

УДК 004.4



Є. Ю. Семенко

## **НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ЗАСТОСУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ ПІД ЧАС СУПРОВОДЖЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ВАНТАЖІВ**

*Запропоновано науково-методичні основи формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів. Наведено варіант застосування рекурсивної редукції у процесі формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів. Розглянуто онтологічну модель процесів супроводження спеціальних вантажів силами Національної гвардії України. Розкрито сутність і наведено основні етапи методу формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів.*

**Ключові слова:** *Національна гвардія України, супроводження спеціальних вантажів, інформаційно-аналітична система, онтологічний підхід, когнітивні сервіси, онтологія, рекурсивна редукція, метод, модель.*

**Постановка проблеми.** На сьогодні перспективи розвитку Національної гвардії України (НГУ) пов'язані із забезпеченням безперервного, оперативного, прихованого та стійкого управління частинами і підрозділами під час реалізації покладених на них функцій [1] шляхом запровадження інформаційно-аналітичних систем (ІАС), що відповідають сучасним вимогам. Такі ІАС мають забезпечувати підтримку прийняття управлінських рішень шляхом наочного й оперативного подання всієї необхідної сукупності даних користувачам, відповідальним за аналіз стану справ і прийняття управлінських рішень. Однією із таких функцій НГУ є супроводження спеціальних вантажів. Однак наразі, у процесі реалізації цих функцій (і зокрема, під час супроводження спеціальних вантажів силами НГУ) прийняття відповідних управлінських рішень ускладнюється через наявність Big Data (великих даних) [2, 3]. Розгляд цих питань потребує застосування сучасних підходів до

опису й оброблення великих обсягів неструктурованої інформації, наприклад таких, як онтологічний підхід [4, 5, 6].

Проте в НГУ на сьогодні бракує ІАС, яка б забезпечувала підтримку прийняття ефективних рішень у процесі планування і реалізації покладених на неї оперативних завдань (включаючи супроводження спеціальних вантажів силами НГУ) з використанням при цьому всіх необхідних інформаційних джерел.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Напрямок дослідження, що розглянуто у статті, становив інтерес для низки українських і закордонних учених [2–20]. Так, у публікаціях [8, 10, 13, 14, 17, 19, 20] автори звертають увагу на підходи до побудови онтологій та напрями їх застосування. У статтях [6, 9, 12, 13, 15, 19, 20] розроблено і досліджено онтологічні моделі для різних предметних областей. Сутність і деякі сфери застосування онтологічного підходу розкрито у працях [3, 5, 11, 13, 15, 17–20]. Питання вдосконалення інформаційно-

© Є. Ю. Семенко, 2022

аналітичного забезпечення вивчалися у наукових працях [2, 4, 7, 13, 16, 17, 19, 20].

Однак у цих дослідженнях практично не приділено достатньої уваги питанням створення науково-методичних основ формування архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів з використанням онтологічного підходу.

**Метою статті** є вдосконалення онтологічної моделі й методу формування архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів.

#### **Виклад основного матеріалу.**

*Застосування рекурсивної редукції в процесі формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів.* ІАС є найбільш природним і зручним засобом подання інформації [13, 19, 20]. Однак створення ІАС є досить складним процесом, якщо наявні дані подані у документах, що містять слабоструктуровану або навіть неструктуровану інформацію. Оброблення таких документів уручну може стати надзвичайно трудомістким процесом, а оброблення великих масивів таких документів – практично неможливе [19]. Тому на початку роботи із слабоструктурованою або неструктурованою документацією необхідно провести їх структурування.

Найскладнішим є виконання структурування природно-мовних (ПрМ) текстів, тому що це потребує достатньо повного формального опису підмножини мови, до якої вони належать. Кожен із текстів описує певну предметну область (ПдО) або її частину. При цьому в тексті використовуються належні до ПдО терміни, що формують її термінополе. Структурування тексту полягає у виділенні з нього цього термінополя, зокрема, проведенні ідентифікації концептів (понять) відповідної ПдО, а також їх атрибутів і взаємозв'язків [19].

Сформоване термінополе може бути подане з допомогою онтології, що являє собою впорядковану трійку [13, 19, 20]:

$$O = \langle X, R, F \rangle, \quad (1)$$

де  $X$  – множина концептів предметної області;

$R$  – множина відношень між концептами  $X$ ;

$F$  – множина функцій інтерпретації  $X$  та/або  $R$ .

Структурування певного ПрМ тексту  $T^T$  можна подати як певне перетворення (перетворення структурування):

$$F_{str} : T^T \rightarrow O. \quad (2)$$

Фактично перетворення структурування тексту (2) є багатоступінчастим процесом, кожен етап якого потребує використання спеціалізованих моделей і процедур. Загальну схему виконання такого перетворення можна подати виразом виду (3):

$$T^T \rightarrow T_{sn} \rightarrow O^1 \rightarrow O^2 \rightarrow O, \quad (3)$$

де  $T^T$  – ПрМ текст;  $T_{sn}$  – первинна структура тексту;  $O^1$  – глосарій;  $O^2$  – таксономія;  $O$  – онтологія.

Процес структурування тексту (3) можна умовно поділити на два основних етапи: лексичний аналіз  $T^T \rightarrow T_{sn}$ , що формує первинну структуру тексту, і формування онтології  $T_{sn} \rightarrow O$ , що дає змогу виділити з первинної структури необхідну інформацію і подати її у вигляді онтології. Для виконання другого етапу використовується рекурсивна редукція, що передбачає послідовне перетворення первинної структури з допомогою певного набору динамічно заданих користувачем правил.

