

УДК 004.891.2

О.Є. КОВАЛЕНКО<sup>\*,\*\*</sup>

## ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ АРХІТЕКТУРИ КІБЕРНЕТИЧНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

<sup>\*</sup>Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

<sup>\*\*</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

**Анотація.** Цілеспрямована діяльність у всіх сферах сучасного суспільства здійснюється в рамках організаційних систем різного типу та різного призначення з застосуванням методів ситуаційного управління. Кібернетичні організаційні системи представляються як упорядковані сукупності взаємодіючих складових (артефактів, компонентів систем), об'єднаних виконанням визначеної функції на основі обміну інформацією. Онтологічний підхід до проєктування будь-яких класів складних систем дає можливість провести чітку та ієрархічну декомпозицію процесів проєктування будь-якої системи заданого призначення на такі проєктні дії, багато з яких можуть виконуватись паралельно і кожна з яких може бути виконана у контексті локальної складової системи. Модель предметної області знань визначається архітектурною моделлю кібернетичної організаційної системи та її контекстом взаємодії з навколишнім середовищем. Архітектура кібернетичної організаційної системи забезпечує реалізацію процесу ситуаційного управління як композиції мотивацій, знань, можливостей, ресурсів та обмежень. Задум цільової кібернетичної організаційної системи представляється у вигляді переліку потреб та моделей, на основі аналізу яких проводиться формалізація вимог у відповідності з потребами. Побудова архітектури кібернетичної організаційної системи специфікується формалізованими вимогами до системи з бази знань кібернетичної організаційної системи та підтверджується результатами аналізу на основі моделей системи та тестових експлуатаційних задач. Відношення між артефактами утворюють архітектурну модель системи, яка поєднує в собі регламенти діяльності, структуру діяльності, напрями діяльності, технологічні стандарти, структури та рішення. Запропонована онтологічна модель знань архітектури кібернетичної організаційної системи поєднує в собі технологічні, організаційні та проєктні концепти.

**Ключові слова:** кібернетична система, архітектурна модель організації, модель знань, онтологія.

**Abstract.** Targeted activity in all spheres of modern society is carried out within the framework of organizational systems of various types and for various purposes using situational management methods. Cybernetic organizational systems are represented as ordered sets of interacting components (artifacts, system components), united by the performance of a specified function based on information exchange. The ontological approach to the design of any class of complex systems makes it possible to carry out a clear and hierarchical decomposition of the design processes of any system of a given purpose into certain design actions, many of which can be performed concurrently and each of which – in the context of a local component system. The model of the subject area of knowledge is determined by the architectural model of the cybernetic organizational system and its context of interaction with the environment. The architecture of the cybernetic organizational system ensures the implementation of the process of situational management as a composition of motivations, knowledge, opportunities, resources, and limitations. The idea of a target cybernetic organizational system is presented in the form of a list of needs and models on the basis of the analysis of which requirements are formalized in accordance with needs. The construction of the architecture of the cybernetic organizational system is specified by the formalized system requirements from the knowledge base of the cybernetic organizational system and confirmed by the results of the analysis based on system models and test operational tasks. Relationships between artifacts form an architectural model of the system which combines activity regulations, activity structure, activity directions, technological standards, structures, and solutions. The proposed ontological model of knowledge of the architecture of the cybernetic organizational system combines technological, organizational and project concepts.

**Keywords:** cybernetic system, architectural model of organization, knowledge model, ontology.

## 1. Вступ

Актуальною задачею у галузі комп'ютерних наук є максимальне наближення до практичного впровадження існуючих теоретичних основ кібернетики та штучного інтелекту, їхнє доповнення новими теоретичними розробками з урахуванням останніх досягнень інженерної практики з подальшим урахуванням перспективних тенденцій та особливостей нових компонентів обчислювальної техніки з метою забезпечення сталого розвитку суспільства у всіх сферах діяльності. Цілеспрямована діяльність у всіх сферах сучасного суспільства здійснюється в рамках організаційних систем різного типу та різного призначення з застосуванням методів ситуаційного управління.

Організаційні системи, насичені засобами інформатизації, які функціонують на засадах кібернетики, будемо називати кібернетичними організаційними системами (КОС). Предметом кібернетики є кібернетичні системи, які представляються як упорядковані сукупності взаємодіючих складових (артефактів, компонентів систем), об'єднаних виконанням визначеної функції на основі обміну інформацією. По суті, КОС є кібернетичними системами з елементами ситуаційного управління цілеспрямованою діяльністю в рамках організаційних утворень. Компонентами КОС можуть бути об'єкти різної фізичної природи: технічні та технологічні активи, природні та штучні (технічні) об'єкти, процеси, явища тощо.

