

СИСТЕМОТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПРИ ПАНДЕМІЇ (TISP)

Величко В. Ю.

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, м. Київ, Україна

Для кореспонденції: Величко Віталій Юрійович, доктор технічних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу мікропроцесорної техніки № 205 Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, 03187, Україна, Проспект Академіка Глушкова, 40; e-mail: aduisukr@gmail.com; тел.: +38 (044) 526 33 48.

 <https://orcid.org/0000-0002-7155-9202>,

Інтелектуальні інформаційні системи (ІІС) представляють собою наступний крок в еволюції систем обробки інформації. Інтелектуальна система повинна надавати можливість використовувати сучасні технології та інструменти інтеграції даних, їх обробку та видобування знань у явній або неявній формі. Використання онтологій є забезпечує ефективний аналіз інформаційних ресурсів і їх використання в ІІС, особливо в сферах людської діяльності, які розвиваються і швидко змінюються. Впровадження ефективної системи реабілітації на основі доказової медицини та єдиних стандартів і правил є важливою складовою системи охорони здоров'я України під час пандемії. Предметна орієнтація трансдисциплінарної інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи та розробка окремих функціональних конфігурацій системи якраз і спрямована на використання у сфері медичної реабілітації. Мета дослідження полягала в предметній орієнтації трансдисциплінарної інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи та розробці окремих функціональних конфігурацій системи для використання у сфері медичної реабілітації. Теоретико-методологічною основою TISP є концептуально-методологічні засади знання-орієнтованої обробки природномовних текстів. Вони складаються з моделей і методів, що включають методи побудови та обробки онтологій предметної області, які ґрунтуються на методиках побудови та аналізу структури зростаючих пірамідальних мереж; логіко-математичні моделі обробки природномовних текстів на основі онтологій та зростаючих пірамідальних мереж; локально-статистичний метод виділення понять у зростаючих пірамідальних мережах, який дозволяє формувати поняття мінімальної довжини з максимальною підтримкою за поліноміальний час; методи семантичної обробки природномовних текстів, що використовують механізми суміжності фактів, для формування системи "питання-відповіді" за змістом текстів. У процесі виконання робіт за грантом була розроблена стратегія розширення функціональності та предметної орієнтації TISP. Реалізована платформа системи TISP з компонентною архітектурою когнітивних сервісів, що забезпечує трансдисциплінарну консолідацію діяльності усіх фахівців, які потрібні залучати у процес реабілітації конкретного пацієнта. Створені у формі інтерактивних документів Міжнародна класифікація функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я (МКФ) та Біла Книга з фізичної та реабілітаційної медицини у Європі, яка визначає природу, сферу роботи та параметри фізичної та реабілітаційної медицини в Європі. Онтолого-керований підхід до операціональності взаємодії лікаря-реабілітолога і пацієнта оперативно реалізує весь технологічний ланцюг від визначення стану пацієнта до вибору й призначення лікарем конкретного набору реабілітаційних процедур. Використання онтолого-керованого підходу забезпечує гнучкість у предметній орієнтації TISP та розробці окремих функціональних конфігурацій системи.

Ключові слова: *онтологія; реабілітація; інформаційно-аналітична система; міжнародна класифікація функціонування, інтелектуальні інформаційні технології.*

Вступ. Інтелектуальні інформаційні системи (ІІС) представляють собою наступний крок в еволюції систем обробки інформації. Інтелектуальна система повинна надавати можливість використовувати сучасні технології та інструменти інтеграції даних, їх обробку та видобування знань у явній або неявній формі. Зі змінами у потоках інформації, що обробляється, інструменти системи повинні забезпечувати прийняття оптимальних рішень. В ІІС також використовуються інструменти обробки природної мови, машинного навчання, інтелектуального аналізу даних, обміну даними та їх зберігання.

Дослідження проблем, що пов'язані з організацією ефективного аналізу інформаційних ресурсів і їх використанням в ІІС, демонструє, що один з правильних виборів методу видобування і управління знаннями – використання онтологій.

Онтологія [1, 2] – це методологія семантичного представлення інформації на основі детальної

формалізації певної області знань за допомогою концептуальної схеми. Зазвичай така схема складається з ієрархічної структури даних, що містить всі релевантні класи об'єктів, їх зв'язки і правила. В сфері біології і медицини [3, 4] широко використовуються онтології. В основі онтологічної методології лежить об'єктно-орієнтований підхід, при якому предметна прикладна область представляється у вигляді сукупності об'єктів, взаємодія між якими може бути представлена за допомогою семантичного зв'язування висловлювань, тверджень та суджень. Кожна онтологія містить інформаційні описи, на основі об'єктно-орієнтованої процедури формалізації, а також описи інтерпретаційних функцій, які є функціональним проявом властивостей об'єктів (концептів), що складають онтологію, та які управляють на основі цього процесом поставки інформаційного ресурсу на усіх етапах прийняття рішень.

Інформаційними компонентами спеціалізованої

оболонки [5] для складно-структурованої предметної області являються багаторівнева модульна онтологія і модульна база знань. Створення та редагування інформаційних компонент здійснюється багаторівневим редактором онтологій і редактором знань, розробка яких ґрунтується на онтології рівня *n*. Побудова багаторівневої модульної онтології спрощується за умов використання методів структуризації зростаючої пірамідальної мережі (ЗПМ) [6], які дозволяють реалізувати автоматизовану індуктивну побудову онтології на основі невпорядкованих тверджень про об'єкти та їх властивості з виявленням нових знань – перетинів описів об'єктів. Об'єкти автоматично утворюють ієрархічну мережеву структуру на основі заданих тверджень. Всі твердження відносно однакових об'єктів об'єднуються на підставі співпадаючих імен об'єктів або на підставі повного співпадіння множин їх властивостей.

Перетини описів різних об'єктів відповідають невизначеним вершинам мережі. Аналіз невизначених вершин дозволяє вирішувати задачу кластеризації - знаходження груп схожих об'єктів та подій, та виявляти нові класи об'єктів у процесі побудови онтології. Процедури автоматичної класифікації дозволяють виправити невизначеності на основі їх контекстного визначення і реалізують їх включення в існуючу або створювану онтологічну схему.

Мета дослідження полягала у предметній орієнтації трансдисциплінарної інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи та розробці окремих функціональних конфігурацій системи для використання у сфері медичної реабілітації.

Матеріали і методи. Теоретико-методологічною основою TISP є концептуально-методологічні засади

знання-орієнтованої обробки природномовних текстів. Вони складаються з наступних моделей і методів:

- методи побудови та обробки онтологій предметної області, які ґрунтуються на методиках побудови та аналізу структури зростаючих пірамідальних мереж та дозволяють отримати актуальну інформацію про предметну область [7];

- логіко-математичні моделі обробки природномовних текстів на основі онтологій та зростаючих пірамідальних мереж [8];

- локально-статистичний метод виділення понять у зростаючих пірамідальних мережах, який дозволяє формувати поняття мінімальної довжини з максимальною підтримкою за поліноміальний час [9];

- клас-орієнтований метод побудови зростаючої пірамідальної мережі з використанням паралельних обчислень та агентних технологій [10];

- методисемантичної обробки природномовних текстів, що використовують механізми суміжності фактів, зокрема представлених в неявному вигляді, для формування системи “питання-відповіді” за змістом текстів [11, 12, 13];

- метод оптимізації побудови пірамідальної мережі, який базується на алгоритмах її структурної реконфігурації, що забезпечує інваріантність структури пірамідальної мережі до впорядкування вихідних даних.

Результати. Розглянемо реалізацію деяких основних функцій трансдисциплінарної інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи.