Згідно із виразом (3) процес структурування тексту, що виконується методом рекурсивної редукції, має структуру (4) і перетворює первинну структуру тексту в онтологію (1):

$$T_{sn} \rightarrow O^1 \rightarrow O^2 \rightarrow O. \quad (4)$$

Сутність застосування рекурсивної редукції полягає в рекурсивному виконанні процесу редукції вхідного ПрМ тексту, тобто у застосуванні до нього спеціалізованого оператора:

$$F_{rd} : T_{sn} \rightarrow O. \quad (5)$$

Оператор редукції (5) описується в термінах  $\lambda$ -теорії, або  $\lambda$ -числення – це формальна теорія, розроблена для формалізації й аналізу поняття обчислюваності [19]. Основними поняттями

$\lambda$ -теорії є аплікація (застосування функції до аргументу) та абстракція. Абстракція означає, що якщо  $t(x)$  – вираз, який, можливо, містить у собі вільну змінну  $x$ , то запис  $\lambda x.t(x)$  – це функція  $f$ , яка ставить у відповідність значенню  $a$  значення  $t(a)$ , тобто має місце рівність

$$(\lambda x.t(x))a = t(a), \quad (6)$$

де  $x$  – певна змінна;  $t$  – вираз, що містить, можливо, входження змінної  $x$ ;  $a$  – аргумент, що визначає значення  $x$ .

Центральним елементом  $\lambda$ -теорії є поняття терму [13, 19]. Множина  $\Lambda$ ,  $\lambda$ -термів визначається індуктивно, як показано виразом

$$\begin{aligned} x \in \Lambda, \\ M \in \Lambda \Rightarrow (\lambda x.M) \in \Lambda, \\ M, N \in \Lambda \Rightarrow (MN) \in \Lambda. \end{aligned} \quad (7)$$

де  $x$  – довільна змінна;  $M, N$  – довільні терми.

Крім того у  $\lambda$ -теорії діє так зване спостереження Штейнфінкеля, що дає змогу зводити функції багатьох аргументів до функції одного аргументу [19]:

$$\lambda x_1 \dots x_n.M = \lambda x_1 (\lambda x_2 (\dots (\lambda x_n (M)) \dots)), \quad (8)$$

де  $x_i$  – довільні змінні;  $M$  – довільний терм.

Важливе значення має поняття  $\beta$ -редукції, яке можна визначити як відношення між двома термами:

$$\beta = \{((\lambda x.M)N, M[x := N]) \mid M, N \in \Lambda\}, \quad (9)$$

де  $x$  – довільна змінна;  $M, N$  – довільні терми;  $M[x := N]$  – вираз, отриманий підстановкою  $N$  замість змінної  $x$  у виразі  $M$ .

Оператор редукції (5) є комбінацією чотирьох операторів (10), при цьому три із них виконують кроки перетворення, задані виразом (4), а один оператор виконує допоміжну функцію:

$$F_{rd} = F_{l*} \circ F_x \circ F_{smr} \circ F_{ct}, \quad (10)$$

де  $F_{l*}$  – оператор агрегації (11), що виконує допоміжну функцію, перетворюючи множину лексем  $L$  у множину конструктів  $L^*$ . Конструкти є особливою формою лексем і об'єднують у собі послідовності слів або символів, зокрема, словосполучення. Особливістю конструктів є те, що під кутом

зору подальшої обробки вони можуть розглядатись як лексеми (тобто як одне слово чи символ). Таким чином, множина  $L U L^*$  може використовуватися у тих же самих випадках, що і множина  $L$ , зокрема як вхідні дані для оператора:

$$F_{l*} : L U L^* \rightarrow L^*, \quad (11)$$

де  $F_x$  – оператор (12) ідентифікації концептів  $X$ :

$$F_x : L U L^* \rightarrow L U L^* U X. \quad (12)$$

У виразі (12)  $F_{smr}$  – оператор (13) ідентифікації онтологічних зв'язків [13, 19]  $R$ , що поділяються на зв'язки між концептами  $R_{sem}$  і допоміжні зв'язки між концептом та його контекстами  $R_{sem}^*$ :

$$F_{smr} : \langle L U L^* U X, R_{sn} \rangle \rightarrow \langle L U L^* U X, R_{sn} U R_{sem}^* U R_{sem} \rangle \quad (13)$$

де  $F_{ct}$  – оператор (14) ідентифікації контекстів, які в подальшому виступають як атрибути концептів  $A_X$ :

$$F_{ct} : \langle X, R_{sem}^* \rangle \rightarrow A_X. \quad (14)$$

Сумарне перетворення  $F_{rd}$  має вигляд

$$F_{rd} : \langle L U L^* U X, A_X, R_{sn} U R \rangle \rightarrow \langle L U L^* U X, A_X, R_{sn} U R \rangle \quad (15)$$

де  $R = R_{sem}^* U R_{sem}$ .

