

МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЦЕСІ ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ

КУЗЬОМІН О.Я., ВАСИЛЕНКО О.О.

Досліджується предметна область щодо розробки інтелектуальної медичної системи (ІМС) для застосування у діагностуванні хвороб. Враховуються симптоми, синдроми та ознаки хвороби, а також онтологічні і прецедентні дані та знання з Інтернет, медичні записи, опитування пацієнта, його фактичні показники – дані аналізів. Крім того, розглядається процес діагностування та пропонується вибір ліпшого сценарію лікування. У дослідженні також враховуються розподіли вірогідності взаємно пов'язаних випадкових процесів і семантика нечітких логічних мереж даних.

Ключові слова: медичні інтелектуальні системи, діагностика, медична база знань, синдроми, симптоми.

Актуальна тематика діагностування захворювань має достатньо широке віддзеркалення у наукових дослідженнях [1-4]. Але втілення у практиці має досить незначний відсоток [2, 3]. Отже, спираючись на сучасні досягнення у дослідженні пропонується більш детальний аналіз предметної області з боку адекватного відображення не врахованих до цього часу логічних, функціональних та взаємопов'язаних даних та знань, що використовуються в існуючих ІМС.

Постанова задачі дослідження

Нехай $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, де $i = \overline{1, N}$, N – множина усіх можливих діагнозів, які визначаються у ІМС. Показники стану здоров'я пацієнтів мають категоріальну форму і визначаються функцією:

$$\text{Kat}(val, d_{n,r}, age, sex): I \times R \times D \times Sex \rightarrow C_j,$$

$$j \in N,$$

де $Sex = \{m, f\}$ – множина можливих значень ознаки «стать пацієнта», $C = \{low, normal, high\}$ – множина можливих категоріальних значень ознаки стану здоров'я пацієнта.

Функції C і Kat задаються у реляційному вигляді експертами у предметній області.

Для класифікації у ІМС з категоріальними ознаками треба визначити бінарне представлення

$$X = \bigcup_{\forall i \in Nf} i \times C,$$

де X – простір бінарних ознак; kI – простір категоріальних ознак. Бінарне представлення хвороб показано у табл. 1.

Таблиця 1. Приклад бінарного представлення хвороби

		Захворювання		
		Гайморит	Риніт	Риносинусит
Симптоми	Підвищена температура	1	1	0
	Закладеність носа	0	1	0
	Остуда	1	1	1
	Почервоніння і набряк повік	1	1	1
	Порушення нюху	0	0	1
	Відчуття здавленості «всередині особи»	1	1	0
	Тупий біль	0	0	1
	Зубний біль (у верхньому ряду)	1	1	0

У ІМС хвороба представлена як послідовність (1,0,1,1,0,1,0,1).

При цьому повинні враховуватися як одиниці, так і комплекси симптомів та ознак, що вибираються з бази знань (БЗ) онтологій та прецедентів. При такому підході існуючі прецедентні або онтологічні дані можуть бути зібрані в реляційну базу даних (БД), що будується за допомогою пошуку додаткової вербальної інформації в Інтернеті, її системного аналізу, застосування алгоритмів Data Mining, введення поняття «мікроситуації» [4-8].

Для діагностування хвороби лікарю необхідно враховувати множину факторів:

симптоми та синдроми захворювання; його нозологічні форми, етнології, етології, патогенез, клінічні прояви з урахуванням особистих проявів. Зрозуміло, що не всі лікарі зможуть усе запам'ятати чи реально накопичити знання про множину хвороб. Слід зауважити, що з'являються все нові медичні знання, а часу щодо аналізу всього багаття знань не вистачає. Як результат, на превеликий жаль, багато медичних помилок стосовно діагностування хвороб. За деякими джерелами загалом їх у медичній практиці зустрічається більш 30 відсотків.

Запропоновані у цьому дослідженні моделі представлення знань у ІМС орієнтовані на комбіновані засоби представлення знань [2, 3] (рис. 1).