Отже, актуальність роботи обґрунтовується необхідністю розробки ефективних формалізованих методик архітектурно-структурної організації та проектування кібернетичних організаційних систем, які дозволять не лише проектувати кібернетичні системи ситуаційного управління (ССУ) з обробкою загальномовних та предметних знань, а й автоматизувати процес побудови баз знань предметних областей на основі обробки великих обсягів текстової інформації, створюючи електронні колекції баз знань предметних дисциплін та на їх основі проводячи складні міждисциплінарні наукові дослідження.

*Метою дослідження є розробка онтологічної бази знань для проектування кібернетичних організаційних систем.*

## 2. Онтологічний підхід до проектування

Для обробки знань про реальний світ із використанням комп'ютера здійснюється розробка моделей знань. При цьому необхідно враховувати такі фактори, як однорідність подання, що забезпечує ефективне використання механізму логічного виведення, керування знаннями, простоту розуміння як розробниками, так і користувачами системи.

Найбільш поширеними моделями представлення знань є [1]:

- продукційні;
- логічні;
- фреймові;
- семантичні мережі;
- онтології.

Онтологічний підхід до проектування будь-яких класів складних систем (у тому числі й комп'ютерних систем) дає можливість провести чітку та ієрархічну декомпозицію процесів проектування будь-якої системи заданого призначення на такі проєктні дії, багато з яких можуть виконуватись паралельно і кожна з яких може бути виконана локально, тобто не виходячи за межі конкретних онтологій [2–4]. Таким чином, ієрархічній системі проєктних дій ставиться у відповідність ієрархічна система онтологій, у рамках якої відповідні проєктні дії можуть бути виконані. Очевидно, що це суттєво прискорює проєктну діяльність шляхом її розпаралелювання та локалізації області пошуку рішення при вико-

нанні кожної проєктної дії. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішувати такі задачі.

1. Підвищити ефективність проєктування комп'ютерних систем на основі загальної (комплексної, інтегрованої, цілісної) технології проєктування комп'ютерних систем, у межах якої було б узгоджено всі необхідні спеціальні предметні технології, тобто було б гарантовано сумісність проєктних рішень, які можна одержати у межах цих технологій. Сумісність таких проєктних рішень – це сумісність різних видів компонентів комп'ютерних систем, які можуть бути продуктами розробки у випадку різних і незалежних один від одного колективів розробників. Зокрема, має бути гарантована сумісність різних видів знань, що входять до складу бази знань, різних моделей розв'язання задач, що використовуються інтелектуальним розв'язувачем задач, сумісність різних моделей розуміння зовнішньої інформації, яка надходить до інтелектуальної системи по різних каналах, у різній формі та різними мовами.

2. Створити загальну інтегровану технологію проєктування інтелектуальних систем на основі загальної формальної теорії комп'ютерних систем.

3. Знизити трудомісткість не тільки при початковій розробці комп'ютерних систем, але й у процесі постійного вдосконалення (модернізації, реінжинірингу) під час експлуатації на основі технології проєктування таких систем.

4. Забезпечити простоту та зрозумілість формальних моделей комп'ютеризованих систем, які є продуктами (результатами) їх проєктування, не лише інтерпретаторами, які використовуються для їх реалізації на різних платформах, а й усіма розробниками подібних моделей.

5. Створити єдиний універсальний принцип, «кістяк», який дозволяє будувати ієрархічні багаторівневі моделі представлення та обробки знань будь-якої конфігурації як основи розробки моделей представлення знань і моделей обробки знань для різних інтелектуальних систем. Для моделей представлення знань необхідно мати можливість переходу від знань до метазнань, від метазнань до метаметазнань тощо і, зокрема, від опису дій (як внутрішніх, так і зовнішніх) до опису дій будь-якого вищого рівня. Для моделей обробки знань необхідно мати можливість переходу від агентів, здатних виконувати дії одного рівня, до колективних агентів, здатних виконувати дії будь-якого вищого рівня.

