
INFORMATION TECHNOLOGY

DOI 10.20535/2411-1031.2022.10.2.270284

УДК 004.82::111.1

АНАТОЛІЙ ГЛАДУН,
ЮЛІЯ РОГУШИНА,
МАРТИН ЛЕСАЖ

ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО АГРЕГОВАНОГО ОЦІНЮВАННЯ РОБОТИ КОЛЕКТИВІВ З БАГАТЬМА РІВНЯМИ ІЄРАРХІЇ

Оцінювання організацій і колективів з багаторівневою ієрархічною структурою (проектні групи, групи дослідників, військові підрозділи, експертні комісії, медичні групи швидкого реагування) є сьогодні актуальною проблемою, вирішення якої дозволить по новому організувати їх швидку динамічну адаптацію для виконання важливих оперативних завдань, а також підготовку членів команди при відсутності достатніх компетенцій, навиків та досвіду. Оцінювання також виявляє слабкі та сильні сторони як колективу в цілому, так і кожного учасника, що у перспективі надає можливості їх подальшого росту. Оцінювання роботи колективів є комплексним, що включає як фахові знання з певної галузі діяльності, так і навички керування колективом (так звані навички лідерства, уміння організувати виконання завдань та досягнення цілей і отримання позитивних результатів роботи). Щоб покращити оцінювання ієрархічних агрегованих команд запропоновано використовувати онтологічний підхід: онтологія предметної області визначає знання про відповідні комбінації компетенцій для позицій учасників в організаційній структурі колективу. Інформація про компетенції претендентів отримується шляхом аналізу портфоліо (резюме, сертифікати, дипломи, заслуги). У випадку, коли наявність компетенцій є недостатньою для отримання певної позиції, система автоматично підбирає курси для отримання цих компетенцій. Більш складні завдання формування колективу можуть використовувати ієрархічний набір онтологій та вебсервісів для отримання результатів оцінювання та рекомендацій щодо підвищення компетентності. Створено покрокову методику виконання задачі оцінювання колективу з застосуванням методів семантичної подібності між моделями інформаційних об'єктів для підбору претендентів на посади, вибору апаратури, обладнання, озброєння. Апробовано підхід ієрархічного агрегатного оцінювання колективів, орієнтований на інтегроване багатокритеріальне прийняття рішень в умовах, коли сам набір критеріїв залежить від особливостей задачі і може бути створений на основі знань предметної області, але в різні моменти часу відносна значущість цих критеріїв може змінюватися. Цей підхід планується розширити за допомогою засобів і методів керування знаннями, інтелектуального аналізу даних і машинного навчання, які використовуються для отримання компетентних знань.

Ключові слова: онтологічний підхід, компетенція, ієрархічні колективи, агреговане оцінювання, військовий підрозділ, семантична близькість, машинне навчання.

Постановка проблеми. Багато організацій та колективів мають ієрархічну організаційну структуру з кількома рівнями управління. Необхідно розробити методи і засоби ієрархічного агрегованого оцінювання їх роботи для того, щоб виявити потенційну можливість виконання поставленого завдання колективом, створення нових проектних груп, військових підрозділів, експертних комісій. Аналіз наукових праць показує, що сьогодні ця проблема є актуальною і значна частина дослідників присвячує свої роботи математичному обрахуванню агрегованого оцінювання організацій з багаторівневою ієрархією [1], але ця задача потребує нових підходів до її вирішення, а саме застосування знань про предметну – семантичного моделювання, онтологічного аналізу при створенні інформаційних систем.

Аналіз наукових праць [2] показує, що підхід оцінювання організацій, колективів, робочих команд зустрічається в багатьох сферах людської діяльності, зокрема, для формування військових підрозділів; формуванні медичних бригад реанімації; курсів підвищення кваліфікації лікарів; курсів підвищення кваліфікації викладачів школи; формування науково-дослідних колективів [3].

У традиційній парадигмі оцінювання, яка відома з університетів, курсів неформального та інформального навчання [4], усі особи отримують однакову оцінку. У ієрархічному сукупному (агрегованому) оцінюванні, оцінка змінюється у залежності від ієрархічного рівня членів команди. Такий тип оцінювання включає в себе як оцінювання з виконання поставлених завдань, так і накопичений досвід, навички, здатності до керування колективом (так звані навички лідерства, уміння організації виконання завдань та досягнення цілей і отримання позитивних результатів роботи), що потребує внесення змін до теорії і парадигми загальноприйнятого оцінювання [5]. Таким чином, у цій статті представлено основи ієрархічного агрегованого оцінювання, що становить теоретичну основу для всіх майбутніх досліджень у цій галузі та застосування онтологічних знань про предметну область для управління та покращення вирішення поставлених завдань колективом, а також і методику формування потенційного колективу для виконання нових завдань, проєктів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Процес оцінювання роботи організацій здійснюється за допомогою формування оціночних завдань для кожного рівня ієрархії колективу, у якому члени колективу мають ієрархічні посади. Процес групування членів колективу в групи з кількома рівнями ієрархії та надання їм ієрархічних позицій називають процесом агрегації, звідси і поняття агреговане оцінювання колективу. Особливістю оцінювання є те, що усі різні оцінки виставляються одночасно в одному сеансі оцінювання. Для оцінювання колективів залучають курси дистанційного навчання e-learning та MOOCs [6], а також неформальне і інформальне навчання на основі компетенції [7].

Крім оцінювання знань учасників, особлива увага приділяється методам оцінювання організаторських здібностей – здатності до керування колективом (так звані навички лідерства, уміння організації виконання завдань). За результатами оцінювання членів колективу можна змінити ієрархічну структуру організації – призначити інших претендентів на лідерські позиції (керівні посади). Для оцінювання лідерських навичок необхідно підготувати імітаційні сценарії оцінювання керівників у структурі організації; виготовити електронні портфелі керівників та іншу інформацію про претендентів.

Ієрархічне агреговане оцінювання також можна розглядати як велике електронне портфоліо роботи організації чи колективу, що представляє досягнення колективу, продуктивність працівників (виконавців), ступінь виконання поставлених завдань, бали, оцінки, а також важливим елементом сукупного оцінювання є самооцінка членів колективу.

Досліджень і відкритих публікацій у цій галузі на сьогоднішній ще досить мало. Однак, багато спеціалістів, які досліджували цю проблему вважають, що необхідним компонентом, що покращує роботу інтелектуальної інформаційної системи (ІС) є модуль, що забезпечує використання знань про цю сферу, модуль координації і оцінок, логічних виведень на основі знань [8]. Саме таким модулем, як складової частини ІС, є ієрархічна система онтологій. Онтологія, що забезпечує керування процесом ієрархічного агрегатного оцінювання, онтологія з надання рекомендацій щодо компетенцій для кожної посади колективу, онтологія для формування сервісу з вибору курсів для отримання необхідних компетенцій претендентом. Крім того, у практичному застосуванні (формування військової групи) онтологічний підхід забезпечує релевантне комплектування підрозділу обладнанням (зброєю) та інформацією про необхідні компетенції для її обслуговування [9].

Оцінювання знань та навичок включають оцінки, бали, результати формального оцінювання, підсумкові результати оцінювання, продуктивність, виконання поставлених завдань, та портфоліо, а лідерські навички з управління можуть включати різні показники, характерні для політики кожної організації, наприклад, кількість відпрацьованих годин, кількість вироблених одиниць продукції, кількість проданих одиниць, кількість на складі, а також товарообіг [10].

