

## ОНТОЛОГІЧНІ ІНТЕРАКТИВНІ СИСТЕМИ ЗНАТЬ – ПАРАДИГМА РОЗВИТКУ МОБІЛЬНОЇ МЕДИЦИНИ

О. Є. Стрижак, О. П. Мінцер<sup>1</sup>, Л. Ю. Бабінцева<sup>1</sup>

*Національний центр «Мала академія наук України»*

<sup>1</sup>*Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика*

Описано підходи та інструменти формування онтологічних систем медичних документів (МД). Визначено умови їх створення на основі частково впорядкованих положень відповідних медичних теорій. Визначаються такі інструменти, як термінополе МД, таксономія, редуктор множинних відношень між поняттями теорії, положення якої відображаються у МД. Онтології документів розглядаються як мережецентричні медичні інтерактивні системи знань. Наведено приклади динамічного представлення станів взаємодії лікарів і пацієнтів із онтологічною системою МД.

**Ключові слова:** медичний документ, термінополе, контекст, множинність, онтологія, таксономія, редуктор, тезаурус, мережецентризм.

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИНТЕРАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗНАНИЙ – ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

А. Е. Стрижак, О. П. Минцер<sup>1</sup>, Л. Ю. Бабинцева<sup>1</sup>

*Национальный центр «Малая академия наук Украины»*

<sup>1</sup>*Национальная медицинская академия последипломного образования имени П. Л. Шупика*

Описываются подходы и инструменты формирования онтологических систем медицинских документов (МД). Определяются условия их создания на основе частично упорядоченных положений соответствующих медицинских теорий. Определяются такие инструменты, как терминополе МД, таксономия, редуктор множественных отношений между понятиями теории, положения которой отражаются в МД. Онтологии документов рассматриваются как сетевые медицинские интерактивные системы знаний. Приводятся примеры динамического представления состояний взаимодействия врачей и пациентов с онтологической системой МД.

**Ключевые слова:** медицинский документ, терминополе, контекст, множественность, онтология, таксономия, редуктор, тезаурус, сетевые центры.

## ONTOLOGICAL KNOWLEDGE INTERACTIVE SYSTEM – THE PARADIGM OF MOBILE HEALTH DEVELOPMENT

O. Ye. Stryzhak, O. P. Mintser<sup>1</sup>, L. Yu. Babintseva<sup>1</sup>

*National Center "Minor Academy of Sciences of Ukraine"*

<sup>1</sup>*Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education*

It describes the approaches and tools of formation of the ontological systems of medical records. The conditions of their creation on the basis of the relevant provisions of partially ordered medical theories are defined. There are determined such tools as term field of medical document, taxonomy, reducer of multiple relations between the concepts of the theory, the provisions of which are reflected in a medical document. Documents ontologies

are considered as network-centric interactive medical knowledge systems. Examples of dynamic presentation of the state of physicians and patients interaction with ontological medical document system are presented.

**Key words:** medical document, term field, context, plurality, ontology, taxonomy, reducer, thesaurus, network-centric.

**Вступ.** Основне завдання медичного супроводу процесів надання медичних послуг – це забезпечення гармонійної взаємодії лікарів і пацієнтів. Одним із основних інструментів забезпечення цього процесу є медичний документ (МД) – інформаційний об'єкт із повністю визначеними компонентами, що може містити текст, зображення, звук і інший мультимедійний зміст. У ряді джерел він носить назву медичного документу – MDA [16].

Безумовно, кожен МД повинен системно відображати стан здоров'я пацієнтів (населення), виходячи з положень існуючих теоретичних міркувань та стандартів, що використовуються в системі надання медичних послуг на різних рівнях. На сьогодні МД характеризуються:

- певною непустою множиною контекстів, які розкривають їх зміст та забезпечують аксіоматику і інтерпретування згідно положень конкретної медичної теорії;
- віддзеркаленням множин тверджень та висловлювань щодо застосування певних методик діагностики та лікування хворих у термінах певних медичних теорій;
- лінійною впорядкованістю викладання понять, які визначають стани здоров'я людини та також описуються в термінах певних медичних теорій;
- позиційним розташуванням елементів множини контекстів кожного поняття у різних місцях за змістом;
- підтримкою процесів послідовного переходу від окремих контекстів при опануванні змісту;
- неповнотою посилань на інші джерела медичних знань;
- слабкою динамічністю включення посилань на новітні джерела медичних знань тощо.

З наведеного визначення становиться зрозумілим, що кожен МД відображає певний обсяг тематичних медичних знань, які представлені інформаційними описами у вигляді природно-мовних конструкцій [2, 3, 14], відображають висловлення, судження та твердження про певні факти, що відображають відповідний стан здоров'я пацієнтів. При цьому використовуються різноманітні тематичні терміни та медична професійна лексика. Цей стиль характерний для освітньої, наукової та експертно-

методичної літератури являє собою певною мірою впорядковану (для даного часу) множину наукових та експертних повідомлень, які формуються на основі певних предметних понятійних систем. Таким чином, можна зробити висновок, що МД має бути якісним джерелом медико-тематичної інформації щодо відображення стану здоров'я пацієнтів і забезпечувати подальше її інтерпретування при виборі тактики лікування пацієнтів. Тож кожен МД за своїм змістом має відображати понятійну систему певної медичної теорії [4].

Методичним принципом створення МД щодо його використання у лікувальному процесі має стати відображення всієї понятійної системи в медицині, її аксіоматики, правил, синтаксичних та морфологічних основ теорії, яка використовується. Тільки тоді МД забезпечить формування операціонального простору діяльності лікарів на різних рівнях надання медичної допомоги. Іншими словами, понятійні системи тематичних медичних дисциплін, які відображають зміст МД по кожному пацієнту, повинні бути для них знаннево-функціональним ядром їх операціональності, що й складає їх професійно-орієнтований діяльнісний простір. Здатність інтегровано використовувати своє знаннево-функціональне ядро, яке формується у будь-якої особистості протягом всього життя та визначає рівні її компетентності й освіченості, складає основу коректної взаємодії лікарів, пацієнтів та різних інституцій, які також беруть участь у лікувальному процесі.

Інформаційні процеси, які на сьогодні розвиваються у суспільстві, ставлять певні вимоги до функціональних властивостей сучасного МД, в першу чергу – інтерактивність та інтерооперабельність.

Особливі потреби до МД виникають в принципово новому напрямку сучасної охорони здоров'я – мобільній медицині, зокрема телемедицині. Відсутність прямого контакту лікаря та пацієнта обумовлює особливі вимоги до інтерпретації інформації, яка отримується. Виникає необхідність розширення функціональності МД на основі використання сучасних ІТ-технологій, залучення інформаційних середовищ, ресурсів та мережних інформаційних систем. При чому категорія інтегрованості змісту

МД однозначно визначає наявність інструментів пошуку, категоризації, класифікації та визначення його тематичної еквівалентності за змістом з зовнішніми мережними медичними інформаційними ресурсами.

Крім використання у лікувальному процесі сучасних інтерактивних засобів його підтримки, вкрай важливим є комплексний розгляд спільного використання локальних джерел, документів та

ІТ-засобів, в технологічній основі яких лежить знаннево-орієнтований підхід для взаємодії з мережецентричним інформаційним медичним середовищем [10].

Узагальнена схема визначення вимог щодо взаємодії лікарів та пацієнтів у сучасному інформаційному середовищі представлена на рис. 1.



Рис. 1. Узагальнена схема визначення вимог щодо взаємодії лікарів та пацієнтів у сучасному інформаційному середовищі на основі використання змісту МД

**Мета роботи:** узагальнення та формалізація уявлень про формування та застосування МД на основі інтеграції інформаційних масивів, що мають відношення для опису стану пацієнта, обґрунтування стратегії та тактики лікування.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження є теоретичним узагальненням щодо теорії формалізації медичної інформації.

Будь-який МД за своєю структурою складається за науково-методичним стилем зі строго лінійно впорядкованих контекстів. Взагалі зміст любого МД формується на основі інтеграції інформаційних масивів та ресурсів, що відповідають тематиці медичної дисципліни. Структура МД, в свою чергу, відображає основні та допоміжні терміни та поняття, відповідні їх властивості та взаємозв'язки.

Можна стверджувати, що зміст МД породжується не пустою множиною взаємопов'язаних дефініцій термінів, які визначають імена концептів предметної медичної дисципліни. Таку множину термінів ми будемо визначати як **термінополе** МД [6, 7, 14]. Всі елементи термінополя, на основі методичних правил викладання послідовності його змісту, строго впорядковані та складають на цій основі безпосередньо текст МД.