Формування інтерактивних документів здійснюється шляхом перегляду наявних в TISP онтологій за допомогою спеціального модуля перегляду. Стандартний модуль відображення онтологій містить наступні режими: 1) режим

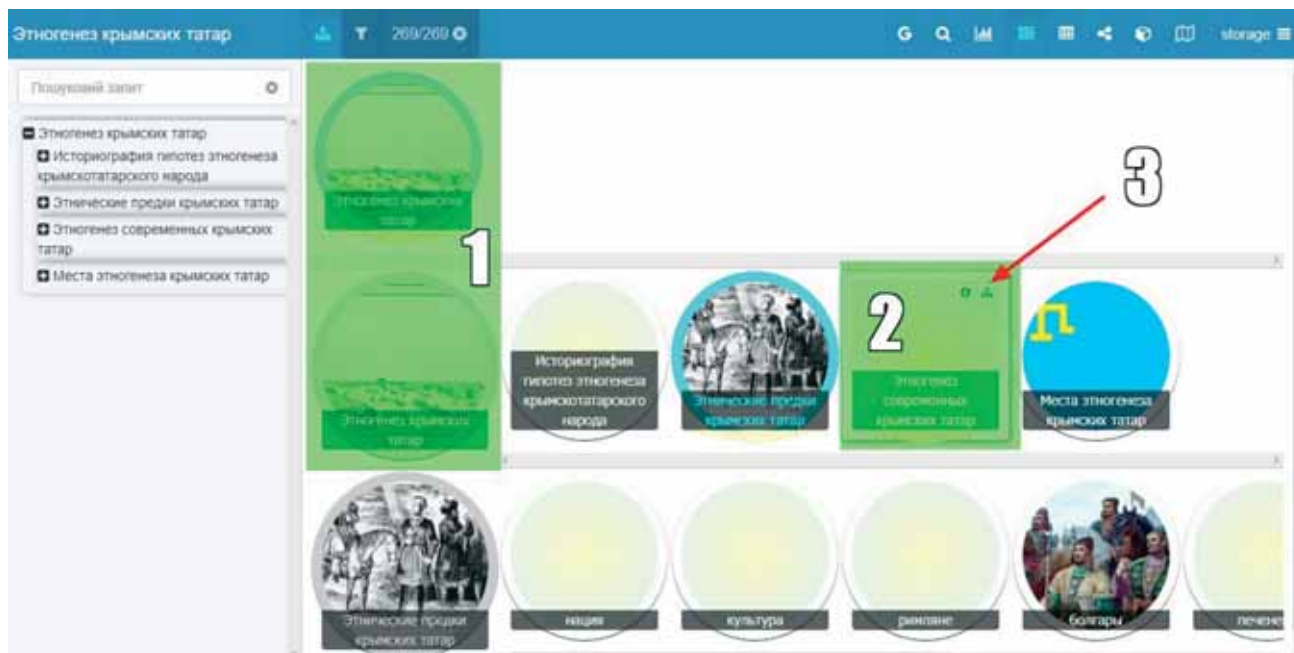


Рисунок 1. Режим об'єктного відображення

об'єктного відображення; 2) режим табличного відображення; 3) режим відображення онтографу; 4) режим онтологічної призми; 5) режим відображення ГС-додатка.

Режим об'єктного відображення представляє об'єкти онтології у вигляді списків, які сгруповані за «рівнями» (Рис.1.). Даний режим перегляду працює наступним чином:

1) верхній рівень, за-замовчуванням, містить кореневі категорії і об'єкти без категорій. Верхній рівень складається тільки з вибраного об'єкта, якщо ввімкнена ієрархічна фільтрація, або категорії, якщо ввімкнена фільтрація за атрибутами;

2) користувач може вибрати категорію, натиснувши клавішею миші на відповідне зображення. Така категорія стане актуалізованою (1, рис.1.), і на її основі формується наступний рівень, у якому першим елементом рівня буде сама актуалізована категорія, а іншими елементами – всі її підкатегорії і дочірні об'єкти;

3) всі елементи відображаються у вигляді круглих блоків з назвою і зображенням у середині (за наявності); при наведенні вказівника миші блок міняє форму (2, рис.1.);

4) при наведенні вказівника миші на блок відображаються додаткові кнопки (3, рис.1) – «Перегляд картки об'єкта» і «Ієрархічна фільтрація», які надають доступ до відповідних дій з асоційованою з блоком категорією чи об'єктом в якості параметра.

Режим табличного відображення – призначений для відображення списку об'єктів з однаковим набором атрибутів (Рис.8.). Даний режим працює наступним чином:

1) табличне відображення може відображати виключно ті об'єкти, що мають непусту множину атрибутів. Категорії з непустою множиною атрибутів в даному режимі обробляються аналогічно до об'єктів і також можуть відображатись в таблиці. Якщо онтологія не містить об'єктів з атрибутами, то перемикання на цей режим перегляду буде недоступне;

2) вся множина об'єктів з атрибутами розділяється на сторінки фіксованого розміру (за-замовчуванням – 50 об'єктів). Одночасно може відображатись тільки одна сторінка, а їх перемикання відбувається з допомогою спеціальних керуючих елементів;

3) для поточної сторінки автоматично формується заголовок таблиці. Заголовки різних сторінок можуть відрізнятись. Система використовує алгоритм, що робить спробу встановити відношення порядку між атрибутами. Якщо встановити порядок неможливо, тоді атрибути відображаються у довільному порядку;

4) кожен рядок таблиці представляє об'єкт. Перша комірка рядка містить назву об'єкта і його зображення (за наявності). При натисканні на назву відкривається картка об'єкта;

5) деякі спеціалізовані типи атрибутів

(координати, зображення) не відображаються в таблиці. Посилання відображаються спеціальним чином, що дозволяє користувачу робити швидкий перехід за ними.

б) якщо об'єкт має кілька атрибутів з однаковою назвою, то їх значення будуть відображатись в комірці таблиці одне під одним, розділені горизонтальною лінією.

Режим відображення онтографу призначений для одночасного відображення великої кількості об'єктів і зв'язків між ними (Рис.10).

В режимі відображення онтографу, як і в табличному, категорії обробляються аналогічно до об'єктів. Об'єкти при відображенні використовують свої налаштування – форму (квадрат або круг) і колір. Також об'єкти, що мають непусту множину атрибутів, відображаються з рамкою.

Режим відображення онтографу керується наступним чином:

1) якщо після наведення вказівника мишки на об'єкт утримувати ліву кнопку миші і переміщувати вказівник – буде здійснене перетягування (drag&drop) відповідного об'єкта;

2) якщо навести вказівник миші на пусте місце, утримувати ліву кнопку миші при переміщенні вказівника буде здійснене переміщення робочої області (pan);

3) коліщатко миші дозволяє збільшувати або зменшувати робочу область (zoom);

4) одинарний клік по об'єкту дозволяє виділити його, одинарний клік з натиснутим Shift – додати об'єкт до списку виділених. Виділені об'єкти можуть переміщуватись одночасно, якщо при переміщенні утримувати Shift;

5) натискання комбінації клавіш Ctrl+A дозволяє вибрати всі доступні об'єкти;

б) подвійний клік по об'єкту відкриє перегляд картки об'єкта (описано у відповідному розділі).

Режим онтологічної призми – призначений для відображення деревовидних структур даних (Рис.14). Даний режим використовує три рівня (аналогічно до тих, що використовуються в об'єктному відображенні):

1) перший рівень складає коренева категорія онтології. Якщо таких категорій кілька, то використовується перша з них. Така категорія представляє всю призму і явно не відображається в робочій області;

2) другий рівень складають підкатегорії кореневої категорії. Вони формують грані призми, а імена цих категорій відображаються в верхній частині відповідної грані (Рис.14);

3) третій рівень формується підкатегоріями і дочірніми об'єктами категорій другого рівня. Такі об'єкти представляються блоками на відповідних гранях – аналогічно до об'єктного представлення. Максимальна кількість блоків на грані – 25, якщо дочірніх об'єктів в категорії більше, то вони розбиваються на сторінки, а в заголовку грані

відображаються перемикач сторінок (Рис.14);

4) якщо через структуру онтології елементом другого рівня стає об'єкт, а не категорія, то цей об'єкт відображається і в якості грані, і в якості блоку на грані.

Для режиму відображення онтологічної призми діє специфічна логіка ієрархічної фільтрації:

1) якщо ієрархічна фільтрація відключена, то призма формується на основі піддерева першої (такої, що відображається найвище в режимі перегляду онтографу) кореневої категорії;

2) якщо в стандартному ієрархічному фільтрі вибрана одна з корневих категорій, то призма формується на основі її піддерева;

3) якщо в стандартному ієрархічному фільтрі вибрана підкатегорія однієї з корневих категорій, то призма формується на основі піддерева цієї кореневої категорії, при цьому при відображенні призма автоматично буде повернута так, що сформована для вибраної категорії грань була на передньому плані;

4) якщо вибрано об'єкт чи категорію третього рівня (дочірній до підкатегорії кореневої категорії), призма формується на основі кореневої категорії, сформованої підкатегорією. Відповідна грань зображується на передньому плані, на грані встановлюється сторінка, що містить вибраний об'єкт, і цей об'єкт виділяється кольором.

