

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

UDC 004.82 + 004.91 + 005.94 + 528.065/.067

Vitalii V. Prychodniuk¹, PhD (computer science), Junior Scientist
ORCID ID 0000-0002-2108-7091, *e-mail*: tangens91@gmail.com

Oleksandr Ye. Stryzhak¹, Doctor Habilitat (computer science), Principal researcher
ORCID ID 0000-0002-4954-3650, *e-mail*: sae953@gmail.com

Svitlana I. Gaiko¹, PhD student
ORCID 0000-0002-3564-475X, *e-mail*: svitgai@i.ua

Roman I. Chepkov², advisor to the director
ORCID 0000-0003-2810-4576, *e-mail*: chepkovroman@ukr.net

¹Institute of Telecommunication and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

²Scientifically & research institute of geodesy and cartography, Kyiv, Ukraine

INFORMATION-ANALYTICAL COMPLEX OF SUPPORT OF TRANSDISCIPLINARY RESEARCHES PROCESSES

***Abstract.** Structural and modular characteristics of the software and information complex, which includes WEB-oriented means of integrated use by the expert-analyst of spatially distributed information resources, are described. The category of transdisciplinarity as a methodological basis for a technological solution for the creation of information-analytical systems of a multidimensional profile is defined. The information, software and architectural features of IAS as complex systems are determined. The mechanisms of forming a unified information environment based on WEB-oriented IAS services using multiple characteristics of taxonomies of analyzed domains are described. Diagrams of classes of IAS software modules are presented. The architectural descriptions of text document structuring modules are presented. The description of structural, informational, functional and behavioral models of IAS are given. The diagrams of IAS software components are presented.*

***Key words:** transdisciplinarity; taxonomy; ontology; hyperproperty; structuring; model; information resources*

В.В. Приходнюк¹, О.Є. Стрижак¹, С.І. Гайко¹, Р.І. Чепков²

¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

²Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, м. Київ, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ КОМПЛЕКС ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

***Анотація.** Описуються структурні й модульні характеристики програмно-інформаційного комплексу, який включає WEB-орієнтовані засоби інтегрованого використання експертом-аналітиком просторово-розподілених інформаційних ресурсів. Визначається категорія трансдисциплінарності, як методологічна основа технологічного рішення щодо створення інформаційно-аналітичних систем багатотематичного профілю. Визначаються інформаційні, програмні й архітектурні особливості ІАС, як складної системи. Описуються механізми формування єдиного інформаційного середовища на основі WEB-орієнтованих сервісів ІАС з використанням множинних характеристик таксономій предметних областей, що аналізуються. Надано діаграми класів програмних модулів ІАС. Представлено архітектурні описи модулів структуризації текстових документів. Надані описи структурної, інформаційної, функціональної й поведінкової моделей ІАС. Представлено діаграми програмних компонентів ІАС.*

***Ключові слова:** трансдисциплінарність; таксономія; онтологія; гіпервластивість; структуризація; модель; інформаційні ресурси*

Вступ

Конструктивність та ефективність використання просторово-розподілених інформаційних ресурсів суттєво залежать від рівня забезпечення їх інтегрованої взаємодії. Для цього повинні існувати певні мережеві інструменти, які фактично забезпечують формування єдиного інформаційного простору, у якому визначено гіпервластивість часткової впорядкованості над усіма системними компонентами.

Згідно з останніми дослідженнями, існування такого простору можливо, якщо його властивості усіх його складових об'єктів та процесів розглядати на основі категорії трансдисциплінарності [1]. Вона дозволяє розглядати всі процеси в інформаційному просторі на основі категорії множинної часткової впорядкованості станів взаємодії систем, які її складають. Трансдисциплінарність інформаційного середовища можна представити через прояв рекурсивних та рефлексивних властивостей множин таксономічних і операціональних особливостей онтологій предметних областей [1–3]. Рекурсивність, як функціональна властивість таксономії [4, 5], дозволяє визначити множинну часткову впорядкованість множин таксономічних і операціональних властивостей онтологічних моделей предметних областей, що відображають всі процеси і об'єкти самого середовища [5–7]. Іншими словами, над множинами елементів, які складають системні компоненти онтологічних систем інформаційного середовища, задається гіпервластивість множинної часткової впорядкованості. Таке інтуїтивне розуміння категорії трансдисциплінарності дозволяє реалізувати при інтеграції інформаційних ресурсів принцип формування єдиного частково-впорядкованого інформаційного середовища, здатного стати досить універсальним і мовно-

незалежним носієм знань. Її конструктивність визначає теоретичні основи створення інформаційної технології формування та постійного розвитку мережецентричного середовища на основі трансдисциплінарності інтеграції політематичних інформаційних ресурсів в процесі вирішення складних прикладних проблем і завдань.

Інформаційно-аналітичний комплекс підтримки процесів трансдисциплінарних досліджень (ІАС) є системою, призначеною для інтегрованого аналітичного оброблення просторово-розподіленої науково-технічної інформації великих обсягів. Основними завданнями, що вирішуються засобами ІАС, є зчитування вхідної інформації (можливо, слабоструктурованої) і виконання на її основі інформаційних та інформаційно-аналітичних задач [6, 8, 9].

Реалізація ІАС, що описується у статті, здійснюється на основі WEB-орієнтованих сервісів ІТ-ТОДОС [6, 8, 10]

З точки зору програмної інженерії ІАС розглядається у вигляді набору описів, представлених у вигляді математичних моделей, формалізмів і технік моделювання. Структура математичних моделей програмних систем (ПС) такого роду включає в себе наступні моделі [6–8]:

- 1) інформаційна модель;
- 2) функціонально-компонентна модель.

Інформаційна модель ІАС

Інформаційна модель використовується для представлення й опису потоків інформації, структур даних, а також програмних модулів в програмній системі.