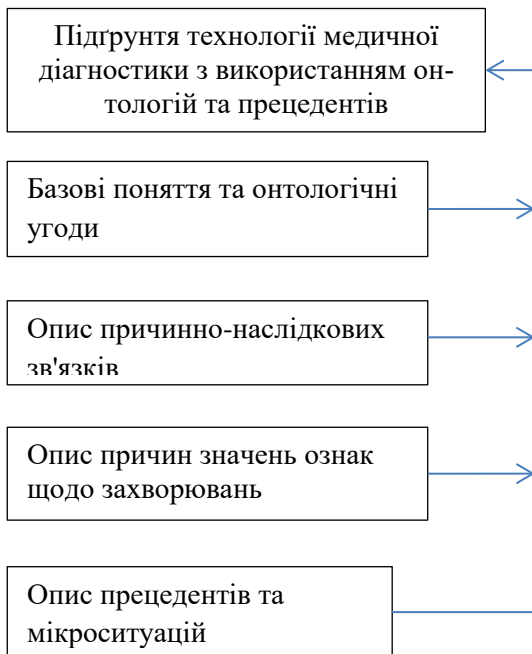


Рис. 1. Комбіновані засоби представлення знань

1. Головні характеристики онтології та їх використання у діагностуванні

Використовуючи онтологічні знання [10,11], можливо більш точно включити структуру опису медичної інформації, правила її інтерпретації стосовно діагностики хвороб. З появою Protégé [10, 11] онтології частіше стали представляти ієрархію класів понять і їх властивостей. Перспективним також для представлення знань є онтолого-базований семантичний підкод, який дає можливість явно представити онтологію у вигляді семантичної мережі понять з кореневим вузлом, циклами і петлями [11].

Наступний аналіз можливостей використання онтологій для розробки ІМС зроблено з урахуванням сучасного досвіду [2,3,10,11] та об'єднання прецедентів [11] і дослідження авторів щодо використання методів Data Mining, кластеризації, класифікації, застосування пошукових технологій з онтологіями, прецедентами та мікроситуаціями [4, 8] для прийняття рішень стосовно вибору стратегії лікування.

Опис онтології (і її моделей) предметної області, так званої, «медичної діагностики», враховує взаємодію причинно-наслідкових відносин різних типів. Дана онтологія близька до реальних уявлень медицини в нашій країні і описує комбіновану і ускладнену патології, динаміку патологічних процесів у часі, а також вплив лікувальних заходів та інших подій на прояви захворювань.

Математична модель онтології медичної діагностики представляється у вигляді незбагаченої системи логічних відносин з параметрами на мові прикладної логіки і включає визначення термінів

моделі знань (параметри), моделі дійсності (невідомі), а також обмеження цілісності невідомих параметрів і співвідношення між ними.

Терміни та онтологічні угоди в моделі об'єднані в три розділи: базові поняття та онтологічні угоди, опис причинно-наслідкових зв'язків і опис ознак захворювань.

Онтологія медичної діагностики має відповідати наступним характеристикам чи вимогам [9-11] (рис. 2-8).

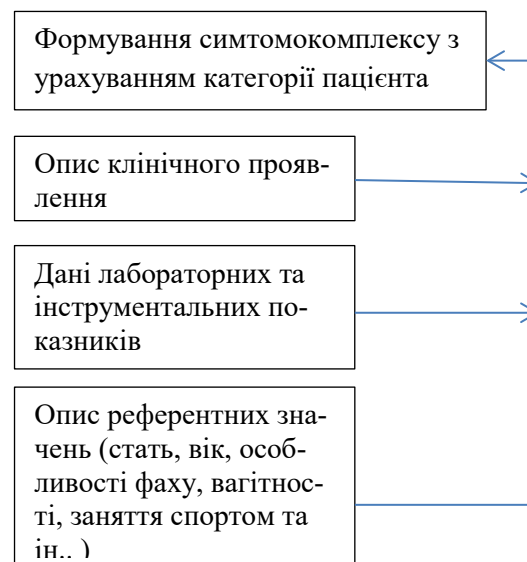


Рис. 2. Формування симптомокомплексу

Далі врахуємо нове поняття, яке з'явилося останнім часом. Синдром – це сукупність (група) симптомів, які об'єднані загальним патогенезом. Іншими словами синдром це сукупність специфічних і неспецифічних симптомів (симптомокомплекс).