5) обійти описану вище складну логіку дозволяє спеціалізована кнопка «Перейти до вкладеної призми» (Рис.14), що показується у заголовках кожної грані, сформованих категоріями. Кнопка дозволяє відобразити призму, сформовану даною категорією, незалежно від її місця в ієрархії.

Натискання на блок на грані призми викликає перегляд картки відповідного об'єкта.

Автоматизована побудова таксономії здійснюється шляхом зчитування табличного файлу формату XLSX, у якому у рядках записується інформація про об'єкти, суб'єкти та предикати. Файл повинен містити вкладки, що відповідають одному з форматів таблиці структури або таблиці атрибутів.

Таблиця структури – формат призначений для зчитування імен об'єктів і зв'язків між ними (Рис. 2):

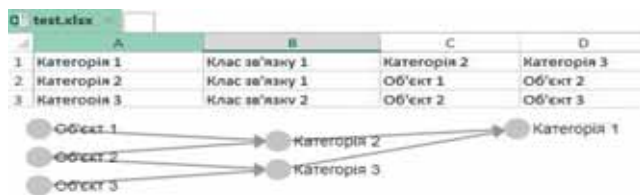


Рис. 2. Структура, що побудована за допомогою таблиці

В такому файлі перша колонка представляє назву категорії, а третя і подальші колонки – об'єкти чи підкатегорії, що належать цій категорії. Друга колонка містить назву зв'язка, що буде створений. Дана інформація призначена для роботи в режимі

типізованих зв'язків, і не є обов'язковою при побудові таблиці.

Таблиця атрибутів (nodeproperties) – формат призначений для зчитування атрибутів великої кількості однотипних об'єктів (Рис.3). Основною ознакою є ключове слово «nodeproperties» в першій комірці таблиці (A1):

A	B	C	D
nodeproperties	Атрибут 1	Атрибут 2	Атрибут 3
Об'єкт 1	Значення атрибуту 1-1	Значення атрибуту 1-2	Значення атрибуту 1-3
Об'єкт 2	Значення атрибуту 2-1	Значення атрибуту 2-2	Значення атрибуту 2-3

Рис. 3. Таблиця з атрибутами об'єктів

В таблиці перший рядок містить назви атрибутів, перша колонка – назви об'єктів, а решта комірок – значення відповідних атрибутів.

Список атрибутів (nodedata) – формат призначений для введення спеціалізованих типів атрибутів (контекстів і посилань на мережеві ресурси) (Рис. 4.).

A	B	C	D	E
nodedata	Текст	Посилання	Тип	Назва атрибута
Об'єкт 3	Текст 1	http://example.com	href	Атрибут 4
Об'єкт 3	Текст 2	http://example.com	href	Атрибут 5

Рис. 4. Таблиця з посиланнями на ресурси

В комірці A1 такої таблиці повинно бути ключове слово «nodedata». Інші комірки першого рядка ігноруються (на рисунку вище вказані виключно для прикладу). В наступних рядках комірки мають такий зміст (зліва направо): ім'я об'єкта, текстове значення атрибута, посилання (для зображень і посилань), тип атрибуту (text, link, image, youtube), клас (назва) атрибута.

Зчитування елементів здійснюється через головне меню, яке стає доступним після входу в особистий кабінет користувача системи.

Структуризація вхідної текстової інформації, що представлена українською, та англійською мовами. Структуризація здійснюється з допомогою відповідних підсистем структуризації текстів: Konspekt (для української мови) і kEN (для англійської мови) [14, 15]. Підсистеми розміщуються на окремих віртуальних машинах і мають стандартизований інтерфейс. Загальний вигляд інтерфейсу показано на рис.5.

Основним елементом інтерфейсу є блок керування файлами (1, рис.5), що містить кнопку для зчитування файлів і список термінів. Натискання на кнопку викликає стандартний діалог відкриття файлу, що дозволяє завантажити вибраний файл на сервер, де він буде опрацьований, і на його основі буде сформований список термінів. Виділені терміни будуть автоматично показані у відповідній області блоку 1. Кнопка «Новий проект» (4, рис.5) дозволяє очистити список файлів і виділених з них термінів.

При виборі деякого терміну в списку буде показана додаткова інформація про нього – а саме приклади використання терміну (2, рис.5) в початковому тексті (тобто його контексти), і дерево з термінів, що

зв'язані з вибраним (3, рис.5).

Основною робочою областю системи є права панель, що може працювати в одному з чотирьох режимів. При цьому основним режимом є режим табличного формування онтології (рис.2). Він вмикається вибором відповідної вкладки на панелі вибору режиму (5, рис.5). В таблицю структури (Рис. 2) заноситься інформація про імена імена об'єктів і зв'язків між ними.

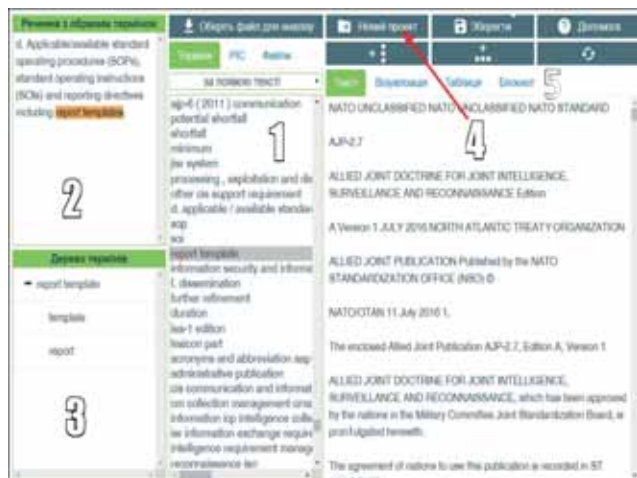


Рис. 5. Загальний вигляд інтерфейсу підсистеми структуризації текстів

Автоматичне виявлення оптимальних закономірностей з різнотипних даних у явній формі логікових виразів. Найбільш універсальним типом моделей що використовуються в інтелектуальних системах для обробки складних структур різнотипних даних і знань є логіко-лінгвістичні моделі, тобто такі моделі, у яких основними елементами є не числа і обчислювальні операції, а імена та логічні зв'язки. Однією з можливих реалізацій логіко-лінгвістичних моделей є модель пам'яті інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи у вигляді зростаючої пірамідальної мережі (ЗПМ). При індуктивному формуванні деякого поняття на основі атрибутивних моделей метою аналізу у ЗПМ є пошук логікової формули у нотації логіки висловлювань, яка включає значення атрибутів об'єктів та однозначно визначає всі об'єкти з вибірки для навчання. У логіковій формулі використовуються операції диз'юнкції (\vee), кон'юнкції ($\&$) та заперечення (\sim). Використання в логікових виразах операції заперечення дозволяє скоротити довжину логікової формули, яка описує класи об'єктів. Побудована логікова формула ізоморфна логіковим формулам, які можуть бути отримані за допомогою побудови множини (лісу) дерев рішень.

Особливістю методу зростаючої пірамідальної мережі (ЗПМ) і його програмної реалізації є те, що складність класу функцій класифікації автоматично підлаштовується до даних з навчальної вибірки в залежності від компактності вибірки. При зменшенні компактності (відсутність спільних ознак у об'єктів)

зменшується узагальнююча здатність знайдених закономірностей, наближаючись в граничній нормі до 0 і, навпаки, при збільшенні компактності узагальнююча здатність збільшується наближаючись в ідеальному випадку до 1 (одному значенню однієї властивості для кожного класу об'єктів). Таким чином метод дозволяє отримувати оптимальні закономірності. Отримані закономірності користувач може передивитись на екрані програми.

У вікні редагування для користувача існують наступні можливості:

- 1) створити новий клас і відповідний логіковий вираз, що його описує;
- 2) створити новий кон'юнктивний елемент або видалити існуючий кон'юнктивний елемент;
- 3) додати або видалити властивості в кон'юнктивний елемент логікового виразу;
- 4) додати або видалити властивості об'єктів.

Програма автоматично відслідковує відсутність протиріч, які можуть виникати при внесенні користувачем змін у логікові вирази. При цьому програма вносить зміни (за необхідністю) у всі зв'язані логікові вирази при змінненні будь-якого з них. Відносна кількість об'єктів класу для яких виконується кон'юнктивний елемент логікового виразу, що описує клас об'єктів, автоматично перераховується після завершення редагування кон'юнктивного елемента.