Узагальнена інформаційна модель ІАС Π_R має вигляд (1). Вона представляється деякою скінченною сукупністю програмних модулів Π_{R_i} , що інтегруються в інформаційно-аналітичну систему ТОДОС Π_T :

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

При цьому реалізується відображення G_{Π_R} інтеграції функцій окремих програмних модулів системи, що має вигляд (2). Дане відображення перетворює об'єднання множини функцій S_{R_i} кожного з її програмних модулів Π_{R_i} в узагальнену (цільову) функцію F_R – аналітичного оцінювання науково-технічних результатів.

$$G_{\Pi_R}: \cup_{i=1}^n S_{R_i} \rightarrow F_R . \quad (2)$$

Система ТОДОС, у свою чергу, також має велику кількість багатфункціональних модулів різного призначення. У роботі ІАС використовується тільки сукупність $\Pi_T^R \subset \Pi_T$ модулів, що релевантні задачі аналітичного оцінювання науково-технічних результатів. Таким чином, формули (1) і (2) перетворюються в (3) і (4).

$$\Pi_R = \sum_{i=1}^n \Pi_{R_i} \cup \sum_{i=1}^m \Pi_{T_i}^R . \quad (3)$$

$$G_{\Pi_R}: \cup_{i=1}^n S_{R_i} \cup \cup_{i=1}^m S_{T_i}^R \rightarrow F_R . \quad (4)$$

Інформаційна модель підсистеми структуризації тексту

Підсистема структуризації тексту є одним з модулів ТОДЮС. У рамках ІАС дана підсистема використовується для зчитування вхідної інформації, такої як звіти розвідки. Інформаційна модель даної підсистеми має наступний вигляд (5):

$$\Pi_{TX} = \{ \Pi_{\text{ПА}}, \Pi_{\text{ЛА}}, \Pi_{\text{ІШ}}, \Pi_{\text{ЗШ}}, \Pi_{\text{ІІ}}, \Pi_{\text{ВГІ}}, \Pi_{\text{ФТД}}, \Pi_{\text{РШ}} \} . \quad (5)$$

Розглянемо детальніше функції різних модулів підсистеми виділення географічної інформації з тексту.

$\Pi_{\text{ПА}}$ – модуль виконання попереднього аналізу вхідного документа. Даний модуль необхідний для приведення документа до текстового формату. Множина функцій даного модуля має вигляд (6).

$$S_{\text{ПА}} = \langle S_1^{\text{ПА}}, S_2^{\text{ПА}}, S_3^{\text{ПА}}, S_4^{\text{ПА}}, S_5^{\text{ПА}} \rangle . \quad (6)$$

До його функцій відносяться:

- 1) $S_1^{\text{ПА}}$ – зчитування вхідного файлу одного з підтримуваних форматів (текст, документи Word, електронні таблиці Excel, файли HTML та ін.);
- 2) $S_2^{\text{ПА}}$ – отримання текстової інформації, що знаходиться у файлі;
- 3) $S_3^{\text{ПА}}$ – нормалізація кодування отриманої текстової інформації;
- 4) $S_4^{\text{ПА}}$ – виділення і збереження оригінальної розмітки вхідного документа;
- 5) $S_5^{\text{ПА}}$ – збереження вкладеної в документ мультимедійної інформації (картинок, відео-, аудіо- та ін.), якщо тип вхідного документа підтримує це.

Вихідними даними для даного модуля є текстовий файл.

$\Pi_{\text{ЛА}}$ – модуль виконання лексичного аналізу (7).

$$S_{\text{ЛА}} = \langle S_1^{\text{ЛА}}, S_2^{\text{ЛА}}, S_3^{\text{ЛА}}, S_4^{\text{ЛА}}, S_5^{\text{ЛА}}, S_6^{\text{ЛА}}, S_7^{\text{ЛА}}, S_8^{\text{ЛА}} \rangle . \quad (7)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{\text{ЛА}}$ – зчитування вхідного текстового файлу;
- 2) $S_2^{\text{ЛА}}$ – розбиття вхідного тексту на речення, а речень – на лексеми (слова і символи);
- 3) $S_3^{\text{ЛА}}$ – нормалізація розбиття у відповідності з правилами мови (наприклад, видалення розривів речень, викликаних крапками в складі скорочень і чисел);
- 4) $S_4^{\text{ЛА}}$ – нормалізація слів;
- 5) $S_5^{\text{ЛА}}$ – визначення частини мови для слів і деяких символів (таких як тире, що замінює певне слово);
- 6) $S_6^{\text{ЛА}}$ – визначення додаткових характеристик лексем;
- 7) $S_7^{\text{ЛА}}$ – визначення синтаксичних зв'язків між лексемами;
- 8) $S_8^{\text{ЛА}}$ – формування структур даних первинного представлення тексту.

$\Pi_{\text{ІШ}}$ – модуль інтерпретації шаблонів (8).

$$S_{\text{ІШ}} = \langle S_1^{\text{ІШ}}, S_2^{\text{ІШ}}, S_3^{\text{ІШ}}, S_4^{\text{ІШ}} \rangle . \quad (8)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{III} – зчитування файлів шаблонів;
 - 2) S_2^{III} – формування внутрішнього представлення для предикатів, з яких формуються шаблони;
 - 3) S_3^{III} – формування внутрішнього представлення для шаблонів правил;
 - 4) S_4^{III} – формування внутрішнього представлення для правил ідентифікації інформації.
- П_{ЗШ} – модуль застосування шаблонів (9).

$$S_{ЗШ} = \langle S_1^{III}, S_2^{III}, S_3^{III}, S_4^{III} \rangle . \quad (9)$$

- 1) $S_1^{3Ш}$ – вибірка підпоследовностей лексем з вхідного тексту;
 - 2) $S_2^{3Ш}$ – вибірка шаблонів-кандидатів з наявної множини шаблонів;
 - 3) $S_3^{3Ш}$ – застосування шаблонів-кандидатів до вибраних підпоследовностей лексем;
 - 4) $S_4^{3Ш}$ – вибір шаблону, що найкраще відповідає вхідній підпоследовності.
- П_{II} – модуль інтерпретації інформації (10).

$$S_{II} = \langle S_1^{II}, S_2^{II}, S_3^{II}, S_4^{II} \rangle . \quad (10)$$

- 1) S_1^{II} – вибір застосовної функції інтерпретації інформації;
 - 2) S_2^{II} – встановлення відповідності між елементами вхідної підпоследовності, що містить інформацію, і аргументами вибраної функції інтерпретації;
 - 3) S_3^{II} – застосування функції інтерпретації;
 - 4) S_4^{II} – визначення належності отриманої інформації до географічної.
- П_{ВГІ} – модуль валідації географічної інформації (11).

