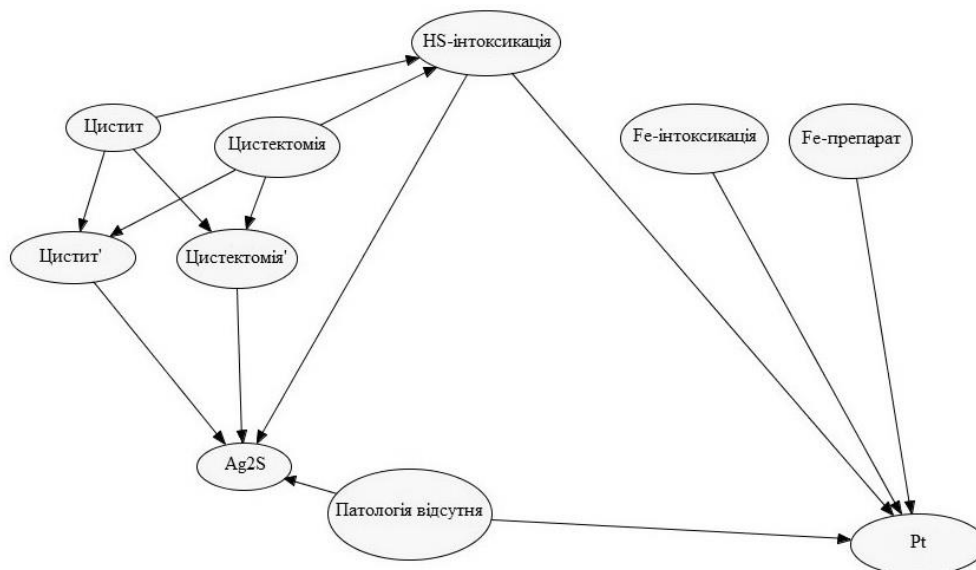


Рис. 1. Байєсова мережа для діагностики інтоксикації пацієнта

В якості вузлів даної мережі були обрані наявність у пацієнта інтоксикації іонами гідросульфіда (HS-інтоксикація), інтоксикації іонами дво-валентного заліза (Fe-інтоксикація), відсутність у пацієнта патології (Патологія відсутня) і значення потенціалів Ag_2S (Ag_2S) і Pt (Pt) електродів.

Оскільки прийом пацієнтом залізовмісних препаратів також може призводити до зміни потенціалу платинового електрода, то можливість подібного прийому була включена до складу в мережі в якості її вузла (Fe-препарат). Аналогічним чином було враховано вплив наявності у пацієнта циститу і цистектомії на показання Ag_2S -електрода (вузли «Цистит» і «Цистектомія»). Крім того, оскільки, очевидно, що у пацієнта одночасно не можуть бути присутніми цистит і цистектомія, то в склад мережі введені два логічних вузла («Цистит» і «Цистектомія»), які виключають можливість появи подібної події.

Між вузлами встановлені зв'язки, що відображають реальний вплив протікання тих чи інших фізі-

ологічних процесів один на одного. Зокрема, зв'язки між вузлами « Ag_2S », «Pt», «HS-інтоксикація» і «Fe-інтоксикація» графічно відтворюють вираз (1–9).

Для кожного вузла був сформований перелік можливих станів (табл. 1, 2). Для різних патологій їх наявність і відсутність, для значень показань електродів – укладаються вони чи ні в ті чи інші референтні рамки. Для кожного з вузлів верхнього рівня були встановлені апріорні ймовірності того, що вони приймуть те чи інше зі своїх можливих станів. Для цього був використаний масив даних моніторингу значень іонних параметрів пацієнтів. Аналіз масиву даних показав, що інтоксикація іонами гідросульфіду спостерігалася в 28% всіх випадків, інтоксикація іонами заліза спостерігалася в 26% випадків. Очевидно, що на практиці ці ймовірності будуть дещо відрізнятися в залежності від профілю конкретного лікувального закладу, проте вони можуть бути легко скореговані для потреб конкретного відділення.