На першому кроці  $L^* = \emptyset; X = \emptyset; A_x = \emptyset; L_{sem}^* = \emptyset; L_{sem} = \emptyset$ , і тому перетворення (15) вироджене у перетворення (16). Однак з кожним кроком ці множини поповнюються новими елементами:

$$F_{rd} : \langle L, R_{sn} \rangle \rightarrow \langle L U L^* U X, A_X, R_{sn} U R_{sem}^* U R_{sem} \rangle \quad (16)$$

Щоб здійснити повний аналіз тексту, треба використовувати оператор (10) рекурсивно, для чого у  $\lambda$ -теорії використовується оператор нерухомої точки [19]. Для цього необхідно побудувати допоміжну функцію  $F'$ :

$$F' = \lambda f x. \begin{cases} f F_{rd} x, & F_{rd} x \neq x \\ x, & F_{rd} x = x \end{cases} \quad (17)$$

Застосуємо до неї оператор нерухомої точки  $Y$  (19). Терм  $Y F'$  є нерухомою точкою для перетворення, що задається функцією  $F'$ , тобто для нього виконується співвідношення

(20). За допомогою цього співвідношення можна здійснювати рекурсивне виконання функції (17), доки не буде досягнуто наявну в ній умову завершення (21), тобто доки множина поточних даних (18) не стане нерухомою точкою для перетворення  $F_{rd}$ :

$$\langle LUL^*UX, A_X, R_{sn} UR_{sem}^* UR_{sem} \rangle; \quad (18)$$

$$Y = \lambda f.(\lambda x.f(xx))\lambda x.f(xx); \quad (19)$$

$$F'(YF') = YF'; \quad (20)$$

$$F_{rd}x = x. \quad (21)$$

Умова (21) може бути інтерпретована як «застосування  $F_{rd}$  більше не ідентифікує нової інформації» [19].

Онтологічна модель процесів супроводження спеціальних вантажів силами Національної гвардії України. ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів є системою, що призначена для підтримки прийняття рішень командирами тактичної ланки. Основними завданнями, що вирішуються засобами ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів, є зчитування вхідної інформації (можливо, слабоструктурованої) і виконання на її основі інформаційних та інформаційно-розрахункових задач. Під кутом зору програмної інженерії програмна система розглядається як набір описів, поданих у вигляді математичних моделей, формалізмів та технік моделювання. Структура онтологічної моделі процесів супроводження спеціальних вантажів силами НГУ містить у собі інформаційну та функціонально-компонентну складові (моделі) [13, 19, 20]. Далі стисло розглянемо кожну із цих складових зазначеної вище онтологічної моделі.

Інформаційну складову (модель) використовують для подання та описів потоків інформації, структури даних, а також програмних модулів у програмній системі. В узагальненому вигляді інформаційну модель ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів  $\Pi_R$  представляється деякою скінченною сукупністю програмних модулів  $\Pi_{R_i}$ , що інтегруються у когнітивну ІТ-платформу «Поліедр»  $\Pi_T$  [13]:

$$\Pi_R = \sum_{i=1}^n \Pi_{R_i} \cup \Pi_T. \quad (22)$$

При цьому реалізується відображення  $G_{\Pi_R}$  інтеграції функцій окремих програмних модулів системи, яке перетворює об'єднання множини функцій  $S_{R_i}$  кожного із її програмних модулів  $\Pi_{R_i}$  в узагальнену (цільову) функцію  $F_R$  – прийняття рішення командирами тактичної ланки [13]:

$$G_{\Pi_R} : \bigcup_{i=1}^n S_{R_i} \rightarrow F_R. \quad (23)$$

До складу когнітивної ІТ-платформи «Поліедр» входить велика кількість багатofункціональних модулів різного призначення. У процесі функціонування ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів використовується тільки сукупність  $\Pi_T^R \subset \Pi_T$  модулів, що релевантні задачі підтримки прийняття рішень командиром. Отже, співвідношення (22) і (23) перетворюються у (24) і (25):

$$\Pi_R = \sum_{i=1}^n \Pi_{R_i} \cup \sum_{i=1}^m \Pi_{T_i}^R; \quad (24)$$

$$G_{\Pi_R} : \bigcup_{i=1}^n S_{R_i} \cup \bigcup_{i=1}^m S_{T_i}^R \rightarrow F_R. \quad (25)$$

Функціональну складову (модель) використовують для подання процесів взаємодії, відношень та залежностей програмних модулів, а також для детального опису компонентів системи. В узагальненому вигляді таку модель для ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів можна буде подати у вигляді:

$$S_R = \langle M_D, M_S, M_P, M_C, P_0(M_D, M_S) \rangle, \quad (26)$$

де  $M_D$  – модель, що задає поведінку системи;  $M_S$  – модель, що задає структуру системи;  $M_P$  – модель, що задає структуру програмних сутностей;  $M_C$  – модель (схема) компонентів програмної системи;  $P_0(M_D, M_S)$  – предикат цілісності системи.

UML-діаграма взаємодії ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів

зображена на рис. 1. На цій діаграмі проілюстровано процес управління підрозділом ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів.

Точкою входу в цей процес є робоче місце ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів, що побудоване на основі користувацького інтерфейсу когнітивної ІТ-платформи «Поліедр». Під час ініціалізації робочого місця із серверу когнітивної ІТ-платформи «Поліедр» зчитується онтологічне представлення інформаційного процесу, що здійснюється командиром. Командир може переглядати онтологічне представлення і вибирати наявні в ньому підпроцеси. При цьому можуть виконуватися наступні дії. Якщо підпроцес потребує певних додаткових даних, то командирі необхідно запустити систему структуризації, обробити з її допомогою наявні в нього вхідні файли і внести отриману інформацію в ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів. Якщо підпроцес потребує виконання інформаційної або інформаційно-розрахункової задачі, то запускається обчислювальна підсистема, що дає змогу командирі провести необхідні розрахунки.