В основі онтологічного проєктування будь-яких систем лежить розробка цілого комплексу взаємопов'язаних предметних областей та відповідних їм онтологій. Основна перевага онтологічного підходу до проєктування – це суттєве підвищення гнучкості як самих розроблюваних систем, так і самої проєктної діяльності завдяки чіткому поділу тих проєктних дій, які можуть виконуватися локально в рамках відповідних предметних областей і не вимагати жодного узгодження із проєктними діями в інших предметних областях та тих проєктних дій, які мають бути узгоджені між різними предметними областями, але процедура узгодження яких чітко визначена. Гнучкість та чіткість декомпозиції онтологічних моделей проєктованих систем є основою для ефективної організації колективної проєктної діяльності.

База знань являє собою модель понять і взаємозв'язків між ними, яка відіграє роль інтелектуально розвинутого тезаурусу предметної області, що забезпечує:

- універсальність постановок задач;
- гармонізацію різних компонент засобів автоматизації при запозиченні та спадкуванні інформації по ходу аналітичних процедур;
- ефективну комунікацію між представниками різних професійних і відомчих груп;
- можливість інтелектуального моніторингу стану справ в організації, що базується на комплексних моделях, які включають об'єкти з різних функціональних областей і розглядаються одночасно в різних функціональних ракурсах.

### 3. Онтологічна модель багаторівневих систем

Будь-який процес проектування загалом складається із ключових підпроцесів: розпізнавання потреб, визначення проблеми, розробка вимог, синтез, аналіз та оптимізація, оцінка та реалізація. Підпроцеси процесу проектування кібернетичної організаційної системи (КОС) можуть базуватися на популярній моделі ситуаційної обізнаності [5]. Процес проектування КОС включає аналіз потреб, розробку вимог, синтез архітектури КОС, аналіз, оптимізацію, оцінку, подання архітектури КОС.

Відповідно до моделі архітектури КОС необхідно описати всі її складові та КОС у цілому адекватними моделями з максимально можливим рівнем формалізму – від словесного до програмного. Процес створення моделей для компонентів КОС та КОС у цілому є процесом збільшення її цінності через етапи проектування.

Різноманітність і вихідна невизначеність набору послуг, необхідних для реалізації конкретної моделі предметної діяльності, вимагають широкого вибору функціональних можливостей сервісів, їх доступності, гнучкості та автономності. Відповідність цим вимогам може бути забезпечена на основі агентно-орієнтованого підходу. Таким чином, предметно-орієнтовану КОС можна представити у вигляді багатоагентної системи (МАС) [6].

Враховуючи вищезазначені вимоги, формально багаторівневу систему можна визначити як кортеж [7]

$$S = \langle L, I^0, C^S, T \rangle, \quad (1)$$

де  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$  – множина рівнів системи,  $I^0 = \{i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0\}$  – множина зовнішніх інтерфейсів системи,  $C^S = \{c_1^s, c_2^s, \dots, c_n^s\}$  – множина функцій управління системою в цілому,  $T$  – цільова функція (функція призначення) системи (може бути задано неявно як метафункція у вигляді набору вимог до інших компонентів системи).

Кожен рівень, у свою чергу, може бути представлений кортежем

$$l_j = \langle U^l, I^l, C^a, C^l \rangle, \quad (2)$$

де  $U^l$  – множина сервісів рівня  $l_j$ ,  $I^l$  – множина інтерфейсів рівня  $l_j$ ,  $C^a$  – множина функцій управління застосунком рівня  $l_j$ ,  $C^l$  – множина функцій управління рівнем  $l_j$ .

Кожен сервіс  $u_k^l$  реалізується як композиція функцій певної підмножини  $F_k^i$  множини функцій  $F^l$ , які реалізуються на рівні  $l_j$ .

Реалізація описаної моделі включає два аспекти:

- семантичний (змістовний);
- архітектурні (конструктивно-функціональні).

Семантика кожного рівня природно описується за допомогою семантичних мереж, які можна використовувати для представлення онтологій.

Розширення концепції інтелектуального МАС для реалізації багаторівневих систем полягає у визначенні набору агентів кожного рівня, виходячи з функціональних вимог для цього рівня. Віднесення агента до певного рівня визначає тип агента. Таким чином, багаторівневий МАС можна формально описати як множину агентів  $A$  різних типів:

$$A = \{A^l\}, \quad (3)$$

де  $A^l$  – множина агентів рівня  $l$ .

