

ОНТОЛОГІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ В ЗАДАЧАХ ОБОРОННОГО ПЛАНУВАННЯ

*Український науковий центр розвитку інформаційних технологій, м. Київ, Україна

Анотація. У статті запропоновано застосування онтологічного підходу до інформаційного моделювання предметної області експертного оцінювання спроможностей у задачах оборонного планування. Моделі визначення і оцінювання спроможностей є базовими у країнах-членах НАТО. Разом із тим характерними рисами управління у сфері оборони на сучасному етапі є зростання динаміки всіх процесів, що знаходить відображення у різкому збільшенні обсягів інформації, потрібної для опрацювання. Методологічна складність процедури оцінювання спроможностей обумовлена нестачею правил і підходів щодо балансування кількісних і якісних характеристик спроможностей, передбачених директивними документами, що ускладнює створення автоматизованих засобів підтримки прийняття рішень. У даному дослідженні пропонується підхід до забезпечення аналітичної підтримки прийняття експертних рішень на основі онтологічних інформаційних моделей, які адекватно відображають притаманні задачам визначення спроможностей ієрархічні та мережеві структури елементів і враховують їх взаємний вплив в умовах багатofакторності. Предметна область, або «світ», у якому відбуваються процеси прийняття рішення, зазвичай є значною за обсягом системою таксономій. Для створення таксономії даних предметної області оцінювання спроможностей визначено основні базові кванти (понятійні одиниці) предметної області, основні онтології, а також проведено аналіз даних на модельному прикладі «Розвідка». Запропоновано фреймовий підхід до описів узагальнених родових понять, побудована фреймова модель групи спроможностей на модельному прикладі. Запропоновано схему практичної реалізації отриманих рішень на основі забезпечення взаємодії між онтологічною моделлю та реляційною моделлю бази даних.

Ключові слова: оборонне планування, спроможності, онтологія, фрейми, бази даних.

Abstract. The paper examines the application of the ontological approach to the information modeling of the subject area of expert assessment of capabilities in defense planning tasks. Capability identification and assessment models are basic in countries which are NATO members. At the same time, the growth of the dynamics of all processes which is reflected in a sharp increase in the amount of information required for processing is a characteristic feature of the defense management at the present stage. Methodological complexity of the capacity assessment procedure is stipulated by the lack of rules and approaches to balancing quantitative and qualitative characteristics of capabilities provided by policy documents. It complicates the creation of automated decision-making support tools. This study offers an approach to providing analytical support for expert decision-making based on ontological information models which adequately reflect inherent hierarchical and network structures of elements and take into account their mutual influence in a multifactorial environment. Subject area or «the world» in which decision-making processes take place is usually a large system of taxonomies. To create a taxonomy of data in the subject area of capability assessment, some main basic quanta (conceptual units) of the subject area and basic ontologies were determined. Data analysis on the model example «Intelligence» was carried out as well. The frame approach to the description of generalized generic concepts is offered, and the frame model of a group of abilities on a model example is constructed. A scheme of practical implementation of the obtained decisions based on maintenance of interaction between the ontological model and the relational model of a database is offered.

Keywords: defense planning, capabilities, ontology, frames, databases.

1. Вступ

В останні роки у секторі безпеки та оборони проводяться заходи щодо переходу до планування на засадах моделі визначення і оцінювання спроможностей (Capability-Based Planning), яка є базовою у країнах-членах НАТО. Під час визначення переліку необхідних спроможностей головним питанням є раціональний підхід до планування ресурсів для формування та утримання відповідних організаційно-штатних структур, оснащення озброєнням та технічними засобами. Одним із ключових завдань цього процесу, який потребує практичного вирішення, є визначення переліку необхідних (амбіційних) спроможностей військ (сил) та забезпечення їх ресурсами. Методологічна складність цієї процедури обумовлена відсутністю правил і підходів щодо балансування кількісних і якісних характеристик спроможностей, передбачених директивними документами, що ускладнює створення автоматизованих засобів підтримки прийняття рішень [1–5].

Разом із тим, характерними рисами управління у сфері оборони на сучасному етапі є зростання динаміки всіх процесів, що знаходить відображення у різкому збільшенні обсягів інформації, потрібної для опрацювання. У таких умовах проблемній області притаманна значна чисельність аспектів або властивостей, які впливають на якість прийнятого рішення. В цілому це приводить до того, що задачі прийняття рішень зазвичай є багатокритеріальними. У цих умовах на передній край інформаційно-аналітичної діяльності виходить пошук знання для підтримки рішень, що є квінтесенцією інформаційного процесу.

Дослідники та фахівці пропонують низку підходів до підтримки прийняття рішень у такому середовищі. Більшість із них спираються на експертні методи, які певною мірою дають змогу вирішувати поставлені задачі (наприклад, метод Делфі, метод аналізу ієрархій та ін.). Водночас, якщо проаналізувати дослідження в цій сфері, можна зробити висновок, що підтримка рішень в аналітичній діяльності, особливо в багатокритеріальних випадках, безпосередньо пов'язана з поданням інформаційної картини предметної області.

У даному дослідженні пропонується підхід до забезпечення аналітичної підтримки прийняття експертних рішень у задачах визначення спроможностей і ресурсів в оборонному плануванні на основі інформаційних моделей, які адекватно відображають притаманні цим задачам ієрархічні та мережеві структури елементів (об'єктів, факторів, критеріїв тощо) і враховують їх взаємний вплив в умовах багатofакторності.

Метою даної статті є спроба запропонувати підхід до забезпечення аналітичної підтримки прийняття експертних рішень у задачах визначення спроможностей і ресурсів в оборонному плануванні на основі інформаційних моделей, які адекватно відображають притаманні цим задачам ієрархічні та мережеві структури елементів (об'єктів, факторів, критеріїв тощо) і враховують їх взаємний вплив в умовах багатofакторності.