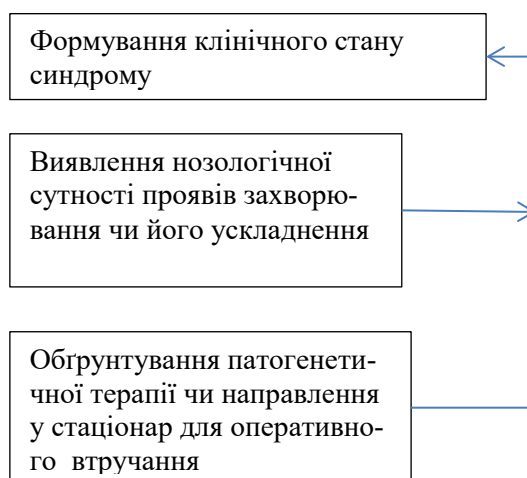


Рис. 3. Формування клінічного стану синдрому

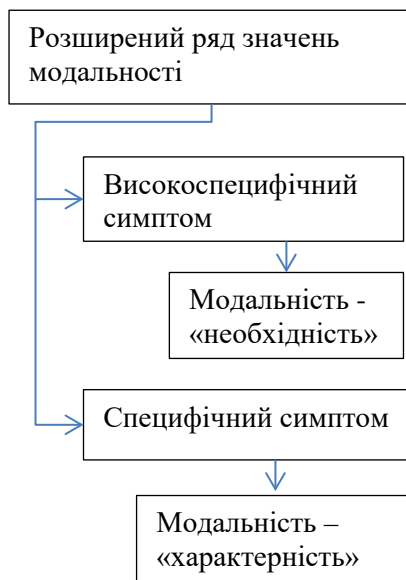


Рис. 4. Розширений ряд значень модальності

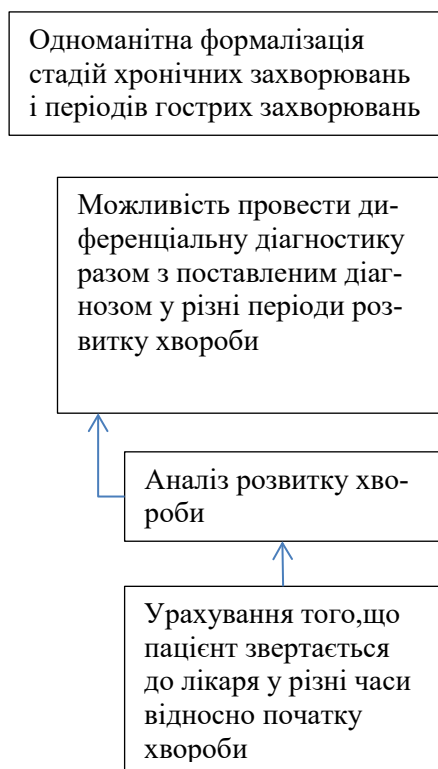


Рис. 5. Одноманітна формалізація

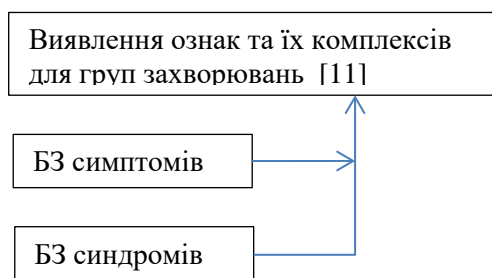


Рис. 6. Виявлення ознак та їх комплексів для груп захворювань

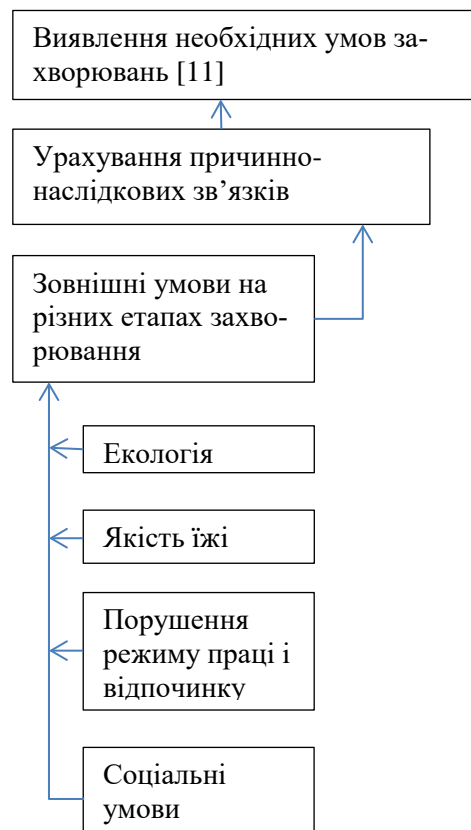


Рис. 7. Виявлення необхідних умов захворювань

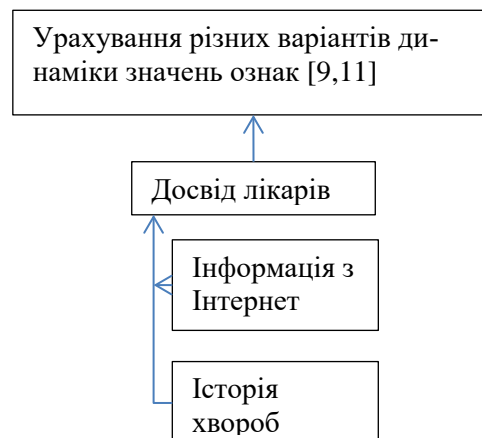


Рис. 8. Урахування різних варіантів динаміки ознак

Слід зауважити, що звичайна людська мова в цілому відображає ідеологію ООП, починаючи з інкапсуляції уявлення про предмет у вигляді його імені і закінчуючи поліморфізмом використання слова в переносному сенсі, що в підсумку розвиває [3] вираження думки через ім'я предмета до повноцінного поняття-класу.

Для вирішення завдань медичної діагностики у ІМС відповідно до проблеми пошуку з онтологічних чи прецедентних баз знань [5,10] використовується 5-10 різних команд з об'єктами чи класами. Базові операції мов програмування високого рівня, наприклад, мовою Java, можна згрупувати як атомарні оператори, що гуртуються у блоки, з яких у ІМС складається рішення задачі

діагностування хвороби. Таким чином, створюється спеціальна мова «проблемно-орієнтованого об'єктного програмування» (ПООПО) [10] з обмеженим числом команд для вирішення завдання діагностування. Це дозволить вирішувати проблеми медичної діагностики за значно коротший термін.