Завершенням роботи інформаційного процесу є прийняття рішення, що дає змогу сформувати наказ підлеглим під час супроводження спеціальних вантажів силами НГУ. У ході прийняття рішення може використовуватися спеціалізована підсистема підтримки прийняття рішень, що дає змогу оцінити те чи інше рішення на основі виконаних інформаційно-розрахункових задач.

Елементом функціональної моделі є модель структури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів:

$$M_S = \langle d_{class}, b_{stat}, req \rangle, \quad (27)$$

де  $d_{class}$  – множина діаграм класів ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів;  $b_{stat}$  – множина статичних блок-схем ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів;  $req$  – технічне завдання

на проектування ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів.

Система поділена на підсистему оброблення та інтерфейсну підсистему з незалежними класовими структурами.

Класи зазначеної підсистеми умовно можна поділити на контролери, класи даних та класи, що реалізують підпрограми оброблення.

Структура класів редактора шаблонів деякою мірою схожа на структуру аналізатора текстів, за винятком того, що замість ієрархії контролерів вона містить ієрархію візуальних елементів.

Структура класів даних аналогічна: є два класи – RuleFileIO для зчитування файлів правил та SentencesFileIO для зчитування результатів аналізу тексту. Обидва класи наслідуються від FileIOController, який реалізує методи для відкриття і запису (зокрема, виклик системних форм вибору файлу).

*Метод формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів.* Зазначений метод формування архітектури ІАС передбачає реалізацію таких основних етапів, як: структуризація вхідної інформації (у вигляді тексту) за допомогою рекурсивної редукції, побудова онтології та онтологічної моделі процесів супроводження спеціальних вантажів силами НГУ, формування архітектури досліджуваної ІАС.

Розроблення і застосування ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів можуть бути пов'язані з появою низки проблемних питань стосовно масштабування, швидкодії і надійності. Для їх вирішення у програмній інженерії використовується трирівнева архітектура [13, 19, 20]: рівень представлення (Presentation tier), рівень логіки (Logic tier), рівень даних (Data tier), що передбачає наявність клієнтської програми, сервера додатків та сервера бази даних. Однак у реальній ситуації, за обмеженості наявних обчислювальних ресурсів, розгортання такої архітектури може бути пов'язане зі значними труднощами, які можуть виражатись у недостатній потужності обчислювальних машин або наявності у модулів системи специфічних системних вимог, що можуть суперечити одна одній.

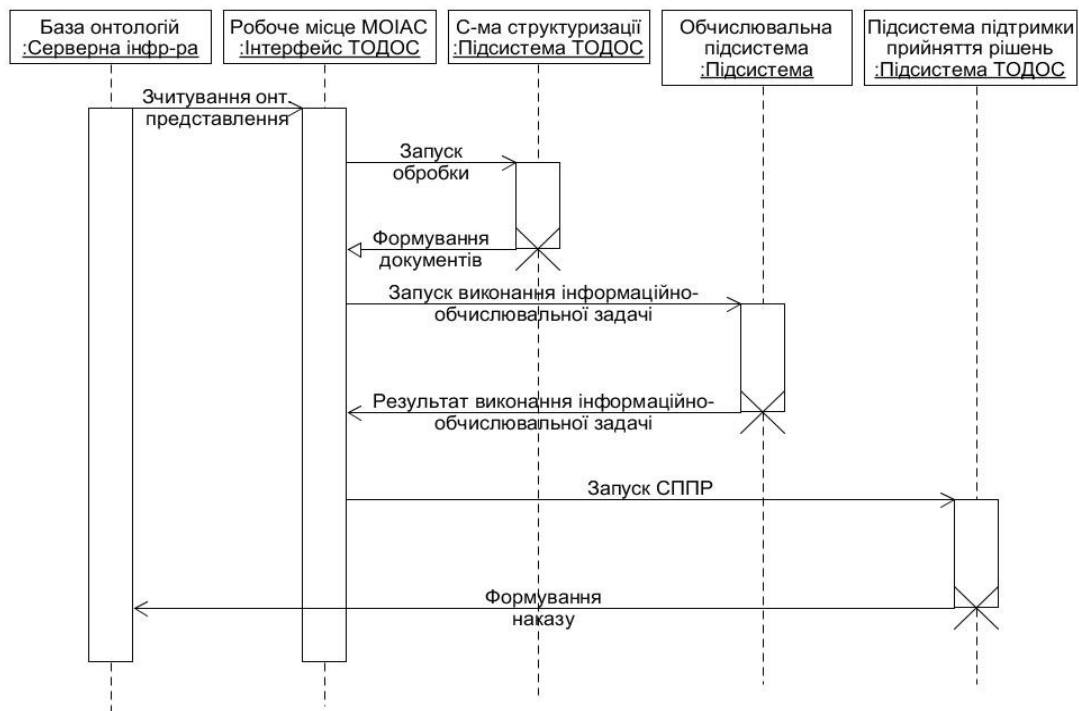


Рисунок 1 – Діаграма процесів взаємодії програмної системи формування даних

Формування архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів базується на описаних вище наукових положеннях, і сутність цього проксу є визначення набору незалежних програмних засобів. Деякі компоненти ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів створюються на базі веб-орієнтованих сервісів когнітивної ІТ-платформи «Полієдр» і можуть функціонувати виключно в її складі. Однак більшість компонентів реалізовані у вигляді окремих модулів, що можуть виконуватись і в складі когнітивної ІТ-платформи «Полієдр», і на окремих, виділених серверах, а в особливих випадках – навіть локально на робочій машині користувача.