Сьогодні існує потреба в оцінюванні великих організацій, де оцінку командної роботи можна було б реалізувати шляхом представлення складних завдань оцінювання в режимі співпраці командам з кількома рівнями ієрархії. Зокрема, проведено великий обсяг роботи з оцінки великих організацій у сфері комп'ютерного програмування [11].

Інформаційна система організації може містити інформацію про функції, відділ та ієрархічне положення членів організації, які зберігаються в ієрархічних базах даних [12].

Файл співробітника може бути відсортований за порядком посади або призначення, щоб ідентифікувати співробітників, які мають однакову ієрархічну посаду. Структура бази даних, яка ілюструє посаду співробітника, показана на рис. 1.

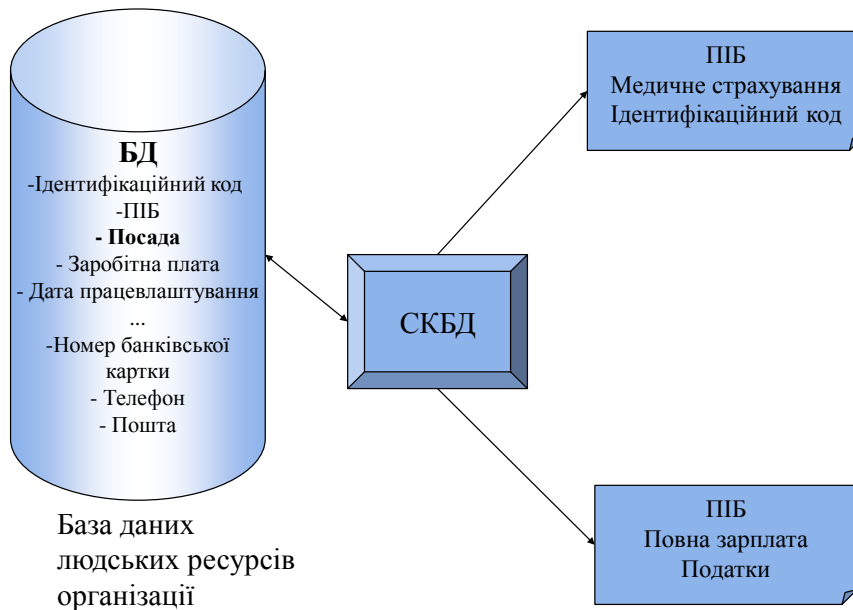


Рисунок 1 – Запис працівника в базі даних інформаційної системи керування

Метою статті є застосування формалізованих семантичних моделей знань про предметну область (онтологій, таксономій, тезаурусів) для підвищення ефективності методів оцінювання ієрархічно-організованих колективів, які націлені на виконання складних завдань, підбору релевантного персоналу, оперативної підготовки персоналу з рекомендацією курсів для отримання певних компетенцій. Основним завданням дослідження, яке проводилось, була розробка методу порівняння складних інформаційних об'єктів, який базується на методах семантичної подібності з урахування багатокритеріального вибору.

Виклад основного матеріалу дослідження. Концепція ієрархічного агрегатного оцінювання (ІАО) базується на процесі агрегації, навчальному плані курсу, оцінці портфолію, методах оцінювання, м'яких навичках лідерства та зв'язку з інформаційними системами управління. Вона призначена для оцінювання команд з кількома рівнями ієрархії. ІАО може застосовуватися для підтримки різних форм навчання та оцінювання сфер освіти.

Процес оцінювання виконується на деревоподібній структурі організації, яка подібна до інформаційної системи керування (англ. Management Information System, MIS). Процес виконується за три кроки, *перший крок* полягає у формуванні команди та приписуванні ієрархічних рівнів учасникам команди, що є процесом агрегації, *другий крок* – це презентація тесту або завдання на оцінювання, виконане в команді для студента, і *третій крок* – це командна дислокація і повернення до початкового кроку до завершення курсу. Цей ітеративний процес складається з управління навчальною програмою курсу. Поки процес повторюється, дані оцінювання збираються в ході процесу як підсумкові та формувальні дані оцінювання, які можна використовувати для визначення успіху курсу або для керування процесом навчання студентів для поліпшення їх знань та навичок, як показано на рис. 2.

Цей процес оцінювання виконується з використанням деревоподібної структури організації. Процес складається з трьох кроків, *перший крок* полягає у формуванні складу колективу (підрозділу) та наданні ієрархічних рівнів учасникам команди, що є процесом агрегації, *другий крок* – це надання тесту або завдання з оцінювання, яке має бути виконане учасником оцінювання, і *третій крок* – це виконання операції дислокації у колективі (можлива зміна ролей) і повернення до початкового кроку оцінювання. Процес має ітеративну природу і потребує підтвердження компетенцій учасників оцінювання і, при відсутності даних компетенцій, пропозиція навчальних курсів, методів неформального та інформального навчання для досягнення цих компетенцій.

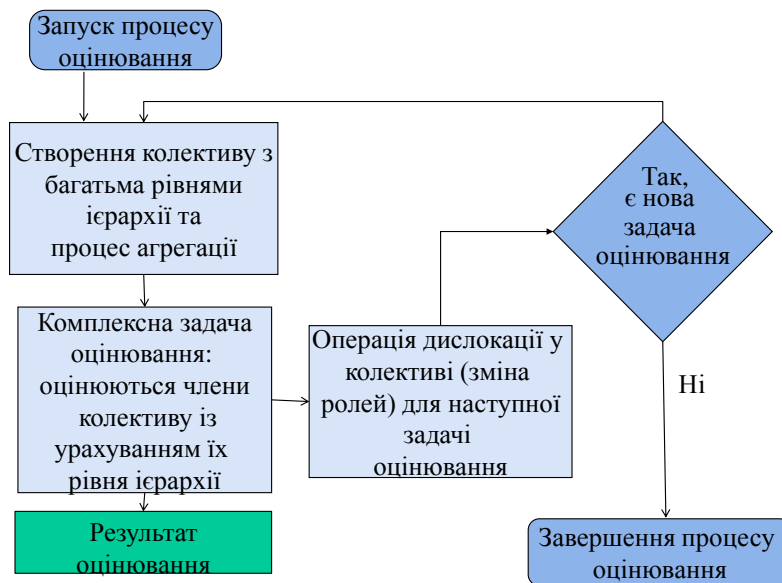


Рисунок 2 – Кроки процесу оцінювання колективу та надання завдань агрегування і комплексного оцінювання

Ієрархічне агреговане оцінювання також можна виконувати в режимі дистанційного навчання шляхом спільної роботи з Інтернет-застосунками для оцінювання.

Оцінювання командної роботи передбачає колаборативну роботу та колаборативне проблемно-орієнтоване навчання в Інтернеті. Колаборативне навчання [13], колаборативне оцінювання роботи [14] та проблемно-орієнтоване навчання [15] реалізуються за наявності комплексних завдань оцінювання з кількома рівнями ієрархії.

Підсумкове оцінювання включає всі бали та оцінки, які виставляє оцінювач, який зазвичай є викладачем курсу або керівником.