Технологічним підходом щодо забезпечення інтегрованого використання МД є формування інформаційно-методичної бази, яка змістовно забезпечує весь лікувальний процес на основі методів онтологічного моделювання МД та інформаційних процесів, що використовуються. Такий підхід забезпечує визначення умов щодо створення усього

інформаційно-лікувального середовища у вигляді взаємодіючих між собою інтерактивних мережецентричних [19] баз знань.

Виділення набору дій на основі системи знань, яку описано та подано в різноманітних МД, можливо на основі застосування до її природно-мовного тексту процедури структуризації [3, 14]. Для цього виконують деякі перетворення книжкового тексту, для представлення його не в звичайному вигляді послідовного і за стилем узгодженого викладу інформації, а відобразивши його в сукупності конкретних висловлювань і тверджень, які представлені певними контекстами [6, 14]. Конкретні предметні висловлювання/твердження, що мають тематичну спрямованість, являють собою певну пасивну базу знань [3].

Перетворення пасивної бази знань, яка представлена у вигляді викладених у МД інформаційних описів, в активну систему, можливо на основі перетворення цих описів в певні термінополя, де конкретні поняття стають концептами предметної області, яку описано в книзі. Зазначені концепти складають певні твердження, які визначають конкретні дії та результати цих дій. Безпосередньо самі твердження будуються на основі використання семантики концептів і тих відношень, які ці концепти зв'язують певним змістом.

Множини висловлювань/тверджень, сформовані на основі тематичних концептів, утворюють певну категорію [8], об'єкти якої мають морфізм для кожної пари «висловлювання – твердження». Надалі будемо розглядати морфізми, які перетворюють висловлювання, що подані в тексті МД, в твердження, які є істинними для описуваних фактів.

Відзначимо, що важко розділити поняття «висловлювання» і «твердження» – вони практично еквівалентні. Такий поділ є досить штучним і має конструктивний характер в термінах теорії нормальних систем [17], де висловлювання визначає набір вихідних (пасивних даних), а твердження дозволяють виділити і визначити конкретні активні дії. Тобто ми формуємо множини висловлювань конкретного тематичного характеру, відображаємо ці висловлювання у формі тверджень, перефразовуючи їх в позитивну форму [4].

Така стверджувальна форма допоможе нам сформулювати певну гіпотезу, яка на основі значення конкретних фактів, що представляють прояви конкретних явищ, може підтвердитися або виявитися неспроможною [4].

Сформулюємо для висловлювань і тверджень наступне правило:

а) вислів/твердження вважається придатним, якщо існують умови, що визначають його істинність;

б) вислів/твердження вважається непридатним, якщо не існує умов, що визначають його істинність.

Узагальнено комп'ютерна онтологія розглядається, як експліцитно визначена специфікація концептуалізації множинності об'єктів і зв'язків між ними [14, 17, 18]. В онтологію також включаються і системи обмежень, які можуть бути накладені на відношення в рамках тематики предметної області й виражаються у вигляді певної множини аксіом, що задається на основі понять-концептів та відношень між ними. На цих підставах ми можемо розглядати онтологію як концептуально визначену і задану систему знань.

Онтологію, як певну категорію розвитку та реалізації інформаційних технологій, будемо розуміти і формулювати на основі визначення, даного в роботах [2, 3, 14, 17–19]:

- ієрархічна структура кінцевої множини понять-концептів, які описують задану тематику предметної дисципліни, що вивчається;
- структурно онтологія може бути представлена у вигляді онтографа, вершинами якого є поняття, а дуги – семантичні відношення між ними;
- поняття-концепти і відношення інтерпретуються відповідно до загальнозначущих функцій інтерпретації, взятих з електронних джерел знань заданої тематики предметної дисципліни, що використовується у лікувальному процесі;
- визначення понять і відношень виконується на основі аксіом і обмежень (правил) їх області дії;
- існує засіб формального опису онтологічного графа (онтографа);
- функції інтерпретації та аксіоми можуть бути описані в нотації формальної теорії.

Отже, онтологія охоплює більш широку сферу, ніж просто деталізований набір понять і відносин. Онтологія є відображенням певної теорії й може бути представлена як активна система знань, яка включає в себе множини об'єктів, що пов'язані з описами, а також формальні аксіоми, які обмежують інтерпретацію і спільне вживання цих термінів. Тобто онтологію можна розглядати як певну логічну теорію, деяке числення зі своїми правилами. Ця теорія дозволяє систематизувати категорії дійсності як такі, що зокрема виражаються мовою значень [2–4] та які викладено у змісті МД.

Визначимо необхідні інструменти забезпечення інтерактивності, інтегрованості та інтерооперабельності контенту, що визначає зміст довільного МД.

Перш за все, МД повинен включати до себе та відображати понятійну систему теорії, яка визначає предмет та тематику медичної дисципліни, що використовується в лікувальному процесі. Однак зрозуміло, що усі елементи понятійної системи представлені певними поняттями, які можна умовно поділити на прості та складні. Прості є іменами конкретних об'єктів, та їх ознакою є те, що вони не можуть бути розкладені на більш прості об'єкти в рамках викладання дисципліни. Складні фактично представляють різні композиції з простих об'єктів і можуть бути представлені певною фразою з декілька слів, чи мати певне ім'я, яке представляє категорію чи клас об'єктів [15]. Надалі усі елементи понятійної системи будемо називати концептами та позначати літерою  $x$ , а множину концептів будемо позначати великою літерою  $X$ .

Усі поняття-концепти предметної дисципліни, яка відображається у МД, зазвичай формуються у вигляді глосарію [6]. Але головну роль у будь-якому текстовому документі, а особливо у МД, виконують контексти, які визначають властивості  $r$  та функціональність  $f$  понять-концептів, що складають його понятійну систему та відображають конкретний стан здоров'я пацієнта. Концепти, які мають визначення у вигляді певних множин контекстів, надалі будемо визначати як термінополе МД та позначати як  $T$ . Строго під термінополем  $T$  будемо розуміти множину взаємопов'язаних дефініцій (контекстів) концептів (термінів), що складають та визначають зміст певної предметної дисципліни, яка відображає у МД положення певної теорії  $Th$ .

Фактично термінополе  $T$  визначає понятійну основу взаємодії лікарів та пацієнтів з інформаційним середовищем МД та з іншими учасниками лікувального процесу на основі положень теорії  $Th$ , які викладено. Тоді множина взаємозв'язків концептів може бути задана множиною властивостей –  $R$ , які їх визначають та існують між ними. Усі ці властивості та їх функціональність визначаються у контекстах концептів, однак ці контексти звичайно викладаються у МД в досить строгому лінійному впорядкуванні [4, 17].

Отже, множини концептів, відношень між концептами, відповідні інтерпретуючи функції теорії, що визначає базові положення предметної дисципліни –  $X$ ,  $R$ ,  $F$  та  $Th$  – є певними інструментами

формування термінополя МД, яке включає понятійну систему використовуваної медичної теорії. Вказані множини утворюють певну концептуальну схему предметної дисципліни та конструктивно визначають онтологічну систему клінічного документу –  $O_{md}$ , що є відображенням певної теорії:

$$O_{md} = (X, R, F, A_{Th}), \quad (1)$$

де:  $F = X \otimes R$ ;  $A_{Th}$  – базові аксіоми теорії  $Th$ , положення якої викладаються у МД; (індекс  $md$  є скороченням англ. medical document).

Як бачимо з визначення онтологічної системи, дуже важливу роль тут відіграє множина властивостей та відношень  $R$ , елементи якої практично беруть участь в усіх утворюючих процесах онтологічної системи. Більш того, якщо зіставити інформацію, що занесена в МД, з іншими інформаційними ресурсами (монографії, підручники, тощо), то виявляється, що при реалізації діагностично-лікувального процесу інтерпретування властивостей понять потребує розуміння певної функціональності, особливо при використанні конкретних методик. Тобто, включення до операціонального простору [9, 13], що визначає можливі дії лікарів та пацієнтів, предметних функцій онтологічної системи МД конструктивно задає напрямок використання його теоретичних та практичних положень і, тим самим, формування у лікарів правильних висновків. Саме ці функції є якісним відображенням властивостей концептів, які викладаються у МД. Тоді, згідно з [14, 17, 18], онтологічна система виду  $O_{md}$  (1) є якісною складною моделлю, яка відображає усі стани взаємодії концептів теорії  $Th$ , положення якої викладаються у МД у вигляді певної множинної часткової впорядкованості контекстів цих концептів.