Так, перевірка симптомів при діагностуванні включає оцінку об'єктів щодо симптомів чи класів мовою ПООПО: кістково-м'язової системи; нервової системи та органів чуття; органів дихання; серцево-судинної системи; травної системи; печінки і жовчовивідних шляхів; сечовідної системи; системи крові; ендокринної системи.

Діагностика хвороби дихального органу відбувається у такій послідовності: опитування пацієнта під час об'єктивного огляду лікарем та фіксація скарг і анамнезу.

Під час попереднього, об'єктивного огляду з'ясується:

- болючість при пальпації характерних точок проекції придаткових пазух;
- риноскопія;
- гнійні виділення в області середнього носового ходу;
- дифузійний набряк слизової оболонки, звуження середини носового ходу;
- гіпертрофія носових раковин.

Відповідно до концептуального, комплексного рішення проблеми перша частина моделі онтології описує базові поняття та онтологічні угоди знань і дійсності предметної області. До базових термінів знань відносяться: ознаки, події, особливості, спостереження, множину значень, умови захворювання, періоди динаміки, інтервал розвитку хвороби. До базових термінів дійсності відносяться: моменти, особливості, діагноз, розвиток, інтервали розвитку ознаки.

Об'єкт Q_1 показує питання і варіанти відповідей. У разі правильної відповіді передача управління переходить об'єкту Q_2 , інакше управління переходить в T_1 – показати пояснення. Після того, як були дані відповіді на всі питання, управління передається об'єкту R_1 – показати підсумковий результат.

Об'єкт ($Clasms_1$) «тестування основного симптому риносинуситу» – надає у МІС питання щодо пошуку варіанту при першому медичного огляді (опитуванні) хворого.