$$S_{ВГІ} = \langle S_1^{ВГІ}, S_2^{ВГІ}, S_3^{ВГІ}, S_4^{ВГІ} \rangle . \quad (11)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{ВГІ}$ – визначення коректності всіх частин географічної інформації (наприклад, в географічних координатах значення градусів не повинно перевищувати 180);
 - 2) $S_2^{ВГІ}$ – нормалізація координат, при необхідності – переведення їх в систему координат WGS-84;
 - 3) $S_3^{ВГІ}$ – геокодування текстових адрес за допомогою основної або резервних систем геокодування;
 - 4) $S_4^{ВГІ}$ – визначення належності результату дозволених географічній області.
- П_{ФТД} – модуль формування онтологій (12).

$$S_{ФТД} = \langle S_1^{ФТД}, S_2^{ФТД}, S_3^{ФТД}, S_4^{ФТД} \rangle . \quad (12)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{ФТД}$ – нормалізація строкового представлення об'єктів, описаних в тексті;

- 2) $S_2^{\text{ФТД}}$ – формування ієрархії об'єктів згідно з наданою текстом інформацією;
- 3) $S_3^{\text{ФТД}}$ – формування атрибутів об'єктів, зокрема тих, що містять географічну інформацію;
- 4) $S_4^{\text{ФТД}}$ – запис результуючої таксономії у файл формату XML.

$P_{\text{рш}}$ – модуль редактора шаблонів. Даний модуль являє собою користувацький інтерфейс системи. Він містить в собі набір візуальних редакторів для різноманітних структур даних, що використовуються системою. Множина функцій даного модуля має вигляд (13).

$$S_{\text{рш}} = \langle S_1^{\text{рш}}, S_2^{\text{рш}}, S_3^{\text{рш}}, S_4^{\text{рш}}, S_5^{\text{рш}}, S_6^{\text{рш}}, S_7^{\text{рш}}, S_8^{\text{рш}} \rangle. \quad (13)$$

Функції модуля:

- 1) $S_1^{\text{рш}}$ – створення і редагування предикатів ідентифікації інформації;
- 2) $S_2^{\text{рш}}$ – створення і редагування правил ідентифікації інформації;
- 3) $S_3^{\text{рш}}$ – встановлення відповідності між правилами ідентифікації інформації і функціями інтерпретації;
- 4) $S_4^{\text{рш}}$ – перегляд результатів лексичного аналізу тексту;
- 5) $S_5^{\text{рш}}$ – автоматизоване створення правил і предикатів на основі результатів лексичного аналізу;
- 6) $S_6^{\text{рш}}$ – перегляд результатів роботи системи;
- 7) $S_7^{\text{рш}}$ – виправлення і уточнення результатів роботи системи;
- 8) $S_8^{\text{рш}}$ – формування файлів шаблонів.

Інформаційна модель користувацького інтерфейсу «єдиного вікна»

Більшість модулів ТОДОС призначені для трансдисциплінарного представлення інформації. На основі таких модулів і будується користувацький інтерфейс ІАС. У загальному підмножину P_T^R модулів ТОДОС, що використовуються в процесі аналітичного оцінювання науково-технічних результатів, можна представити структурою (14).

$$P_T^R = \{P_{ГД}, P_{ТБ}, P_{ТК}, P_{СХ}, P_{РТ}, P_{ТДП}, P_{ДК}\}. \quad (14)$$

Деякі модулі ТОДОС створені для виконання тільки одної певної функції, зокрема:

- 1) $P_{ГД}$ – модуль, призначений для відображення онтології у вигляді онтологічного ПС-додатку;
 - 2) $P_{ТБ}$ – модуль представлення списку об'єктів онтології у вигляді таблиці;
 - 3) $P_{ТК}$ – модуль відображення онтології у вигляді онтографу;
- Інші модулі являються багатофункціональними підсистемами.

$P_{СХ}$ – сховище таксономій, що являє собою серверний комплекс, призначений для зберігання онтологій і їх метаданих. Множина функцій модуля має вигляд (15).

$$S_{СХ} = \langle S_1^{\text{СХ}}, S_2^{\text{СХ}}, S_3^{\text{СХ}}, S_4^{\text{СХ}}, S_5^{\text{СХ}} \rangle. \quad (15)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{CX} – зберігання онтологій, відкритих для публічного доступу;
- 2) S_2^{CX} – зберігання особистих онтологій користувача;
- 3) S_3^{CX} – контроль доступу до онтологій;
- 4) S_4^{CX} – забезпечення програмного інтерфейсу зчитування і запису онтологій;
- 5) S_5^{CX} – зберігання метаданих онтологій.

P_{PT} – редактор таксономій загального призначення (16).

$$S_{PT} = \langle S_1^{PT}, S_2^{PT}, S_3^{PT}, S_4^{PT}, S_5^{PT}, S_6^{PT} \rangle . \quad (16)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{PT} – зчитування і запис онтологій у форматі XML;
- 2) S_2^{PT} – додавання і видалення об’єктів;
- 3) S_3^{PT} – додавання і видалення зв’язків між об’єктами;
- 4) S_4^{PT} – редагування атрибутів об’єктів;
- 5) S_5^{PT} – автоматичне розміщення об’єктів в робочій області;
- 6) S_6^{PT} – фільтрація множини об’єктів, що відображаються.

P_{TDP} – модуль трансдисциплінарного представлення (17).

$$S_{TDP} = \langle S_1^{TDP}, S_2^{TDP}, S_3^{TDP} \rangle . \quad (17)$$

Функції модуля:

- 1) S_1^{TDP} – контекстна зв’язка об’єктів різних онтологій;
- 2) S_2^{TDP} – трансдисциплінарне представлення інформації за допомогою онтологічного куба;
- 3) S_3^{TDP} – керування процесом індексації інформаційних ресурсів.