Базовою і найбільш простою архітектурою, що можливо використовувати у межах завдання побудови ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів, є архітектура, зображена на рис. 2. Така архітектура містить виключно модулі підсистеми структуризації текстів, і тому не може використовуватися для подання інформації. Однак ця архітектура є дуже важливою, оскільки може виконуватися користувачем локально і дає змогу виконувати

найбільш ресурсоємні процеси, не витрачаючи ресурсів сервера. Це природним чином забезпечує паралельне оброблення масивів інформаційних ресурсів, оскільки надає можливість обробляти різні інформаційні ресурси на різних машинах різними операторами.

Основних модулів у підсистемі структуризації текстів є три: редактор шаблонів, що реалізує собою інтерфейс користувача, лексичний аналізатор, що виконує попередній аналіз тексту, та модуль виконання оброблення, що, власне, виконує виділення інформації. Проте, щоб повноцінно виконати завдання формування архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів, необхідно виконувати оброблення документів у середовищі когнітивної ІТ-платформи «Полієдр» [13, 19, 20]. Загальна архітектура ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів у цьому середовищі матиме вигляд, як зображено на рис. 3.

Основними відмінностями архітектури на рис. 2 від тієї, що зображена на рис. 3, є: наявна підсистема попередньої структуризації, що дає змогу розширити множину форматів файлів, які можуть оброблятися. Зокрема, з її допомогою можуть бути зчитані документи Microsoft Office.

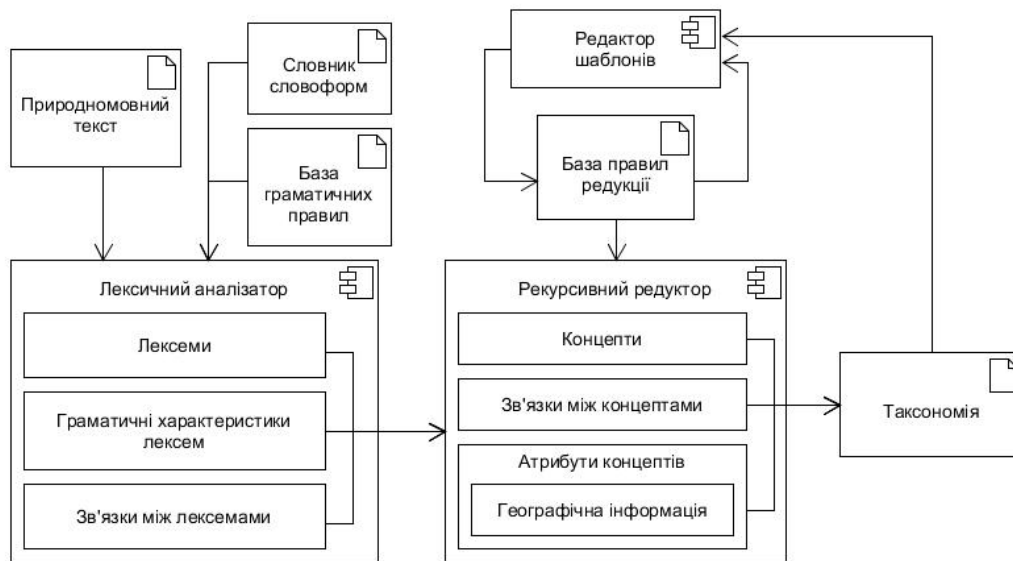


Рисунок 2 – Базова архітектура підсистеми структуризації текстів в ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів

Ця підсистема спрощує і пришвидшує процес аналізу документів, оскільки позбавляє оператора необхідності конвертувати їх вручну; використовується редактор онтологій когнітивної ІТ-платформи «Поліедр», що дозволяє виконувати перегляд результатів структуризації і за необхідності – вносити в них виправлення; використовується веб-орієнтований інтерфейс представлення інформації; для ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів є доступним модуль перегляду у вигляді трансдисциплінарного куба, для підсистеми онтологічних ГІС-додатків – модулі інтеграції з основними ГІС-бібліотеками, зокрема ArcGIS API for JavaScript [21], Leaflet.js [22], Google Maps [23]; доступна серверна інфраструктура когнітивної ІТ-платформи «Поліедр», зокрема бібліотека онтологій, що використовується для зберігання результатів структуризації, а модифікація цієї бібліотеки – для зберігання правил структуризації; доступний керуючий інтерфейс когнітивної ІТ-платформи «Поліедр», в який інтегрується керуючий інтерфейс підсистеми структуризації текстів.

Засобами когнітивної ІТ-платформи «Поліедр» реалізується контроль доступу до інтерфейсів; доступна підсистема експорту онтологій; доступні аналітичні підсистеми когнітивної ІТ-платформи «Поліедр», що дають змогу виконувати з ідентифікованими даними різноманітні операції,

серед яких прогнозування, багатокритеріальна оптимізація тощо; можливе зчитування широкого спектра документів, що містять структуровану інформацію, зокрема з файлів CSV, OWL, KML [24] та ін.