2. Постановка задачі

Важливим чинником організації участі експерта у підготовці необхідних даних і виборі найкращого рішення є необхідність мати певне уявлення про те, як людина приймає рішення. Сучасне розуміння цього процесу пов'язане з поняттям концептуальної, або ментальної, моделі навколишнього світу, що використовується людиною при прогнозуванні наслідків своїх дій. Прийнято вважати, що це складається із сприйняття зовнішнього середовища у відчуттях, перетворення їх в образи та створення логічних уявлень про світ. Вони разом беруть участь у прийнятті рішень, але експериментально підтверджено, що вплив їх може бути неузгодженим і реакція людини на питання може відхилятися від очікуваних логічних відповідей. Можливість подолання впливу неузгодженості рівнів цієї моделі пов'язують не лише з чіткою постановкою задачі, а також і з якістю і повнотою зібраної і поданої інформації.

Тому важливим елементом сучасних інформаційних систем підтримки прийняття рішень є база знань, яка представляє інформаційну модель предметної області (ПдО). Серед існуючих підходів до таких моделей останнім часом найбільш адекватним вважається представлення ПдО у вигляді комп'ютерних онтологій [6–13]. У загальному випадку онтологія містить інформаційні описи на основі об'єктно-орієнтованої процедури формалізації, а кожна модель може бути представленою певною таксономією. Така структура відображає розуміння проблеми особою, що приймає рішення. В цих умовах інформаційний супровід розв'язання експертних задач полягає у застосуванні експертами онтологічної моделі ПдО шляхом перетворень на основі інтерпретаційних функцій вибору, які управляють на основі онтології процесом постачання інформаційного ресурсу для опрацювання. Фактично ці функції визначають правила щодо використання та обробки концептів онтології при розв'язанні певних задач. Таким чином, онтологія дозволяє представляти опис усіх своїх компонент певною формальною мовою, яка може інтерпретуватися деякою процедурою (алгоритмом) і бути реалізованою інформаційною технологією [16].

Таким чином, ПдО, або світ (world), у якому відбуваються процеси прийняття рішення, зазвичай є значною за обсягом системою таксономій, що відображають виразну ієрархію взаємодії концептів, які задаються за допомогою бінарних відношень. Як відомо, для складної системи така онтологія має пірамідальну структуру шарів ранжування (рис.1).

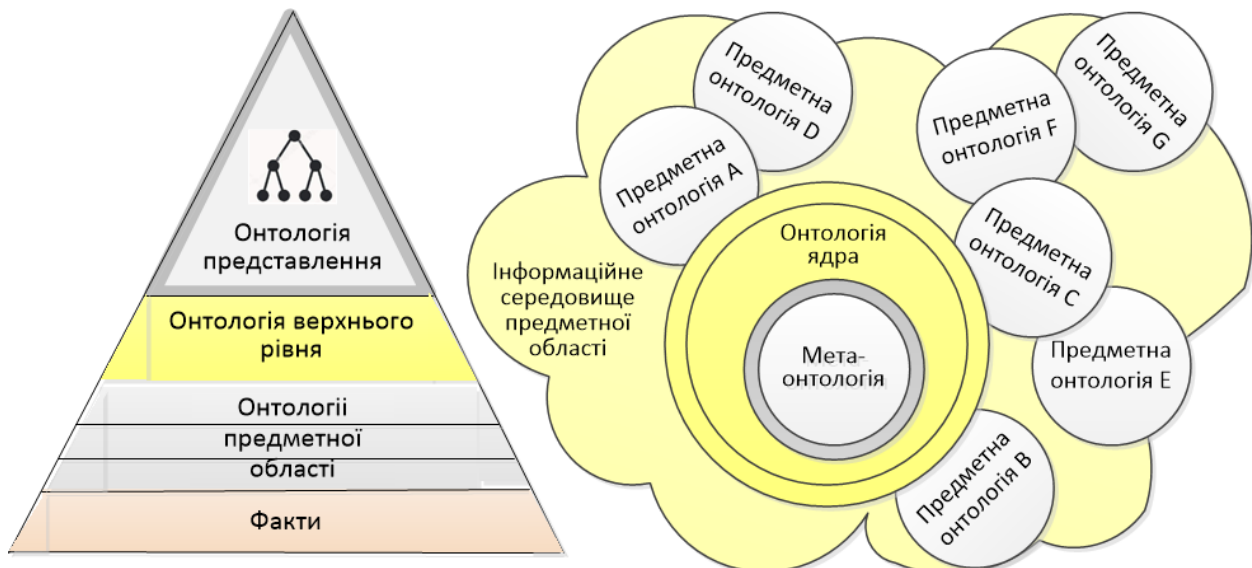


Рисунок 1 – Ієрархія онтологій для забезпечення представлення предметної області

Ця структура починається від абстракцій загальних концептів і відношень між ними (онтологія представлення, або вища онтологія, Upper Ontology, або мета-онтологія). Наступний шар (Core Theories, онтологія ядра, або онтологія верхнього рівня) представляє загальні факти про простір, час і зв'язки, які є важливими для майже всіх загальноприйнятих суджень у даному світі. Онтології предметних областей (Domain-Specific Theories) описують специфіку тих частин світу, які викликають інтерес при прийнятті конкретних рішень. Нарешті факти (Facts) представляють дані, що стосуються окремих екземплярів (individuals) цього світу.

У предметно-орієнтованих онтологіях використовуються конкретні, специфічні для даної ПдО поняття і відношення. Тобто, термінологічна база онтологій ПдО формується шляхом конкретизації понять, визначених у мета-онтологіях. У мета-онтологіях використовуються універсальні поняття і відношення, що стосуються загального напряму аналітичної діяльності в даній предметній області. Ці мета-онтології орієнтовані на створення моделей предметних областей у вигляді «моделей світів» – завершених, взаємопов'язаних і

взаємообумовлених систем знань. Проектування онтології верхнього рівня є обов'язковою частиною загального алгоритму розробки баз знань із кожної предметної області.

Простір рішень оборонного планування на основі спроможностей (ОПОС) є складною багатовимірною ієрархічною структурою. Вона включає різноманітне поєднання таких базових елементів, як доктринальний базис (Doctrine), організація (Organization), навчання (Training), ресурсне (матеріальне) забезпечення (Materiel), якість управління (лідерство) та освіта (Leadership and Education), персонал (Personnel) та військова інфраструктура (Facilities), що в цілому позначається акронімом DOTMLPF [14, 15].