P_{DK} – блок допоміжних конвертерів. Даний блок містить програмний інтерфейс для створення підпрограм-конвертерів, а також базовий набір таких підпрограм. Множина функцій даного модуля має вигляд (18), де S_1^{DK} – забезпечення програмного інтерфейсу для підпрограм-конвертерів; $S_{x_i y_i}^{DK}$ – підпрограма-конвертер з формату x_i у формат y_i ; n_{DK} – загальна кількість наявних підпрограм-конвертерів.

$$S_{DK} = \langle S_1^{DK} \{S_{x_i y_i}^{DK} | i \in [1; n_{DK}]\} \rangle . \quad (18)$$

Основними наявними в даний момент конвертерами є:

- з CSV в XML;
- з XML в CSV.

А також спеціалізовані конвертери для забезпечення інтеграції з важливими програмами:

- з HTML, що генерується Microsoft Office, в текст;
- з XML в CSV формат, що може бути зчитаний ArcGIS for Desktop.

Одним з перспективних напрямків розвитку ІАС є створення конвертера, що дозволить працювати з різноманітними стандартами обміну.

Функціонально-компонентна модель ІАС

Функціонально-компонентна модель використовується для представлення взаємодій, відношень і залежностей програмних модулів, а також для детального опису компонентів системи. Узагальнено дану модель для програмного комплексу трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації можна представити структурою (19).

$$S_R = \langle M_D, M_S, M_P, M_C, P_0(M_D, M_S) \rangle. \quad (19)$$

Елементи, що входять в дану модель:

- 1) M_D – модель, що задає поведінку системи;
- 2) M_S – модель, що задає структуру системи;
- 3) M_P – модель, що задає структуру програмних сутностей;
- 4) M_C – модель (схема) компонентів програмної системи;
- 5) $P_0(M_D, M_S)$ – предикат цілісності системи.

Модель поведінки системи

Модель поведінки системи має структуру (20).

$$M_D = \langle d_{use}, d_{act}, d_{seq} \rangle. \quad (20)$$

Вона включає в себе:

- 1) d_{use} – множину UML-діаграм варіантів використання ІАС.
- 2) d_{act} – множину UML-діаграм активності ІАС.
- 3) d_{seq} – множину UML-діаграм взаємодії ІАС.

UML-діаграма варіантів використання ІАС представлена на рис. 1.

Дана діаграма показує основні дії, що можуть здійснюватися в рамках системи, і користувачів, які можуть їх здійснювати.

Базовим користувачем системи є експерт-аналітик, для якого доступне представлення інформаційного процесу, що реалізується в рамках його діяльності. Такий користувач використовує значну кількість модулів ТОДОС, але не напряму, а в складі інформаційних та інформаційно-розрахункових задач. Одним з прикладів інформаційної задачі є відображення карти геопросторової взаємодії наукової установи, що здійснюється з використанням модуля формування онтологічних ГІС-додатків. Для вирішення когнітивних задач необхідною є інформація про різноманітні чинники, що впливають на процес аналітичного оцінювання – такі як поточний стан науково-технічної розробки. Для внесення такої інформації в ІАС вона має бути структуризована і приведена до певного загального формату, що здійснюється в рамках процесу структуризації вхідної інформації за допомогою відповідної системи.

Адміністратор ІАС виконує дві спеціалізовані функції – формування онтологічних представлень інформаційних процесів, що здійснюються в рамках аналітичної діяльності експерта-аналітика, та формування бібліотеки довідкової інформації (такої як ТТХ чи таксономічна структура тих чи інших наукових розділів інших установ за тематиками, що аналізуються). Онтологічні представлення формуються на основі науково-технічних звітів,

які, як правило, є текстовими документами, тому під час їх обробки також може застосовуватись система структуризації текстів.



Рис. 1 – Способи використання системи

UML-діаграма активності програмної системи трансдисциплінарного представлення інформації показана на рис. 2.

Діаграма описує алгоритм роботи з ІАС. Вхідною точкою для роботи з нею є веб-інтерфейс ТОДОС, що надає інтерфейси для здійснення всіх дій, а також керує правами доступу до них. ТОДОС може працювати в адміністративному режимі (режимі формування онтологій) або в користувацькому аналітичному режимі.

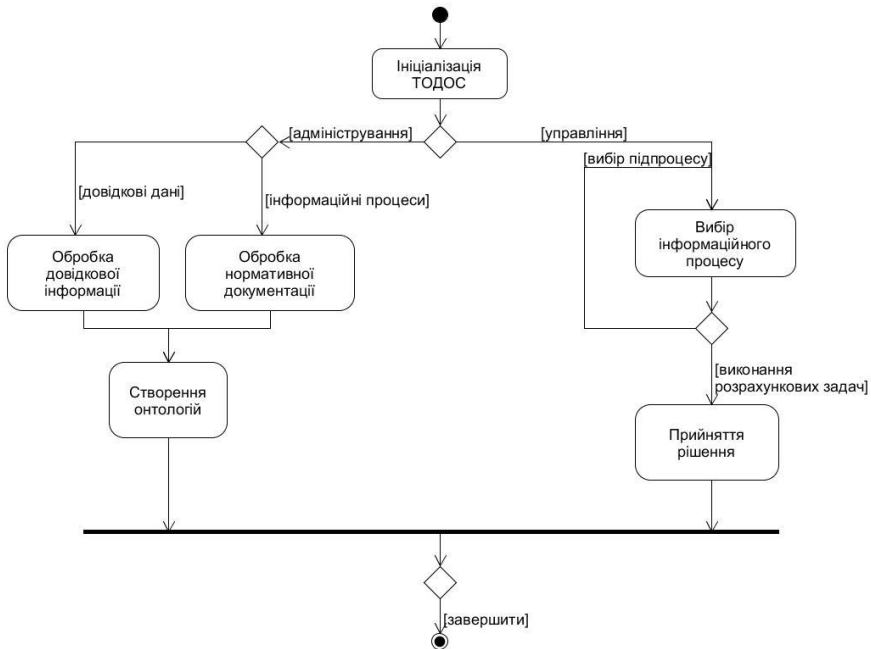


Рис. 2 – Діаграма активності системи

UML-діаграма взаємодії ІАС показана на рис. 3.