Необхідно зазначити, що вказана структура системи відповідає трірівневій архітектурі. При цьому функції рівня представлення виконують інтерфейси когнітивної ІТ-платформи «Поліедр», функції рівня даних – бібліотека онтологій і база правил редукції, а всі інші модулі виконують функції рівня логіки. Архітектура, наведена на рис. 3, ілюструє можливі варіанти міжсерверної взаємодії. Як видно з рис. 3, деякі підсистеми, зокрема, лексичний аналізатор, аналітичні модулі та індексатор, можуть розміщуватися на допоміжних серверах. Ці підсистеми є найбільш ресурсоємними, а тому винесення їх на окремі сервери дає змогу значно зменшити навантаження на основний сервер і, таким чином, збільшити надійність його роботи.

Оцінювання ефективності запропонованого методу формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів. Методикою проведення оцінювання ефективності методу формування архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів передбачено реалізацію таких етапів [13, 19]: визначення діапазону

змінювання та числових значень показників ефективності; оцінювання важливості кожного з показників ефективності для реалізації поставленого завдання; визначення сумарної оцінки відповідності кожної із систем (що порівнюються) поставленому завданню; ранжування досліджуваних систем відповідно до їх сумарних оцінок та вибір систем з максимальним значенням.

У межах проведених у цій статті досліджень було розглянуто 5 груп основних показників ефективності: загальні (відображують базові відомості щодо ІАС), технічні (характеризують апаратну складову ІАС, включаючи аспекти її технічної реалізації), можливості ІАС (відображують перелік її завдань), когнітивні (визначають можливості ІАС щодо роботи з інформаційними потоками), спеціалізовані (інші, що є також важливими для роботи з інформаційними потоками). Перша група показників – це клас і доступність системи. До другої групи показників належать: сумісність з операційною системою, підтримка кирилических символів, програмна і процедурна розширюваність, мова вхідних даних. До третьої групи показників належать: можливість аналізу природномовних текстів, можливість інтеграції з ПС, можливість інтеграції із системами оптичного розпізнавання документів, можливість таксономізації документів, можливість категоризації, можливість автоматичної інтеграції, можливість автоматизації відображення таксономій, можливість створення інтерактивних документів, можливість знаходження латентної інформації, підтримка форматів і протоколів Semantic Web, можливість опрацювання великих даних (Big Data). Четверта група показників – це вибір, структуризація, аналіз, синтез. До п'ятої групи показників належать: глибина бінарних відношень таксономії, відношення порядку, що підтримується, мережецентризм, емерджентність. Сутність та детальний опис цих показників наведені у [19], тому в статті на цьому не зосереджено увагу.

Отже, результати оцінювання ефективності запропонованого методу формування архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів (див. рис. 4) дають змогу стверджувати, що оптимальним рішенням є використання ІАС для підтримки та прийняття

рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів на основі запропонованого методу формування архітектури: вона відповідає основним параметрам, таким, як можливість інтеграції інформаційних ресурсів, підтримки української мови (зокрема, з допомогою кодування UTF-8), відкритість і простота розширення. Інтегрований у когнітивну ІТ-платформу «Полієдр» аналізатор природної мови Texttermin надає можливості для лексичного і синтаксичного аналізу текстів, а також містить допоміжні функції, такі, як визначення узгодженості слів за родом, відмінком тощо.

Слід зазначити, що менш оптимальними рішеннями є комерційні ІАС Convera Excalibur та Palantir Gotham, використання яких майже неможливе через закритість і високу вартість. Четверте місце займає суперкомп'ютер компанії IBM – Watson Analytics, який має надзвичайно широкі інформаційно-аналітичні можливості, однак його використання ускладнене через відсутність підтримки української мови. На п'ятому місці – безплатний програмний засіб із закритим програмним кодом Tomita-парсер російської компанії Yandex, який показує достатньо хороші результати в обробленні української і російської мов, але не має жодних засобів для модифікації чи розширення своєї функціональності.

А для таких програмних засобів, як «Оцінка», «Динаміка», «Розрахунок особового складу угруповання по військових нарядах», «Визначення кількості особового складу для охорони ОВДО», «Пошук», «Ешелон», «Варіант», «Оберіг», «Підтримка», «Аргумент» та «Інструмент» одним із актуальних питань їх спільного ефективного застосування для підтримки прийняття рішення на застосування сил НГУ під час супроводження спеціальних вантажів є проблема формування єдиного інформаційного простору.

Отже, можна стверджувати щодо підвищення ефективності на 27 % запропонованої архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів на основі запропонованого методу у порівнянні з комерційними закордонними аналогами. Якщо порівнювати із вітчизняними аналогами, то ефективність запропонованої ІАС вища на 60 %.