На основі семантичних і функціональних вимог до кожного рівня множина агентів  $A^l$  рівня  $l$  визначається відображенням семантики (онтології)  $O^l$  за рівнем його функціональності  $F^l$ .

$$A^l : O^l \times F^l. \quad (4)$$

У результаті множина сервісів  $U^l$  кожного рівня буде визначатися функцією керування агентом  $C^l$  відповідного рівня:

$$U^l = C^l(A^l). \quad (5)$$

Деякі рівні багаторівневої системи можуть бути представлені не тільки програмними агентами, а й іншими об'єктами та суб'єктами системи, такими як адміністратори, розробники, керівники команд, персонал, регламент тощо, які мають різну фізичну реалізацію (природну або технологічну), але включені в схеми управління та взаємодії системних агентів.

#### 4. Архітектура кібернетичних організаційних систем

Модель предметної області знань визначається архітектурною моделлю КОС та її контекстом взаємодії з навколишнім середовищем. Архітектура КОС забезпечує реалізацію процесу ситуаційного управління як композиції мотивацій, знань, можливостей, ресурсів та обмежень.

Архітектурна модель організації (enterprise architecture, EA) широко використовується для опису різноманітних КОС і зазвичай асоціюється з популярними еталонними моделями (фреймворками) EA (Zachman [8], TOGAF [9], FEAF [10], NAF [11] тощо). Аналіз артефактів EA, які використовуються в успішній практиці EA, показує, що поняття EA можна краще пояснити за допомогою вдосконаленої таксономії, яка визначає шість загальних типів артефактів EA на основі того, що описують артефакти EA та як артефакти описують EA: міркування, стандарти, бачення, ландшафти, контури та проекти [12].

По-перше, всі артефакти EA можна класифікувати на основі об'єктів їх опису (ЩО вони описують), від більш загальних до більш конкретних, на правила, структури та зміни. Правила описують загальні глобальні правила, що визначають організацію або її підрозділи. Структури описують структури організації високого рівня або її частин, тоді як зміни описують конкретні запропоновані зміни в організації.

По-друге, усі артефакти EA можна класифікувати з використанням термінології їх опису (ЯК вони описуються) на визначені діяльністю організації та ІТ-орієнтовані. Артефакти EA, орієнтовані на діяльність, зазвичай нейтральні щодо технологій і використовують ділову термінологію (гроші, клієнти, можливості, цілі діяльності, конкурентні переваги тощо), тоді як артефакти EA, орієнтовані на ІТ, зазвичай є суто технічними і використовують термінологію, специфічну для ІТ (системи, програми, бази даних, платформи, мережі тощо).

Перетин двох ортогональних класифікацій, описаних вище, створює таксономію з шістьма загальними типами артефактів EA: домовленості (припущення), стандарти, бачення, ландшафти, плани та проекти.

Архітектура складових систем КОС системи визначається кортежем архітектурних артефактів:

$$A = \langle P, C, R, O, T, G, L, S \rangle, \quad (6)$$

де  $P$  – принципи побудови системи,  $C$  – модель спроможностей діяльності,  $R$  – плани розвитку (дорожня карта),  $O$  – концептуальні рішення,  $T$  – еталонні технологічні моделі,

$G$  – настанови, інструкції, керівництва,  $L$  – архітектурні діаграми (ландшафт системи),  $S$  – проєктні рішення.

Проєктна діяльність по створенню КОС повинна поєднувати (інтегрувати) знання, що стосуються опису архітектури організації, доступних технологій та спроможностей організації, і вимог до конкретної реалізації КОС. Спираючись на підходи інженерії систем та управління життєвим циклом систем [13], проєкт по створенню КОС повинен передбачати розробку процесів управління діяльністю в рамках процесів управління життєвим циклом архітектури організації, в якій впроваджується КОС.

Функціонування КОС відбувається в умовах змінюваності ситуацій у рамках моделі ситуаційного управління на основі перцептивного циклу когнітивної (пізнавальної) діяльності [14]. Ситуативна змінюваність умов функціонування потребує відповідної ситуаційної адаптації архітектури КОС до цих умов. Така адаптація може бути проведена на основі використання моделей знань предметної області у програмно-керованій архітектурі цільової системи в рамках реалізації концепції «архітектура як код» (architecture as code, AaC). Концепція AaC є розвитком та узагальненням концепцій програмного управління конфігураціями інформаційно-комунікаційних та програмно-насичених систем, яка отримала поширення в рамках технологій хмарних обчислень у формі IaC (infrastructure as code), IaaS (infrastructure as a service), PaaS (platform as a service), SaaS (software as a service) тощо.