Таблиця 1

Умовні ймовірності значень потенціалів Ag_2S -електрода в разі наявності у пацієнта HS-інтоксикації

HS	Так							
Патологія	Так				Ні			
Цистектомія	Ні		Так		Ні		Так	
Цистит	Ні	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні	Так
$Ag_2S < -300$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,99	0,99	0,99	0,99
$Ag_2S > -300$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01

Таблиця 2

Умовні ймовірності значень потенціалів Ag_2S електрода в разі відсутності у пацієнта HS-інтоксикації

HS	Ні							
Патологія	Так				Ні			
Цистектомія	Ні		Так		Ні		Так	
Цистит	Ні	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні	Так
$Ag_2S < -300$	0,3	0,1	0,3	0,5	0,3	0,1	0,3	0,5
$Ag_2S > -300$	0,7	0,9	0,7	0,5	0,7	0,9	0,7	0,5

Спираючись на накопичений досвід моніторингу стану хворих, на протязі їх післяопераційного лікування (дані отримані у співпраці з Івано-Франківським національним медичним університетом), а також експериментальні дані, були встанов-

лені умовні ймовірності значень, які можуть прийняти показання електродів, в залежності від наявних у пацієнта патологій, представлені в таблиці 3, 4 та на рисунку 2.

Таблиця 3

Умовні ймовірності значень потенціалів Pt-електрода у випадку відсутності у пацієнта HS-інтоксикації

HS	Так							
Fe	Так				Немає			
Патологія	Ні		Так		Ні		Так	
Fe-препарат	Так	Немає	Так	Немає	Так	Немає	Так	Немає
Pt>-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,15	0,01	0,01
Pt<-20	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,85	0,99	0,99

Таблиця 4

Умовні ймовірності значень потенціалів Pt-електрода в разі відсутності у пацієнта HS-інтоксикації

HS	Немає							
Fe	Так				Немає			
Патологія	Ні		Так		Ні		Так	
Fe-препарат	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Pt>-20	0,15	0,01	0,01	0,4	0,99	0,4	0,9	0,9
Pt<-20	0,85	0,99	0,99	0,6	0,01	0,6	0,1	0,1