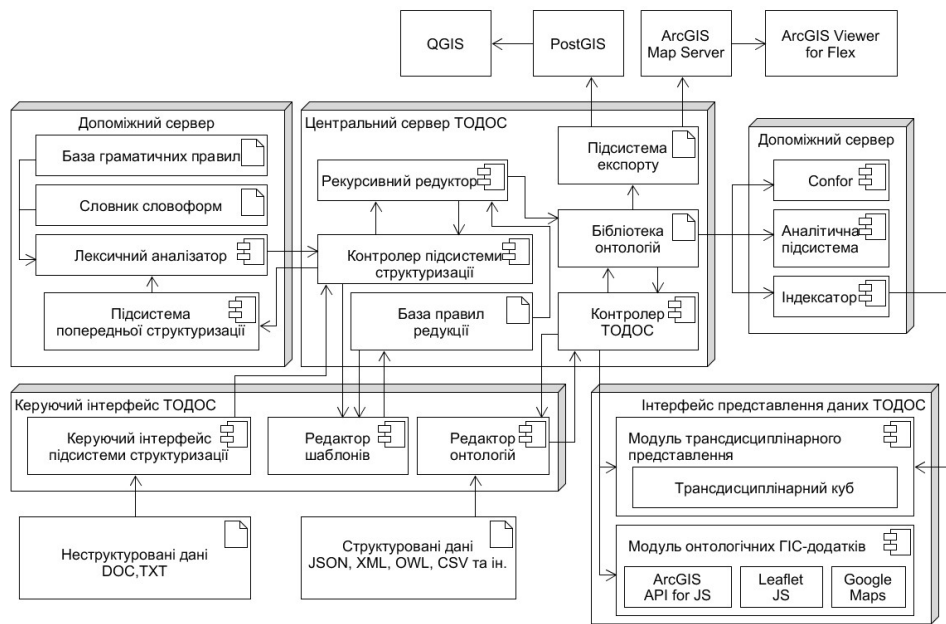


Рисунок 3 – Архітектура ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів у середовищі когнітивної ІТ-платформи «Поліедр»

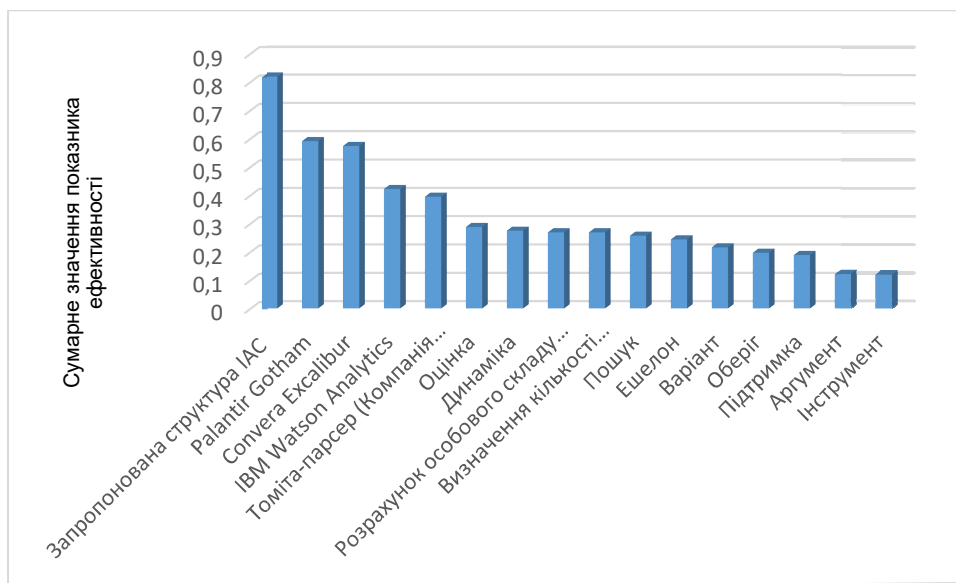


Рисунок 4 – Результати оцінювання ефективності запропонованого методу формування архітектури ІАС для підтримки та прийняття рішень на застосування НГУ під час супроводження спеціальних вантажів

### Висновки

Таким чином, у статті запропоновано науково-методичне підґрунтя побудови інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування сил Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів, а саме: варіант застосування рекурсивної редукції у процесі формування архітектури інформаційно-аналітичної системи

для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів; онтологічну модель процесів супроводження спеціальних вантажів силами НГУ, метод формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів. Відмінністю запропонованих науково-методичних

основ формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень на застосування Національної гвардії України під час супроводження спеціальних вантажів від відомих є врахування специфіки та сутності процесів супроводження спеціальних вантажів силами НГУ.

У подальших дослідженнях планується розробити метод формування архітектури інформаційно-аналітичної системи для підтримки та прийняття рішень щодо застосування Національної гвардії України для реалізації інших її функцій, що встановлені українським законодавством.