Цю множинну впорядкованість визначимо як гіпервідношення  $G$  [17], що відображає взаємозв'язки між контекстами концептів онтологічної системи МД. Усі ці взаємозв'язки можна представити простою моделлю бінарних відношень виду «об'єкт – об'єкт», «група об'єктів – об'єкт» та «група об'єктів – група об'єктів» [11, 14]. Однак множина цих бінарних відношень частково впорядкована та ще й має множинні властивості [14, 17]. Відношення між контекстами, які складають зміст МД, розглядатимемо як гіпервідношення  $G$  виду  $Y \circ G \circ X$ , де  $Y$  – множина всіх можливих множин концептів  $X$  термінополя  $T$  онтологічної системи  $O_{md}$  МД, а  $x$  – один з концептів цієї множини. Категорія множинності в даному випадку визначає наявність рівнозважених альтернатив активізації



взаємозв'язків між контекстами при використанні їх у лікувальному процесі, який потребує вирішення проблемних завдань та задач.

Гіпервідношення  $\mathbf{G}$ , як множина множинних бінарних відношень між контекстами концептів термінополя МД, задає процедуру формування множини таксономій, які визначають різні рівні ієрархій, існуючих між усіма концептами термінополя МД, за умови, що вони мають відповідні контексти. Зрозуміло, що вказана вище множина бінарних відношень «об'єкт – об'єкт», «група об'єктів – об'єкт» та «група об'єктів – група об'єктів» представлена у множинному гіпервідношенні  $\mathbf{G}$ . Тобто довільну множину всіх таксономій онтологічної системи МД  $\mathbf{O}_{\text{md}}$  представимо у вигляді:

$$\mathbf{T} = \mathbf{YoGoX}. \quad (2)$$

Зазначена модель бінарних відношень виду (2) задає відношення множинної ациклічності  $\mathbf{y}$  та множинної часткової впорядкованості  $\mathbf{p}'$  для всіх концептів і їх можливих множин в структурі таксономічних категорій онтологічної системи МД  $\mathbf{O}_{\text{md}}$ . Ці два відношення забезпечують виводимість відношення лінійної впорядкованості  $\mathbf{p}$ , яке визначає послідовність відображення контекстів і, тим самим, використання концептів термінополя МД. Формування з деяких концептів певних таксономій на основі застосування множинних бінарних відношень ациклічності і часткового порядку, забезпечується створенням із загальних концептів онтологічної системи множини таксономій, на підставі яких будуються твердження, які описують функціональні дії, що можуть бути застосовні лікарями у лікувальному процесі. Ці твердження створюються на основі використання пари концептів, які зв'язані відповідним множинним відношенням. Відзначимо також, що ці твердження є тавтологіями за умови, що з концептів таксономій, які формують вказані твердження, може бути утворено множину з відношенням лінійного порядку.

Відношення лінійної упорядкованості  $\mathbf{p}$  на основі використання положень теореми Шпільрайна [4, 17] виводимо з відношення ациклічності:

$$x_i^j \gamma x_l^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j p x_l^k \quad (3)$$

Також воно виводиться з відношення часткового порядку:

$$x_i^j p x_l^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j p x_l^k \quad (4)$$

Тобто, для довільної онтологічної системи  $\mathbf{O}_{\text{md}}$  виду (1) завжди існує певна непорожня множина

істинних висловлювань, яка утворюється концептами цієї онтології за умови, що ці концепти впорядковані між собою множинними бінарними відношеннями виду:

$$r^m(x_i^j, x_l^k) \mid x_i^j \in X_i; x_l^k \in X_l; r^m \in R \neq \emptyset \quad (5)$$

які задаються множинним гіпервідношенням  $\mathbf{G}$ , що представлено, згідно семантики виразу (2), множинними бінарними відношеннями ациклічної впорядкованостями, часткової та надалі лінійної впорядкованості, і які задано над концептами множини таксономій  $\mathbf{T}$  онтологічної системи МД –  $\mathbf{O}_{\text{md}}$ .

Більш того, вираз (2) –  $\mathbf{T} = \mathbf{YoGoX}$ , який у загальному вигляді представляє процес формування таксономії, що структурно відображає змістовну частину МД, при заміні в його правій частині множини концептів  $\mathbf{X}$  на змінну  $x$ , яка визначає тільки один його концепт, має вигляд  $\mathbf{YoGoX}$ , що дозволяє визначити вираз (2), як певний редуктор [4, 8, 14] для множини концептів термінополя  $\mathbf{T}$ . Формально це представимо у наступному виразі:

$$\mathbf{T} = \mathbf{YoGoX} \Rightarrow \langle \mathbf{YoGoX}_1, \mathbf{YoGoX}_2, \dots, \mathbf{YoGoX}_i \mid 1 \leq i \leq \text{card}(\mathbf{T}) \rangle \quad (6)$$

Фактично вираз (2), на основі застосування до його складових редукції виду (6), відображаємо у вигляді частково впорядкованої послідовності виразів виду (3)–(5), і за рахунок цього отримуємо множини частково впорядкованих пар концептів  $\{(x_i; x_j) \mid 1 \leq i, j \leq \text{card}(\mathbf{T})\}$ , які й створюють таксономію для змістовної частини МД.

Відзначимо також, що до складу концептів, які зв'язуються між собою гіпервідношенням  $\mathbf{G}$  у тілі редуктора (6), входять такі, які визначають контексти самих концептів у термінополі  $\mathbf{T}$ . Тобто редуктор, крім встановлення бінарних відношень множинної часткової впорядкованості між концептами, також встановлює вказані відношення між їх контекстами. Ця властивість редуктора (6) саме і забезпечує множинність відображення послідовності викладання змісту в онтологічному посібнику. Тобто завжди можна знайти непорожню множину концептів онтологічної системи МД, де існує хоча б один з типів відношень упорядкованості виду (3)–(5), і концепти, пов'язані таким відношенням, можуть утворювати істинні висловлювання. Отже, ці умови задають індуктивність процесу формування множин концептів, між якими встановлюються гіпервідношення  $\mathbf{G}$  і фактично

конструюється таксономія та/або таксономічна категорія. Індуктивність процесу формування таксономії  $\hat{T}$  задається послідовністю застосування редуктора (6) до множини концептів МД, як певної онтологічної системи  $O_{md}$ .

Перехід від декларативності онтологічної системи до імперативності її концептів та їх композицій в лікувально-діагностичному процесі може визначити його особливості. Імперативне представлення забезпечує формування його операційності, що може бути представлено у вигляді системи **{дія результати}** [8, 13, 14]. Вказаний тип системи визначається як натуральний – **Snat**. Будь-яка натуральна система може бути представлена за умови існування непустої множини можливих наборів дій – **F** [8, 14]. Множина **F** тут включає функції інтерпретації, які визначають онтологічну систему МД –  $O_{md}$ .

Виходячи з визначень онтологічної та натуральної систем і семантики виразів (1) і (2), можемо стверджувати, що для онтологічної системи МД –  $O_{md}$  завжди можна знайти набір дій  $F_k \subset F$ , таких, що завжди існує хоча б одне непустий  $f^i \in F_k$  – таке, що існує також як набір концептів  $X_j$ , для яких  $f^i(x_1, x_2, \dots, x_n) \in F_k$ . Тобто для елементів множини концептів **X** завжди знайдеться відповідний непустий набір дій із множини **F**.

Відповідно до [8], такі множини можуть бути або замкнуті, або відкриті. Надалі будемо розглядати відкриті множини дій, тому що для кожної множини властивостей **R** у натуральній системі можливе визначення більш нового концепту  $x_{n+1}$  для множини **X** – такого, що існує додаткова властивість  $r'$ , яка забезпечує виконання правила

$$f^i(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}) \in F_k.$$

Такий набір дій відповідно до роботи [8] будемо визначати як узгоджений.

Зазначимо також, що якщо всі непусті декартові добутки множин **X** і **R** онтологічної системи МД  $O_{md}$  утворюють певну підмножину дій  $-F_t \subset F$ , які можуть бути представлені у вигляді певних тверджень, то на множині дій можливо задати певну множини висловлювань, яка також утворює натуральну систему. Конструктивним у визначенні натуральної системи **Snat** є той факт, що усі наведені множини утворюють певну онтологію виду (1).

У множині таксономій  $\hat{T}$ , що утворена на основі множин концептів і множинної бінарної гіпервластивості, завжди можна виділити непорожню підмножину таксономій  $\hat{T}' \subset \hat{T}$ . Ця підмножина таксономій є спільною як для натуральної системи

**Snat**, так і для онтології  $O_{md}$  і зберігає бінарні відношення. Тоді завжди можна знайти непорожню множини відображень  $\bar{G}$ , що здійснює опис натуральної системи **Snat** в онтологію  $O_{md}$ . Також завжди при заданих умовах формування множини таксономій  $\hat{T}$  можна знайти множини зворотних відображень  $\bar{G}-1$ , що переводять опис онтології в опис натуральної системи **Snat**:

$$\bar{G} : \text{Snat} \Rightarrow O_{md}. \quad (7);$$

$$\bar{G}-1 : O_{md} \Rightarrow \text{Snat}. \quad (8);$$

Таку взаємодію між натуральними системами і онтологіями будемо називати двоїстою.