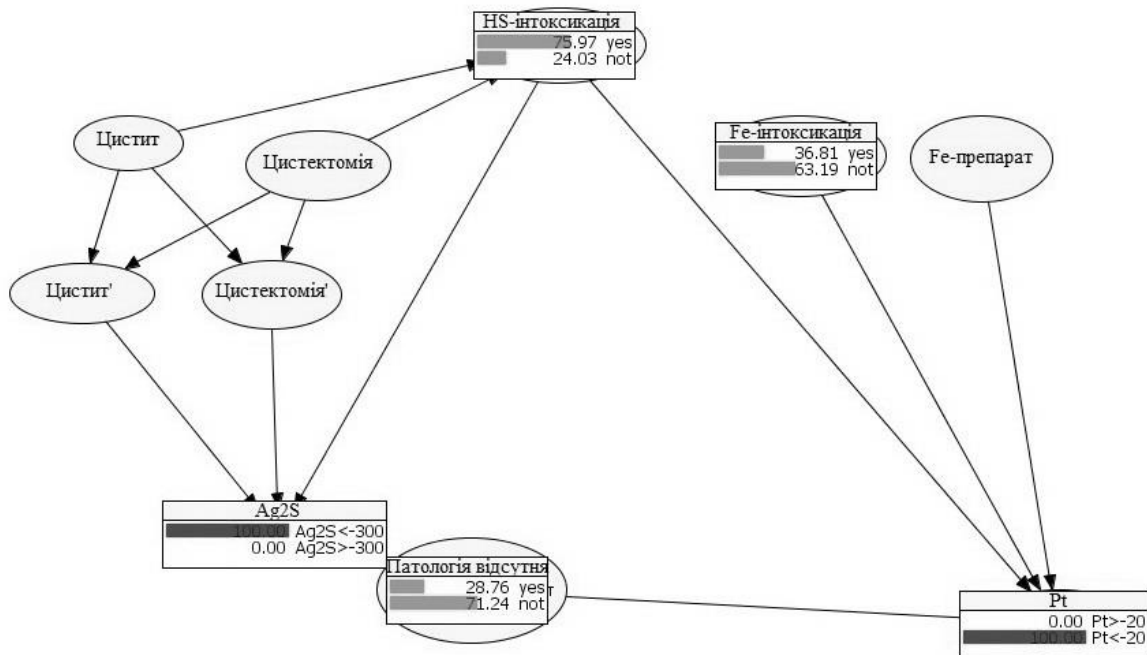


Рис. 2. Експериментальні результати роботи мережі

Середовище HuginExpert 8.3 дозволяє запустити побудовану мережу в режим оцінки ймовірності тих чи інших станів її вузлів. У цьому режимі користувач може вибрати достовірні стани вузлів і оцінити ймовірності того, які стани приймуть інші вузли. Зокрема, на рис. 2 наведено приклад, який показує, що при одночасному попаданні значень потенціалів Ag_2S -електрода в діапазон значень менших за –

300 мВ і платинового в діапазон менших за – 10 мВ з найбільшою ймовірністю (75,97%) можна припустити наявність у пацієнта інтоксикації іонами гидросульфідів.

Наступний приклад, представлений на рисунку 3, ілюструє вплив супутніх патологій на ускладнення мережі.

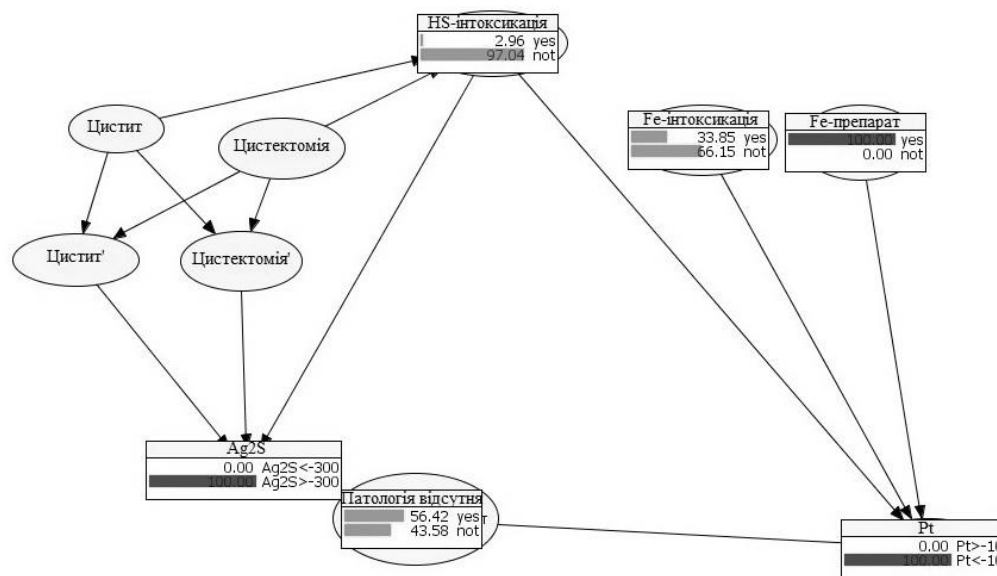


Рис. 3. Вплив супутніх патологій на результат

В даному випадку, значення потенціалів Ag_2S -електрода знаходяться в діапазоні більш -300 мВ і платинового в діапазоні меншому від – 10 мВ. Зазвичай такі значення електродних потенціалів відповідають інтоксикації іонами двовалентного заліза, однак оскільки даним пацієнтом здійснювався прийом залізовмісного препарату, то її ймовірність виявляється невелика – 33,85%. Як наслідок, з найбільшою впевненістю (56,42%) можна припустити, що патологія у пацієнта відсутня і спостерігаються потенціали викликані передозуванням препарату.

