

УДК 656.225.073: [004.942:681.5]

В.В. Скалозуб, В.И. Шинкаренко, С.Ю. Цейтлін, М.С. Чередниченко

**МОДЕЛІ ОНТОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ВАНТАЖНИМИ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ
В УКРАЇНІ**

У статті досліджено питання удосконалення автоматизованих систем керування залізничного транспорту України шляхом створення спеціалізованого прикладного онтологічного забезпечення на основі моделі конструктивно-продукційного моделювання.

Ключові слова: вантажні перевезення, автоматизована система, прикладна онтологія, концептуалізація, конструктивний об'єкт.

Вступ. Розвиток різноманітних додатків інтелектуальних інформаційних технологій (ІТ) характеризується все зростаючим застосуванням онтологій і онтологічних систем (ОнС) [1, 2-4]. Онтологічні технології використовують в складних для формалізації, слабоструктурованих областях діяльності або бізнесу, при обробці, класифікації та інтерпретації наростаючих обсягів даних і ін. [4-6]. Онтології в явному вигляді широко використовуються як джерела даних для багатьох комп'ютерних програм, таких як аналіз текстів, витягнення знань, інформаційного пошуку, проектування систем і ін. Перевага онтології полягає в забезпеченні ефективної обробки складної і різноманітної інформації, а також у можливості багаторазово використовуватися в новому оточенні [2, 7].

У статті досліджуються питання вдосконалення процесів експлуатації автоматизованих систем управління (АСУ) залізничного транспорту України за рахунок створення спеціалізованого прикладного онтологічного забезпечення на основі моделі конструктивно-продукційного моделювання (КПМ) [8]. Зазначимо, що автоматизована система АСК ВП УЗ-Є є однією з найбільш потужних і сучасних АСУ залізничного транспорту ПАТ «Українська залізниця» (далі ПАТ УЗ). Вона реалізує функції інформаційної та керуючої підтримки численних технологій і процесів залізничної галузі [1]. В рамках розробки і

постійного нарощування цього масштабного проекту створені технологічні, математичні і програмно-апаратні рішення, які забезпечили міцний фундамент для переходу до інформаційно-керуючих, прогнозних та інтелектуальних технологій. Принципи побудови, склад і структуру АСК ВП УЗ-Є, а також система її інформаційних і технологічних моделей, що використовуються для представлення базових процесів перевезення та експлуатації, є фундаментом для створення комплексних інтелектуальних систем залізничного транспорту України.

Метою цієї роботи є дослідження та обґрунтування можливості щодо формування та розробки онтологічного забезпечення АСУ Українських залізниць (ОАСУ УЗ) на основі методів конструктивно-продукційного моделювання [8 – 10]. При створенні інтелектуальних онтологічних засобів КПМ (ОКПМ) повинно врахувати потенційну складність і невизначеність прикладних областей застосування методології КПМ для АСУ залізниць. У зв'язку з цим в процедурах онтології головна увага повинна бути приділена універсальності моделі понять. Загальною метою засобів ОКПМ є забезпечення формування концептів для структурно складних областей моделювання.

Матеріали та методики дослідження. Під онтологією розуміється система понять, представлена набором сутностей, пов'язаних різними відношеннями, які характеризують певну область знань і використовуються для формальної специфікації. Суттєвою складовою онтології є набір аксіом, що забезпечують подання додаткових знань, які не охоплюють ієрархії понять і ін. [2, 3, 5]. В даний час актуальними є питання застосування предметних онтологій конкретних галузей знань для підтримки складних і наукоємних ІТ: оцінки концептуальних моделей даних [6], побудови онтологій предметної області на основі моделі нечіткого виведення, також вирішена задача використання неточних знань, отриманих з минулих дослідів (випадків) [7]. В [7] запропонований метод автоматизованої побудови онтології предметної області на основі Стенфордської моделі нечіткого виведення в інформаційно-навчальних Web-системах. Розроблено спеціалізовану ієрархічно-мережеву об'єктно-орієнтовану модель даних і знань. У більшості робіт переважаючим напрямом досліджень є створення, удосконалення і застосування прикладних онтологій в різних сферах ІТ.

В [8] виконані дослідження із розробки онтологічного забезпечення процесів конструктивно-продукційного моделювання (КПМ) для

структурно складних інформаційних технологій. В цілому процеси конструювання досить поширені, виникають на різних етапах розробки інформаційних технологій (ІТ), мають достатньо високу подібність. Серед них – формування архітектур програмних систем, концептуальне моделювання предметної області ОнС, розробка структур баз даних [6] та ін. Численність форм і поширеність, цільова подібність, складність і фактори невизначеності завдань конструювання в сфері ІТ роблять актуальними дослідження, спрямовані на інтелектуальну і технологічну підтримку процесів конструювання. При цьому онтологічне забезпечення (ontological support) конструювання в багатьох додатках стає сполучною ланкою різноманітних ІТ.

Прикладні ОнС грають кілька ролей в задачах представлення знань, представляють таксономічні та інші властивості при концептуалізації, а також можуть реалізувати функції спеціалізованих баз знань. В останньому варіанті онтологічна підтримка ІТ поширюється і на формування моделей понять (окремих концептів, зв'язків, засобів створення екземплярів ін.), на використання спеціалізованих процедур виведення. Такі ознаки мають багато прикладних онтологій для математично і логічно складних додатків ІТ (нечітке управління, багатокритерійний аналіз ін.). Зазначені особливості прикладних онтологій ІТ були використані при формування системи моделей онтології КПМ (ОКПМ). В [2] констатується, що «досі не існує загальноприйнятої методології створення онтологій і залишається відкритим питання появи конструктивної теорії розробки формальних онтологій».