Процес ієрархічного агрегатного оцінювання об'єднує членів колективу в групу (команду), яка включає кілька рівнів ієрархії, де спеціалісти можуть займати ієрархічні посади менеджера (адміністратора), лідера, а також члена колективу. Структура команди має форму піраміди або перевернутого дерева, що являє собою організаційну схему, де кожна гілка є агрегацією членів колективу.

Для виконання процесу кластеризації членів команди на основі обчислення показників близькості характеристик учасників, виконується задача ієрархічної кластеризації з візуалізацією результатів у вигляді дендрограм [16].

Кластерний аналіз заснований на унікальних фактах спостережуваних значень, тоді як дискримінантний аналіз [17] являє собою набір методів статистичного аналізу для розпізнавання образів (класифікації) і використовується для прийняття рішення про те, які змінні розподіляють (тобто “дискримінують”) отримані набори даних (так звані “групи”). На відміну від кластерного аналізу у дискримінантному аналізі групи відомі апіорі. Існує два методи кластерного аналізу: контрольована кластеризація та неконтрольована кластеризація. Контрольована кластеризація забезпечує отримання певної адаптованої класифікації, тоді як неконтрольована кластеризація не використовує класифікації [18].

Семантизація ієрархічного агрегатного оцінювання. Пропонується семантизація ІАО на основі використання знань з відповідних онтологій. Для цього планується використовувати наступні онтології (табл. 1):

- онтології предметних областей (ПрО), до яких відноситься функціонування команди, що оцінюється;
- організаційні онтології, що відображають специфічні характеристики певних типів команд (наприклад, навчальні групи, військові підрозділи, дослідницькі колективи), їх ієрархію та семантику відношень між учасниками команд;
- онтології компетенцій (наприклад, ESCO), що формалізують інформацію про освіту, досвід та навички членів команди.

Таблиця 1 – Онтології як джерело семантизації ієрархічного агрегатного оцінювання

| Онтології | Знання, що здобуваються з онтології |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Онтологія ПрО | Знання про основні поняття ПрО, їх властивості та відношення між ними |
| Організаційна онтологія | Знання про структуру організації, її основні підрозділи, їх членів та про відношення між ними |
| Онтологія компетенцій | Знання про основні навички, досвід та професійні здібності, що відповідають обраній системі класифікації |

Онтології предметної області. В сучасних інформаційних технологіях (ІТ) велике значення має подання знань про предметну область (ПрО) у формі, що придатна для інтероперабельного використання. Для цього важливо, щоб всі, хто користується такими знаннями, однаково та однозначно розуміли їх зміст. Такі засоби надають онтології.

Онтологія – це знання, формально представлені на базі концептуалізації, що припускає опис множини об'єктів і понять та зв'язків між ними. Формально онтологія складається з термінів, організованих у таксономію, їхніх визначень і атрибутів, а також пов'язаних з ними аксіом і правил висновку. Часто набір припущень, що складають онтологію, має форму логічної теорії першого порядку, де терміни словника є іменами унарних і бінарних предикатів, що називають відповідно концептами і відношеннями. У найпростішому випадку онтологія описує тільки ієрархію концептів, зв'язаних відношеннями категоризації. У більш складних випадках до неї додаються відповідні аксіомати для відображення інших відношень між концептами і для того, щоб обмежити їхню інтерпретацію. Онтологія – це база знань, що описує факти, що передбачаються завжди істинними в рамках певного співтовариства на основі загальноприйнятого значення словника, що використовується.

Онтологія ПрО – це та частина знань ПрО, що обмежує значення її термінів, які не залежать від іншої (змінюваної) частини знань цієї ПрО. Таку онтологію ПрО можна розглядати як набір угод про предметну область, а інша частина знань ПрО є множиною емпіричних та інших законів цієї області. Отже, онтологія визначає ступінь узгодження значень термінів між фахівцями предметної області [19].

Зв'язки між об'єктами визначають відношення в ПрО: унарні зв'язки інтерпретуються як властивості об'єктів, а зв'язки довільної арності відображають різні асоціації об'єктів. Потужність моделювання, властива бінарним відношенням, дає змогу передавати будь-які асоціативні відношення в ПрО. Це дає можливість подавати ПрО у вигляді мережі пов'язаних об'єктів, що в теорії подання знань відома як семантична мережа.

На змістовному рівні онтологія ПрО – це сукупність угод (визначення термінів предметної області, їх тлумачення, твердження, що обмежують можливий зміст цих термінів, а також тлумачення цих тверджень), які є результатом домовленості між членами співтовариства, що працює в цій ПрО. Між такими властивостями ПрО, як онтологія, концептуалізація, знання та дійсність, і елементами цієї математичної конструкції повинна бути встановлена фактична відповідність.

Онтології ПрО можуть використовуватися в ІАО для:

- виконання складних інформаційних запитів, пов'язаних з обробкою контенту на семантичному рівні (наприклад, знайти всі проєкти, які за певний період часу виконувалися працівниками, що контактували зі співробітниками певного підрозділу та мали певний рівень повноважень, тобто мали доступ до відповідних корпоративних знань);
- інтерпретації відомостей щодо досвіду та освіти учасників групи та інших елементів їх профілів;
- вибору тестів та їх адаптації до особливостей поточного завдання;
- інтеграції різних терміносистем.

Онтології компетенцій. Онтології компетенцій забезпечують зіставлення різних типів інформаційних об'єктів (ІО) – вакансій, професій, навчальних курсів тощо, які доцільно враховувати в оцінюванні команд та їх членів. З точки зору семантики такі ІО можуть бути представлені через набори атомарних компетенцій [20], і тоді зіставлення екземплярів різних класів ІО шляхом оцінки їх семантичної близькості. *Атомарна компетентність* a має наступні властивості:

- $a \in C$, де K – множина ІО класу “Компетентність”, а C_{atomic} – множина атомарних компетентностей, тобто $C_{atom} \subseteq C$;
- кожна компетентність може бути представлена як об'єднання атомарних компетентностей $\forall c \in C \exists a_i \in C_{atomic}, i = \overline{1, n}, k = \bigcup_{i=1}^n a_i$;
- жодна атомарна компетентність не є підмножиною іншої атомарної компетентності $\forall a, b \in C, a \subseteq b \Rightarrow b \notin C_{atomic}$.

З цих властивостей випливає, що для кожної компетентності $c \in C$ існує один і тільки один набір атомарних компетентностей.

Однак, у такому підході проблема полягає у необхідності використовувати вже побудовані та формалізовані набори компетенцій, які мають чітку ієрархічну впорядкованість та базуються на загальноприйнятій терміносистемі. Джерелами таких знань можуть бути різноманітні класифікатори кваліфікацій та результатів навчання, які використовуються у сфері освіти та працевлаштування. Перевагу доцільно надавати тим з них, в яких знання подаються на основі онтологічного підходу, що не потребує додаткових операцій з їх формалізації та семантичної інтерпретації.

Одним з відомих прикладів такої онтології компетенцій є багатомовний класифікатор європейських навичок, компетентностей, кваліфікацій та професій (англ. European Skills, Competences, Qualifications and Occupations, ESCO) [21], який визначає та класифікує навички, компетенції, кваліфікації і професії. Основними елементами ESCO є професії, навички та кваліфікації. ESCO описує, визначає та класифікує професії, навички та кваліфікації, що стосуються ринку праці та освіти та навчання в ЄС.