Прийняття проєктних рішень повинно узгоджуватись із призначенням та архітектурою цільової системи з точок зору на можливі ризики стосовно критичних активів на відповідних етапах її життєвого циклу.

Адаптований відповідно до положень стандарту ISO/IEC/IEEE 15288 [15] життєвий цикл КОС включає такі стадії:

- задум;
- розробка;
- побудова;
- використання та підтримка використання;
- модернізація;
- виведення з експлуатації.

Стадія формування задуму КОС включає в себе процеси дослідження предметної сфери її застосування та визначення основних підходів до її розробки та побудови. Знання, отримані на цьому етапі, повинні відображати специфіку виділеного (конкретного) тематичного домену предметної сфери у вигляді когнітивної мережі основних концептів. Семантика такої мережі може бути описана семантичною моделлю Кріпке [16]:

$$\langle W, R, \Vdash \rangle,$$

де  $\langle W, R \rangle$  – шкала (фрейм) Кріпке на множині вузлів (світів)  $W$  з відношеннями  $R$  (множиною стрілок або упорядкованих пар) на  $W : R \subset W \times W$ ,  $\Vdash$  – символ (відношення) істинності (оцінки, виконання). Наприклад, модальна формула  $w \Vdash A$  означає що “ $w$  задовольняється  $A$ ”, “ $A$  виконується у  $w$ ”, або “ $w$  визначає (спонукає, викликає)  $A$ ”. Семантика Кріпке (реляційна семантика, фрейм-семантика) дозволяє створювати логічні моделі ситуацій у базисі інтуїціоністської (конструктивної) та модальних логік [17].

Після визначення семантики системи у вигляді моделі знань (1) проводиться розробка системи. Розробка КОС як складної системи включає в себе такі групи процесів (рис. 1) [18–19]:

- аналіз потреб та моделювання;
- інженерія вимог (визначення та управління вимогами);
- побудова архітектури та затвердження.



Рисунок 1 – Процеси розробки системи

Задум цільової системи та її КОС представляється у вигляді переліку потреб та моделей, на основі аналізу яких проводиться формалізація вимог у відповідності з потребами. Виконання процесів інженерії вимог забезпечує визначення системних потреб та специфікацію архітектури КОС у відповідності з архітектурою цільової системи та формалізованих моделей. Зокрема, одним із результатів інженерії вимог є затверджена політика безпеки цільової системи, що зберігається у базі знань (БЗ) КОС. Побудова архітектури КОС специфікується формалізованими вимогами до системи з БЗ КОС та підтверджується результатами аналізу на основі моделей системи і тестових експлуатаційних задач.

## 5. Онтологія архітектури кібернетичної організаційної системи

Відношення між артефактами утворюють архітектурну модель системи, яка поєднує в собі регламенти діяльності, структуру діяльності, напрями діяльності, технологічні стандарти, структури та рішення.

*Принципи побудови системи P* (6) описують узагальнені концептуальні твердження, які визначають як аспекти діяльності, так і технологічні аспекти, наприклад, уніфікований доступ всіх споживачів до сервісів КОС. Перелік принципів формується ітераційно з періодичним експертним переглядом із залученням системних архітекторів та вищого керівництва організації для досягнення погодження щодо основних правил, цінностей, напрямів і цілей. Усі рішення щодо проведення діяльності та технологій, а також архітектури всіх ІТ-проектів оцінюються на відповідність встановленим принципам. Принципи є «класичними» артефактами ЕА, пов'язаними з загальним типом погодження правил, орієнтованих на діяльність. Як і всі артефакти ЕА, пов'язані з міркуваннями, принципи представляють собою загальний контекст планування КОС.

*Модель спроможностей діяльності C* (6) (МСД) (карти спроможностей) надає компактні (на одній сторінці) структуровані представлення («карти») усіх спроможностей організації, іноді разом з іншою допоміжною інформацією, як-от стратегія та цілі діяльності, коло зацікавлених суб'єктів (стейкхолдери) тощо. МСД, як правило, розробляються спільно архітекторами та керівниками організації, а потім «накладаються» на модель діяльності для визначення перспективних напрямів розвитку, визначення пріоритетів майбутніх витрат на технологічний розвиток та забезпечення узгодженості між новими технологіями і бажаними результатами цільової діяльності. МСД, як правило, є «точками входу» в технологічний процес ситуаційного управління для суб'єктів, що приймають рішення (керівних суб'єктів-супроводжувачів).