Конструктивність представлених положень двоїстості, що описують взаємодію таких категорій, як натуральна система і онтологія, полягає в тому, що ми можемо завжди побудувати впорядковану послідовність відображень між множинами, які складають **Snat** і  $O_{md}$ . При цьому поняття **дія і результат**, описувані в термінах концептів цих категорій, можуть бути виражені у вигляді впорядкованої послідовності тавтологій. Тобто застосування до множини концептів онтології  $O_{md}$ , над якими задані бінарні відношення виду (3)–(5), будь-якого погодженого правила з множини дій **F** типу  $f^i(x_1, x_2, \dots, x_n) \in F_k$  дозволяє для довільної натуральної системи **Snat** завжди визначити непорожню множини тавтологій, що може бути розширена новою тавтологією. Таким чином, при використанні онтологій в процесі формування лінійно-впорядкованих таксономій можна виконувати підстановку множин висловлювань, які задаються на множині концептів натуральної системи у вигляді тавтологій. Тоді при застосуванні правил двоїстості відображення (7) і (8) онтологічної системи (1) до натуральної визначаються умови формування послідовності виконання лікувальних дій пацієнтів, які формулюються у вигляді послідовності тавтологій, що утворюються з концептів понятійної системи МД.

Підсумовуючи наведене вище, підкреслимо, що в процесі формування онтологічної системи МД  $O_{md}$ , семантичну основу якої складають термінополе **T**, таксономія та гіпервідношення множинної часткової впорядкованості **G**, усі її концепти поділяються на класи **K**, за визначеними відношеннями між собою та властивостями, які їх визначають [1]. Всі ці відношення та властивості й складають множини відношень між концептами – **R**, яка утворює онтологічну систему МД –  $O_{md}$ . І ця множина відношень визначає певні функції онтологічної системи МД, що інтерпретують множини дій, які

можуть бути застосовані до концептів, як об'єктів певної теорії.

Фактично таксономія онтологічного МД формується на основі множини класів, на які можна розбити його термінополе. Кожен такий клас являє собою підмножину концептів онтологічної системи, які мають певну спільну властивість. Більш того, ім'я кожного класу являє собою складний концепт онтологічної системи. Тоді згідно визначення онтології (1) та спільної властивості, за якою концепти об'єднуються у певні класи, можна визначити їх функціональність –  $f^i(x_1, x_2, \dots, x_n) \in F_k$ . Зрозуміло, що ці підмножини класів можуть мати непустий перетин, тому що певні концепти можуть бути елементами різних класів термінополя, що визначається множинністю гіпервластивості **G** термінополя онтологічної системи МД.

Безпосередньо процес формування онтологічної системи МД включає такі дії:

- визначення термінополя на основі контент-аналізу усього змісту МД як пасивної системи знань;
- формування множини таксономій  $\mathcal{T}$  на основі формування множинних бінарних відношень між концептами термінополя на основі застосування редукції гіпервідношення **G**, що задає множинну часткову впорядкованість усіх понять-концептів, які визначають його контент за змістом;
- визначення множин функцій виду  $f^i(x_1, x_2, \dots, x_n) \in F_k$ , інтерпретуючих усі можливі дії концептів онтології, які представлені у множині класів термінополя **K**;
- визначення натуральної системи **S<sub>nat</sub>**, яка відповідає умовам подвійності (7) та (8) щодо онтології **O<sub>md</sub>**, як імперативної системи, в середовищі якої забезпечується операційність практичної діяльності лікарів і лікування пацієнтів.

Онтологічна система медичного документу – формальна специфікація концептуалізації контенту та лікувально-діагностичних завдань, що відбувається у контексті теорії предметної використовуваної дисципліни. При цьому під концептуалізацією розумітимемо, крім збору понять, також всю інформацію про ці поняття – властивості, відношення, обмеження та твердження про поняття, що необхідні для опису та вирішення завдань управління знаннями в ході підтримки лікувальної діяльності. Основу таксономії онтологічної системи, як певної множини об'єктів, що створюють певну групу на основі ієрархічних відношень, складає

категорія об'єктно-орієнтованого класу. Редукція онтологічної системи виду (6), що реалізується у вигляді бінарного оператора її натуральної системи на основі множинних відношень таксономії, забезпечує інтерактивну інтеграцію змісту МД з іншими інформаційними ресурсами, включаючи як мережні інформаційні системи, так і просто текстові документи.

На основі універсальності певних властивостей онтологій можна зробити такий висновок: усі семантичні утворення формованого типу онтологічної моделі можна представити у вигляді множини істинних висловлювань та/або тверджень, що зв'язують концепти онтології. При цьому всі ці твердження можуть мати тривіальний вид, тобто бути представленими тільки двома пов'язаними концептами. Дане твердження також підкреслює рекурсивність властивостей онтології, тобто будь-який концепт може мати складну структуру, яку завжди можна розкласти на складові тривіальні твердження.

Рекурсивність [4, 8] представлення семантичних утворень як множин композицій з концептів у вигляді істинних тверджень дозволяє застосовувати для їх опису різні за рівнем формалізації мовні моделі. Дійсно, при вирішенні конкретної задачі виконуються дії, пов'язані з аналізом вихідних даних, визначенням використовуваних в процесі її вирішення аксіом і правил-теорем, формулюванням кожного проміжного стану процесу рішення тощо. І кожен такий опис може бути представлений у вигляді конкретного висловлювання та/або твердження в термінах використовуваної для її вирішення теорії. Власне конструкції, що описують стан процесу вирішення задачі, можуть бути представлені різною термінологією – природно-мовною, предикативними формулами, рівняннями різного виду і типу, графічними схемами тощо. Онтологічна система, в середовищі якої можлива реалізація такого гібридного мовного представлення сценарію знаходження рішення, повинна володіти складними засобами синхронізації синтаксичних описів як використовуваних концептів, так і самих тверджень, що представляють конкретні стани вирішення лікувального завдання.

Визначимо поняття *взаємодії* між компонентами онтологічної системи МД. Під взаємодією будемо розуміти будь-яке непусте твердження, що пов'язує конкретною дією компоненти онтологічної системи. Під дією розуміється будь-яке перетворення, пов'язане з концептами онтології. Прикладом може



бути встановлення істинності висловлювання, побудованого з концептів, визначення типу відношень між ними, формулювання та/або доказ істинності певного твердження. Поняття взаємодії дозволяє розглянути процес синхронізації на основі виділення певних інваріантів, які певною мірою впливають на стан взаємодії онтологічних системних компонентів: концептів, їх властивостей і відношень між ними, правил поводження з ними в рамках певних теорій. Зрозуміло, що такі інваріанти беруть безпосередню участь у взаємодії компонентів онтологічних систем.

Категорія *взаємодія* передбачає участь у формуванні ситуації як мінімум двох системних компонент онтології, де кожна із компонент може чинити одна на іншу певні дії. Прикладом впливів концептів один на одного можуть бути сформовані прості предикативні висловлювання і/або істинні тривіальні твердження.

При цьому варто відмітити, що таксономічні структури виду (2) та (6) онтологічної системи МД, як підмножини концептів, можуть бути представлені у вигляді наборів послідовностей різної довжини, що становлять послідовність  $2^x$ . Тоді в множині функціоналів  $F$  можна завжди визначити як мінімум одну впорядковану функцію  $F_p$  на послідовності  $2^x$ . Функція  $F_p$  має властивість адитивності, порядкоадитивності і монотонності [18]. Справедливим буде твердження, що серед концептів термінополя  $T$  завжди можна знайти концепт  $x \in X$ , такий що:

$$F_p(X) = \max F_p(T) \quad (9)$$

Тобто, підбираючи тип відношення упорядкованості, як декартовий добуток концептів, ми завжди можемо визначити послідовність з концептів  $x$ , пов'язаних цим типом відношення бінарної упорядкованості, та визначити позиціонування кожного концепту. Тоді можна визначити непусту кінцеву множину впливів  $Q$  [8], таку, що її елементи  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  визначають множину наслідків  $\psi$  використання концептів онтології. Зазначена множина наслідків дозволяє задати множину причинно-наслідкових відношень –  $\Lambda$  між множинами  $X, R$  і  $F$ . Таким чином, впливи концептів один на одного можуть бути ініційовані на основі вибору певного причинно-наслідкового відношення. Самі причинно-наслідкові відношення встановлюються між конкретними парами концептів, які можуть належати до різних таксономій. Тоді вплив на конкретні набори концептів може бути ініційований

активним використанням обраної на основі умов впливу таксономії.