ESCO публікується як концепція відкритих зв'язаних даних (англ. Linked Open Data), і розробники можуть використовувати його в різних форматах: SKOS-RDF та CSV для програм, які надають такі сервіси, як пошук вакансії, визначення профорієнтації та самооцінки. Простий текстовий формат CSV (comma-separated values – “значення, розділені комою”), призначений для подання табличних даних.

Формат SKOS-RDF (англ. Simple Knowledge Organization System, SKOS – проста система організації знань) – це рекомендація W3C, розроблена для представлення моделей знань про ПрО: тезаурусів, схем класифікації, таксономій, систем предметних заголовків або структурованого контрольованого словника. SKOS є частиною сімейства стандартів Semantic Web, побудованих на основі RDF і RDFS, і його головна мета полягає в тому, щоб забезпечити легку публікацію та використання таких словників як зв'язаних даних. Формат RDF (англ. Resource Description Framework), структура опису ресурсів – мова подання онтологій.

Користувачі можуть інтегрувати класифікатор ESCO в свої програми та сервіси. Крім того, ESCO надає локальний інтерфейс прикладного програмування (англ. Application Programming Interface, API) і API вебсервісів, щоб програми та вебсервіси могли запитувати інформацію з класифікатора в реальному масштабі часу.

Онтології компетенцій можуть використовуватися для:

- формування групи виконавців або експертів, що мають достатні знання та досвід роботи, щоб виконувати роботи в області, описаній у вигляді повнотекстового документу;
- визначення формальної спеціальності виконавця певного типу робіт;
- зіставлення резюме та вакансій.

Організаційні онтології. Зараз широко використовуються три види онтологічних моделей організацій, що структурують та організовують інформацію щодо їх складу та властивостей:

- організаційна онтологія;
- онтологія ПрО діяльності організації;
- онтологія користувацької діяльності.

Організаційна онтологія – це онтологія, що відображає знання про організаційну та функціональну структуру певного суб'єкта економічної діяльності, тобто його основні компоненти та зв'язки між ними. Ця складна структура часто використовує декомпозицією в окремі ієрархічні модулі. Вона містить інформацію про працівників підприємства, ієрархію виробничих відносин між ними; ресурси, що використовуються на підприємстві у процесі виробництва; продукцію, створення якої є наслідком функціонування підприємства, та структурні одиниці підприємства й зв'язки між ними. [22]. Організаційна онтологія забезпечує семантичну інформацію про структуру організації.

Онтологія ПрО діяльності організації проектується для того, щоб організувати і структурувати функції і дії, що мають місце в певній ПрО. Така доменна онтологія діяльності забезпечує ієрархічну структуру для класифікації записів, що документують функції і дії для класифікації й індексації цілей.

Онтологія користувацької діяльності зв'язана з діями для пошуку інформації, здійснюваними кінцевими користувачами. Задача інформаційного пошуку складна. З погляду аналізу, що базується на знаннях, потрібно визначити, яким користувачам що саме потрібно знати про інформаційні об'єкти і дії, що використовуються у задачі пошуку інформації, і як ці знання мають бути організовані. Дії користувачів звичайно можуть бути описані через виконувані ними дії та інформаційні об'єкти, зв'язані з інформаційними потребами.

Розвиток онтології користувацької діяльності починається з формування таксономічної класифікації знань про задачу й інформаційні об'єкти. Знання про задачу включають словник для подання процесу виконання дій, наприклад, пошук, перегляд, збереження.

Для семантизації ІАО можуть застосовуватися всі три типи таких онтологій, але найбільш корисна інформація міститься в організаційних онтологіях.

Такі онтології можуть використовуватися для:

- пошуку спеціаліста, що відповідає за певне коло питань в організації (незалежно від того, як у цій організації називається його посада та як сформульовані його посадові обов'язки);
- визначення групи працівників організації, що обмінюються даними в організації один з одним для виконання певного проєкту (незалежно від їхньої належності до різних підрозділів).

Важливою перевагою запропонованого підходу є те, що можна замінювати ці онтології без змін в алгоритмах їх обробки. Наприклад, якщо треба оцінити команду іншого навчального закладу або взагалі команду іншого типу (наприклад, учасників дослідницького проєкту з різних установ), то достатньо просто замінити одну організаційну онтологію на

іншу. Аналогічно можна виконувати заміну онтологій ПрО при переході до інших видів робіт команди та онтологію компетенцій – наприклад, при переході від національної структури компетенцій до міжнародної.

Використання онтологій та здобутих з них знань доцільне на всіх кроках ІАО.

Для *першого кроку ІАО* – агрегації, яка полягає у формуванні складу команди та наданні ієрархічних рівнів учасникам команди:

- організаційна онтологія дозволяє визначити розмір команди та базові формальні вимоги до її учасників, співставити ці вимоги з наявними кандидатами;
- онтології компетенцій є основою для оцінки портфоліо учасників команди, визначення їх реальних здібностей, досвіду та навичок, аналізу результатів їх навчання (як формального, так і неформального та інформального);
- онтологія ПрО дозволяє розв’язувати семантичні неоднозначності, які можуть викликати розбіжності у термінології.

Для *другого кроку ІАО*, яка полягає у наданні завдання з оцінювання, яке має бути виконане учасником команди:

- організаційні онтології визначають, які саме групи тестів доцільно обирати для різних членів команди відповідно до їх статусу в команді;
- онтологія ПрО дозволяє обирати найбільш інформативні та релевантні типи тестування (як за формою, так і за змістом);
- онтологія компетенцій дозволяє співставляти результати тестування із загальноприйнятими класифікаторами професій.

Для *третього кроку ІАО*, що пов’язана зі зміною ролей у команді:

- організаційні онтології дозволяють формалізувати властивості ролей в команді, визначити їх властивості, відношення між ролями та їх характеристики;
- онтології компетенцій дозволяють формалізувати властивості, визначити та враховувати семантичну близькість між ролями в команді (незалежно від формальних назв, а саме за множиною необхідних компетенцій та їх рівня), а не тільки ієрархічну структуру, що є основою для більш обумовлених перестановок;
- онтологія ПрО дозволяє інтерпретувати інформацію про компетенції та навички, що подані у профілях учасників команди у різних формах.

Приклад семантизації ієрархічного агрегатного оцінювання. Розглянемо запропонований підхід до семантизації ІАО з використанням трьох онтологій:

- онтології ПрО “Озброєння”;
- організаційної онтології “Військовий підрозділ”;
- онтології компетенцій ESCO.

Слід зауважити, що це лише демонстраційний приклад, який містить виключно інформацію з відкритих джерел, але спрямований на те, щоб показати, як саме аналізуються та використовуються окремі фрагменти різних онтологій на всіх трьох фазах ІАО. Реальні онтології мають аналогічну структуру й таку саме виразність, але містять значно більше екземплярів різних класів, для яких визначені всі релевантні значення властивостей даних та об’єктних властивостей.

У цьому випадку *постановка задачі* полягає у тому, що необхідно оцінити готовність військового підрозділу до освоєння нового типу озброєння. Такі задачі є дуже актуальними, і тому виникає потреба у оцінюванні наявних компетенцій та досвіду різних команд та їх зіставлення із потребами нових типів устаткування. На відміну від традиційних підходів доцільно враховувати не лише спеціалізацію учасників команди, їх практичний досвід та здатність до навчання, але й більш складні семантичні подібності між вже знайомим озброєнням та новим.