Дана діаграма представляє собою основний процес ІАС – процес аналітичного оцінювання.

Точкою входу в цей процес є робоче місце ІАС, що побудоване на основі користувацького інтерфейсу ТОДОС. При ініціалізації робочого місця із серверу ТОДОС зчитується онтологічне представлення інформаційного процесу, що здійснюється експертом. Експерт може переглядати онтологічне представлення і вибирати наявні в ньому підпроцеси. При цьому можуть виконуватись наступні дії:

1) Якщо підпроцес потребує певних додаткових даних, то експерту необхідно запустити систему структуризації, обробити за її допомогою наявні в нього вхідні файли і внести отриману інформацію в ІАС.

2) Якщо підпроцес потребує виконання інформаційної або інформаційно-аналітичної задачі, то запускається обчислювальна підсистема, що дозволяє експерту провести необхідний аналіз.

Завершенням роботи інформаційного процесу є прийняття рішення, що дозволяє сформуванню аналітичну оцінку. У процесі прийняття рішення може використовуватись спеціалізована підсистема підтримки прийняття рішень, що дозволяє оцінити те чи інше рішення на основі виконаних інформаційно-аналітичних задач.

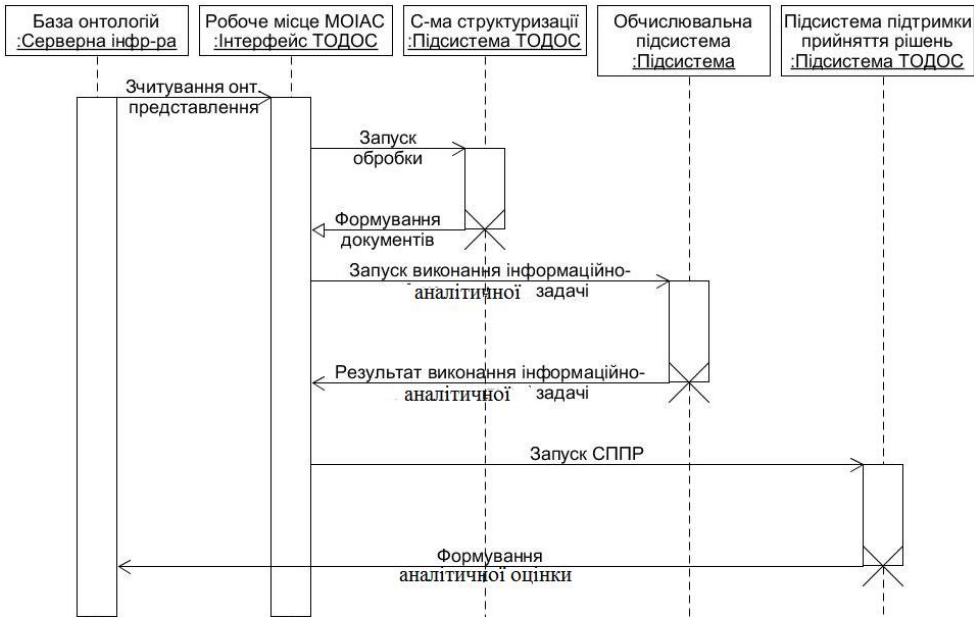


Рис. 3 – Діаграма взаємодії програмної системи формування рішень

Модель структури системи

Модель структури системи реалізується на засадах об’єктно-орієнтованого підходу [11] та має вигляд (21).

$$M_S = \langle d_{class}, b_{stat}, req \rangle. \tag{21}$$

Вона включає в себе:

- 1) d_{class} – множину діаграм класів ІАС;
- 2) b_{stat} – множину статичних блок-схем ІАС;
- 3) req – технічне завдання на проектування ІАС.

Система розділена на підсистему обробки та інтерфейсну підсистему. Дані підсистеми мають незалежну класову структуру. Класова система підсистеми обробки показана на рис. 4.

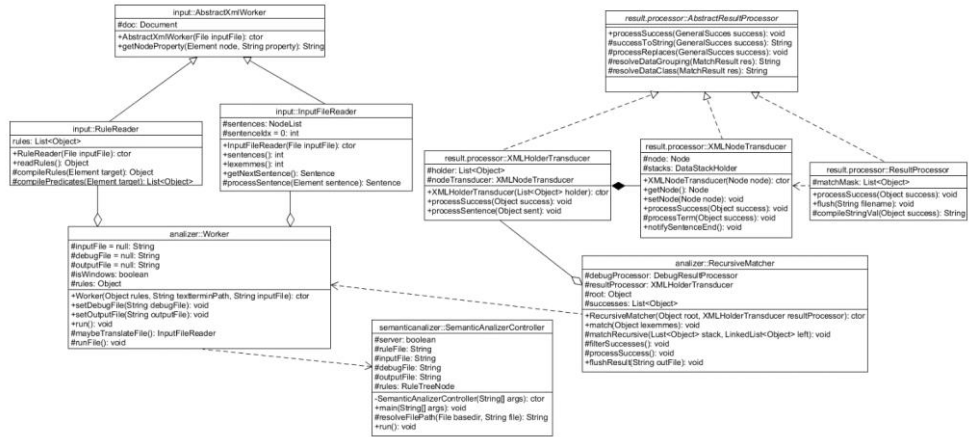


Рис. 4 – Діаграма класів підсистеми обробки

Класи даної підсистеми умовно можна поділити на контролери, класи даних і класи, що реалізують підпрограми обробки.

Ланцюжок контролерів різного рівня представлений наступними класами:

- 1) SemanticAnalyzerController – контролер найвишого рівня, що виконує зчитування параметрів запуску і запускає обробку;
- 2) Worker – загальний контролер виконання обробки. Керує зчитуванням вхідних даних згідно з параметрами запуску, виконанням власне обробки і записом вихідних даних після її завершення;
- 3) RecursiveMatcher – контролер ідентифікації інформації. Виконує основний процес обробки. Під час даного процесу запускаються підпрограми виконання інтерпретації і валідації ідентифікованої інформації.