Висновки

Розроблені електрохімічна та диференційні моделі діагностики інтоксикації організму іонами HS^- і Fe^{2+} . Аналіз диференційної моделі дозволяє зробити висновок про однотипність причин HS^- і Fe^{2+} – інтоксикації організму, які є наслідком рівня водневого показника. Даний висновок підтверджено клінічно.

Експериментальна апробація адекватності запропонованої і реалізованої моделі була виконана на масиві даних потенціометричних вимірювань біоматеріалу пацієнтів. За прогноз, зроблений мережею приймався вузол, який мав найбільш високу ймовірність знаходження в стані, що вказує

на наявність тієї чи іншої патології. Порівняння результатів роботи мережі з даними, отриманими іншим методом показали їх збіжність у 85% випадків.

Таким чином, розроблена мережа може бути використана для полегшення процесу постановки діагнозу про наявність і тип інтоксикації пацієнта і включена до складу інформаційної системи моніторингу стану пацієнта.

Література

1. Мусселиус С.Г. Синдром эндогенной интоксикации при неотложных состояниях / С.Г. Мусселиус. – К. : Бином, 2008. – 199 с.
2. Машевский Г.А. Экспресс-контроль нарушения металлолигандного гомеостаза при ионометрировании мочи больных с распространенными формами рака / Машевский Г.А., Тарасов В.А. // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Известия Государственного электротехнического университета); Сер. Биотехнические системы в медицине и экологии. 2006. Вып. 2. С. 125–131.
3. Машевский Г.А. Система мониторинга состояния пациента в постоперационный период // «Электроника в медицине. Мониторинг, диагностика, терапия», Санкт-Петербург, Вестник Аритмологии, приложение А, 18–20 февраля 2010 г. С. 527.
4. Mauno V. Expert systems for medical applications. /Mauno Vihinen, Crina Samarghitean// Medical Expert Systems Current Bioinformatics. Volume 3, Issue 1, 2008.

5. Holman J. Expert systems for medical applications / Holman J.G., M.J. Cookson // *Journal of Medical Engineering & Technology* – 2009. – Volume 11, Issue 4.
6. Online Expert System for Diagnosis Psychological Disorders Using Case-Based Reasoning Method / R. Rahim, W. Purba, M. Khairani, R Rosmawati // *The 1st International Conference on Engineering and Applied Science*. – 2019. – 1381(2019).
7. J. Singla. Medical Expert Systems for Diagnosis of Various Diseases / Jimmy Singla, Hoshiarpur Dinesh Grover, Moga Abhinav // *International Journal of Computer Applications*. – 2014. – Volume 93. – No.7, p. 36–43.
8. R. Imhanlahimi. APPLICATION OF EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSING MEDICAL CONDITIONS: A METHODOLOGICAL REVIEW / Imhanlahimi R., John-Otumu A.M. // *European Journal of Computer Science and Information Technology*. – 2019. – Vol.7, No.2, pp. 12–25.
9. Liao S.H. Expert system methodologies and applications-a decade review from 1995 to 2004 / S.H. Liao // *Expert Syst. Appl.* – 2005. – 28, 93–103.
10. Kumar Y. Research aspects of expert system / Kumar Y, Jain Y. // *Int. J. Comput. Bus. Res.* – 2012.