*Плани розвитку* (дорожні карти, карти маршрутів підрозділів, карти спроможностей, технологічні дорожні карти тощо) *R* (б) надають структуровані представлення про заплановані майбутні вкладення в ІТ з визначеними для них орієнтовними часовими орієнтирами, узгодженими з різними спроможностями або сферами діяльності організації, періодично уточнюючи їхні кінцеві цільові стани через певні проміжки часу. Зазвичай плани розвитку визначають, яким чином і коли будуть нарощуватися ключові (критичні) спроможності діяльності організації. Плани розвитку зазвичай спільно розробляються системними архітекторами та вищим керівництвом організації і допомагають визначити пріоритети пропонованих ІТ-ініціатив, узгодити майбутні вкладення в ІТ з планами діяльності та ініціювати нові ІТ-проекти. Незважаючи на те, що як МСД, так і плани діяльності, містять деякі описи бажаного майбутнього з точки зору діяльності організації, вони доповнюють один одного, оскільки МСД допомагають вирішити, куди мають бути спрямовані майбутні вкладення в ІТ, а плани розвитку допомагають вирішити, коли ці вкладення в ІТ мають бути здійснені. МСД та плани діяльності, безумовно, є найпоширенішими артефактами ЕА, пов'язаними з загальним типом бачення (структури, орієнтованої на діяльність). Як і всі артефакти ЕА, пов'язані з баченням системи, МСД і плани розвитку представляють узгоджені та спільні довгострокові цілі для організації та ІТ.

*Концептуальні рішення* (концептуальні архітектури, плани рішень, концептуальні проекти, попередні архітектурні рішення, описи рішень тощо) *O* (б) описують конкретні ІТ-проекти у стислому вигляді, зазвичай включаючи їхню архітектуру високого рівня, очікувану цінність для діяльності організації, оцінку витрат, ризику та терміни виконання. Концептуальні рішення зазвичай розробляються для всіх пропонованих ІТ-проектів на ранніх стадіях виконання спільно керівниками напрямів діяльності та системними архітекторами. Вони допомагають вищому керівництву оцінити вартість і загальний вплив на діяльність запропонованих ІТ-проектів і прийняти обґрунтовані рішення щодо виділення ресурсів на виконання цих проектів. Концептуальні рішення є найпоширенішими артефактами ЕА, пов'язаними з загальним плануванням розвитку діяльності. Концептуальні рішення представляють переваги, час і вартість для конкретних ІТ-проектів.

*Еталонні технологічні моделі* (ЕТМ) (технологічні стандарти, інфраструктура, програми та інші специфічні еталонні моделі) *T* (б) надають стандартизовані набори доступних технологій для використання в усіх ІТ-проектах, структурованих відповідно до їхніх доменів використання, з позначенням фаз життєвого циклу. ЕТМ, як правило, розробляються архітекторами та експертами з конкретних технологій, а потім періодично оновлюються. Архітектури всіх ІТ-проектів перевіряються архітекторами, щоб забезпечити їх узгодження з ЕТМ і таким чином досягти загальної технологічної однорідності та узгодженості ІТ-ландшафту.

*Настанови* (інструкції, керівництва, стандарти) *G* (б) визначають низькорівневі ІТ-настанови або найкращі практики, яких слід дотримуватися в усіх ІТ-проектах, згрупованих за їхніми технологічними доменами, наприклад, що певні мережеві протоколи слід використовувати для певних цілей або певні стандарти шифрування використовуються для певних типів даних. Наставови, як правило, розробляються та періодично оновлюються архітекторами та експертами в певних областях. Архітектури всіх ІТ-проектів перевіряються архітекторами, щоб переконатися, що вони відповідають настановам, і таким чином досягти технічної узгодженості, а в деяких випадках також відповідності нормативним вимогам. Незважаючи на те, що і ЕТМ і настанови описують деякі технічні правила на рівні реалізації, що стосуються ІТ-проектів, вони доповнюють одне одного, оскільки ЕТМ надають переліки технологій, які слід використовувати, тоді як настанови визначають більш вузькі приписи щодо їх використання. ЕТМ та рекомендації є найпоширенішими артефактами ЕА, пов'язаними зі стандартами (правилами, орієнтованими на ІТ). Як і всі



артефакти ЕА, пов'язані зі стандартами, ЕТМ і рекомендації представляють перевірені багаторазові засоби для реалізації ІТ-проектів.