На *першому кроці ІАО* (агрегації) потрібно сформувати склад команди та визначити ієрархічних рівнів учасникам команди. Онтологія ПрО визначає подібність між різними типами озброєння та дозволяє знайти семантично близькі екземпляри (при цьому можна явно

визначити, які саме параметри доцільно враховувати) (рис. 3) дозволяє розв'язувати семантичні неоднозначності, які можуть викликати розбіжності у термінології.

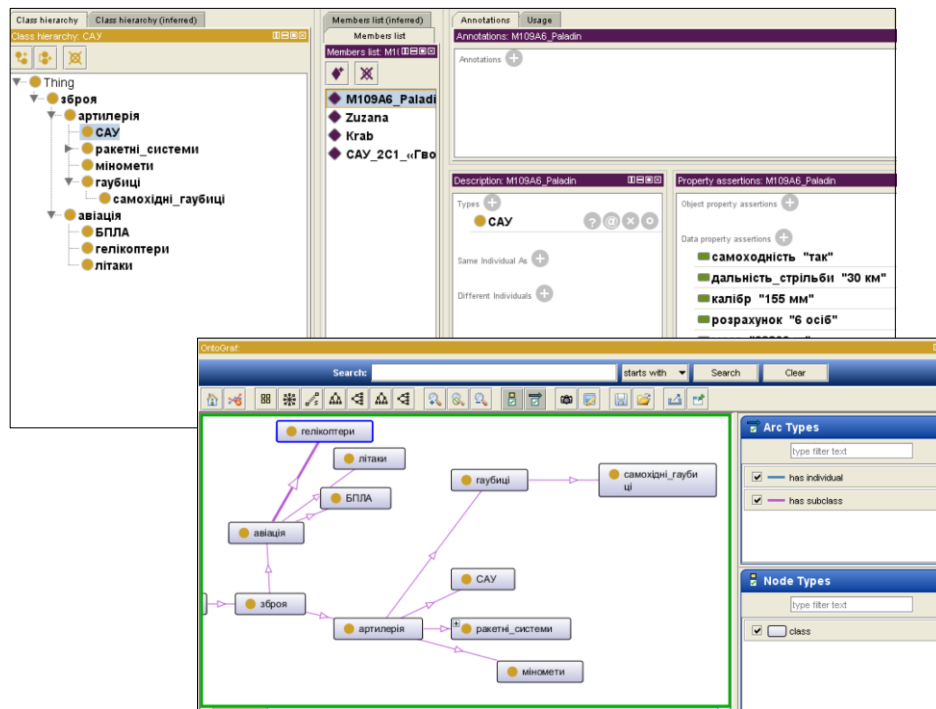


Рисунок 3 – Онтологія предметної області “Озброєння” та її структура (фрагмент)

При цьому семантична подібність між екземплярами оцінюється з урахуванням довжини шляху між їх класами в таксономії класів та близькості значень обраних властивостей даних. На основі цього можна визначити, які саме команди з наявних доцільно оцінювати далі.

Організаційна онтологія “Військовий підрозділ” дозволяє визначити склад та структуру такої команди (рис.4) та її підпорядкованість і компоненти (рис. 5).

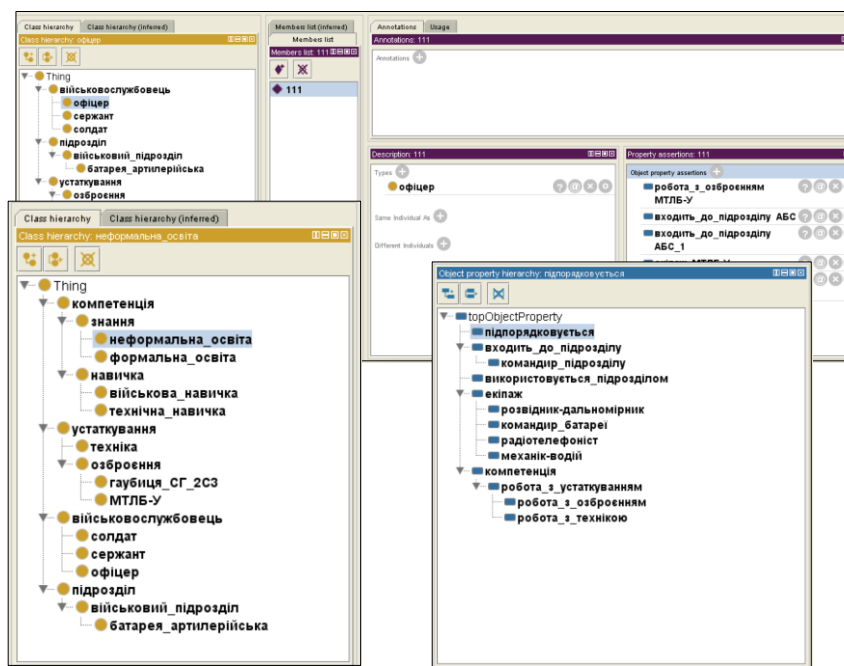


Рисунок 4 – Класи та семантичні властивості організаційної онтології “Військовий підрозділ”

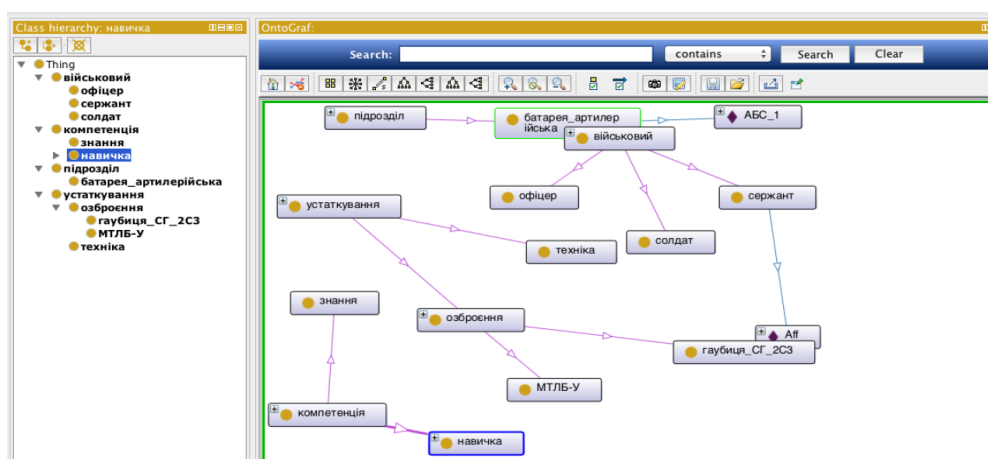


Рисунок 5 – Структура організаційної онтології “Військовий підрозділ” (фрагмент)

Онтологія компетенцій ESCO (рис.6) на цій фазі є джерелом компетенцій, за якими доцільно оцінювати обрану команду (вони можуть бути відібрані за подібністю з наявними та розширені їх підкласами та атомарними компетенціями). Онтологія дозволяє класифікувати їх за типами (знання, навички, компетенції позначені на рис. 6 жовтими дугами), за групами, за засобами подання (природними мовами).