Крім того, носіями спроможностей є розмаїття військових організаційних структур, органів управління, окремих засобів і систем. Кожна структурна одиниця сил оборони може мати більш ніж одну спроможність, а кожна спроможність може реалізовуватись більш ніж однією структурною одиницею. Набути ту чи іншу спроможність її носій може не однією, а декількома комбінаціями складових елементів системи. При цьому носії спроможності мають властивості, які характеризуються як кількісними, так і якісними показниками.

У зв'язку з цим як методичну основу для вирішення проблеми прийняття раціонального рішення експертами щодо розвитку спроможностей у такому складному просторі, як оборонна інфраструктура, необхідно забезпечити збір, подання та аналіз на різних рівнях значної сукупності гетерогенних даних та опрацювання баз знань.

3. Матеріали і методи

Відповідно до семантики ОПОС, онтологічну модель цього світу можна передусім представити низкою таксономій суперкласів <Class hierarch>, що описують складові планування сил за характеристиками їх спроможностей, а мапа світу оборонного планування на основі спроможностей може бути представленою рис. 2.

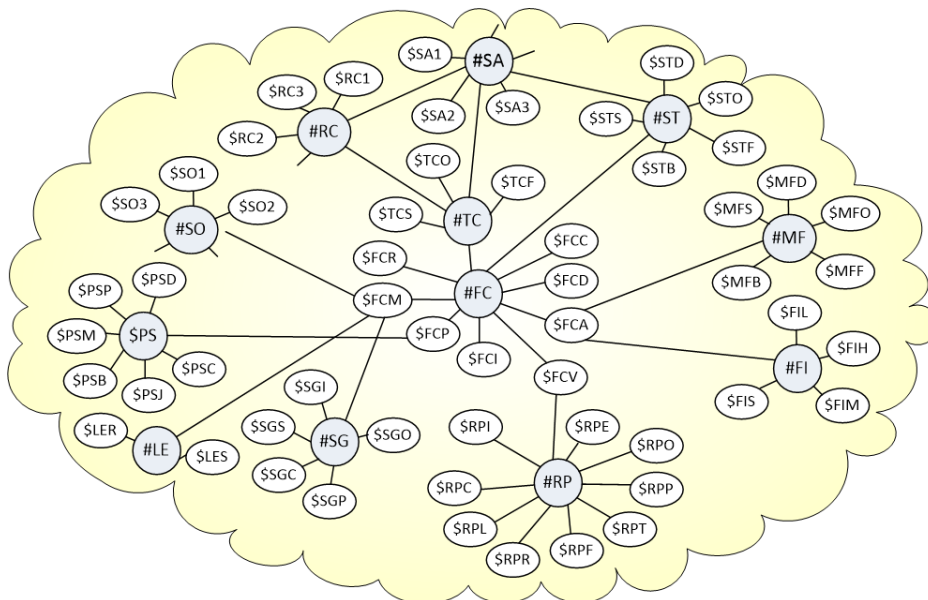


Рисунок 2 – Мапа світу оборонного планування

Власне онтологічна модель складається з таких суперкласів:

<TYPICAL_CAPABILITIES> (#TC) – типових спроможностей Збройних сил України, що складаються із класів: оперативні (\$TCO), бойові (\$TCF), спеціальні (\$TCS); із класів функціональних груп забезпечення готовності військ – співробітництво у сфері безпеки і оборони (\$FCC), розгортання та мобільність військ (\$FCD), застосування (\$FCA), забезпечення, керівництво та управління (\$FCM), захист та живучість (\$FCV), розвідка (\$FCI),

військово-політичне керівництво (\$FCP), управління ресурсами (\$FCR); із деталізацією на стратегічному, оперативному та тактичному рівнях та з подальшим групуванням спроможності на підгрупи (підспроможності);

<SCENARIOS_APPLICATION> (#SA) – сценаріїв застосування військ (сил): перший сценарій (\$SA1), другий сценарій (\$SA2), третій сценарій (\$SA3) і т.д.;

<SOLDIERY_TASKS> (#ST) – військових завдань, що складаються із класів: стратегічне розгортання (\$STD), операції (\$STO), бойові дії (\$STF), бої (\$STB), удари (\$STS);

<REQUIREMENTS_CAPABILITIES> (#RC) – вимог до спроможностей, що складаються із класів: перелік умов та критерії виконання завдань за першим сценарієм (\$RC1), перелік умов та критерії виконання завдань за другим сценарієм (\$RC1) і т.д.;

<SOLDIERY_ORGANIZATION> (#SO) – складу та організаційної структури військ (сил), що складаються із класів, які відповідають затвердженій структурі;

<MATERIEL_FINANCIAL> (#MF) – ресурсів, що складаються із класів: ОБТ (озброєння і військова техніка) (\$MFA), обладнання (\$MFE), МТЗ (матеріально-технічне забезпечення) (\$MFM), витратні матеріали (\$MFS), фінансові ресурси (\$MFF);

<PERSONNEL> (#PS) – кадрового забезпечення, що складається із класів: керівний склад (\$PSM), персонал підрозділів (\$PSD), персонал частин (\$PSP), персонал з'єднань (\$PSJ), персонал органів військового управління (\$PSB), цивільний персонал (\$PSC);

<FACILITIES> (#FI) – військової інфраструктури, що складається із класів: логістичне забезпечення (\$FIL), житлове забезпечення (\$FIH), медичне забезпечення (\$FIM), утримання запасів (\$FIS);

<LEADERSHIP_EDUCATION> (#LE) – військової освіти та науки, що складається із класів: наукові дослідження в інтересах оборони (\$LES), науково-дослідна діяльність на створення нових видів (зразків) озброєння та військова техніка (\$LER);

<SOCIAL_TRAINING> (#SG) – соціальної й гуманітарної політики та роботи з особовим складом, що складається із класів: інформаційно-пропагандистське забезпечення (\$SGI), психологічне забезпечення (\$SGP), воєнно-соціальна робота (\$SGS), культурно-виховна робота (\$SGC), інформаційно-психологічна протидія (\$SGO);

<RISKS> (#RP) – ризиків оборонного планування, що складаються із класів: зовнішні (\$RPE), внутрішні (\$RPI), кадрові (\$RPP), корупційні (\$RPC), нормативно-правові (\$RPL), операційно-технологічні (\$RPO), програмно-технічні (\$RPT), репутаційні (\$RPR), фінансово-господарські (\$RPF).