Об'єкт ($Clas - Si1$) «тестування основного симптому риносинуситу» – $Si1$ надає у МІС питання щодо пошуку варіанту при першому медичному огляді (опитуванні) хворого.

```

Si1 = Question
{
Question:
//Текст питання
"Пошук основного симптому риносинуситу"
}
// Маємо у базі знань варіанти відповідей:
Option 1: "утруднення носового дихання"
Option 2: "головний біль"
Option 3: "виділення з носа"
Correct: Option1
//У разі правильного відповіді відбувається передача
керування до об'єкту Si2, інакше управління переходить до пояснення
// T1 = Tip
{
//Text: "Раптова поява двох або більше симптомів,
один з яких належить до великих симптомів";
ifnocondition
call Q2;
}

```

Після того, як були дані відповіді на всі питання, управління передається об'єкту R_1 – показати підсумковий результат.

```

Si 2 = Question
{
Question:
//Текст питання
"Пошук непостійних симптомів риносинуситу"
// Маємо у базі знань варіанти відповідей:
Option 1: "зниження нюху"
Option 2: "закладеність вух"
Option 3: "підвищення температури тіла"
Option 4: "загальне нездужання"
Option 5: "кашель (більш характерний для дітей)"
}

```

Традиційна процедура розпитування лікарем хворого складається в такому: хворий розповідає лікарю про свої суб'єктивні симптоми, лікар виділяє серед них найбільш суттєві з урахуванням близькості симптомів однієї з хвороб, використовуючи при цьому фундаментальні медичні знання і власний досвід, потім більш детально розпитує про симптоми, пов'язаних з можливою хворобою, і висновок.

3. Пошук у прецедентах

Вводимо поняття діагностичної чи лікувальної мікроситуації, яка є результатом класифікації та кластеризації медичних даних щодо ситуації, яка склалася у наслідок аналізу онтологічних і прецедентних знань. Фактично цей результат з'являється стосовно проблеми, яка розглядається внаслідок розробки комплексу елементів

«діагноз в результаті пошукового аналізу симптомів (синдромів) та ідентифікації хвороби – сценарій лікувальних дій – здоров'я пацієнта».

Структура $MS = \{ms_i\}$, $i = 1, n$ складається з множини діа-
узагальноної ситуації

гностичних та лікувальних мікроситуацій – ms_i , які утворені поняттями–елементами середовища:

$$ms_i = \langle P_i, K_P, X, L \rangle,$$

де D_i – засоби встановлення діагнозу після пошукового аналізу симптомів (синдромів); L – множина лікувальних дій; $P_i = \{cPvt_i, Pvt_i\}$ – множина центральних $\{cPvt_i\}$ та другорядних понять $\{Pvt_i\}$; частина ситуації, що визначається парою $\langle P_i, K_P \rangle$, яка складається з лінгвістичного опису історії хвороби (такої якісної, смислової одиниці), що необхідна для порівняльного пошуку у базі прецедентів історій хвороб для вибору найліпшого сценарію лікування L , іншими словами – мікроситуації центрального поняття – $cPvt_i$, навколо якого базується множина мікроситуацій $MS = \{ms_i\}$; $X = \{x_j\}$, $j = \overline{1, m}$;

– кількісні показники клінічних аналізів, томограм, рентгенограм. Множина $K_P = \{Ot_i, Pvt_i\}$ є контекстом мікроситуації для лінгвістичного, центрального поняття $cPvt_i$. Контекст мікроситуації має пояснення до D та L , зокрема вказуються умови застосування та зв'язки з іншими синдромами чи симптомами, або варіантами ліпшого сценарію лікування. Множина $K_P = \{k_{P_i}\}$, $i = \overline{1, m}$ має множину відношень $\{Ot_i\}$ центрального поняття $cPvt_k$ з іншими другорядними поняттями Pvt_k , що пов'язані з іншими симптомами, синдромами, ознаками чи хворобами, які мають зв'язок з даною мікроситуацією. Відношення Ot_i – відображує деяку залежність центрального поняття від другорядних понять Pvt_i , пов'язаних з іншими хворобами чи симптомами. Іноді для даної мікроситуації центральне поняття $cPvt_i$, може бути другорядним поняттям Pvt_i , іншої мікроситуації (рис. 9). Для текстів опису діагнозів і сценаріїв лікування $TextIMC$, отриманих від ІМС, необхідно виділити з множини кандидатів в центральні поняття $cPvt$ поняття P , які будуть пов'язані з множиною мікроситуацій, вибраних на множині прецедентів $\{P_i\}$ для конкретної хвороби.