*Архітектурні діаграми* (ландшафт системи, включаючи діаграми взаємодії системи, діаграми відношень, архітектури платформ, інтеграційні контексти тощо) *L* (6) описують зв'язки високого рівня між різними програмами, базами даних, платформами, системами та іноді процесами діяльності організації, що охоплюють великі частини корпоративного ІТ-ландшафту, як правило, у їх поточному стані. Архітектурні діаграми зазвичай підтримуються архітекторами та оновлюються на етапах завершення всіх ІТ-проектів, які змінюють ІТ-ландшафт. Вони допомагають архітекторам оптимізувати ІТ-ландшафт і вибрати найкращі варіанти впровадження для нових ІТ-проектів. Архітектурні діаграми є найпоширенішими артефактами ЕА, пов'язаними з загальним описом структур, орієнтованих на ІТ. Архітектурні діаграми є довідковими матеріалами для загального технічного планування.

*Проектні рішення* (проекти високого рівня, визначення рішень, детальні проекти, повні архітектури рішень, архітектури початку проекту тощо) *S* (6) описують конкретні ІТ-проекти у формалізованому вигляді з усіма необхідними деталями, необхідними для реалізації цих проектів. Проектні рішення зазвичай розробляються для всіх схвалених ІТ-проектів спільно архітекторами, проектними групами та відповідальними за напрями діяльності, щоб відобразити як діяльність організації, так і архітектурні вимоги. Вони використовуються проектними групами протягом усього терміну реалізації ІТ-проектів і допомагають реалізовувати ці проекти відповідно до попередньо узгоджених вимог. Проектні рішення є ключовими артефактами ЕА, пов'язаними із проектуванням змін, орієнтованих на ІТ. Проектні рішення представляють комунікаційні інтерфейси між архітекторами та проектними командами.

На основі зазначених архітектурних артефактів з урахуванням етапів системного проектування розроблена онтологія проектування КОС. Скріншот графічної візуалізації фрагменту розробленої онтології у редакторі онтологій Protege представлено на рис. 2.

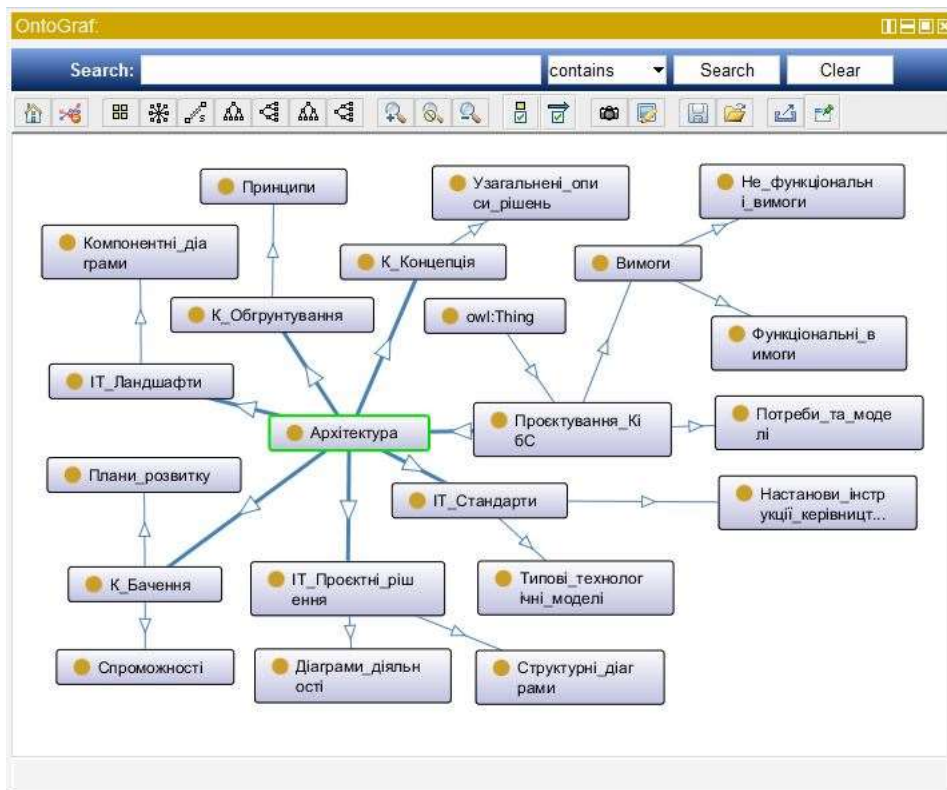


Рисунок 2 – Онтологія архітектури кібернетичної організаційної системи

Ієрархія концептів онтології, показана на рис. 2, представляє артефакти архітектурної моделі КОС. У розробленій онтології використовуються спеціальні префікси для позначення призначення архітектурних артефактів: К – артефакти керування, ІТ – артефакти інформаційних технологій. Крім того, артефакти вимог включають два підкласи концептів: функціональні та нефункціональні.