Підтримка прийняття рішень у процесах класифікації, діагностики та виявлення властивостей на основі отриманих закономірностей з використанням нечіткої логіки. Вирішення задач класифікації, діагностики та прогнозування властивостей нових об'єктів відбувається шляхом обчислення істинності логікових виразів, які описують класи об'єктів, на множині ознакового опису кожного з нових об'єктів. На рис.6 наведено приклад вікна модуля діагностики та прогнозування властивостей програмної реалізації ЗПМ у режимі пояснення.

Для кожного нового об'єкта, який подається на розпізнавання, обчислюються значення логікових виразів. При цьому можливі наступні варіанти результатів обчислення: 1) істинне значення логікових виразів отримано тільки для одного з відомих класів об'єктів; 2) істинне значення не отримано для жодного з логікових виразів; 3) істинне значення логікових виразів отримано для декількох відомих класів об'єктів. У першому випадку користувачу виводиться інформація про приналежність об'єкта до класу та логіковий(і) вираз(и), значення якого(их) істинне (1, рис. 6).

У другому випадку користувачу надається рішення «не знаю» (2, рис. 6). Наводяться логікові формули, у яких кольором відмічається наявність чи відсутність у об'єкта, який розпізнається, ознаки, що входить до логікової формули. У дужках після формули виводиться відповідний порядковий номер формули. Далі використовується нечітка логіка для

отримання рішення про приналежність об'єкта до певного класу. Відповідні ймовірності обчислюються за допомогою наївного баєсів класифікатора – простого ймовірнісного класифікатора, заснованого на застосуванні теореми Баєса зі строгими припущеннями про незалежність атрибутів за умови заданого значення цільової функції. Використання методу ЗПМ гарантує виконання умови незалежності атрибутів при застосуванні наївного баєсів класифікатора. Відповідь про приналежність об'єкта до класу надається за принципом вибору максимальної обчисленої ймовірності, яка виводиться користувачу у рядку поруч з відповідним рішенням (2, рис. 6).

У третьому випадку (3, рис. 6) користувачу виводяться істинні логікові формули, поруч з якими відображається відносна кількість об'єктів класу, для якого значення формули істинне. У дужках після формули виводиться відповідний порядковий номер формули. На основі цієї кількості обчислюються відповідні ступені впевненості про приналежність об'єкта до класу. Користувачу надаються всі можливі рішення, які ранжуються відповідно до обчисленого ступеня впевненості (3, рис. 6).

Обговорення. Принципи формування онтологічної інтерактивної бази знань, що інформаційне забезпечує протокол взаємодії між лікарем та пацієнтом на основі використання відповідних медичних документів (повідомлень) базуються на протоколах обміну повідомленнями між лікарями та пацієнтами, що налаштовані на певну міжконтекстну взаємодію.

Архітектура клінічного документу трансформується у онтологічну систему за рахунок таксономічного представлення самого протоколу реабілітації. Усі контексти накопичуються у

відповідних вузлах онтології взаємодії між лікарем та пацієнтом. Онтологічне представлення архітектури документів передбачає, що у її основі лежить понятійний тезаурус протоколу реабілітації. Використання новітніх документів чи текстових записів реалізується на основі визначення їх міжконтекстної зв'язності з контекстами, що вже визначають відповідний протокол взаємодії лікаря і пацієнта. Фактично довільний онтологічний медичний документ може бути інкапсульований до відповідного протоколу взаємодії між лікарем та пацієнтом.

Результати розпізнавання (Режим пояснення)
Зеленим кольором в логічних виразах відмічені значення «так», які є у об'єкта в наявності
Червоним кольором в логічних виразах відмічені значення «ні», яких у об'єкта в наявності немає

Vibr1 Інтервал_13 належить до класу СПРАВНИЙ Пояснення: D2_1 & D3_7 & ~[D7_7 & D4_8] = ІСТИНА	1
Vibr1 Інтервал_15: не належить до будь-якого класу Пояснення: D2_1 & D3_7 & ~[D7_7 & D4_8] = ХИБНЕ; (1) D2_2 & D4_7 = ХИБНЕ; (2) D7_7 & D4_8 & D2_1 & D3_7 = ХИБНЕ; (3) D4_8 & D7_8 = ХИБНЕ; (4)	2
Визначення приналежності за допомогою наївного баєсового класифікатора: Клас СПРАВНИЙ: 0,5*0,81*0,82=0,42 (1); 0,5*0,92*0,33=0,15 (3); 0,5*0,92*0,46 (4) Клас ПРИХОВАНІЙ ДЕФЕКТ: 0,5*0,41*0,41=0,08 (1); 0,5*0,41*0,41=0,08 (3); 0,5*0,41*0,21 (4) Vibr1 Інтервал_15: може належати до класу СПРАВНИЙ з ймовірністю: 0,46 може належати до класу ПРИХОВАНІЙ ДЕФЕКТ з ймовірністю: 0,21	
Vibr6 Інтервал_14 не належить до будь-якого класу може належати до класу СПРАВНИЙ з впевненістю: 0,85 може належати до класу ПРИХОВАНІЙ ДЕФЕКТ з впевненістю: 0,15 Пояснення: (справді логічні вирази з ролями класів) D2_1 & D3_7 & ~[D7_7 & D4_8] = ІСТИНА 1 (Клас СПРАВНИЙ) (1) D4_8 & D7_8 = ІСТИНА 0,27 (Клас ПРИХОВАНІЙ ДЕФЕКТ) (4)	3

Рис. 6. Модуль розпізнавання програмної реалізації ЗПМ

За допомогою сервісів TISP був оброблений файл перекладу Міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та

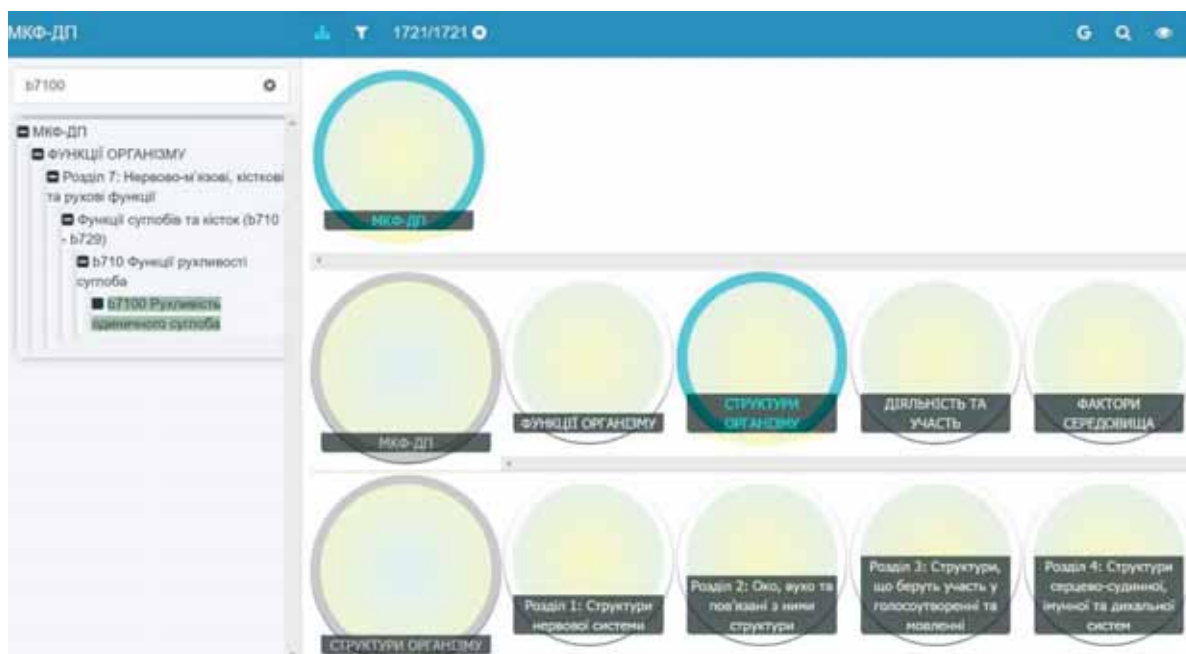


Рис. 7. Режим об'єктного відображення МКФ

Пошуковий запит	Опис	Включено	Виключено
b6702 Дискомфорт, пов'язаний з менопаузою	Відчуття, пов'язані з припиненням менструального циклу.	приливи і нічна пітливість під час менопаузи	
b6703 Генітальні функції	Функції, пов'язані із порушенням геніталій.		сексуальні функції (b640); репродуктивні функції (b660)
b710 Функції рухливості суглоба	Функції обслуговування і свободи руху одного суглоба.	функції рухливості одного або декількох суглобів, хребетних, плечових, ліктьових, променевоз'ястних, тазостегнових, колінних, гомілковостопних, малих суглобів кистей і стоп; функції стабільності одного суглоба, декількох суглобів і суглобів в цілому; порушення, такі як нестабільний плечовий суглоб, вивих суглоба, вивих плечового і тазостегнального суглобів	функції стабільності суглоба (b715); контроль довільних рухових функцій (b760)
b715 Функції стабільності суглоба	Функції підтримки структурної цілісності суглоба.		функції рухливості суглоба (b710)
b720 Функції рухливості кісткового апарату	Функції обслуговування і свободи руху лопатки, тазу, кисті та тарзальних кісток.	порушення, такі як скутість плечового і тазового пояса	функції рухливості суглоба (b710)
b729 Функції суглобів та кісток, інші уточнені та не уточнені	Функції м'язів (b730 - b749)		