Поєднання цих таксономій в єдину онтологічну систему шляхом встановлення відношень між їх концептами утворює інформаційний простір, що має забезпечити експертам вичерпний і чіткий супровід їх діяльності щодо оцінки спроможностей на об'єктивній основі.

З іншого боку, інтегративний характер онтологій у кінцевому підсумку дає виразні можливості для підтримки аналітичної діяльності. Спільний розвиток предметних онтологій із використанням мета-онтології як моделі верхнього рівня означає, що процес інтеграції полягає в імпортуванні онтології в певне середовище, щоб дозволити їм взаємодіяти одне з одним (рис. 1).

Для цього доцільно використовувати загальне онтологічне ядро як середній рівень між мета-онтологією та іншими специфічними онтологіями ПдО. Загальне ядро – це фактично набір онтологій, що пропонує високий рівень термінологічного ресурсу для підтримки використання відповідних онтологій. Ядро може містити набір шаблонів, які будуть використані для розширення та формулювання нових онтологій. Повторення шаблонів дозволяє більш просте формування семантичних запитів, тому що дані, відображені в онтологіях, використовують спільні супер-властивості.

Таким чином, для предметної області, що розглядається, мета-онтологія відображає понятійний апарат сфери оборонного огляду сил оборони як головного пріоритету, за ре-

зультатами якого визначаються нові стратегічні цілі їх розвитку (рис. 3). У свою чергу, онтологія ядра представляє процес формування цільових пакетів спроможностей за різними групами (рис. 4).

Таксономія даних предметної області ОПОС базується на аналізі існуючих даних згідно з «Переліком спроможностей Міністерства оборони України, Збройних сил України та інших складових сил оборони за функціональними групами» та «Переліком носіїв спроможностей Міністерства оборони України, Збройних сил України та інших складових сил оборони за функціональними групами» (далі – переліки). Розглянемо моделі даних на модельному прикладі таксономії суперкласу <Розвідка>.

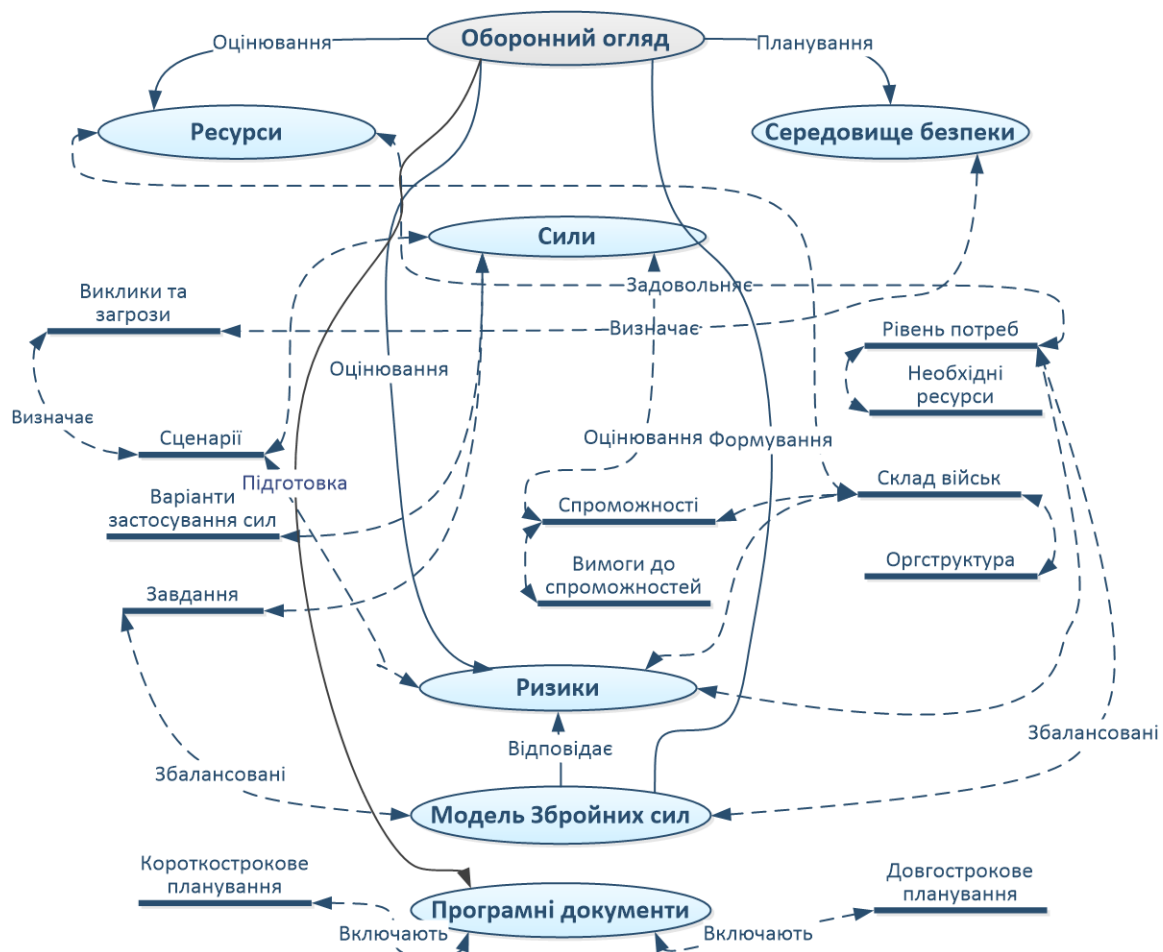


Рисунок 3 – Мета-онтологія понятійного апарату сфери оборонного огляду

Група «Розвідка» (Intelligence – I) охоплює спроможності сил оборони щодо збору, обробки, аналізу та прогнозування, доведення розвідувальних відомостей. У відповідності з Переліками спроможностей групи «Розвідка» відповідну таксономію наведено на рис. 5. Перелік носіїв спроможностей групи «Розвідка» та їх таксономія мають значний обсяг і тут не наводяться.