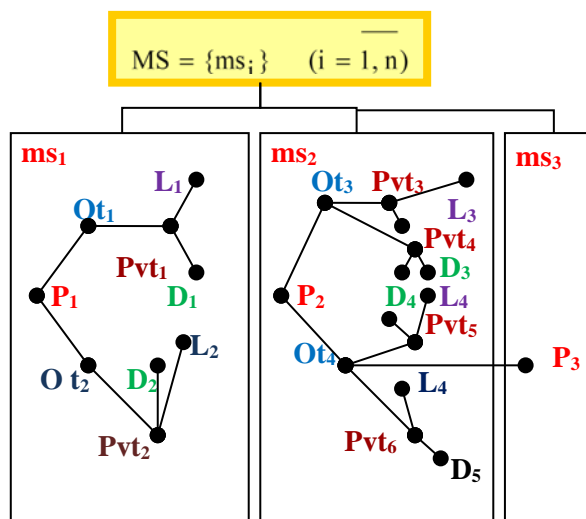


Рис. 9. Приклад зв'язків між мікроситуаціями

Етапи побудови множини прецедентів $\{P_i\}$ для вибраних (еталонних) мікроситуацій:

1. Опис поточної медичної ситуації діагностування хвороби, який надається у вигляді опису в історії хвороби як результат традиційного, первинного опиту пацієнта $etIMC$ чи наступних обстежень $TextIMC$.

2. Виявлення з отриманого опису понять $\{P_i\}$ категорій $\{Kat\}$, які характеризують стан пацієнта після аналізу та вибору сценарію лікування $\{L_i\}$.

3. Пошук зв'язків $\{Ot\}$ між даними поняттями.

4. Опис на мові представлення мікроситуацій.

Поняття для даної категорії Kat_i отримують в результаті виконання функції виявлення поняття $Pt(TextIMC)$:

$$Pt(TextIMC) \rightarrow Pvt_i,$$

де Pvt_i , $i = \overline{1, n}$ – виявлення поняття, причому маємо

$$Ms_i \Rightarrow \{cuP_i\},$$

тут $\{Ms_i\}$ – мікроситуації, яким відповідає множина понять $\{cuP_i\}$, що є сутностями і $\{Ot_i\}$ – множина понять, що виражають відношення між іншими поняттями.

1. Крок. Виділення з множини кандидатів множини центральних понять $cPvt$ або прецедентів – (іменники, які є такими, що належать у реченнях $TextIMC$):

$$ERp1(cuP) \rightarrow cPvt_i,$$

де $ERp1$ – функція виявлення кандидатів в центральні поняття – $cPvt_i$.

2. Крок. Виділення контексту або зв'язків (відносин)

$$OtA = cuP / \sim n Pvt$$

для отриманих кандидатів у центральні поняття cPvt. Завдання полягає у виділенні підмножини відносин (асоціацій) – $Ot \subset OtA$.

Елементами множини відносин Ot є головні, активні і додаткові зв'язки. Кожен з елементів множини відносин $OtP_1 \in Ot$ пов'язаний з певним центральним поняттям $cPvt_1 \in cPvt$.

3. Крок. Формується множина мікроситуацій $ms_i = \langle cPvt_1, Ot_{cPvt_1} \rangle$ – прецедентів, в якій елементи множин Ot_{cPvt_1} є елементами множини

Ot . На даному етапі отримані мікроситуації ще не є повними, оскільки елементам множини Ot ще не поставлені у відповідність другорядні поняття.

4. Крок. Пошук другорядних понять. Як другорядні поняття можуть виступати будь-які елементи множини кандидатів cuP , незалежно від того, чи потрапили вони до множини центральних понять $cPvt$ та множини відносин Ot чи не потрапили ні в жодну з них. У більшості випадків другорядні поняття виходять з доповнень до дієслівних форм, виділених раніше. У загальному випадку другорядні – це ті поняття, на які посилаються асоціації.