Рис. 8. Режим табличного відображення МКФ

здоров'я (МКФ) [16]. В результаті отримано файл xml формату, який містить структуровану МКФ українською мовою. Відображення змісту файлу здійснюється за допомогою стандартного модуля відображення онтологій TISP, який містить наступні режими об'єктного, табличного відображення та режим онтографа.

Режим об'єктного відображення представляє домени МКФ у вигляді списків, розбитих за «рівнями» (Рис. 7.).

Режим табличного відображення – призначений для відображення списку доменів МКФ з однаковим набором атрибутів (Рис. 8). У загальному випадку у таблиці відображається назва категорії МКФ, її опис та додаткова інформація, що включає відповідна категорія.

Режими відображення МКФ у TISP забезпечують надання користувачу розширеного переліку функцій у порівнянні з ICF браузером [17]. Крім того, в ICF браузері відсутня підтримка української мови для роботи з МКФ.

Онтологічне представлення Білої Книги (БК) з фізичної та реабілітаційної медицини у Європі. БК розроблена чотирма Європейськими Органами ФРМ і є довідником для лікарів ФРМ [18]. Біла книга визначає природу, сферу роботи та параметри ФРМ в Європі. Вона описує спеціальність та компетентності, що очікуються від повністю навчених фахівців (лікар ФРМ) у галузі, а також клінічного контексту роботи та характеру освіти та навчання спеціалістів.

Метою видання Білої книги ФРМ є:

- опис спеціальності ФРМ та роботи лікарів ФРМ в мінливому світі систем охорони здоров'я та скорочення ресурсів;

- реагування та внесок до медичних інновацій, розробка стратегій вирішення завдань науково-технічного прогресу;

- робота з перспективами обмежень життєдіяльності, сприяння та полегшення самостійності людей з обмеженнями життєдіяльності та їх участі в повсякденному житті;

- упорядкування довідкової інформації для лікарів-практиків ФРМ та академічного життя молодих професіоналів охорони здоров'я (особливо лікарів протягом навчання).

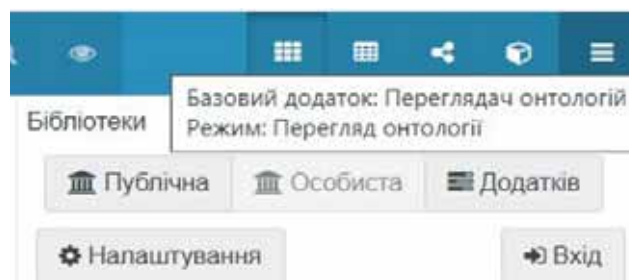


Рис. 9. Меню кабінету користувача додатку переглядача онтологій


Онтологічне представлення БК у кабінеті TISP надає користувачу зручні інструменти опрацювання наявної інформації. Для доступу до кабінету TISP необхідно ввести в адресному рядку інтернет браузера наступну адресу: <https://polyhedron.stemua.science/?sharedgraph=609bf9cc70b7d>. Рекомендується використовувати браузер Google Chrome. Для використання всіх можливостей TISP необхідно зайти в персональний кабінет користувача, для чого натиснути кнопку  у рядку меню додатку



Рис. 10. Таксономічна система Білої Книги

Рис. 11. Контексти поняття «підтримка здоров'я»

переглядача онтологій та обрати вхід в персональний кабінет (рис.9). У бібліотеці додатків персонального кабінету (рис.9) наявна інструкція користувача, в якій наведено детальний опис можливостей TISP до роботи з онтологіями.

Таксономія Білої Книги в системі TISP у онтографічному представленні наведена на рис. 10.

На першому рівні структуризація БК виконана за розділами зі змісту БК. У розділах виділені найбільш значущі поняття, які утворюють мережеву ієрархічну структуру. До понять додані речення, у яких використовуються поняття, та які складають контексти понять. Переглянути контексти використання деякого поняття можна за допомогою