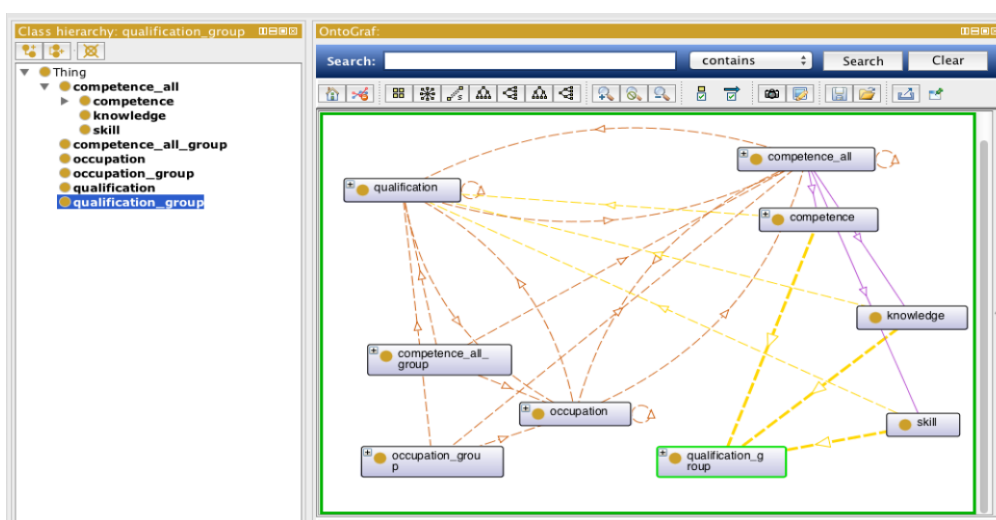


Рисунок 6 – Структура онтології ESCO

Другий крок ІАО використовує онтології як для вибору засобів завдань для оцінювання, так і для аналізу їх результатів.

Онтологія Про дозволяє знаходити змістовно близькі тести та завдання, а також узгоджувати їх терміносистеми з тими, що використовуються у команді. Для цього використовуються семантичні відношення синонімії та “клас-підклас” (на рис. 6 вони позначені рожевими дугами) для понять Про. В тому випадку, коли цього недостатньо, доцільно визначати семантичну близькість [23] між деякими поняттями Про з цієї онтології для того, щоб розв’язувати семантичну неоднозначність як питань, так і відповідей.

Організаційна онтологія, яка дозволяє однозначно визначити ієрархію ролей у команді, забезпечує коректне визначення сумарної оцінки команди за оцінками її членів. Слід враховувати, що різні завдання для різних членів команди можуть мати різну вагу відповідно до їх ролей.

Онтологія компетенцій ESCO забезпечує більш глибоку інтерпретацію таких результатів та підтримує повніше використання відомостей з профілів членів групи (наприклад, аналіз природномовних елементів портфолію на наявність термінів, що пов’язані

із поняттями ПрО та отримання із зовнішніх баз знань більш детальної інформації щодо результатів освіти членів групи шляхом розгортання отриманої спеціальності у ієрархічно організовану множину компетенцій).

- організаційні онтології визначають, які саме групи тестів доцільно обирати для різних членів команди відповідно до їх статусу в команді
- онтологія ПрО дозволяє обирати найбільш інформативні та релевантні типи тестування (як за формою, так і за змістом);
- онтології компетенцій дозволяють зіставляти результати тестування із загальноприйнятими класифікаторами професій.

На *третьому кроці* ІАО організаційна онтологія “Військовий підрозділ” визначає припустимість зміни ролей у команді: для військових підрозділів із чіткою та однозначною ієрархією членів команди більша частина таких змін не прийнятна і може виконуватися тільки для учасників зі статусом (званням), що відповідають певній посаді.

Онтологія компетенцій ESCO допомагає визначити, які саме групи компетенцій призвели до зниження загального результату та хто саме із членів команди має підвищити свою кваліфікацію у цих напрямках. Виявлення цих компетенцій виконується з використанням відомостей з онтології ПрО “Озброєння”.

Важливо відмітити, що в процесі зміни цілей оцінювання достатньо поповнювати відповідні онтології або замінювати їх на більш пертинентні. Важливо лише, щоб ці онтології були подані такими діалектами OWL, як OWL Lite або OWL-DL, щоб гарантувати виконання відповідних SPARQL-запитів.

Висновки. Розглянутий у роботі онтологічний підхід до семантизації ієрархічного агрегатного оцінювання команд має стати складовою для інтегрованого багатокритерійного прийняття рішень. Насамперед в умовах, коли сам набір критеріїв визначається умовами задачі та може бути побудований на основі знань щодо ПрО, але в різні моменти часу відносна значущість цих критеріїв може змінюватися. В такому інтегрованому підході виникає потреба в оцінюванні не однорідних множин (таких, як команди, що складаються з ІО класу “Персоналія”), а більш складних сукупностей ІО, що пов’язані різноманітними семантичними відношеннями та відносяться до різних класів (наприклад, групи осіб, що використовують різні види устаткування та розташовані у різних місцях).

Специфікою такої інтеграції підходу є динамічність – незважаючи на те, що в цілому набір критеріїв для прийняття рішення визначається самою задачею користувача та має визначені рівні ієрархій, але зміни в інформаційному оточенні можуть впливати на відносну важливість цих критеріїв.

Було виявлено, що семантична подібність є невід’ємною компонентою аналізу складних інформаційних об’єктів (CIO), до того ж семантична подібність охоплює три складові: 1) подібність на основі атрибутів, де основою є інформація щодо атрибутів двох концептів; 2) подібність на основі контенту, що стосується можливості заміни двох концептів без втрати сенсу їх значень; 3) подібність заснована на відстані, де чим менша семантична відстань між двома концептами, тим ближчою буде їх семантична подібність і навпаки.

У перспективах подальших досліджень динамічні зміни інформаційного простору потрібно оцінювати за допомогою аналізу оцінок експертів відповідної ПрО. Необхідні для розв’язання задачі знання треба здобувати із відповідних онтологій різних типів. Це викликає потребу у розширенні ІАО засобами та методами керування знаннями та алгоритмами машинного навчання. Дослідження методів семантичної подібності та близькості мають обмеження щодо класів та атрибутів в моделі онтології, оскільки не в змозі охопити всю інформацію щодо понять, тож розглянуті концепти також обмежені, оскільки розроблення практичної онтологічної моделі та системи виведення висновку є тривалим і складним процесом, а реалізація на практиці вимагає багаторазового модифікування та оцінювання. Тому необхідні подальші інтегровані дослідження для покращення онтологічної моделі та лексичної бази даних, і алгоритмів обчислення подібності з використанням

інтелектуального аналізу даних, машинного навчання і статистичних методів обробки даних, щоб забезпечити ще більш точні оцінки подібності. Використання таких метрик дозволяє зіставляти екземпляри СІО, враховуючи у кожен поточний момент відносну важливість (ієрархію) тих критеріїв, що є значущими з точки зору задачі користувача.