References

1. Musselius, S.G. (2008). Endogenous intoxication syndrome in emergency conditions, p. 199.
2. Mashevsky, G.A., & Tarasov, V.A. (2006) Rapid control of metal-ligand homeostasis disturbance during urine ionometry of patients with common forms of cancer. *Bulletin of the State Electrotechnical University. Biotechnical systems in medicine and ecology*. 2, 125–131.
3. Mashevsky, G.A. (2010). The system of monitoring the patient's condition in the postoperative period. *Electronics in medicine. Monitoring, diagnosis, therapy*, A, 527.
4. Mauno, V., & Samarghitean, C. (2008). Expert systems for

- medical applications. *Medical Expert Systems Current Bioinformatics, Volume 3, Issue 1*.
5. Holman, J., & Cookson, M. J.(2009). Expert systems for medical applications. *Journal of Medical Engineering & Technology*, Volume 11, Issue 4.
 6. Rahim, R., Purba, W., Khairani, M., Rosmawati, R. (2014) Online Expert System for Diagnosis Psychological Disorders Using Case-Based Reasoning Method. *The 1st International Conference on Engineering and Applied Science, 1381(2019)*.
 7. Singla, J., Grover, H. D., Abhinav, M. (2014) Medical Expert Systems for Diagnosis of Various Diseases. *International Journal of Computer Applications, Volume 93, 7, 36–43*.
 8. Imhanlahimi, R., John-Otumu, A.M. (2019) APPLICATION OF EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSING MEDICAL CONDITIONS: A METHODOLOGICAL REVIEW. *European Journal of Computer Science and Information Technology, Vol.7, No.2, 12–25*.
 9. Liao, S.H. (2005). Expert system methodologies and applications-a decade review from 1995 to 2004. *Expert Syst. Appl.* 28, 93–103.
 10. Kumar, Y., & Jain, Y. (2012). Research aspects of expert system. *Int. J. Comput. Bus. Res. ISSN (Online): 2229–6166*.

Рецензент: д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення В.І. Шекета, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна.

Автор: МОЙСЕЄНКО Олена Володимирівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу
E-mail – moyseyooo@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7995-2949>

INFORMATION SYSTEM FOR EVALUATION OF THE STATE OF INTOXICATION OF THE ORGANISM BASED ON THE BAYES NETWORK

O. Moysenko

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

An expert system is a computer program that simulates the judgment and behavior of a human or an organization that has expert knowledge and experience in a particular field. It is a program that emulates the interaction a user might have with a human expert to solve a problem. The end user provides input by selecting one or more answers from a list or by entering data. An Expert System is a problem solving and decision making system based on knowledge of its task and logical rules or procedures for using knowledge. Both the knowledge and the logic are obtained from the experience of a specialist in the area. This paper considers approaches to building a knowledge base for medical systems. In developing the knowledge base of the information system, Bayesian networks were chosen as the basis for the decision-making model by type of patient pathology. This choice was due to the availability of these networks the ability to work with uncertain knowledge used in the diagnosis of diseases, in choosing the optimal course of treatment and subsequent prediction of patients. In addition, they offer the most adequate formal representation of inaccurate knowledge, as they are the result of a synthesis of statistical methods of data analysis and artificial intelligence. The presence of hydrosulfide ion intoxication (HS-intoxication), divalent iron ion intoxication (Fe-intoxication), the patient's absence of pathology and the value of Ag₂S and Pt electrode potentials were selected as nodes of this network. Based on the accumulated experience of monitoring the condition of patients during their postoperative treatment (data obtained in collaboration with Ivano-Frankivsk National Medical University), as well as experimental data, conditional probabilities of values that can take the readings of the electrodes were established.

Experimental testing of the adequacy of the proposed and implemented model was performed on an array of data from potentiometric measurements of patients' biomaterial. The prediction made by the network was taken as the node that had the highest probability of being in a state that indicates the presence of a pathology. Comparison of the results of the network with data obtained by other methods showed their convergence in 85% of cases.

Thus, the developed network can be used to facilitate the process of diagnosing the presence and type of intoxication of the patient and is included in the information system for monitoring the patient's condition.

Keywords: intoxication, information system, Bayesian network.