Причинно-наслідкові відношення можуть бути визначені відображенням:

$$QxX \Rightarrow \psi xT \quad (10)$$

Відповідно застосування функції впорядкованості – вираз (9) та відображення виду (10) дозволяють задати послідовність  $2^x$  при визначенні умов формування таксономій  $T$ , і тим самим визначити розкладність множини концептів  $X$  по множині наслідків  $\psi$  та по підмножині причинно-наслідкових відношень. Тобто активність онтологічних систем МД визначається процесом формування множинності станів взаємодії на основі визначення умов впливу компонентів, що її утворюють – концептів і їх впливу один на одного як на індивідуальному, так і на множинному рівнях.

На кожному етапі формування стану взаємодії учнів зі змістом МД завжди реалізуються наступні дії – *аналіз, синтез, вибір*. Опис зазначених дій реалізується в термінах використовуваної на даний момент теорії. Причому зазначені види дій можна визначити як *інваріанти*, що представляють практично будь-який стан взаємодії.

Очевидним є факт представлення інваріантів у вигляді тверджень, сформованих з концептів онтології, а оскільки концепти онтології пов'язані між собою певними відношеннями, слід розглянути аспект їх асоціативності. Це дозволяє відійти від розгляду синтаксичних конструкцій, що пов'язують концепти онтології, і будувати аналіз умов їх застосовування в кожному конкретному стані взаємодії на основі їх властивостей. Іншими словами, визначення порядку, використовуваного при взаємодії концепту (вираз (2)), і побудова таксономічних структур онтології, як інформаційного базису формування істинних тверджень (вираз (6)), забезпечують подання формованих станів взаємодії в довільній синтаксичній конструкції. Головне, щоб правила побудови цих конструкцій були представлені в аксіоматиці онтологічної системи. Синхронізація між станами реалізується за рахунок властивості асоціативності, яка визначається для концептів онтології як гіпервідношення множинної слабкої упорядкованості [8].

Властивість асоціативності дозволяє розглядати функцію виразу (9) як сепарабельну. Тобто всі інваріантні по відношенню до станів онтологічної системи дії можуть бути застосовані окремо та без урахування значень порядкової функції при виборі умови впливу.

Слабка впорядкованість тільки задає порядок розгляду множини впливів  $q_i \in Q \mid 1 \leq i \leq n$  при формуванні станів, але не визначає порядок послідовності між ними та їх ієрархічну підпорядкованість. Ієрархічність, що віддзеркалюється множинами таксономій  $T$ , визначається відношеннями лінійної упорядкованості.

На основі множинних відношень між концептами таксономій визначається область застосування інваріантних дій при формуванні станів взаємодії онтологічної системи. Особливу роль тут грає дія вибору. Цей онтологічний інваріант визначається функцією вибору –  $F_{sel}(X)$  [5, 8, 14], що задана над концептами, між якими визначено множинне бінарне відношення часткової упорядкованості –  $R_p \subseteq R$ .

$$Q \times R_p = F_{sel}(X) \Rightarrow \psi \times T \quad (11)$$

Практично ініціалізація впливу на будь-який концепт або категорію онтологічної системи визначається інваріантною дією вибору. Тим самим породжується певна функція вибору, яка задається над таксономічними структурами онтологічної системи. Первинним є вибір таксономічної структури. Причому первинність має певну подвійність – вибір концептів при формуванні множини таксономій онтологічної системи і вибір безпосередньо таксономії для формування станів взаємодії. Безпосередньо вибір реалізується на основі послідовного застосування функції порядку (9) до певної підмножини  $X' \subseteq X$ .

Функція вибору виду (11) детермінована і забезпечує формування таксономій на основі використання відношення множинної упорядкованості і причинно-наслідкових зв'язків –  $\Lambda$ . Дотримання зазначених дій і умов їх здійсненності виду (2), (6), (9)–(11) забезпечує на етапі формування станів взаємодії формулювання істинних тверджень, як семантичних утворень онтологічної системи. Сам вибір здійснюється в два елементарних етапи:

- 1) реалізується аналіз властивостей концепту  $i$ ;
- 2) генерується бінарне відношення упорядкованості, що зв'яже елементи онтології: *концепт – концепт*; *концепт – властивість – відношення*; *концепт – функція – правило*.

Рекурсивне застосування функції вибору за обраними відношеннями упорядкованості є правилом побудови таксономічної структури онтологічної системи. Сам вибір може бути представлений певним методом. До переліку таких методів відносять: скалярно-оптимізаційний, векторно-оптимізаційний, графо-домінантний та інші [5, 8].

Ефективність застосування кожного з них залежить від багатьох умов. Так, при формуванні таксономічних структур найбільш оптимальним є графо-домінантний. Цей метод використовує множинну впорядкованість концептів і їх властивостей. У випадку, коли відповідний вибір концептів здійснюється за умови існування умови екстремальності, найбільш доцільним є скалярно-оптимізаційний метод. Якщо властивості концептів онтологічної системи можуть утворювати множину Парето [5], то найбільш доцільним методом є векторно-оптимізаційний. Причому перевагою останнього методу є можливість ініціювати вплив на категорію властивостей концептів онтології. Домінуючим впливом на формування стану взаємодії онтологічної системи є об'єднуюча властивість, що виділяється як ознака. Відображенням сформованого стану взаємодії є конкретна таксономія з обраних концептів онтології.

Як видно, всі стани взаємодії онтологічної системи формуються на основі функцій вибору, аналізу та синтезу. Більш того, всі етапи включають в себе вплив категорії онтологічної системи, на підставі якого реалізується раціональний вибір стану. Оскільки функція раціонального вибору має властивості спадкування, незалежності за вибором варіантів і сепарабельності, то справедливим є твердження: всі стани взаємодії онтологічної системи володіють перерахованими властивостями функції вибору. Така властивість онтології дозволяє знаходити еквівалентні стани взаємодії при вирішенні медичних завдань. Цей висновок дозволяє нам стверджувати, що будь-який онтологічний підручник являє собою інтерактивну базу знань і є основою створення певної дисциплінарної теорії [4, 19].

Застосування вказаних вище дій, щодо формування онтологічної системи МД, забезпечує формування *госарію, таксономії, тезаурусу, інтерактивної системи знань*.

Госарій безпосередньо є певним представленням таксономії МД, у якій над концептами задано бінарне відношення лінійної впорядкованості. Цю впорядкованість можна визначити як лексикографічну [12]. Тоді процес формування госарію полягає у визначенні над усім термінополем МД, як множиною концептів, вказаного лексикографічного впорядкування.

Кожна таксономія є ієрархічним розташуванням концептів-понять, що має часткове та лінійне впорядкування. Тобто кожна таксономічна структура

може бути представлена у вигляді графа без циклів, над вузлами якого, що мають вхідні та вихідні стрілки, може бути визначена множинна бінарна часткова впорядкованість. Такі графи також називають пірамідальними мережами [3, 14]. Таксономія формується на основі застосування до усіх концептів термінополя та їх контекстів, що є певними дефініціями, правила редукції (7). Редукція, яка є певним бінарним відношенням, що виділено, на основі застосування правил (2)–(6), з гіпервідношенням множинного часткового впорядкування, забезпечує виділення класів та створення ієрархічних ланцюгів у структурному представленні взаємодії концептів онтологічної системи МД між собою. Множинність визначається альтернативністю вибору певних бінарних ланцюгів таксономічної структури. Фактично, головним завданням таксономії є утворення множинної ієрархії концептів термінополя онтологічного МД.

Відображення усієї категорії термінополя здійснює тезаурус, як словник, що відображає безпосередньо концепти, але з визначенням усіх типів семантичних відносин, які існують між ними, та їх дефініціями і контекстами. Фактично тезаурус повністю описує тематику знань предметної медичної дисципліни МД, але не досить повно відображає її функціональність.

Інтерактивна система знань (ІСЗ) – це певне операційне середовище, що забезпечує повномасштабну інтерактивну взаємодію лікарів і пацієнтів на основі інтерпретування всіх множин концептів та їх контекстів, які складають термінополе МД. Більш того, у її середовищі забезпечується виводимість певних тверджень, які формулюються на основі встановлення між концептами бінарних відношень та подальшої побудови певних природно-мовних лексичних конструкцій, що відображають конкретну функціональність вибраних концептів. Процедури доведення лікарем істинності цих тверджень входять в операційне середовище його лікувальної діяльності. Безпосередньо також ІСЗ включає всі функції, що можуть бути визначені на основі множини властивостей концептів термінополя МД та бінарних відношень, які існують між ними.