Вирішальне правило може бути представлено в такому вигляді:

$$pravResh = \bigwedge_i Prizn_1,$$

де $Prizn_1$ – окрема ознака хвороби.

При підрахунку значення вирішального правила $pravResh$ кожному з ознак ставиться у відповідність значення істини, якщо дана ознака присутня у понятті, і неправда – в іншому випадку.

Висновки. У дослідженні було доведено, що до створення ІМС треба залучити комплексний підхід у використанні для створення бази знань технологій з залученням онтологій, прецедентів та мікроситуацій. Деякі наведені вище результати надають впевненість у поширенні цього напрямку і для інших предметних сфер медичної діяльності. Безумовно, впровадження цього напрямку залежить від повноцінної бази знань, яка може автоматично заповнюватися запитами до пошукової системи знань з Інтернету.

Література:

1. Avrunin O.H., Bodianskiy Ye.V., Kalashnyk M.V., Semenets V.V., Filatov V.O. Suchasni intelektualni tekhnolo-hii funktsionalnoi medychnoi diahnostryky. Kharkiv: KhNURE, 2018. 248 s.
2. Avrunin O. G., Alkhorayef M., Saied H. F. I., and Tymkovych M. Y. The Surgical Navigation System with Optical Position Determination Technology and Sources of Errors // Journal of Medical Imaging and Health Informatics. 2015. №5. P. 689-696.
3. Avrunin, O., Shushlyapina, N., Nosova, Y., Bogdan, O. Olfactometry diagnostic at the modern stage // Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies. Kharkiv: NTU "KhPI", 2016. No. 12 (1184). P. 95-100.
4. Vasylenko Oleksii, Oleksandr Ya. Kuzomin. Data loss minimization in situation's centurms databases // IDRC Davos 2014. Global Risk Forum GRF Davos - Davos – Switzerland. P. 153-154.
5. Kuzomin O.Ia., Astapev O.O., Tolmacheva T.V. Applying The HITS Algorithm On Web Archives // International Journal "Information Models and Analyses". Varna, Bulgaria. Vol. 6, N2. 2017. P. 119-131.
6. Oleksandr Kuzomin, Oleksii. Vasylenko. Methods And Models For Building A Distributed Mobile Emergency Monitoring System // 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017. Conference Proceedings, Informatics Geoinformatics. Vol. 17. Issue 21. P. 433 – 440.
7. Oleksandr Kuzomin, Michail Stukin, Dmytro Bozhkov. Intelligent Geoinformatic Expert System For Providing Emergency Help During Extreme Situations // Conference Proceedings, Informatics Geoinformatics. Vol. 18. Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. P. 269 – 292.
8. Uciteli A. et al. Ontology-based specification, identification and analysis of perioperative risks // Journal of biomedical semantics. 2017. Vol. 8, No.1. P.36.

Надійшла до редколегії 27.05.2019

Кузьомін Олександр Якович, д-р техн. наук, професор кафедри Інформатики ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

E-mail: oleksandr.kuzomin@nure.ua

Василенко Олексій Олександрович, керівник напрямку архітектури департаменту Аналітики та Big Data корпорації Toyota (Сідней, Австралія). Закінчив аспірантуру ХНУРЕ за напрямком «Інформаційні технології» у 2015 році. Проходив стажування в компанії GoGet Carshare Australia в м.Сідней, Австралія, у 2012-2013 р. за напрямком архітектура даних. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

Kuzomin Olexander Yakovlevich, Professor, Dr. (Habil). of the Department of Informatics, KNURE, Ukraine. Address: Ukraine. 61166. Kharkiv, Nauki Ave, 14. E-mail: oleksandr.kuzomin@nure.ua

Vasylenko Oleksii Oleksandrovich, Manager of Architecture for the Big Data and Analytics department, Toyota corp., Sydney, Australia. PhD of the 'Information Technology' stream NURE. Finished an internship at the GoGet Carshare Australia (Sydney, Australia) at 2012-2013 at the Data Architecture stream. Address: Ukraine. 61166. Kharkiv, Nauki Ave, 14.