## 5. Висновки

Застосування системного підходу до розробки та використання кібернетичних організаційних систем поєднує архітектурну, процесну та проектну точки зору на основі семантичного опису предметного домену цільової системи у вигляді формалізованої моделі знань. Відповідно до моделі життєвого циклу цільової системи формується модель життєвого циклу кібернетичних організаційних систем із прив'язкою до архітектури цільової системи. Цілісність такого поєднання забезпечується розробкою та підтримкою в актуальному стані моделі знань системи. Запропонована онтологічна модель знань архітектури кібернетичної організаційної системи поєднує в собі технологічні, організаційні та проектні концепти.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2008. 341 с.
2. Добров Б., Иванов В., Лукашевич Н., Соловьев В. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения. Москва: БИНОМ, 2008. 176 с.
3. Коваленко О. Онтологічна модель системи прийняття рішень методом голосування. *Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика*: зб. доп. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. Київ: Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, 2009. С. 51–54.
4. Коваленко О. Онтологія та модель трансформації інформації в ситуаційних агентних системах. *Електронне моделювання*. 2020. Т. 42, № 5. С. 5–23.
5. Endsley M. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors and Ergonomics Society*. 1995. Т. 37, N 1. P. 32–64.
6. Wooldridge M. An Introduction to Multiagent Systems. 2nd ed. Chichester: John Wiley and Sons Ltd., 2009. 488 p.
7. Kovalenko O. Systems Convergence for Situational Control and Decision Making in Distributed Environments. *16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering – Proc. (TCSET-2022)*. Lviv-Slavske, Ukraine, IEEE, 2022. P. 344–347.
8. Zachman J. A Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal*. 1987. Т. 26, N 3. P. 276–292.
9. TOGAF. The TOGAF® Standard, Version 9.2. 2018. URL: <https://www.opengroup.org/togaf> (date of the access: 01.03.2022).
10. Federal Enterprise Architecture Framework Version 2. 2013. 29 January. URL: [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/assets/egov\\_docs/fea\\_v2.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/assets/egov_docs/fea_v2.pdf) (date of the access: 19.03.2022).
11. Consultation, Command and Control Board Architecture Capability Team (C3B Architecture CaT). NATO Architecture Framework Version 4. 2018. January. URL: [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/pdf\\_2018\\_08/20180801\\_180801-ac322-d\\_2018\\_0002\\_naf\\_final.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2018_08/20180801_180801-ac322-d_2018_0002_naf_final.pdf) (date of the access: 20.03.2022).
12. Kotusev S. Enterprise Architecture and Enterprise Architecture Artifacts: Questioning the Old Concept in Light of New Findings. *Journal of Information Technology*. 2019. Т. 34, N 2. P. 102–128.
13. Коваленко О. Системна інженерія та життєвий цикл систем. *Електронне моделювання*. 2018. Т. 40, № 6. С. 61–82.
14. Коваленко О.С. Принципи інженерії ситуаційних систем. *Математичні машини і системи*. 2019. № 4. С. 65–78.

15. ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering – System life cycle processes. 2015. URL: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=63711](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=63711) (date of the access: 20.03.2022).
16. Kripke S. Semantical Considerations on Modal Logic. *Acta Philosophica Fennica*. 1963. N 16. P. 83–94.
17. Коваленко О.Є. Застосування модальної логіки при прийнятті рішень на моделях знань. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Технічні науки: зб. наук. праць*. 2012. № 6. С. 106–112.
18. PascalRoques. MBSE with the ARCADIA Method and the Capella Tool. *8th European Congress on Embedded Real Time Software and Systems (ERTS2016)*. Toulouse, France, 2016. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01258014> (date of the access: 20.03.2022).
19. Коваленко О.Є. Моделі і методи побудови конвергентних систем ситуаційного управління: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.05. Київ: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2021. 339 с.

*Стаття надійшла до редакції 04.07.2022*