В середовищі ІСЗ, що відображає зміст теоретичних положень щодо понять та фактів, які викладено у МД, забезпечується використання усіх дефініцій концептів-понять, зв'язування певними бінарними відношеннями усіх необхідних для вирішення лікувальних завдань контекстів, що розкривають сенс

кожного концепту-поняття онтологічної системи МД. Також забезпечується створення композиційних структур, які є складними якісними моделями процесів, що спостерігаються протягом усього лікування. Більш того, у середовищі ІСЗ забезпечується дослідження достовірності цих моделей на рівні доведення істинності тверджень щодо їх існування та функціонування.

Операційне середовище лікувальної діяльності лікаря фактично є відображенням натуральної системи **Snat**, яке на основі правила двоїстості є імперативним представленням онтологічної системи МД –  $O_{md}$ . Це забезпечує створення процедур інтерактивного використання функцій **F**, які визначаються, згідно визначення (1) онтологічної системи МД, на основі декартова множення множини концептів на множини їх властивостей та відношень, що між ними існують –  $F = X \otimes R$ .

Зрозуміло, що МД за своїм змістом повністю не спроможний відобразити усі положення теорії **Th**. Предметні дисципліни, в яких аксіоматика  $A_{th}$  включає досить великий перелік тверджень, що мають певний розмитий характер, ніколи не будуть досить повно описані в одному документі чи їх кінцевої множині. Тому виникає проблема розширення змісту певними положеннями теорії предметної дисципліни, що відображають сучасний стан її розвитку.

На рис. 2 представлено узагальнену схему формування онтологічної системи МД. Так, лінгвістичні процедури відповідного процесора забезпечують формування термінополя на основі контент-аналізу змісту його тексту. Результатом вказаного контент-аналізу, крім термінополя, є таксономія, класифікатор відношень та зв'язані між собою множинними бінарними відношеннями множини контекстів кожного поняття МД. Семантичні правила, які визначаються натуральною системою онтології МД, забезпечують формування класів понять та їх таксономій, зв'язування їх між собою відповідними множинними бінарними відношеннями та визначення функціоналу, що створює операціональне середовище онтологічної системи МД.

Як бачимо з рис. 2, в середовищі лінгвістичного процесору [12] на основі процедур контент-аналізу формуються глосарій та таксономія. У середовищі семантичного процесору формуються тезаурус та процедури інтерактивної взаємодії з кожним елементом термінополя, таксономії і тезауруса, як складових онтологічної системи МД, та створюються множинні бінарні відношення між ними і по-

няттями та їх контекстами. Це дозволяє визначити онтологічний МД, як інтерактивну систему знань. Також за рахунок виділення з множини множинних бінарних відношень редуктора виду (7), з врахуванням властивостей двоїстості (8) та (9), та умов, визначених правилом (12), фактично реалізується зв'язок між таксономією онтологічної системи МД та відібраними за певними критеріями мережними медичними інформаційними ресурсами. Головною рисою цих ресурсів є більш розширений контекстний опис понять, що існував раніше.

Розглянемо тепер онтологічний МД, як інструмент підтримки процесів взаємодії у інформаційно-медичному просторі.

Візуалізація взаємодії лікарів та пацієнтів полягає в автоматичній генерації коду за моделлю трансдисциплінарного онтологічного інтерфейсу (ТОІ) [12, 14], тобто, у відповідності до множинної часткової впорядкованості множин таксономічних та операціональних властивостей понять онтологічних моделей МД та відповідних медичних методик лікуван-

ня. Таксономічне розширення системи понять (термінополя онтологій медичних теорій, на основі тематичних положень яких формується відповідна методика лікування) забезпечує автоматичне включення в операціональне середовище діяльності лікаря та його пацієнта відповідних функцій. Це забезпечується за рахунок автоматичного встановлення відповідності між контекстами понять таксономії документів та функціональним забезпеченням онтологічної системи, яка концептуально відображає усю сукупність положень медичної теорії. Тобто, веб-сервіси інтерфейсу керуються моделлю онтології медичної теорії, яка реалізується у вигляді широкого набору програмно-інформаційних компонентів і складається зі статичної та динамічної частин. Статична частина містить шаблони файлів, у яких описуються множинні ієрархії між поняттями онтологічної системи усієї медичної теорії, а динамічна частина містить алгоритми інтерпретації їх функціональних властивостей.

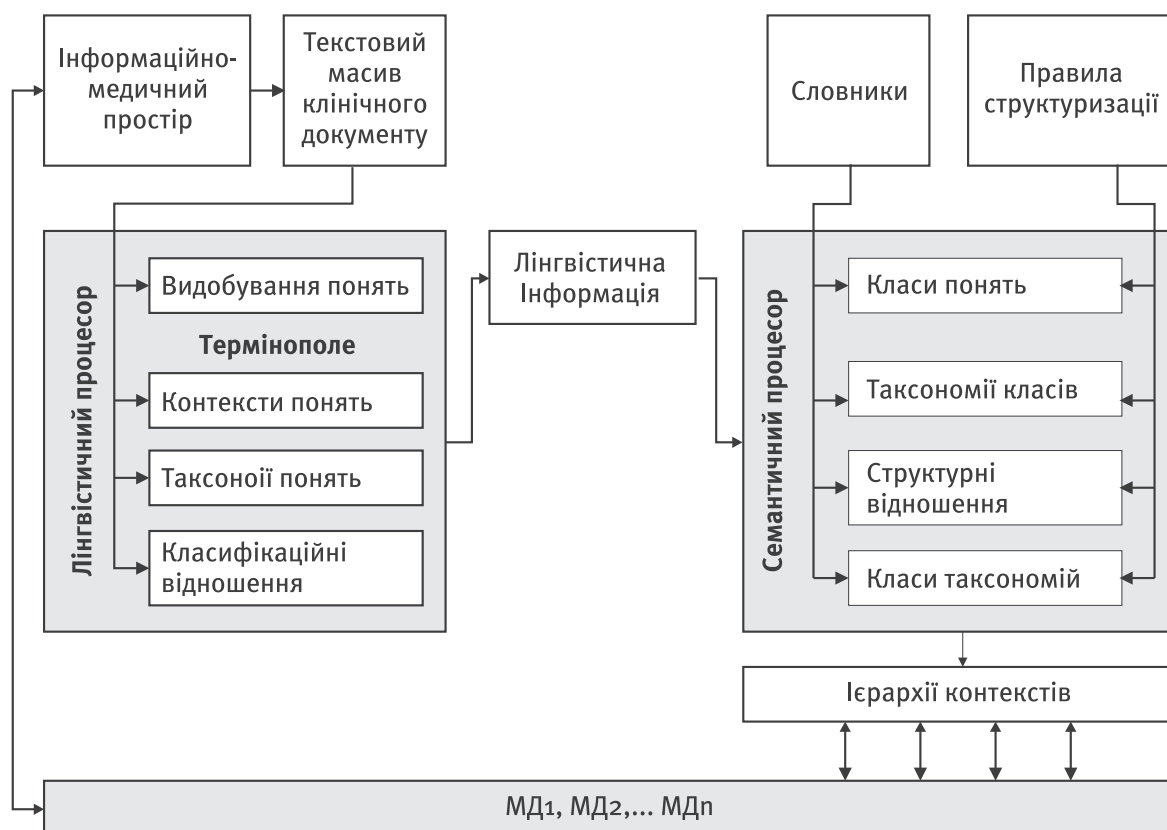


Рис. 2. Узагальнена схема формування онтологічної системи МД

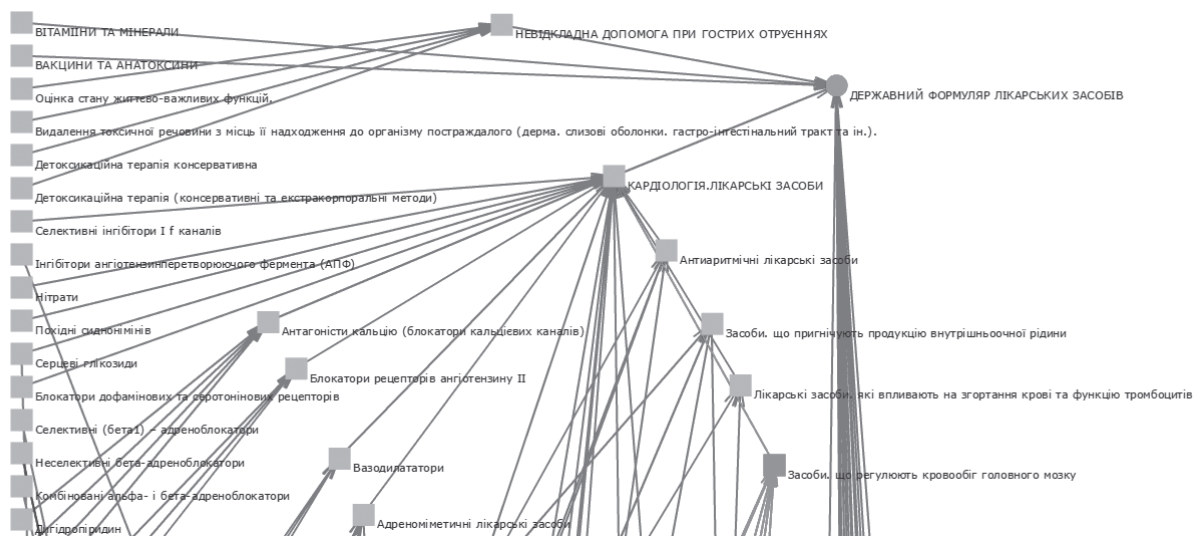


Рис. 3. Об'єктне відображення елементів трансдисциплінарного онтологічного інтерфейсу на множині МД