Ефективне і швидке створення онтології має особливе значення, для чого необхідно мати достатньо потужні і водночас прості інструменти. Тому розробляються редактори, здатні полегшити наповнення онтології потрібними знаннями, здійснювати їх опрацювання та приводити ці знання до формального вигляду. Серед розглянутих інструментів для побудови предметно-орієнтованої онтології, що вільно розповсюджуються, переважає редактор Protégé, який є гнучким, незалежним від платформи середовищем для створення і

редагування онтологій та БЗ [17]. Protégé – це інструмент, який дає змогу користувачам конструювати онтології ПдО, вводити дані та налаштовувати форми їх виведення. Програма дозволяє зберігати дані в найбільш розповсюджених форматах OWL, RDF, XML, HTML.

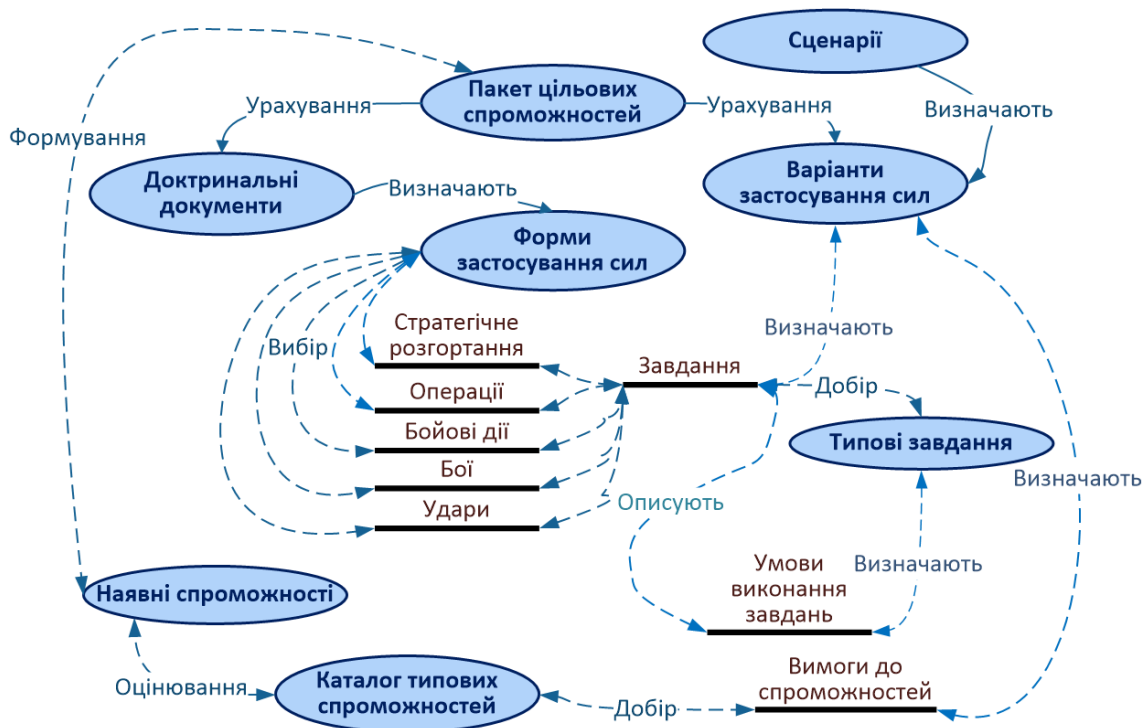


Рисунок 4 – Онтологія ядра предметної області

Приклад побудови предметно-орієнтованої онтології групи спроможностей «Розвідка» за допомогою редактора Protégé наведено на рис. 6 (таксономія групи), рис. 7 (ієрархія класів і підкласів та екземпляри підкласу П-1.1).

Атрибутивні описи (властивості) концептів онтологій можуть бути представленими в онтологічній базі даних у вигляді фреймів, у слотах яких містяться відповідні числові чи лінгвістичні дані. Ці дані мають використовуватись експертами для підтримки прийняття ними рішень щодо оцінювання альтернатив. Фрейми з описами узагальнених родових понять, тобто груп (класів) однотипних об'єктів з однаковими характеристиками, поданими відповідними слотами фрейма, крім рівня даних, визначають рівень структури для можливості навігації контентом. Система зв'язаних фреймів може являти собою семантичну мережу. Тоді фрейм можна розглядати як фрагмент семантичної мережі, змістовно виражений структурою даних із приєднаними процедурами обробки цих даних, призначений для опису об'єкта (ситуації) проблемного середовища з усією сукупністю притаманних йому властивостей. Основна ідея фреймового підходу до подання знань полягає у більш чіткому, ніж при підході, заснованому на семантичній мережі, виділенні об'єктів і ситуацій проблемного середовища та їхніх властивостей [17].

На рис. 8 показано типи фреймів для прикладу групи спроможностей «Розвідка».

Для прийняття рішень важливе значення має обізнаність експертів із характеристиками альтернатив, що є основою при проведенні їх порівнянь між собою. Зазвичай у системах підтримки прийняття рішень такі характеристики (факти) зберігаються або в базі знань або, в разі великих обсягів даних, в окремій базі даних. У випадку оцінювання спроможностей сил оборони необхідно звернути увагу на значну кількість носіїв спроможностей, що суттєво відрізняються одне від одного, і, відповідно, різняться сукупностями своїх характеристик.