Класи даних призначені для зчитування вхідних XML-файлів і наслідують абстрактний клас AbstractXmlWorker. Є два таких класи:

- RuleReader зчитує файли шаблонів і виконує їх інтерпретацію, формуючи внутрішнє представлення зчитаних шаблонів;
- InputFileReader – виконує зчитування вхідного XML-файлу з результатами лексичного аналізу або зчитування вхідного текстового файлу і його лексичний аналіз за допомогою відповідного модуля (залежно від налаштувань запуску).

Дані класи створюються класом Worker, який запускає підпрограми, що реалізуються ними, отримує результати роботи цих підпрограм і передає їх контролеру ідентифікації інформації.

Підпрограми обробки виконуються класами, що реалізують заданий класом AbstractResultProcessor інтерфейс (а також наслідують його методи). До них відносяться:

1) XMLHolderTransducer – створюється і зберігається контролером ідентифікації інформації. Клас містить набір об'єктів типу XMLNodeTransducer з різними конфігураціями, що виконують інтерпретацію того чи іншого блоку ідентифікованої інформації. Клас XMLHolderTransducer визначає, який саме з об'єктів буде використовуватись для обробки, на основі інформації про вхідний блок інформації і правила, що його ідентифікувало.

2) XMLNodeTransducer – клас, що виконує інтерпретацію ідентифікованої інформації тим чи іншим чином, в залежності від конфігурації.

3) ResultProcessor – клас, що перетворює інтерпретовану інформацію, приводячи її до вигляду, придатного для запису до вихідного файлу.

Аналогічна діаграма для редактора шаблонів показана на рис. 5.

Структура класів редактора шаблонів в деякій мірі схожа на структуру аналізатора текстів, за виключенням того, що замість ієрархії контролерів вона містить ієрархію візуальних елементів.

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

Контролер у інтерфейсній підсистемі один, глобальний. Він викликає класи даних і запускає зчитування файлів, як вибраних користувачем, так і заданих налаштуваннями запуску.

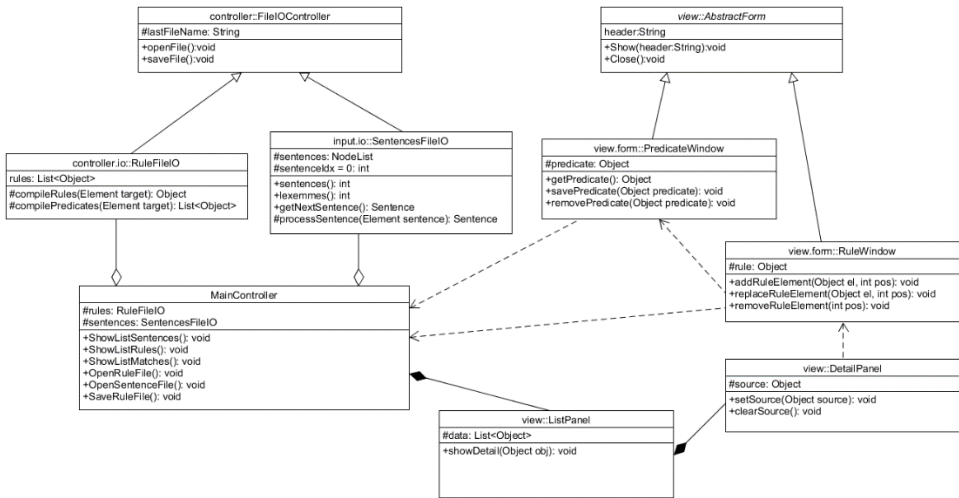


Рис. 5 – Діаграма класів інтерфейсної підсистеми

Архітектура ІАС

У процесі розробки і експлуатації ІАС може виникати ряд проблем, зв'язаних з масштабуванням, швидкодією і надійністю. Для вирішення вищевказаних проблем в програмній інженерії використовується трирівнева архітектура.

Трирівнева архітектура складається з рівня представлення (Presentation tier), рівня логіки (Logic tier), рівня даних (Data tier) і передбачає наявність клієнтської програми, сервера додатків і сервера бази даних. Однак в реальній ситуації, при обмеженості наявних обчислювальних ресурсів, розгортання такої архітектури може бути зв'язане зі значними труднощами, що можуть виражатись в недостатній потужності обчислювальних машин або наявності в модулів системи специфічних системних вимог, що можуть конфліктувати між собою.

Архітектура ІАС базується на описаних в попередніх розділах моделях і являє собою набір незалежних програмних засобів. Деякі компоненти програмної системи створюються на базі веб-орієнтованих АРІ системи ТОДОС і можуть функціонувати виключно в її складі, однак більшість компонентів реалізовані у вигляді окремих модулів, що можуть виконуватись як в складі веб-орієнтованого середовища ТОДОС, так і на локальній машині користувача. Загальна архітектура системи в цьому середовищі має вигляд, показаний на рис. 6.

Основні складові даної архітектури наступні:

Серверна інфраструктура ТОДОС надає засоби для зберігання онтологій і, зокрема, формування бібліотек онтологій. Серед онтологій, що зберігаються, можна виділити три основні групи:

- Онтологічні шаблони програмних систем дозволяють динамічно створювати програмні модулі різного складу, підключати до ІАС додаткові підсистеми. Зокрема, онтологічні шаблони програмних систем використовуються для додавання в систему нових аналітичних функцій;
- Онтологічні описи інформаційних процесів відображують алгоритми діяльності експертів і використовуються в його роботі для упорядкування аналітичної діяльності;
- Онтологічні довідники використовуються в аналітичних задачах і надають необхідну для проведення обчислень інформацію.

Адміністративний інтерфейс ІАС представлений редактором онтологій ТОДОС, що дозволяє створювати і редагувати онтології, зберігаючи в подальшому їх у відповідний розділ бібліотеки онтологій. Через модифікацію тих чи інших онтологій адміністративний інтерфейс може керувати всіма основними аспектами ІАС.

Підсистема структуризації документів розміщується на локальному робочому місці експерта і призначена для внесення в ІАС інформації із зовнішніх джерел. Підсистема містить набори правил, які дозволяють структурувати ті чи інші документи, що використовуються в аналітичній роботі експерта, і перетворювати їх у форму, придатну для зчитування системою ТОДОС.