### Перелік джерел посилання

1. Про Національну гвардію України : Закон України від 13.03.2014 р. № 876-VII. *Відомості Верховної Ради України*. 2014. № 17. Ст. 594. URL: <https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/876-18> (дата звернення: 12.01.2022).
2. Nadutenko M., Prykhodniuk V., Shyrokov V., Stryzhak O. Ontology-Driven Lexicographic Systems. *Advances in Information and Communication*. FICC 2022. *Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham : Springer. 2022. P. 204–215.
3. Stryzhak O., Prykhodniuk V., Popova M., Nadutenko M., Haiko S., Shepkov R. Development of an Oceanographic Databank Based on Ontological Interactive Documents. *Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham : Springer. 2021. P. 97–114.
4. Яковлев М. Ю., Стрижак О. Є., Семенко Є. Ю. Інформаційно-аналітичне забезпечення Національної гвардії України: сучасний стан та основні напрямки розвитку. *Честь і закон*. 2021. № 3. С. 11–23.
5. Yakovlev M. Yu., Stryzhak O. Y., Semenko Y. Yu., Yevtushenko I. V. Creation and application of information and analytical systems for the national guard of Ukraine in the interests of the citizens safety ensurance. *Public administration and state security aspects*. 2021. Vol. 1/2. P. 145–160.
6. Яковлев М. Ю., Семенко Є. Ю., Герасимов С. В. Онтологічна модель інформаційно-аналітичної системи Національної гвардії України. *Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів* : зб. тез доп. наук.-практ. конф., м. Харків, 29 жовт. 2021 р. Харків : НА НГУ, 2021. С. 345.
7. Головін О. О. Окремі технологічні аспекти впровадження принципів мережецентричності в перспективні знання-орієнтовані інформаційно-аналітичні системи управління розвитком озброєння та військової техніки. *Озброєння та військова техніка*. 2018. № 4 (20). С. 19–25.
8. Головін О. О. Онтологічні засади взаємодії експертів з інформаційно-аналітичною системою підтримки прийняття рішень з розвитку озброєння та військової техніки. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2020. № 2 (39). С. 41–46.
9. Головін О. О., Стрижак О. Є. Побудова мережецентричної системи підтримки процесів оснащення і розвитку ОБТ на основі використання трансдисциплінарних процедур інтеграції інформаційних ресурсів. *Системи озброєння і військова техніка*. 2018. № 4 (56). С. 81–91.
10. Стрижак А. Е. Компьютерные онтологии как инструмент интеграции распределённых информационных ресурсов. *Actual problems of training specialists in ICT*. Sumy: Sumy State Univ., 2013. P. 29–38.
11. Стрижак А. Е. Онтологические аспекты трансдисциплинарной интеграции информационных ресурсов. *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*. 2014. № 65. С. 211–223.
12. Palagin A., Kryvyi S., Petrenko N. Ontological methods and means of processing subject knowledge : monograph. edn. VNU them. V. Dal. Lugansk. 2012. 324 p.
13. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06. Київ, 2014. 47 с.
14. Marchetti A., Ronzano F., Tesconi M., Minutoli S. Formalizing Knowledge by Ontologies: OWLandKIF URL: [https://www.iit.cnr.it/sites/default/files/TechnicalReport\\_IT\\_FormalizingKnowledgeByOntologies.pdf](https://www.iit.cnr.it/sites/default/files/TechnicalReport_IT_FormalizingKnowledgeByOntologies.pdf) (дата звернення: 12.05.2022).
15. Горбуров В. В., Стрижак О. Є., Франчук О. В. Використання онтологій у системах підтримки прийняття рішень. *Математичне моделювання в економіці*. 2013. Вип. 3. С. 33–39.
16. Гуржій А. М., Стрижак О. Є. Онтологічні інструменти управління мережевими інформаційними ресурсами та їх використання в освітній та науковій діяльності. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2013. Вип. 3. С. 427–434.

17. Добров Б. В., Иванов В. В., Лукашевич Н. В., Соловьев В. Д. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения : учеб. пособие. Москва : Лаборатория знаний, 2009. 173 с.

18. Палагин А. В., Крывый С. Л., Петренко Н. Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний : монография. Луганск : ВНУ им. В. Даля, 2012. 323 с.

19. Приходнюк В. В. Технологічні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Київ, 2017. 267 с.

20. Горборуков В. В. Технологічні засоби онтологічного супроводу розв'язання задач

ранжування альтернатив : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Київ. 2018. 20 с.

21. ArcGIS API for JavaScript. URL: <https://developers.arcgis.com/javascript/> (дата звернення: 12.05.2022).

22. Leaflet – an open-source JavaScript library for interactive maps. URL: <http://leafletjs.com> (дата звернення: 12.05.2022).

23. Google Maps APIs Google Developers. URL: <https://developers.google.com/maps/?hl=ru> (дата звернення: 12.05.2022).

24. Keyhole Markup Language. URL: <https://developers.google.com/kml/> (дата звернення: 12.05.2022).

*Стаття надійшла до редакції 12.07.2022 р.*

**UDC 004.4**

**Ye. Semenko**

**SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BASICS OF THE FORMATION OF THE ARCHITECTURE OF THE INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR SUPPORTING AND MAKING DECISIONS ON THE APPLICATION OF THE NATIONAL GUARD OF UKRAINE DURING THE ACCOMPANIMENT OF SPECIAL LOADS**

*The article shows that today the National Guard of Ukraine does not have an information and analytical system that would ensure the maintenance of effective decision-making in the process of planning and implementation of operational tasks assigned to it (including the escorting of special cargo by the forces of the National Guard of Ukraine), while using all necessary information sources. The scientific and methodological foundations of the formation of the architecture of the information-analytical system for maintaining and making decisions on the use of the National Guard of Ukraine during the escorting of special cargoes are proposed. The option of applying recursive reduction in the process of forming the architecture of the information-analytical system for maintaining and making decisions for use during the escorting of special cargoes is given. The ontological model of the processes of escorting special cargo by the forces of the National Guard of Ukraine is considered. It was established that the structure of this ontological model includes informational and functional components (models). The information component (model) is used to present and describe information flows, data structures, and software modules in the software system. The functional component (model) is used to present interaction processes, relationships and dependencies of software modules, as well as for a detailed description of the components of the information and analytical system. The essence is revealed and the main stages of the method of forming the architecture of the information and analytical system for maintaining and making decisions for the use of the National Guard of Ukraine during the escorting of special cargoes are given. It was determined that the considered method of forming the architecture of the information-analytical system involves the implementation of such main stages as: structuring of input information (in the form of text) using recursive reduction, building an ontology and ontological model of the processes of escorting special cargo by the forces of the National Guard of Ukraine, and forming the architecture of the researched information-analytical system.*

**Keywords:** *National Guard of Ukraine, escort of special cargoes, information and analytical system, ontological approach, taxonomy, cognitive services, ontology, recursive reduction, method, model.*

**Семенко Євген Юрійович** – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України  
<https://orcid.org/0000-0001-8445-6707>