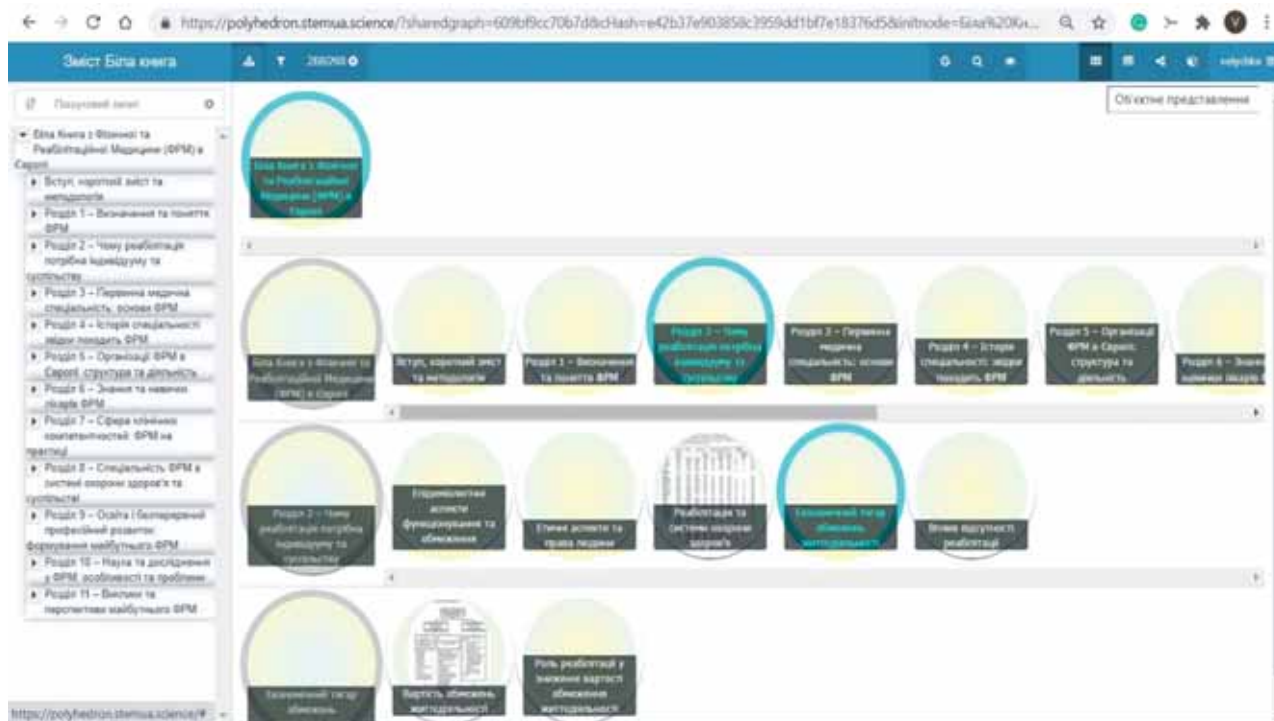


Рис. 12. Об'єктне представлення онтології Білої Книги

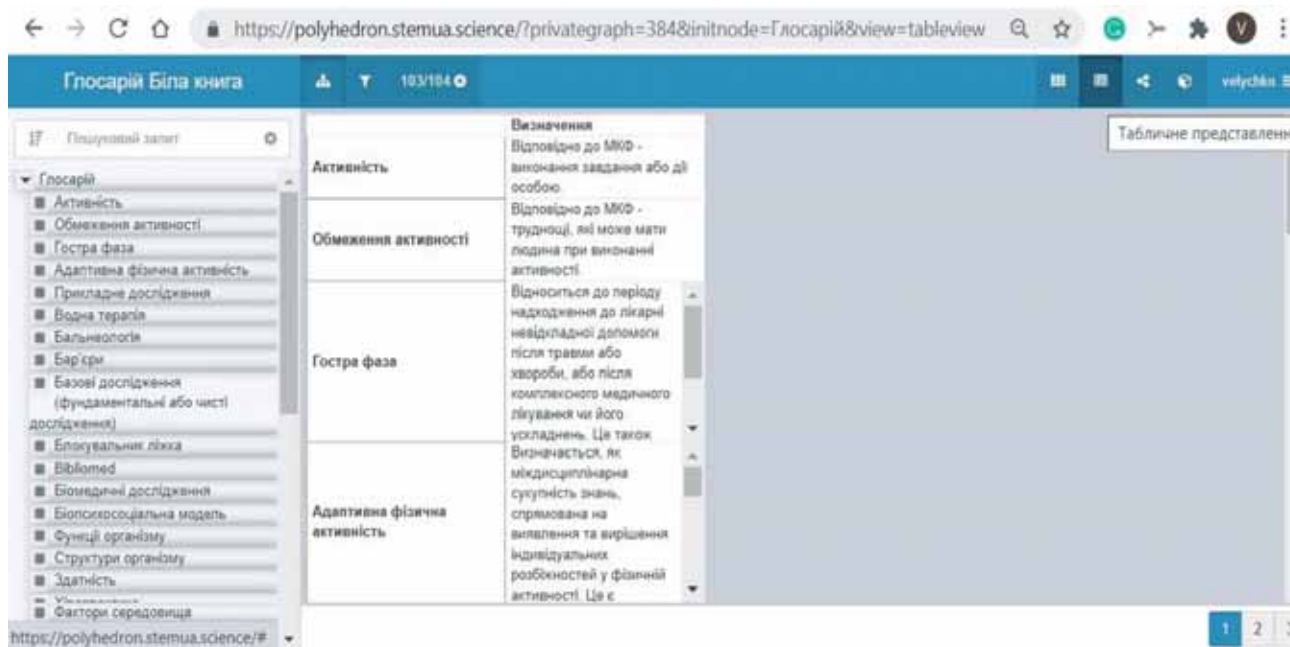


Рис. 13. Табличне відображення глосарію Білої Книги

подвійного клацання лівою кнопкою миші на відповідній вершині графу (рис. 11). Об'єктне представлення відображає поняття онтології у вигляді списків, згрупованих за рівнями (рис. 12).

Ієрархічний фільтр призначений для виділення певної підмножини об'єктів, зв'язаних з заданим поняттям. Вибір заданого поняття здійснюється натисканням на його назву в панелі ієрархічного фільтра, або набором назви поняття. На рис. 11 показана ієрархічна фільтрація списку понять за

терміном «підтримка».

Режим табличного відображення призначений для відображення списку об'єктів з однаковим непустим набором атрибутів. Для поточної сторінки автоматично формується заголовок таблиці. Кожен рядок таблиці представляє об'єкт. Перша комірка рядка містить назву об'єкта, у наступних комірках рядка наведені значення властивостей об'єкта. Табличний режим є зручним для відображення словників та використовується для роботи з глосарієм

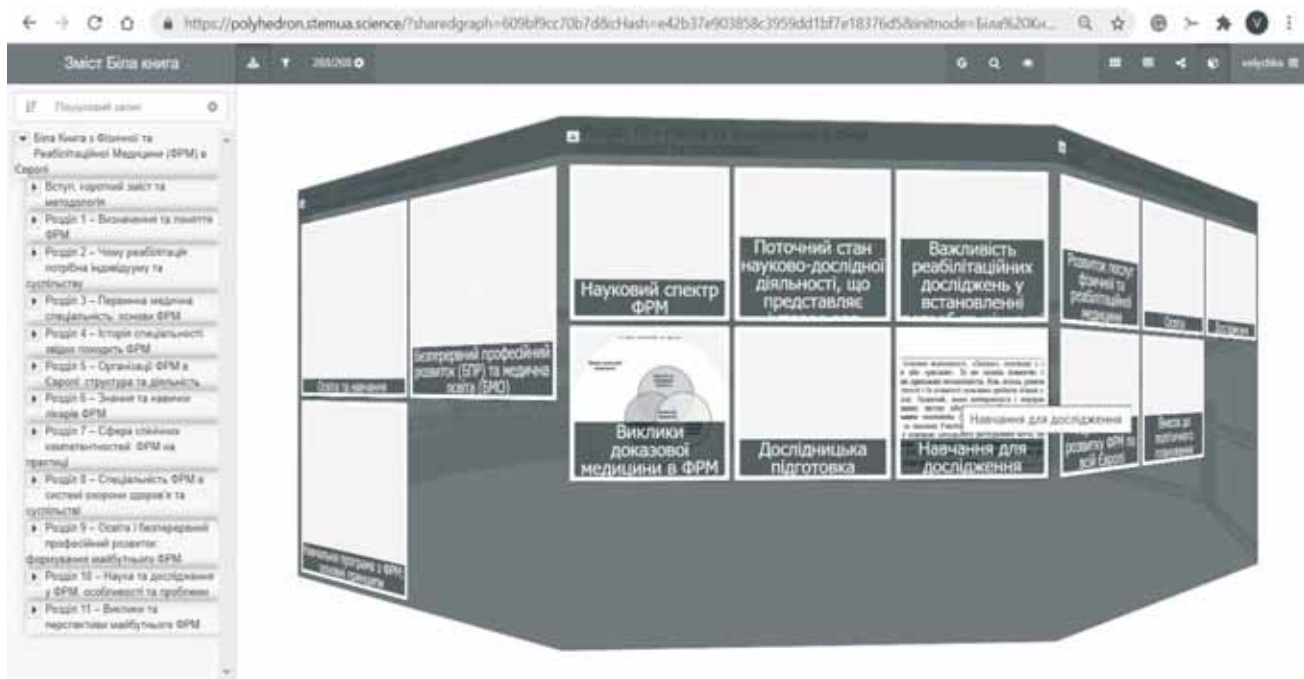


Рис. 14. Онтологічна призма Білої Книги е

Білої Книги. Табличне відображення глосарію Білої Книги наведено на рис. 13.

Режим онтологічної призми дозволяє відобразити деревовидну структуру даних БК (Рис. 14). Даний

режим використовує три рівня для відображення (аналогічно до тих, що використовуються в об'єктному відображенні).