Користувацький інтерфейс виступає точкою доступу для основних функцій ІАС. В його рамках експерту надаються:

- Засоби для зчитування тих чи інших документів, в тому числі структуризованих за допомогою відповідної підсистеми текстових документів;
- Засоби для виконання різноманітних інформаційних та інформаційно-розрахункових задач, представлення результатів виконання таких задач у зручній формі;
- Засоби для швидкого доступу до довідкової інформації, що міститься в системі;

- Засоби для інтеграції зі сторонніми обчислювальними системами, такими як ArcGIS for Desktop;
- Засоби для експорту наявної в ІАС інформації, для резервного копіювання, передачі іншим експертам та ін.

Основою для користувацького інтерфейсу є веб-орієнтований інтерфейс представлення інформації ТОДОС, що містить API, на основі яких реалізуються підсистема реалізації інформаційних процесів і підсистема вирішення інформаційних та інформаційно-аналітичних задач. У склад підсистеми вирішення задач входить, зокрема, модуль формування онтологічних ГІС-додатків, що дозволяє виконувати інтеграцію з основними ГІС-бібліотеками, зокрема ArcGIS API for JavaScript, Leaflet.js, Google Maps [12–14]. Також інтеграція з додатковими ГІС може бути налаштована через модуль експорту даних, що підтримує створення широкого спектру структурованих документів, зокрема файлів CSV, OWL, KML та ін. [15].

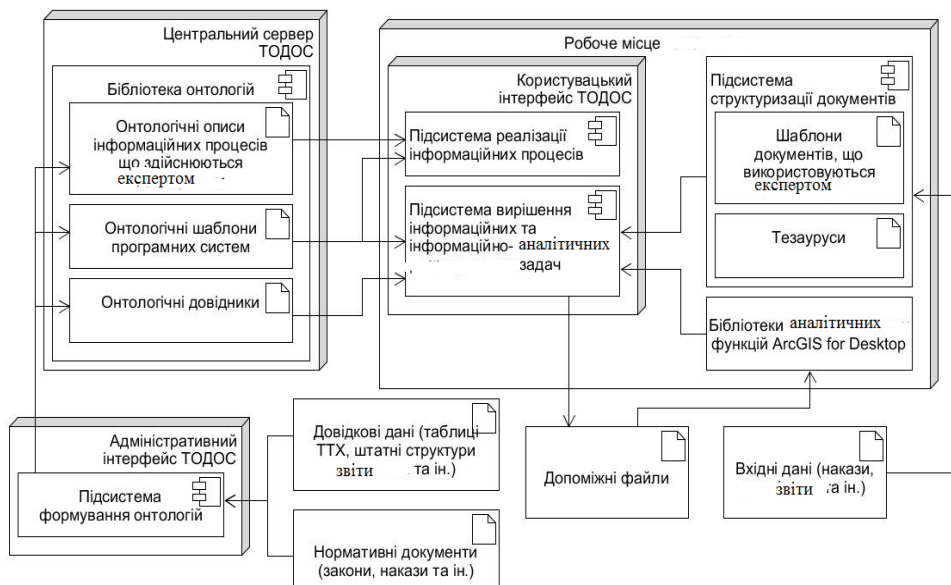


Рис. 6 – Архітектура ІАС в середовищі ТОДОС

Необхідно зазначити, що вказана структура ІАС відповідає трирівневій архітектурі. При цьому функції рівня представлення взаємодії виконують інтерфейси ТОДОС, функції рівня даних – бібліотека онтологій, а всі інші модулі виконують функції рівня логіки.

Висновки

Реалізація концептуальних та системотехнічних засад трансдисциплінарного представлення просторово-розподіленої інформації у вигляді WEB-сервісів ІАС, яке також досить конструктивно забезпечує інкапсуляцію онтологічних ГІС-додатків, забезпечує високу ефективність інтегрованого використання довільних інформаційних ресурсів. Більш того, їх трансдисциплінарне представлення реалізує формування єдиного інформаційного середовища, яке здатне забезпечити високий рівень інтегрованої взаємодії усіх систем, що

інкапсулюються в середовище ІАС. Технологічну основу трансдисциплінарного представлення складають множинні таксономічні відображення структурних властивостей документів [16].

Категорія трансдисциплінарності дозволяє розглядати інтеграцію інформаційних ресурсів як певний процес використання будь-яких контекстів, що становлять суть застосування та взаємодії мережевих інформаційних систем. Її застосування для імплементації інформаційних систем дозволяє узагальнити застосування онтологічного підходу на рівні концептуального відображення взаємодії мережевих інформаційних процесів і систем в різних предметних областях. Іншими словами, категорія трансдисциплінарності дозволяє реалізувати процедури системного аналізу інформаційних процесів і ресурсів на основі їх контекстної взаємозалежності, особливо при вирішенні складних прикладних проблем та завдань, які мають значну кількість міждисциплінарних відношень.

Також в середовищі трансдисциплінарних ІАС забезпечується формування тематичних бібліотек інтерактивних документів, що дозволяють розміщувати структуровані документи у WEB-орієнтованому середовищі. Це дозволяє досить ефективно обробляти великі за обсягом та кількістю масиви текстової і табличної інформації й автоматизовано формувати на їх основі бібліотеки онтологічних інтерактивних додатків.