Передбачається, що запропонований підхід може бути інтегровано із методами семантичної обробки метаданих Big Data з метою пошуку в них інформації щодо потрібних користувачам СІО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] M. Lesage, G. Raïche, M. Riopel, F. Fortin, D. Sebkhi, and Y. Otis, “Teamwork Assessment with Several Levels of Hierarchy in Education: The Hierarchical Aggregate Assessment Process”, in *New Horizons in Education and Social Studies*. V. Hus, Eds., vol. 7. London, United Kingdom: Book Publisher International, 2020, pp. 124-164. [Online]. Available: <http://www.bookpi.org/bookstore/product/new-horizons-in-education-and-social-studies-vol-7/>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [2] S. Ghosh, S. Thomke, and H. Pourkhalkhali, *The Effects of Hierarchy on Learning and Performance in Business Experimentation*. Harvard: Harvard business School, 2020. Paper 20-081. [Online]. Available: https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/20-081_9d2608f9-5a49-4bc3-a902-307d3427477b.pdf. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [3] M. Lesage, “Hierarchical Aggregate Assessment (HAA): An Assessment Process of Teams with Several Levels of Hierarchy in Education”, *Creative Education*, vol. 7, no. 14, pp. 1974-1994, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2016.714200>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [4] G. Sammour, A. Al-Zoubi, A. Gladun, K. Khala, and J. Schreurs, “Semantic web and ontologies for personalisation of learning in MOOCs”, in *Proc. IEEE 7th International Conference on Intelligent Computing and Information Systems*, Cairo, 2015, pp. 185-190, doi: <https://doi.org/10.1109/IntelCIS.2015.7397219>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [5] W. D. Nance, “Improving information systems students’ teamwork and project management capabilities: Experiences from an innovative classroom”, *Information Technology and Management*, vol. 1, iss. 4, pp. 293-306, 2000, doi: <https://doi.org/10.1023/A:1019137428045>.
- [6] А. Я. Гладун, та Ю. В. Рогушина, “Застосування онтологічного аналізу для оцінювання компетентності фахівців з розроблення національних стандартів”, *Системні дослідження та інформаційні технології*, № 3, с. 19-32, 2016, doi: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2016.3.02>.
- [7] С. М. Прийма, Ю. В. Рогушина, А. Я. Гладун, та О. В. Строкань, “AdvisOnt: Семантизація сервісів агродорадництва для валідації результатів неформального та інформального навчання”, *Системи керування та комп’ютери*, № 1, с. 62-70, 2021, doi: <https://doi.org/10.15407/csc.2021.01.062>.
- [8] A. Hladun, Y. Rohushyna, and I. Subach, “An ontology modelling human resources management for innovational domains”, *Information Technology and Security*, vol. 6, iss. 1, pp. 15-25, 2018, doi: <https://doi.org/10.20535/2411-1031.2018.6.1.153125>.
- [9] А. Я. Гладун, та К. О. Хала, “Використання онтологічних моделей для формалізованого оцінювання знань”, *Комп’ютерні засоби, мережі та системи*, № 18, с. 5-10, 2019.
- [10] M. Lesage, G. Raïche, M. Riopel, F. Fortin, and D. Sebkhi, “The internet implementation of the hierarchical aggregate assessment process with the “Cluster” Wi-Fi E-learning and E assessment application: A particular case of teamwork assessment”, in *E-Learning: Instructional Design, Organizational Strategy and Management*, B. Gradinarova, Eds. Rijeka, Croatia: InTech Europe, 2015, pp. 83-125, doi: <http://dx.doi.org/10.5772/60850>.
- [11] K. C. Laudon, and J. P. Laudon, *Management information systems: Organization and technology in the networked enterprise*, Harlow, England: Pearson Education Limited, 2014.
- [12] K. Willey, and M. Freeman, “Improving teamwork and engagement: The case for self and peer assessment”, *Australasian Journal of Engineering Education*, vol. 12, iss. 2; pp. 1-19, 2006.

- [13] H. Van Zyl, and L. Massyn, "Integrated assessment: A learning adventure and growth opportunity for adult learners", *American Journal of Business Education*, vol. 1, iss. 2, pp. 95-104, 2008, doi: <https://doi.org/10.19030/ajbe.v1i2.4628>.
- [14] R. W. Lingard, "Teaching and assessing teamwork skills in engineering and computer science", *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, vol. 8, iss. 1, pp. 35, 2010.
- [15] D. Gijbels, P. Dochy, P. Van Den Bossche, and M. Segers, "Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment", *Review of Educational Research*, vol. 75, iss. 1, pp. 29-33, 2005, doi: <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>.
- [16] А. Я. Гладун, та Ю. В. Рогушина, *Data Mining – пошук знань в даних*. Київ, Україна: ТОВ "ВД "АДЕФ- Україна", 2016.
- [17] Д. В. Ланде, І. Ю. Субач, та Ю. Є. Бояринова, *Основи теорії і практики інтелектуального аналізу даних у сфері кібербезпеки*. Київ, Україна: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.
- [18] Д. В. Ланде, та І. Ю. Субач, *Візуалізація та аналіз мережевих структур*. Київ, Україна: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.
- [19] Ю. В. Рогушина, А. Я. Гладун, та В. М. Штонда, "Розробка онтологічних терміносистем інформаційних ресурсів інтернет та їх когнітивних моделей у наукових дослідженнях", *Проблеми програмування*. № 2-3. с. 114-122, 2010.
- [20] J. Rogushina, and S. Priyma, "Use of competence ontological model for matching of qualifications", *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, vol. 26, no. 2, pp. 216-228, 2017.
- [21] The European Multilingual Classifier of Skills, Competences, Qualifications and Occupations. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/esco/portal/home>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [22] А. Я. Гладун, та Ю. В. Рогушина, "Організаційні онтології та управління знаннями у системах підтримки прийняття рішень", на *Міжнародній науковій конференції Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій*, т. 1. Херсон, 2006, с. 363-366.
- [23] A. Y. Gladun, and K. A. Khala, "Ontology-based semantic similarity to metadata analysis in the information security domain", *Prombles in programming*, no. 2. pp. 34-41, 2021, doi: <https://doi.org/10.15407/pp2021.02.034>.

Стаття надійшла до редакції 15.08.2022.

REFERENCES

- [1] M. Lesage, G. Raïche, M. Riopel, F. Fortin, D. Sebkhi, and Y. Otis, "Teamwork Assessment with Several Levels of Hierarchy in Education: The Hierarchical Aggregate Assessment Process", in *New Horizons in Education and Social Studies*. V. Hus, Eds., vol. 7. London, United Kingdom: Book Publisher International, 2020, pp. 124-164. [Online]. Available: <http://www.bookpi.org/bookstore/product/new-horizons-in-education-and-social-studies-vol-7/>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [2] S. Ghosh, S. Thomke, and H. Pourkhalkhali, *The Effects of Hierarchy on Learning and Performance in Business Experimentation*. Harvard: Harvard business School, 2020. Paper 20-081. [Online]. Available: https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/20-081_9d2608f9-5a49-4bc3-a902-307d3427477b.pdf. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [3] M. Lesage, "Hierarchical Aggregate Assessment (HAA): An Assessment Process of Teams with Several Levels of Hierarchy in Education", *Creative Education*, vol. 7, no. 14, pp. 1974-1994, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2016.714200>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [4] G. Sammour, A. Al-Zoubi, A. Gladun, K. Khala, and J. Schreurs, "Semantic web and ontologies for personalisation of learning in MOOCs", in *Proc. IEEE 7th International Conference on Intelligent Computing and Information Systems*, Cairo, 2015, pp. 185-190, doi: <https://doi.org/10.1109/IntelCIS.2015.7397219>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [5] W. D. Nance, "Improving information systems students' teamwork and project management capabilities: Experiences from an innovative classroom", *Information Technology and Management*, vol. 1, iss. 4, pp. 293-306, 2000, doi: <https://doi.org/10.1023/A:1019137428045>.