Новизна і відмінна особливість цього підходу до створення ТОІ, який забезпечує взаємодію зі множиною медичних документів полягає в тому, що вона розглядається як певна інтерактивна система медичних знань. Тоді її представлення у вигляді онтології, над понятійною системою якої задано гіпервідношення часткового впорядкування виду (6), забезпечує динамічне формування взаємовідношень між усіма медичними документами, які характеризують різні стани здоров'я пацієнтів. Об'єктне відображення елементів трансдисциплінарного онтологічного інтерфейсу на множині медичних документів представлено на рис. 3.

Елементами ТОІ слугують контексти понять онтологічної системи МД –  $O_{md}$ . Візуальним представленням об'єкту онтології є зображення (рисунок, фотографія тощо), джерело знаходження якого вказано у відповідній вершині онтографу. Порядок об'єктного відображення (у вигляді галереї зображень) понять предметної області на полотні (екрані) залежить від внутрішньої організації вершин в онтографі.

Текстовий опис об'єкту онтології та посилання на джерела розподілених інформаційних ресурсів відображаються поряд із зображенням та мають загальний стиль для всіх об'єктів (розмір та стиль шрифту, позиція по відношенню до зображення, посилання на інформаційні ресурси різних форматів тощо).

Об'єктне відображення елементів ТОІ виконується за рахунок програмної обробки для:

1) побудови деревовидного представлення онтографу, що слугуватиме елементами меню навігації по класам об'єктів МД;

2) знаходження в «базі даних» кожної вершини онтографу контекстів відповідних вершині понять – зображення, текстовий опис тощо;

3) формування порядку розміщення контекстів усіх понять МД відповідно до порядку розташування вершин онтографу;

4) створення списку споріднених понять інтерфейсу на основі аналізу відношень зв'язків між контекстами понять, що представлені вершинами онтографу;

5) підготовки понять МД та їх контекстів для відображення з врахуванням їх ієрархій.

Множина онтологічних систем МД  $\{O_{md}\}$  може бути досить конструктивне представлена у вигляді інтерактивної карти. Таксономії в середовищі геоінформаційної системи, які забезпечують групування класів об'єктів множин онтологій МД, відповідають шарам тематичної карти, в ролі якої виступають анатомічні чи системні уявлення, а самі об'єкти, які входять до відповідного класу – об'єктам шару. Таксономія об'єктів онтології, що відповідає легенді карти, формується на основі встановлення відношень між поняттями та класами «частина – ціле».

На основі декларування приналежності поняття до класу онтології встановлюється приналежність об'єкту до тематичного шару карти. Тоді множина усіх допустимих тавтологій складається з тверджень щодо приналежності концептів-понять до певної таксономії. Тавтології формуються на основі зв'язування концептів класів, які мають імена таксономій.

Опис об'єкту на карті обмежений полями атрибутивної інформації, а сервіс вкладень дозволяє при-



кріпити лише ту інформацію, що фізично наявна у користувача. Завдяки об'єднанню різних типів баз даних в онтологічну систему, атрибути об'єктів можуть бути представлені не лише у табличному вигляді, а й у текстовому та у вигляді гіперпосилань на розподілені в мережі інформаційні ресурси.

Поєднання онтології та тематичної карти дозволяє розширити та доповнити інформаційні описи понять-об'єктів на основі мережних інформаційних ресурсів, розподілених в Internet, а вбудована в онтологію пошукова машина – значно розширити тематичний зміст відображення множини медичних документів. Таке поєднання дозволяє створити єдине медичне інформаційно-аналітичне середовище, яке перманентно поповнюється доробками територіально розподілених користувачів різних напрямків досліджень.

На основі запропонованого методу можливо реалізувати взаємодію користувачів медичної інформаційної системи з інформаційними ресурсами та системами в єдиному інформаційному середовищі через ТОІ [12], що включає:

- опис об'єктів предметної області задачі шляхом семантичного аналізу множини текстових документів за обраною тематикою, контекстно-орієнтовану тематичну класифікацію та каталогізацію інформації; автоматичне створення списків пов'язаних слів (груп термінів, які найбільш характерні для документа чи групи документів та пов'язані між собою за змістом);
- створення таксономій об'єктів предметної області задачі на основі їх класифікації;
- візуалізацію автоматично побудованої мережі понять у веб-браузерах, за рахунок чого досягається кросплатформеність представлення результатів; редагування мережі понять: додавання, вилучення, перейменування об'єктів та зв'язків між ними, зв'язування об'єктів із зовнішніми ресурсами, визначення ступеня зв'язку між об'єктами, перегляд фрагментів мережі заданої глибини та шляхів між окремими об'єктами;
- візуалізацію об'єктів онтології предметної області (об'єктне відображення) у вигляді елементів інтерфейсу та в середовищі геоінформаційної системи за рахунок програмної обробки на основі «сканування» онтографу для підвищення ефективності сприйняття та наочності.

Інформаційна технологія онтологічної взаємодії забезпечує підвищення ефективності вирішення прикладних задач з використанням аналітичних

можливостей геоінформаційних систем різного рівня та призначення за рахунок інтеграції інформаційних систем та агрегації розподілених мережних інформаційних ресурсів в єдину багатофункціональну онтолого-керовану систему.

Використання технології онтологічної взаємодії дозволяє значно розширити уявлення про логіку обґрунтування лікувального процесу і використання міждисциплінарних зв'язків на основі розподілених інформаційних ресурсів і засобів багатокритеріального аналізу та пошуку семантично зв'язаних інформаційних масивів. Створюється єдине понятійне інформаційно-аналітичне середовище взаємодії, яке перманентно поповнюється доробками територіально розподілених користувачів різних напрямків.

Отже, інформаційна технологія взаємодії користувача медичної інформаційної системи через трансдисциплінарний онтологічний інтерфейс забезпечує:

- оперативну організацію взаємодії користувачів з джерелами інформації, що описує предметну область вирішення задач, або між собою на основі схожості сфер інтересів;
- розширення списку джерел та споживачів різної інформації в межах предметної області або сфер інтересів;
- обмеження доступу до інформаційних ресурсів рамками конкретної предметної області або сфери інтересів у зв'язку з розв'язанням попередньої задачі;
- встановлення належності конкретного джерела або споживача відповідного інформаційного ресурсу до декількох предметних областей;
- оперативний пошук необхідних інформаційних ресурсів засобами пошукових платформ та мовних корпусів;
- взаємодію користувачів в рамках не пустої множинності медичних методик лікування з можливістю її розширення;
- підтримку процесу рішення задач засобами візуалізації та аналізу об'єктів дослідження в середовищі геоінформаційної системи.

Таким чином, онтологічна система МД перетворює його за змістом у мережецентричну інтерактивну систему знань. Технологічно це забезпечує динамічну агрегацію усіх доступних інформаційних джерел на основі інтеграції таксономій, контексти понять яких пов'язані між собою редуктором множинних бінарних відношень, що визначаються у лікувальному процесі. Більш того,

фактично розширюється операціональний простір діагностичної та лікувальної діяльності. Тобто, можна стверджувати, що множина онтологічних систем МД {Omd} є технологічною платформою єдиного інформаційного медичного середовища, котре може бути імплементовано у довільний цифровий простір, що забезпечує операційність інформаційного суспільства.

#### Висновки.

1. Онтологічні системи можуть стати системоутворюючими інструментами електронних медичних ресурсів і тим самим забезпечити формування нової парадигми надання медичних послуг, перш за все – в напрямку мобільної медицини. Це дозволить, не порушуючи цілісність і процедурну повноту лікування, забезпечити динамічне відображення стану пацієнтів на основі впорядкування послідовності відображення використовуваних понять.