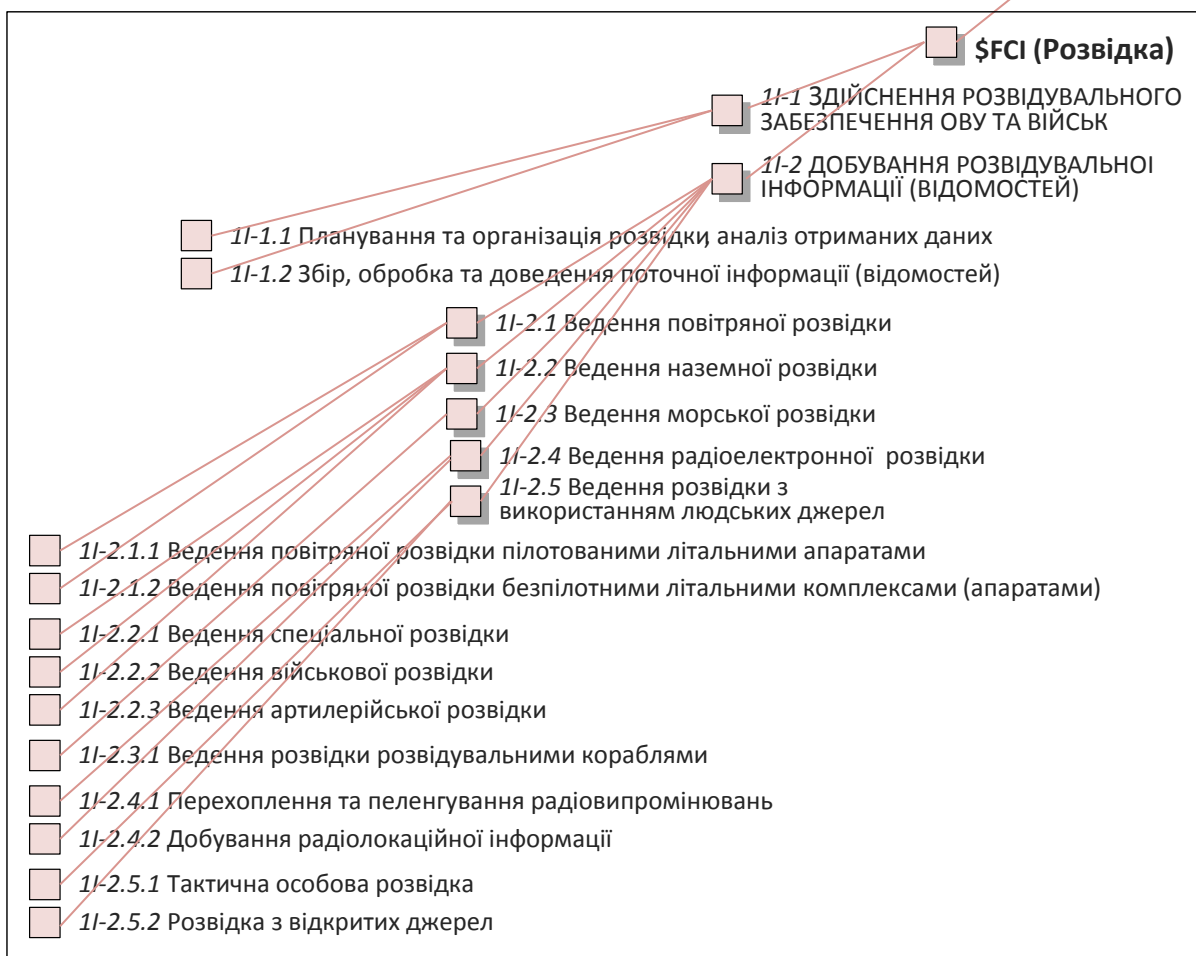


Рисунок 5 – Таксономія спроможностей групи «Розвідка»

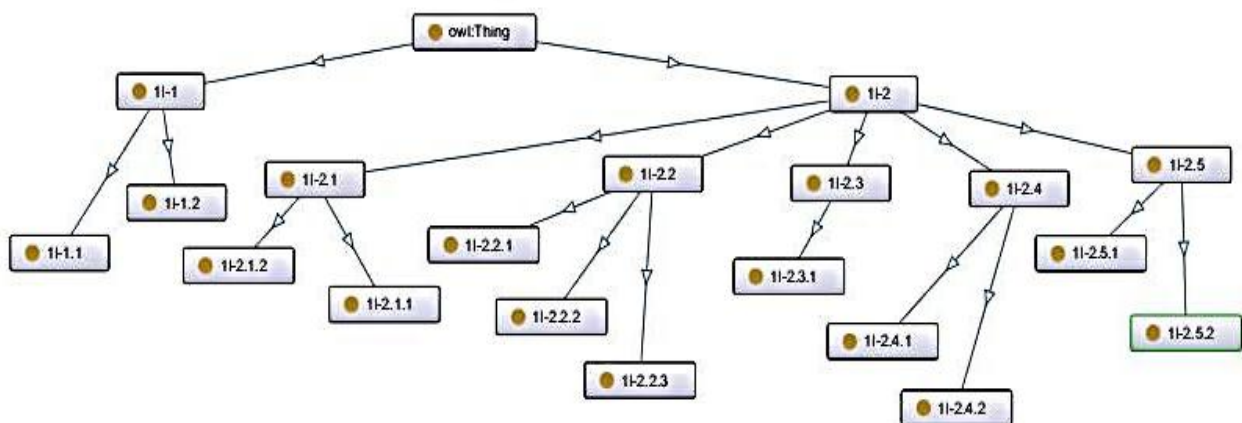


Рисунок 6 – Таксономія групи спроможностей «Розвідка» в редакторі Protégé

Вирішення загальної проблеми інтеграції даних полягає у забезпеченні взаємодії між онтологічною та реляційною моделлю, притаманною багатьом сучасним системам керування базами даних. При поєднанні їх загальною семантикою даних ПдО така інтеграція може базуватись на застосуванні універсальних механізмів, наприклад, у відповідності з процесом Data Mapping [18]. Методологічною основою Data Mapping є напрям, який ви-

значається як Ontology-based data integration, теоретичним і практичним розвитком якого є підхід Ontology-Based Data Access (OBDA) (рис. 9). Метод інтеграції OBDA зводить онтологічні моделі, представлені, наприклад, у вигляді онтографів RDF із даними реляційних таблиць, а також дозволяє виконувати запити до кількох неоднорідних реляційних джерел даних. Метод передбачає можливість переформатування запитів за онтологічною моделлю (SPARQL) на еквівалентні SQL-запити до реляційних БД.