- [6] A. Gladun, and J. Rogushina, "Use of ontological analysis for evaluation of expert competences in the domain of national standards development", *Systemic research and information technologies*, no. 3, pp. 19-32, 2016, doi: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2016.3.02>.
- [7] S. M. Pryima, J. V. Rogushina, A. Y. Gladun, and O. V. Strokan, "AdvisOnt: Semanticization of agricultural advisory services for validation of the results of non-formal and informal education", *Control Systems and Computers*, no. 1, pp. 62-70, 2021, doi: <https://doi.org/10.15407/csc.2021.01.062>.
- [8] A. Hladun, Y. Rohushyna, and I. Subach, "An ontology modelling human resources management for innovational domains", *Information Technology and Security*, vol. 6, iss. 1, pp. 15-25, 2018, doi: <https://doi.org/10.20535/2411-1031.2018.6.1.153125>.
- [9] A. Ya. Gladun, and K. O. Khala, "The use of ontological models for formalized knowledge assessment". *Computer tools, networks and systems*, no. 18, pp. 5-10, 2019.
- [10] M. Lesage, G. Raïche, M. Riopel, F. Fortin, and D. Sebki, "The internet implementation of the hierarchical aggregate assessment process with the "Cluster" Wi-Fi E-learning and E assessment application: A particular case of teamwork assessment", in *E-Learning: Instructional Design, Organizational Strategy and Management*, B. Gradinarova, Eds. Rijeka, Croatia: InTech Europe, 2015, pp. 83-125, doi: <http://dx.doi.org/10.5772/60850>.
- [11] K. C. Laudon, and J. P. Laudon, *Management information systems: Organization and technology in the networked enterprise*, Harlow, England: Pearson Education Limited, 2014.
- [12] K. Willey, and M. Freeman, "Improving teamwork and engagement: The case for self and peer assessment", *Australasian Journal of Engineering Education*, vol. 12, iss. 2; pp. 1-19, 2006.
- [13] H. Van Zyl, and L. Massyn, "Integrated assessment: A learning adventure and growth opportunity for adult learners", *American Journal of Business Education*, vol. 1, iss. 2, pp. 95-104, 2008, doi: <https://doi.org/10.19030/ajbe.v1i2.46282>.
- [14] R. W. Lingard, "Teaching and assessing teamwork skills in engineering and computer science", *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, vol. 8, iss. 1, pp. 35, 2010.
- [15] D. Gijbels, P. Dochy, P. Van Den Bossche, and M. Segers, "Effects of problem-based learning: A metaanalysis from the angle of assessment", *Review of Educational Research*, vol. 75, iss. 1, pp. 29-33, 2005, doi: <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>.
- [16] A. Ya. Gladun, and Ju. V. Rogushina, *Data Mining – finding knowledge in data*. Kyiv, Ukraine: LLC "VD "ADEF-Ukraine", 2016.
- [17] D. V. Lande, I. Yu. Subach, and Yu. E. Boyarynova, *Fundamentals of the theory and practice of intelligent data analysis in the field of cybersecurity*. Kyiv, Ukraine: ISCIS of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institut, 2018.
- [18] D. V. Lande, and I. Yu. Subach, *Visualization and analysis of network structures*. Kyiv, Ukraine: ISCIS of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institut, 2020.
- [19] Yu. V. Rogushina, A. Ya. Gladun, and V.M. Shtonda, "Development of ontological terminological systems of Internet information resources and their cognitive models in scientific research", *Problems of programming*. no. 2-3. pp. 114-122, 2010.
- [20] J. Rogushina, and S. Priyma, "Use of competence ontological model for matching of qualifications", *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, vol. 26, no. 2, pp. 216-228, 2017.
- [21] The European Multilingual Classifier of Skills, Competences, Qualifications and Occupations. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/esco/portal/home>. Accessed on: Aug. 10, 2022.
- [22] A. Ya. Gladun, and Yu. V. Rogushina, "Organizational ontologies and knowledge management in decision-making support systems", in *Proc. International scientific conference Intelligent decision-making systems and applied aspects of information technologies*, vol. 1. Kherson, 2006, pp. 363-366.
- [23] A. Y. Gladun, and K. A. Khala, "Ontology-based semantic similarity to metadata analysis in the information security domain", *Prombles in programming*, no. 2. pp. 34-41, 2021, doi: <https://doi.org/10.15407/pp2021.02.034>.

ANATOLY GLADUN,
YULIYA ROGUSHINA,
MARTIN LESAGE

ONTOLOGICAL APPROACH TO AGGREGATED EVALUATION OF THE WORK OF TEAMS WITH MULTIPLE LEVELS OF HIERARCHY

Evaluation of organizations with multi-level hierarchical structure (project groups, groups of researchers, military units, expert commissions, medical rapid response teams) is an urgent problem today, the solution of which will allow to organize their rapid dynamic adaptation in a new way to perform important operational tasks, as well as training team members in the absence of sufficient competencies, skills and experience. The assessment also reveals the strengths and weaknesses of both the team as a whole and each participant, which in the future provides opportunities for their further growth. Evaluation of the work of teams is complex, including both professional knowledge in a certain field of activity and team management skills (so-called leadership skills, the ability to organize the execution of tasks and the achievement of goals and obtaining positive work results). In order to improve the evaluations of hierarchical aggregated teams we propose the use of ontological approach: domain ontology defines knowledge about relevant combinations of competencies for hierarchical team positions. Information about competencies of applicants is acquired by portfolio analysis (resume, certificates, diplomas, merits, etc.). More complex tasks can use a hierarchical set of ontologies and Web-services for obtaining evaluation results and recommendations for competence improving for various sublevels. We describe the step-by-step method of team evaluation that use elements of semantic similarity between different information objects for the matching of applicants and equipment with team positions. Proposed approach to hierarchical team evaluation is a component for integrated multi-criteria decision-making oriented on some special case of user tasks: the set of evaluation criteria is determined by task and can be built on the basis of domain knowledge, but importance of particular criterion is defined by state of environment in different points in time. This approach can be expanded by means and methods of knowledge management, Data mining and machine learning used for acquisition of competence knowledge.

Key words: ontological approach, competence, hierarchical team, aggregated evaluation, military unit, semantic proximity, machine learning.

Гладун Анатолій Ясонович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки і застосування інформаційних систем і технологій, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна, ORCID 0000-0002-4133-8169, glanat@yahoo.com.

Рогущина Юлія Віталіївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, старший науковий співробітник, Інститут програмних систем Національної академії наук України, Київ, Україна, ORCID 0000-0001-7958-2557, ladamandraka2010@gmail.com.

Лесаж Мартін, доктор філософії з педагогічних наук, інструктор курсів для канадських військових сил, доцент кафедри освіти та педагогіки, Університет Квебека в Монреалі, Монреаль, Канада, ORCID 0000-0003-1292-7623, lesage.martin.3@courrier.uqam.ca.

Gladun Anatoly, candidate of engineering sciences, associate professor, associate professor at the cybersecurity and application of information systems and technology academic department, Institute of Special Communication and Information Security National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine.

Rogushyna Julia, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, Senior Researcher, Institute of software systems of National academy of sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Lesage Martin, doctor of philosophy in education, course instructor and course administrator for the canadian military engineers, associate professor at the education and pedagogy academic department, University of Québec at Montreal, Montreal, Canada.