Мережеві WEB-сервіси трансдисциплінарної ІАС можуть використовуватися для підвищення ефективності обробки великих інформаційних текстових масивів експертами, а також в процесах управління для оперативного аналізу потоків даних при реалізації різноманітних інфраструктурних проектів великої складності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стрижак А. Е. Онтологические аспекты трансдисциплинарной интеграции информационных ресурсов. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2014. №. 65. С. 211–223.
2. Лефевр В. А. Рефлексивный агент в группе. Рефлексивные процессы и управление, 2007, №.1, С. 102–116.
3. Клини С. К. Введение в метаматематику. М. : Иностранная литература, 1957. 526 с.
4. Приходнюк В. Таксономизация естественно-языковых текстов. Information Models and Analyses, 2016. №. 5. С. 270–284.
5. Шаталкин А. И. Таксономия. Основания, принципы и правила. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2012. 600 с.
6. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 / Стрижак Олександр Євгенійович ; Нац. акад. наук України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. Київ, 2014. – 47 с.
7. Малишевский А. В. Качественные модели в теории сложных систем. – М.: Наука. Физматлит. 1998. – 528 с.
8. Приходнюк В. В. Технологічні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації [Текст] : автореферат ... канд. техн. наук, спец.: 05.13.06 - інформаційні технології / Приходнюк В. В. – К. : Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору, 2017. – 20 с.
9. Стрижак А. Е. Трансдисциплинарные онтологии – информационная платформа проведения экологических экспертиз / А. Е. Стрижак, А. Н. Трофимчук, Л. Ю. Цурика // Экологічна безпека та природокористування : Збірник наукових праць / редкол. : О. С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – Міністерство освіти і науки

- України, Київський національний університет будівництва і архітектури, НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. – Київ, 2014. – Вип. 16. – С. 128–137.
10. Величко В. Ю. ТОДОС – ІТ-платформа формування трансдисциплінарних інформаційних середовищ [Електронний ресурс] / В. Ю. Величко, М. А. Попова, В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 1. – С. 10–19. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2017_1_4.
11. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
12. Приходнюк В. В. Онтологічна ГИС, як засіб впорядкування геопросторової інформації. / Приходнюк В. В., Стрижак О. Є. // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2017. №. 2(27). С. 167–174.
13. Попова М. А. Модель онтологического интерфейса агрегации информационных ресурсов и средств ГИС. *Information Technologies and Knowledge*, 2013. №. 7. С. 362–370.
14. Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Platform. URL: <https://www.esri.com/en-us/home> (дата звернення: 08.12.2016).
15. OWL Web Ontology Language [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>, вільний.
16. Приходнюк В. В., Стрижак О. Є. Множинні характеристики онтологічних систем. Математичне моделювання в економіці : Збірник наукових праць / редкол.: С. О. Довгий (голов. ред.) [та ін.]. К. : НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут економіки та прогнозування, Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова, 2017. №. 8. С. 47–61.

Стаття надійшла до редакції 05.12.2018

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Stryzhak, A. E. (2014). Ontologicheskie aspekty transdisciplinarnoj integracii informacionnykh resursov. *Otkrytie Informacionnye I Kompyuternye Integrirovannye Teknologii*, (65), 211-223 (in Russian).
2. Lefevr, V. A. (2007). Refleksivnyj agent v grupe. *Refleksivnye Processy I Upravlenie*, (1), 102-116 (in Russian).
3. Klini, S. K. (1957). *Vvedenie v metamatematiku*. Moscow: Inostrannaya literatura (in Russian).
4. Prykhodnyuk, V. (2016). Taksonomzacya estestvenno-yazykovyx tekstov. *Information Models and Analyses*, (5), 270-284 (in Russian).
5. Shatalkin, A. I. (2012). *Taksonomija. Osnovaniya, principy i pravila*. Moscow: Tovarišhestvo nauchnyh izdanij KMK (in Russian).
6. Stryzhak, O. E. (2015). *Transdyscyplinarna integracija informacijnyh resursiv* (Doctoral dissertation, Institute of Telecommunication and Global Information Space of NASU) [Abstract]. Kyiv (in Ukrainian).
7. Malishevskij, A. V. (1998). *Kachestvennye modeli v teorii slozhnyx sistem*. Moscow: Nauka. Fizmatlit (in Russian).
8. Prykhodnyuk, V. V. (2017). *Texnologichni zasoby transdyscyplinarnogo predstavleniya geoprostorovoyi informaciyi* (Doctoral dissertation, Institute of Telecommunication and Global Information Space of NASU) [Abstract]. Kyiv (in Ukrainian).
9. Stryzhak, A. E., Trofimchuk, A. N., & Czurika, L. Y. (2014). Transdisciplinarnye ontologii – informacionnaya platforma provedeniya ekologicheskix ekspertiz. *Ekologichna Bezpeka Ta Pryrodokorystuvannya*, (16), 128-137 (in Russian).
10. Velychko, V. J., Popova, M. A., Pryhodnyuk, V. V., & Stryzhak, O. J. (2017). TODOS – IT-platforma formuvannya transdyscyplinarnykh informacijnykh seredovyshh. *Systemy Ozbroyennja I Vijs'kova Tehnika*, 49(1), 10-19 Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2017_1_4 (in Ukrainian).

11. Buch, G. (1992). *Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения*. Moscow: Konkord (in Russian).
12. Prychodniuk, V. V., & Stryzhak, O. Y. (2017). Ontologichna GIS, yak zasib vporядkuvannya geoprостorovoyi informaciyi. *Nauka I Texnika Povitryanyx Syl Zbrojnyx Syl Ukrayiny*, 2(27), 167-174 (in Ukrainian).
13. Popova, M. A. (2013). Model' ontologicheskogo interfejsa agregacii informacionnyx resursov i sredstv GIS. *Information Technologies and Knowledge*, (7), 362-370 (in Russian).
14. Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Platform. (n.d.). Retrieved December 08, 2016, from <https://www.esri.com/en-us/home> (in English).
15. OWLWebOntologyLanguage (n.d.). Retrieved from <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>
16. Prykhodniuk, V. V., & Stryzhak, O. Y. (2017). Multiple characteristics of ontological systems. *Mathematical Modeling in Economy*, (1-2), 47-61 (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 05.12.2018

Приходнюк Віталій Валерійович

кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID 0000-0002-2108-7091 **e-mail:** tangens91@gmail.com

Стрижак Олександр Євгенович

доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID 0000-0002-4954-3650 **e-mail:** sae953@gmail.com

Гайко Світлана Іванівна

аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID 0000-0002-3564-475X **e-mail:** svitgai@i.ua

Чепков Роман Ігорович

Радник директора з геоінформаційних питань Науково-дослідного інституту геодезії і картографії

Адреса робоча: 03150, Україна, м. Київ, вул. Велика Васильківська, 69

ORCID 0000-0003-2810-4576 **e-mail:** chepkovroman@ukr.net