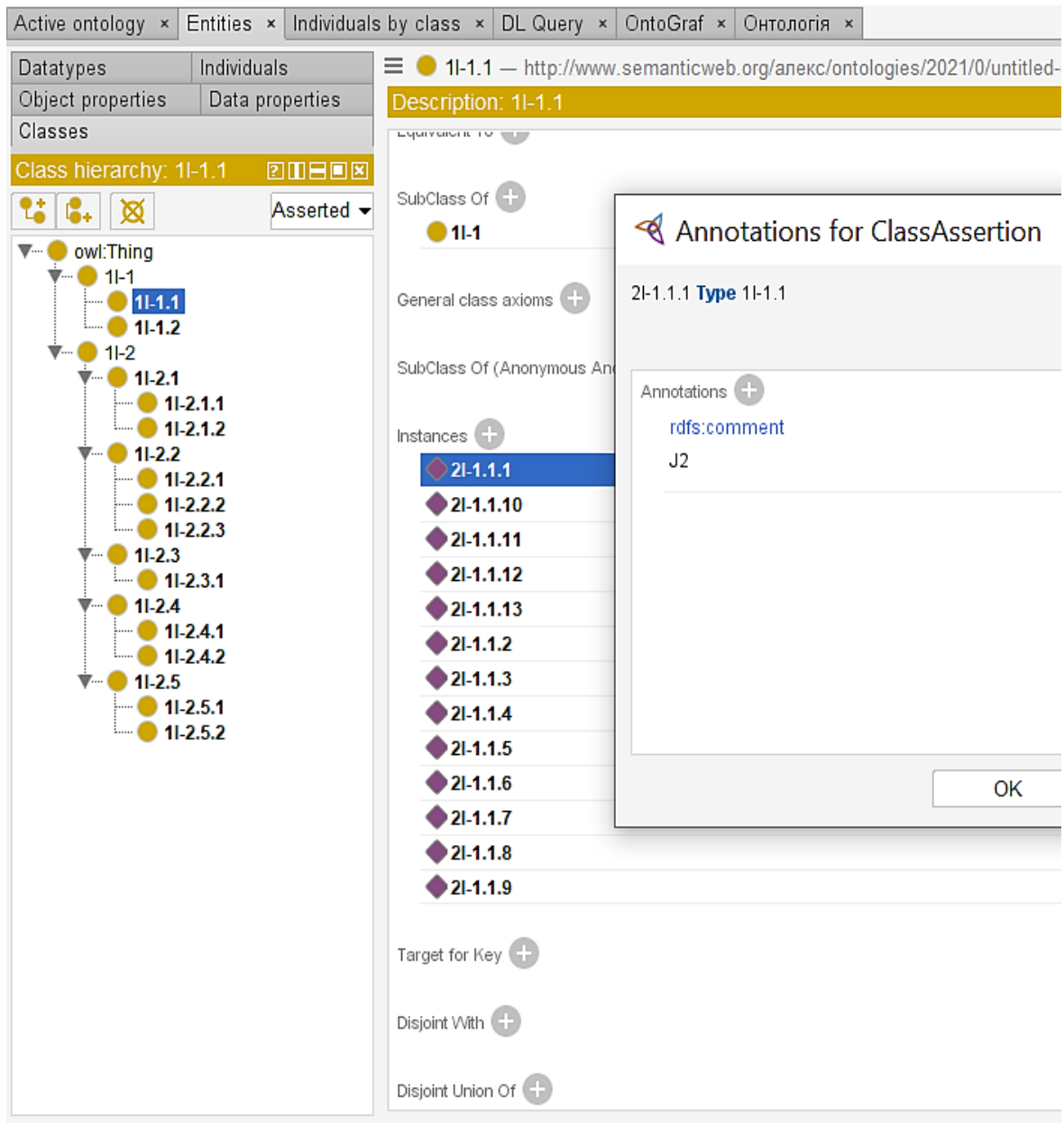


Рисунок 7 – Ієрархія класів і підкласів групи спроможностей «Розвідка» та екземпляри підкласу 11-1

Одним із основних завдань формування та розвитку компонентів інформаційного середовища Міністерства оборони України є створення системи інформаційного забезпечення діяльності Міноборони, яка максимально використовує потенціал сучасних технологій управління, зокрема, щодо інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень. При побудові архітектури даних такої системи доцільно використовувати досвід, накопичений у корпоративному сегменті бізнесу при впровадженні систем управління ресурсами економічних і організаційних структур (ERP-системи) [19]. Наприклад, програмні засто-

сування інформаційно-аналітичної системи мають забезпечувати її функціонування спільно з наявною у потенційного споживача транзакційної ERP-системи SAP ERP або галузевого рішення для оборонних структур SAP for Defense [20].

Фрейм: Intelligence – I			
Ім'я слота	Показник наслідування	Тип значення	Значення
Вид спроможності	0	String	
Тип спроможності	0	String	

Фрейм: 1I-1			
Ім'я слота	Показник наслідування	Тип значення	Значення
Part-is	-	Frame	Intelligence – I
Вид спроможності	U	String	здійснення розвідувального забезпечення
Тип спроможності	-	String	

Фрейм: 1I-2.1.1			
Ім'я слота	Показник наслідування	Тип значення	Значення
Is-a	-	Frame	1I-2.1
Вид спроможності	S	String	
Тип спроможності	S	String	
Підтип спроможності	-	String	пілотованими літальними апаратам

Фрейм: 2I-2.1.1			
Ім'я слота	Показник наслідування	Тип значення	Значення
Is-a	-	Frame	1I-2.1.1
Вид спроможності	S	String	
Тип спроможності	S	String	
Підтип спроможності	S	String	
Тип носія спроможності	U	String	Військова частина (підрозділ)
Носій спроможності	U	String	Розвідувальна авіаційна ескадрилья

Рисунок 8 – Типи фреймів групи спроможностей «Розвідка» (рівень структури)

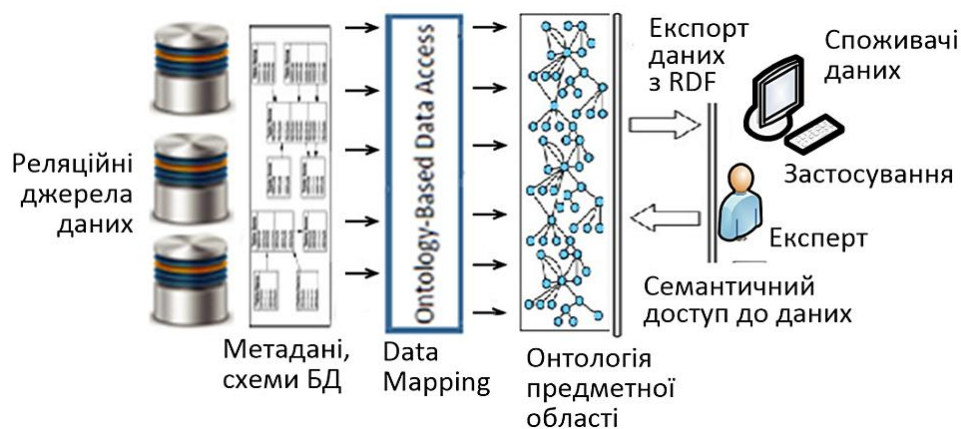


Рисунок 9 – Схема взаємодії онтології та реляційних БД на основі процесу Data Mapping