Перший рівень складає коренева категорія

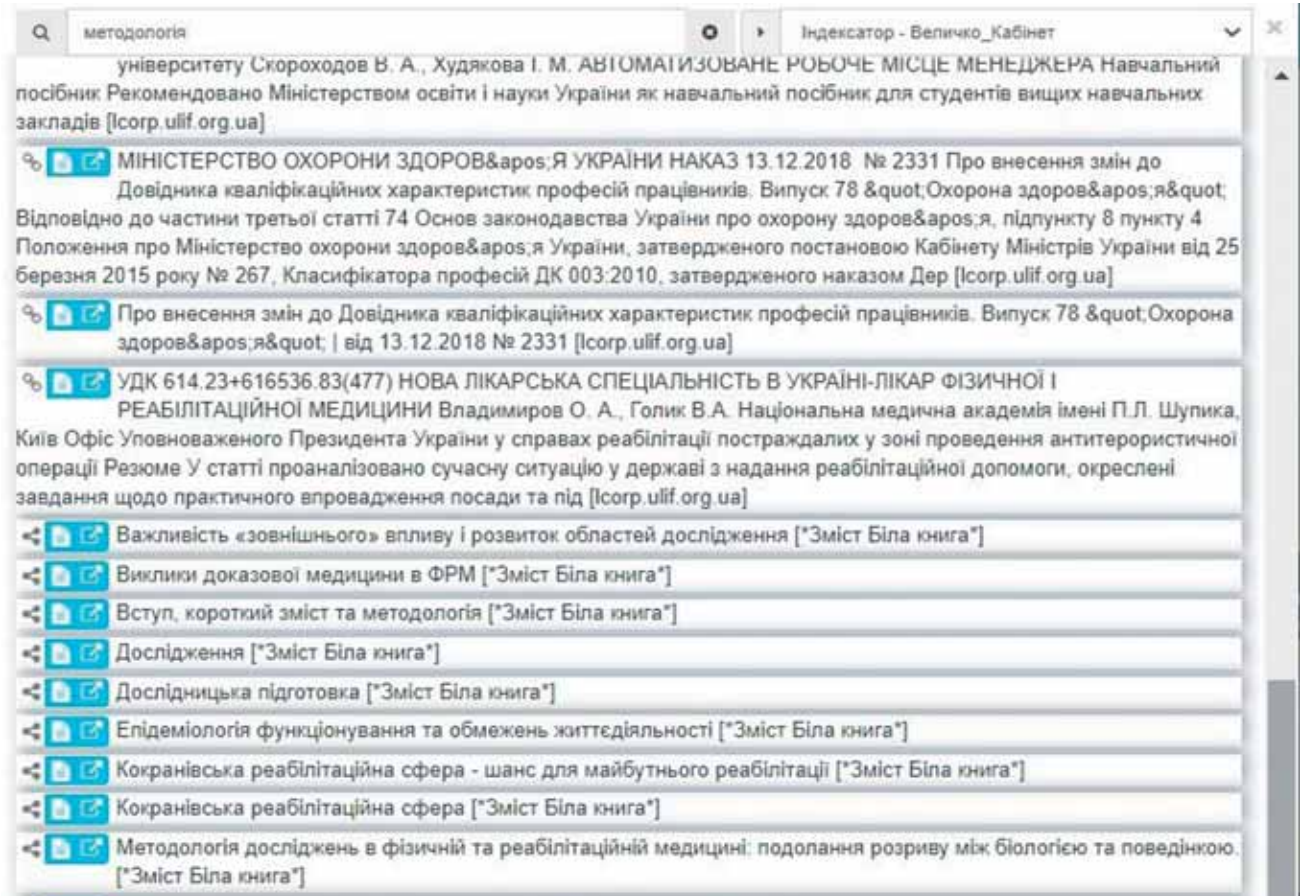


Рис.15. Фрагмент результату пошуку поняття «методологія»

онтології, яка представляє всю призму і явно не відображається в робочій області. Підкатегорії кореневої категорії формують грані призми, а імена цих категорій відображаються в назвах відповідних граней. Третій рівень формується підкатегоріями і дочірніми об'єктами категорій другого рівня. Такі об'єкти представляються у вигляді блоків на відповідних гранях – аналогічно до об'єктного представлення.

TISP надає користувачу можливість виконання повнотекстового пошуку інформації за визначеними інформаційними ресурсами з персонального кабінету користувача (онтологічна структура БК, контексти понять, нормативні документи, наукові статті). Для цього визначається індексна зона та виконується підключення відповідного індексу до кабінету користувача. Приклад фрагменту результату пошуку поняття «методологія» наведено на рис. 15.

Всі знайдені результати відображаються в основній частині вікна (рис. 15). Кожен з результатів представлений як елемент списку. При цьому зліва від назви інформаційного ресурсу відображаються кнопки керування: а) «Перегляд деталей», що відкриває вікно контекстів, б) «Перехід», що відкриває посилання на інформаційний ресурс в новій вкладці.

Таксономічна структура БК фактично представляє усю ієрархію регламентів, правил та послуг, які повинен виконувати лікар-реабітолог (ЛР). Також забезпечується навчальна підготовка до взаємодії ЛР і пацієнта. Онтолого-керований підхід до операціональності взаємодії ЛР і пацієнта оперативно реалізує весь технологічний ланцюг від визначення стану пацієнта до вибору й призначення лікарем конкретного набору реабілітаційних процедур. Слід відмітити, що таксономія онтологічної системи реалізації операціональної взаємодії ЛР і пацієнта забезпечує інтероперабельність з іншими інформаційними ресурсами, які за необхідністю потрібно задіяти.

Результати і Висновки:

У процесі виконання робіт за грантом була розроблена стратегія розширення функціональності та предметної орієнтації TISP. Реалізована платформа системи TISP із компонентною архітектурою когнітивних сервісів, що забезпечує трансдисциплінарну консолідацію діяльності усіх фахівців, які потрібні залучати у процес реабілітації конкретного пацієнта. Онтолого-керований підхід до операціональності взаємодії ЛР і пацієнта оперативно реалізує весь технологічний ланцюг від визначення стану пацієнта до вибору й призначення лікарем конкретного набору реабілітаційних процедур. Використання онтолого-керovanого підходу забезпечує гнучкість у предметній орієнтації TISP та розробці окремих функціональних конфігурацій системи.

Перспективи подальших досліджень. У подальшій роботі планується, на основі накопичення статистичної інформації стосовно постановки реабілітаційних діагнозів та складання плану реабілітації пацієнтів, формування оптимальних реабілітаційних протоколів та доопрацювання механізмів підказки лікарю відносно вибору найкращої стратегії реабілітації для конкретного пацієнта.

Додаткова інформація. Опубліковані матеріали не мають конфлікту інтересів.

Подяка. Дослідження виконано при підтримці гранту Національного фонду досліджень України за договором від 07.05.2021 р. № 159/01/0245 «Трансдисциплінарна інтелектуальна інформаційно-аналітична система супроводження процесів реабілітації при пандемії (TISP)».

Список літератури

1. Guarino N. Understanding, Building, and Using Ontologies. URL: <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/guarino/guarino.html> (Дата звернення: 24.10.2021).
2. Guarino N., Guizzardi G., Mylopoulos J. On the Philosophical Foundations of Conceptual Models. *Information Modelling and Knowledge Base*. 2020. 31. DOI: <https://doi.org/10.3233/faia200002>
3. Hammami R., Bellaaj H., Hadj Kacem A. Interoperability for medical information systems: an overview. *Health and Technology*. 2014. vol. 4. № 3. p. 261–272. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12553-014-0085-8>
4. Steiner B., Saalfeld B., Elgert L., Haux R., Wolf K.-H. OnTARi: an ontology for factors influencing therapy adherence to rehabilitation. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2021. vol. 21:153. P.1-14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01512-y>
5. Трансдисциплінарна інтелектуальна інформаційно-аналітична система супроводження процесів реабілітації при пандемії TISP. Монографія. За редакцією Палагіна О.В. Просвіта, Київ, Україна; ІТНЕАСофія, Болгарія. 2021. DOI: <https://doi.org/10.54521/ibs34>.
6. Gladun V., Velychko V., Ivaskiv Y. Selfstructured Systems. *Information Theories & Applications*. 2008, № 1. P. 5-13.
7. Інформаційно-навчальні ресурси. Капсули знань. Монографія. За ред. Довгий С.О., Стрижак О.Є. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 162 с.
8. Палагин А.В., Петренко Н.Г., Крывий С.Л., Величко В.Ю. Знание-ориентированные информационные системы с обработкой естественно-языковых объектов: онтологический подход. УСиМ. 2010. №4. С. 3-14.
9. Величко В. К вопросу построения оптимального дерева решений. *International Journal "Information Models and Analyses"*. 2020. Volume 9, Number 1. P. 52-77.
10. Величко В. Ю. Алгоритм побудови зростаючих пірамідальних мереж у паралельному обчислювальному середовищі. Комп'ютерні засоби, мережі та системи. 2011. №10. С. 105-112.