2. Використання множинного відношення часткової впорядкованості, що має властивості редукції, повністю може визначити функціональні

властивості онтологічної системи МД і тим самим визначити її операційне середовище. Відношення множинної часткової впорядкованості дозволяє чітко задати умови раціонального вибору, забезпечити аналіз і синтез інформаційних масивів, що були використані, та, на основі застосування методу конверсії їх таксономій, визначити умови актуалізації конкретних концептів, їх класів і властивостей.

3. Визначення для онтологічних систем множинних відношень упорядкованості дозволяє формувати стани взаємодії на основі таких функціональних дій, як аналіз, синтез, вибір. Зазначені функції є інваріантними для будь-якого стану онтологічної системи. Причому властивості функції вибору дозволяють представляти описи різних станів взаємодії, включаючи пов'язані між собою відношеннями й умовами, в термінах різних медичних теорій. Слід також відзначити конструктивність властивостей функції вибору, що виражені в їх спадкуванні станами взаємодії компонентів онтологічної системи.

#### Література.

1. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения / Г. Буч ; пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
2. Величко В. Автоматизированное создание тезауруса терминов предметной области для локальных поисковых систем / В. Величко, П. Волошин, С. Свитла // «Knowledge – Dialogue – Solution» International Book Series «INFORMATION SCIENCE & COMPUTING», No. 15. – Sofia : FOI ITNEA. – 2009. – P. 24–31.
3. Гладун В. П. Процессы формирования новых знаний / В. П. Гладун. – София : СД «Педагог 6», 1994. – 192 с.
4. Клини С. К. Введение в метаматематику / С. К. Клини. – М. : Иностранная литература, 1957. – 526 с.
5. Корпусна лінгвістика / В. А. Широков, О. В. Булгаков, Т. О. Грязнухіна [та ін.] – К. : Довіра, 2005. – 471 с.
6. Коршунова С. О. Роль тезаурусного моделирования в организации терминополья «ТЕХТ-ТЕКСТ» / С. О. Коршунова // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. – 2009. – № 1 – С. 116–124.
7. Котюрова М. П. Стилистика научной речи / М. П. Котюрова. – М. : Академия, 2010. – 240 с.
8. Малишевский А. В. Качественные модели в теории сложных систем / А. В. Малишевский. – М. : Наука. Физматлит, 1998. – 528 с.
9. Мінцер О. П. Про загальне впорядкування медико-біологічних знань. Створення онтології / О. П. Мінцер, Л. Ю. Бабінцева // Медична інформатика та інженерія. – 2014. – № 2. – С. 5–8.
10. Мінцер О. П. Використання принципів медичної онтології для побудови сценарних моделей післядипломного навчання лікарів і провізорів / О. П. Мінцер,

О. Є. Стрижак, С. В. Денисенко // Медична інформатика та інженерія. – 2013. – № 2. – С. 18–23.

11. Микони С. Д. Теория и практика рационального выбора : монография / С. Д. Микони. – М. : Маршрут, 2014. – 463 с.
12. Попова М. А. Онтологічний інтерфейс як засіб представлення інформаційних ресурсів в ГІС-середовищі / М. А. Попова, О. Є. Стрижак // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – 2013. – (Серия «География»). – Т. 26 (65), № 1. – С. 127–135.
13. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования / С. Л. Рубинштейн. – М., 1958. – 142 с.
14. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.13.06 «Інформаційні технології» / О. Є. Стрижак. – Київ, 2014. – 47 с.
15. Шаталкин А. И. Таксономия. Основания, принципы и правила / А. И. Шаталкин. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 600 с.
16. Boone K. W. The MDA™ Book / K. W. Boone. – London : Springer-Verlag, 2011. – 328 p.
17. Gruber T. R. A translation approach to portable ontology specifications / T. R. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5, No. 2. – P. 199–220.
18. Guarino N. The ontological level / N. Guarino // Philosophy and the Cognitive Sciences / R. Casati, N. Smith, G. White (eds.). – Vienna : Holder-Pichler-Tempsky, 1994. – P. 443–456.
19. Wesensten N. J. Cognitive readiness in network-centric operations / N. J. Wesensten, G. Belenky, T. J. Balkin // Parameters. – 2005. – Vol. 35, No. 1. – P. 94–105.

**References.**

1. Buch, G. (1992). Ob'ektno-orientirovannoe proektirovanie s primerami primeneniya [Object-oriented design with application examples]. Moscow: Konkord [In Russian].
2. Velichko, V., Voloshin, P., Svitla, S. (2009). Avtomatizirovannoe sozdanie tezaurusu terminov predmetnoi oblasti dlya lokal'nykh poiskovykh system [Automated creation of thesaurus terms in the domain for local search engines]. «Knowledge – Dialogue – Solution» International Book Series «INFORMATION SCIENCE & COMPUTING», 15. Sofia: FOI ITHEA [In Russian].
3. Gladun, V. P. (1994). Protsessy formirovaniya novykh znaniy [The formation of new knowledge]. Sofiya: «Pedagog 6» [In Russian].
4. Kleene, S. C. (1957). Vvedenie v metamatematiku [Introduction to metamathematics]. Moscow: Inostrannaya literatura (Foreign literature) [In Russian].
5. Shirokov, V. A., Bulgakov, O. V., Gryaznukhina, T. O., Kostishin, O. M., Krigin, M. Yu. (2005). Korpusna lingvistika [Corpus linguistics]. Kyiv: Dovira [In Ukrainian].
6. Korshunova, S. O. (2009). Rol' tezaurusnogo modelirovaniya v organizatsii terminopolya «TEXT-TEKST» [The role of thesaurus modeling in term field «TEXT-TEXT» organization]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta (Bulletin of Irkutsk state linguistic university), 1, 116-124 [In Russian].
7. Kotyurova, M. P. (2010). Stilistika nauchnoi rechi [The style of scientific writing]. Moscow: Academy [In Russian].
8. Malishevskii, A. V. (1998). Kachestvennye modeli v teorii slozhnykh system [Qualitative models in the theory of complex systems]. Moscow: Nauka (Science). Fizmatlit [In Russian].
9. Mintser, O. P., Babintseva, L. Yu (2014). Pro zagal'ne vporiadkuvannya mediko-biologichnykh znan'. Stvorenniya ontologii [On the general regulation of medical and biological knowledge. Create an ontology]. Medichna informatika ta inzheneriya (Medical informatics and engineering), 2, 5-8 [In Ukrainian].
10. Mintser, O. P., Strizhak, O. Ye., Denisenko, S. V. (2013). Viktoristannya printsipiv medichnoi ontologii dlya pobudovi stsenarnikh modelei pislyadiplomnogo navchannya likariv i provizoriv [The use of medical ontology principles for building a scenario model of postgraduate training of doctors and pharmacists]. Medichna informatika ta inzheneriya (Medical informatics and engineering), 2, 18-23 [In Ukrainian].
11. Mikoni, S. D. (2014). Teoriya i praktika ratsional'nogo vybora [Theory and practice of rational choice]: a monograph. Moscow: Marshrut [In Russian].
12. Popova, M. A., Strizhak, O. Ye. (2013). Ontologichnii interfeis yak zasib predstavleniya informatsiinykh resursiv v GIS-seredovishchi [Ontological interface as a means of presenting information resources in the GIS]. Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo (Scientific notes of Taurida National V. I. Vernadsky University), 26(1), 127-135 [In Ukrainian].
13. Rubinshtein, S. L. (1958). O myshlenii i putyakh ego issledovaniya [On the thinking and ways of its study]. Moscow [In Russian].
14. Strizhak, O. Ye. (2014). Transdistsiplinarna integratsiya informatsiinykh resursiv [Transdisciplinary integration of information resources]: synopsis dis. d-r tech. sci.: specialty 05.13.06 «Information Technology». Kyiv [In Ukrainian].
15. Shatalkin, A. I. (2012). Taksonomiya. Osnovaniya, printsipy i pravila [Taxonomy. Foundations, principles and rules]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK (Association of Scientific Publications KMK) [In Russian].
16. Boone, K. W. (2011). The MDA™ Book. London: Springer-Verlag.
17. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 5(2), 199-220.
18. Guarino, N. The ontological level (1994). In R. Casati, N. Smith, G. White (eds.) Philosophy and the Cognitive Sciences (pp. 52-67). Vienna : Holder-Pichler-Tempsky.
19. Wesensten, N. J., Belenky, G., Balkin, T. J. (2005). Cognitive readiness in network-centric operations. Parameters, 35(1), 94-105.