4. Висновки

Включення онтологічних моделей до середовища прийняття рішень щодо оцінки спроможностей в оборонному плануванні дозволяє досить ефективно застосовувати різні експертні методи як систематичні процедури для ієрархічного представлення і аналізу елементів, які визначають суть проблеми. Цьому сприяє інтегративний характер онтологій, що надає виразні можливості для підтримки аналітичної діяльності. Спільне використання предметних онтологій із мета-онтологією як моделлю верхнього рівня дозволяє забезпечити процес інтеграції, який полягає в імпортуванні онтологій в певне середовище, щоб дозволити їм взаємодіяти одне з одним.

Атрибутивні описи (властивості) концептів онтологій можуть бути представленими в онтологічній базі даних у вигляді фреймів, у слотах яких містяться відповідні числові чи лінгвістичні дані. Ці дані мають використовуватись експертами для підтримки прийняття ними рішень щодо оцінювання спроможностей.

Вирішення загальної проблеми інтеграції даних полягає у забезпеченні взаємодії між онтологічною та реляційною моделями БД шляхом застосування універсальних механізмів у відповідності із процесом Data Mapping.

Таким чином, обґрунтованість рішень повністю залежить від коректності і адекватності онтологічної моделі предметної області, а їх об'єктивність забезпечується інформаційною фіксацією узгодженості експертних суджень, що виключає суб'єктивізм та підтримує принцип їх безсторонності і справедливості.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Rabaey M., Van Damme C., Vandenborre K., Vandijck E. Ontology Negotiation in an Intelligent Agents Dynamic System for Military Resources and Capabilities Planning. *IRMA International Conference*. 2007. P. 1586–1589. DOI: 10.4018/978-1-59904-929-8.ch419.
2. Kovac M., Stojkovic D., Mitic V. Capability based defence development planning – optimal option selection for capability development. *XI Balkan Conference on Operational Research (BALCOR-2013)*. Conference Paper, 2013. P. 551–558.
3. Destefano R.J., Tao L., Gai K. Improving Data Governance in Large Organizations through Ontology and Linked Data. *Proc. 3rd IEEE International Conference on Cyber Security and Cloud Computing, CSCloud 2016 and 2nd IEEE International Conference of Scalable and Smart Cloud, SSC 2016*. 2016. P. 279–284. DOI: 10.1109/CSCloud.2016.47.
4. Дідіченко В.П. Загальний зміст та основні положення концепції обґрунтування складу військ (сил), необхідного для виконання визначених завдань, за критерієм «достатності спроможностей». *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України*. 2019. № 3 (36). С. 33–39.
5. Nesterenko O., Netesin I., Polischuk V., Trofymchuk O. Development of a procedure for expert estimation of capabilities in defense planning under multicriterial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 4/2 (106). P. 33–43. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208603.
6. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения / пер. с англ. М.: Конкорд, 1992. 519 с.
7. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*. 1993. Vol. 5. P. 199–220.
8. Палагин А.В., Петренко Н.Г. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области. *Математичні машини і системи*. 2007. № 3, 4. С. 63–75.
9. Guarino N. The Ontological Level: Revisiting 30 Years of Knowledge Representation / A. Borgida, V. Chaudhri, P. Giorgini, E.Yu (eds.). *Conceptual Modelling: Foundations and Applications. Essays in Honor of John Mylopoulos*. Springer Verlag, 2009. P. 52–67.
10. Niaraki A.S., Kim K. Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach. *Expert Systems with Applications*. 2009. N 36 (2). P. 2250–2259.
11. Стрижак О.Є. Засоби онтологічної інтеграції і супроводу розподілених просторових та семантичних інформаційних ресурсів. *Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. пр. / редкол.: О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) та ін. К., 2013. Вип. 12. С. 166–178.*

12. Нестеренко О.В. Онтолого-керовані інформаційні системи в адміністративному управлінні. *Математичне моделювання в економіці*. 2019. № 2 (15). С. 57–68.
13. Nesterenko O., Trofymchuk O. Patterns in forming the ontology-based environment of information-analytical activity in administrative management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 5/2 (101). P. 33–42. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.180107.
14. Саганюк Ф. та ін. Оборонний огляд: український вимір 2014–2018: монографія / за заг. ред. д.військ.н., проф. І. Руснака. Київ: МО та ГШ ЗС України, НУОУ, 2019. 196 с.
15. Павліковський А. та ін. Оборонна реформа: системний підхід до оборонного менеджменту: монографія / за заг. ред. д.військ.н. А. Сиротенка. Київ: НУОУ, 2020. 274 с.
16. Приходнюк В.В., Стрижак А.Е. Множественные характеристики онтологических систем. *Математичне моделювання в економіці*. 2017. № 1–2. С. 47–61.
17. Литвин В.В. Базы знаний интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 240 с.
18. Сенченко В.Р., Бойченко О.А., Бойченко А.В. Дослідження методів і технологій інтеграції онтологічної моделі з реляційними даними. *Ресстрація, зберігання і обробка даних*. 2018. Т. 20, № 3. С. 91–101.
19. Поліщук В.Б., Нетесін І.Є., Нестеренко О.В. Інформаційні технології в управлінні оборонними ресурсами: методологічний контекст та приклади практичної реалізації. Ч. 1: монографія / за ред. В.Б. Поліщука. Київ: УкрНЦ РІТ, 2019. 120 с.
20. Поліщук В.Б. та ін. Методологічні аспекти інформатизації військової логістики: колективна монографія / за ред. В.Б. Поліщука. Київ: УкрНЦ РІТ, 2019. 104 с.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2021