11. Litvin A., Velychko V., Kaverinsky V. Synthesis of chat-bot responses in the inflecting natural language based on the results of queries to ontology and analysis of the chat previous phrase. *International Journal "Information Theories and Applications"*. 2020. Volume 27, Number 2. P. 152-199.
12. Velychko V. Architectural solution of system for semantic comparison of the texts *International Journal "Information Theories and Applications"*. 2019. Volume 26, Number 4. P. 303-322.
13. Palagin O., Velychko V., Malakhov K., Shchurov O. Research and Development Workstation Environment: the new class of Current Research Information Systems. *In Proceedings of the 11th International Conference of Programming UkrPROG 2018*, CEUR Workshop Proceedings. Vol-2139. P. 255-269. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2139/255-269.pdf> (Дата звернення: 24.10.2021).
14. Величко В., Волошин П., Свитла С. Автоматизированное создание тезауруса терминов предметной области для локальных поисковых систем. *ITHEA IBS ISC*. No: 15. 2009. С. 24-31.
15. Palagin O.V., Velychko V.YU., Malakhov K.S., Shchurov O.S. Distributional semantic modeling: a revised technique to train term/word vector space models applying the ontology-related approach. In: *Proceedings of the 12th International Conference of Programming UkrPROG 2020*. CEUR Workshop Proceedings 2866. Kyiv, Ukraine, September 15-16, 2020. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2866/ceur_342-352palagin34.pdf. (Дата звернення: 24.10.2021).
16. Про внесення змін до перекладу Міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я та Міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я дітей і підлітків : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 21.12.2018 р. № 2449. URL: : https://moz.gov.ua/uploads/1/9898-dn_20181221_2449.pdf (Дата звернення: 24.10.2021).
17. The ICF Browser. *WHO*. URL: <http://www.who.int/classification/icf> (Дата звернення: 24.10.2021).
18. Альянс Європейських органів Фізичної та Реабілітаційної Медицини. Біла Книга з Фізичної та Реабілітаційної Медицини (ФРМ) в Європі. Український журнал фізичної та реабілітаційної медицини. 2018. 2 (2). С. 113-144.
- H. OnTARi: an ontology for factors influencing therapy adherence to rehabilitation. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2021. vol. 21:153. P.1-14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01512-y>
5. Transdisciplinary intelligent information and analytical system for the rehabilitation processes support in a pandemic. Monograph. Edited by Palagin O.V. Prosvita, Kyiv, Ukraine; ITHEA Sofia, Bulgaria. 2021 (in Ukrainian) DOI: <https://doi.org/10.54521/ibs34>.
6. Gladun V., Velychko V., Ivaskiv Y. Selfstructured Systems. *Information Theories & Applications*. 2008, № 1. P. 5-13.
7. Informatsiino-navchalni resursy. Kapsuly znan / za red. Dovhyi S.O., Stryzhak O.E. Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy, 2019. 162 p. (in Ukrainian)
8. Palagin A.V., Petrenko N.G., Kryvyi S.L., Velichko V.Yu. Znanie-orientirovannye informatsionnye sistemy s obrabotkoi estestvenno-yazykovykh obektov: ontologicheskii podkhod. *USiM*. 2010. №4. p. 3-14. (in Russian)
9. Velychko V. K voprosu postroyeniya optimalnogo dereva resheniy. *International Journal "Information Models and Analyses"*. 2020. Volume 9, Number 1. P. 52-77. (in Russian)
10. Velychko V. Yu. Alhorytm pobudovy zrostaiuchykh piramidalnykh merezh u paralelnomu obchyluivalnomu seredovyskhi. *Kompiuterni zasoby, merezhi ta systemy*. 2011. №10. p. 105-112. (in Ukrainian)
11. Litvin A., Velychko V., Kaverinsky V. Synthesis of chat-bot responses in the inflecting natural language based on the results of queries to ontology and analysis of the chat previous phrase. *International Journal "Information Theories and Applications"*. 2020. Volume 27, Number 2. P. 152-199.
12. Velychko V. Architectural solution of system for semantic comparison of the texts *International Journal "Information Theories and Applications"*. 2019. Volume 26, Number 4. P. 303-322.
13. Palagin O., Velychko V., Malakhov K., Shchurov O. (2018) Research and Development Workstation Environment: the new class of Current Research Information Systems. *In Proceedings of the 11th International Conference of Programming UkrPROG 2018*, CEUR Workshop Proceedings. Vol-2139. P. 255-269. Available from: <http://ceur-ws.org/Vol-2139/255-269.pdf> Accessed: October 24, 2021.
14. Velychko V., Voloshin P., Svitla S. Avtomatizirovannoe sozdanie tezaurusov terminov predmetnoi oblasti dlya lokalnykh poiskovykh sistem. *ITHEA IBS ISC*. No: 15. 2009. p. 24-31. (in Russian)
15. Palagin O.V., Velychko V.YU., Malakhov K.S., Shchurov O.S. (2020) Distributional semantic modeling: a revised technique to train term/word vector space models applying the ontology-related approach. In: *Proceedings of the 12th International Conference of Programming UkrPROG 2020*. CEUR Workshop Proceedings 2866. Kyiv, Ukraine, September 15-16, 2020. Available from: http://ceur-ws.org/Vol-2866/ceur_342-352_palagin34.pdf. Accessed: October 24, 2021.
16. Pro vnesennia zmin do perekladu Mizhnarodnoi

References

- Guarino N. Understanding, Building, and Using Ontologies. URL: <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/guarino/guarino.html>. Accessed: October 22, 2021.
- Guarino N., Guizzardi G., Mylopoulos J. On the Philosophical Foundations of Conceptual Models. *Information Modelling and Knowledge Base*. 2020. 31. DOI: <https://doi.org/10.3233/faia200002>
- Hammami R., Bellaaj H., Hadj Kacem A. Interoperability for medical information systems: an overview. *Health and Technology*. 2014. vol. 4. № 3. С. 261–272. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12553-014-0085-8>
- Steiner B., Saalfeld B., Elgert L., Haux R., Wolf K.-

klasyfikatsii funktsionuvannia, obmezhen zhyttiedialnosti ta zdorovia ta Mizhnarodnoi klasyfikatsii funktsionuvannia, obmezhen zhyttiedialnosti ta zdorovia ditei i pidlitkiv : Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 21.12.2018 p. № 2449. Available from: https://moz.gov.ua/uploads/1/9898-dn_20181221_2449.pdf (in Ukrainian)

17. The ICF Browser. *WHO*. URL: <http://www.who.int/>

[classification/icf](#) Accessed: October 24, 2021.

18. Alians Yevropeiskykh orhaniv Fizychnoi ta Reabilitatsiinoi Medytsyny. Bila Knyha z Fizychnoi ta Reabilitatsiinoi Medytsyny (FRM) v Yevropi. *Ukrainskyi zhurnal fizychnoi ta reabilitatsiinoi medytsyny*. 2018. 2 (2). p. 113-144. (in Ukrainian)

SYSTEM-TECHNICAL IMPLEMENTATION OF THEORETICAL AND METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF TRANSDISCIPLINARY INTELLIGENT INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR THE REHABILITATION PROCESSES SUPPORT IN A PANDEMIC (TISP)

Velychko V. Yu.

Intelligent Information Systems (IIS) is the next step in the evolution of information processing systems. The intelligent system must provide the opportunity to use modern technologies and tools for data integration, their processing and extraction of knowledge in explicit or implicit form. The use of ontologies is provided an effective analysis of information resources and their use in IIS, especially in areas of human activity that are evolving and changing rapidly. The implementation of an effective rehabilitation system based on evidence-based medicine and uniform standards and rules is an important component of Ukraine's health care system in the time of a pandemic. Subject orientation of the transdisciplinary intellectual information-analytical system and creation of separate functional configurations of the system is aimed at use in the field of medical rehabilitation. Objective of the research was the subject orientation of the transdisciplinary intellectual information-analytical system and the creation of individual functional configurations of the system for use in the field of medical rehabilitation. The theoretical and methodological basis of "Transdisciplinary intelligent information and analytical system for the rehabilitation processes support in a pandemic (TISP)" is the conceptual and methodological principles of knowledge-oriented processing of natural language texts. They consist of models and methods that include methods of construction and processing of ontologies of the subject area, which are based on methods of construction and analysis of the structure of growing pyramidal networks; logical-mathematical models of natural language texts processing on the basis of ontologies and growing pyramidal networks; local-statistical method of concept allocation in growing pyramidal networks, which allows forming the concepts of minimum length with maximum support for polynomial time; methods of semantic processing of natural language texts, which use the mechanisms of adjacency of facts, to form a system of «questions and answers» on the content of texts. In the process of performing the grant work, a strategy for expanding the functionality and subject orientation of TISP was developed. TISP platform was implemented with a component architecture of cognitive services, which provides transdisciplinary consolidation of all specialists who need to be involved in the rehabilitation of a particular patient. The *International Classification of Functioning, Disability and Health, (ICF)* and the *White Book on Physical and Rehabilitation Medicine in Europe*, which defines the nature, scope and parameters of physical and rehabilitation medicine in Europe, have been developed in the form of interactive documents. The ontology-driven approach to the operability of the interaction between the doctor-rehabilitation specialist and the patient promptly implements the entire technological chain from determining the patient's condition to the choice and appointment by the doctor of a specific set of rehabilitation procedures. The use of an ontology-driven approach provides flexibility in the subject orientation of TISP and the building of individual functional configurations of the system.

Key words: *ontology; rehabilitation; information and analytical system; international classification of functioning, disability and health; intelligent information technology.*