При створенні інтелектуальних засобів ОКПМ врахована потенційна складність і невизначеність прикладних областей застосування методології КПМ. У зв'язку з цим в процедурах онтології головна увага була приділена універсальності моделі понять. Загальною метою засобів ОКПМ є забезпечення формування концептів для структурно складних областей моделювання. Тому тут передбачено формування відмінних від таксономії структур системи концептів.

Результати досліджень та їх огляд. Для встановлення сутностей та проблем онтологічної підтримки АСУ розглянемо питання розвитку автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці АСК ВП УЗ-Є. Зазначимо що на даному етапі в інформаційні структури АСК ВП УЗ-Є можуть бути «вписані» практич-

но всі технологічні процеси роботи вантажного залізничного транспорту, а також інші технології експлуатації об'єктів Укрзалізниці, включаючи завдання створення інтелектуальних систем транспорту [1]. Система автоматизує завдання, які раніше вирішувалися різними окремими системами на різноманітних технологічних і технічних базах. При цьому реалізується широке коло питань інформатизації перевізного процесу, починаючи від місячного планування, оформлення перевізних документів, перевезення вантажів – до аналізу результатів перевезень. В системі АСК ВП УЗ-Є в режимі «технологічного реального часу» виконуються процедури подієвого моделювання процесів і технологій транспорту, експлуатації, економіки, а також їх інформаційного забезпечення.

Набір інформаційно-аналітичних моделей об'єктів і процесів, пов'язаних з виконанням залізничних перевезень, включає необхідні моделі подій для всіх складових транспортного процесу, такі як локомотивна модель, контейнерна, вагонна і поїзна моделі, моделі відправок та маршрутів слідування, моделі роботи локомотивних бригад і прикордонних станцій.



Рисунок 1 – Основна структура інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень в АСК ВП УЗ-Є

Загальна структура системи інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень (ППР) і управління представлена на рис. 1. Ієрархія організаційної структури забезпечує ефективність процедур аналізу та управління на різних технологічних рівнях ПАТ УЗ.



Рисунок 2 – Схема технологій інформаційної підтримки процесів ППР

Для реалізації зазначеної на рис. 1 моделі інформаційного забезпечення розроблено технологічну і технічну структуру систем автоматизації, рис. 2. На рисунку вказані завдання що вирішуються на різних рівнях, зв'язки між ними, окремі технології інформаційної підтримки. В системі АСК ВП УЗ-Є реалізований весь спектр завдань управління перевезеннями:

- оперативне управління перевізним процесом; - управління вантажними перевезеннями;
- управління пасажирськими перевезеннями;
- управління ремонтами і технічним обслуговуванням рухомого складу;
- аналіз виробничо-фінансової діяльності тощо.

Основні комплексні завдання щодо управління процесами перевезень вказані на рис. 3. Ці завдання в свою чергу є значними комплексами, розділяючись на численні підзадачі. Наприклад, в комплекс «Оперативне управління перевізним процесом» входять підзадачі:

- контроль дислокації та стану поїздів, вантажних вагонів; - диспетчерське управління рухом поїздів;
- розробка графіка руху поїздів, добове планування;
- управління станцією;
- контроль дислокації та стану контейнерів;

- прикордонна система ін.

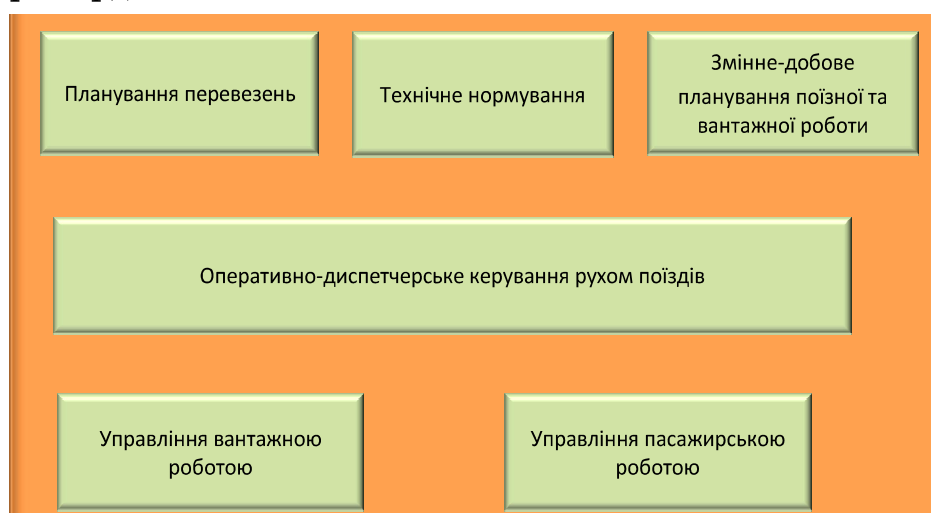


Рисунок 3 – Комплекси задач із управління перевізним процесом

Подібні конкретизації функцій реалізовані для інших сфер діяльності і технологій залізничного транспорту. На рис. 4 вказані деякі комплекси завдань сфери управління ресурсами.



Рисунок 4 – Комплекси задач із управління ресурсами

Надзвичайно висока масштабність, численність і висока складність технологій і систем залізничного транспорту, вимоги щодо їх безперервного вдосконалення і розвитку, тенденції щодо переходу до інтелектуальних технологій управління і ін. роблять актуальними питання ефективного супроводу АСК ВП УЗ-Є, застосування для цьо-

го моделей і методів управління на основі використання знань. Одним з основних напрямків досліджень і розробок в цій галузі є прикладні онтологічні системи.

Задачі онтологічної підтримки АСУ залізничного транспорту на основі конструктивно-продукційної моделі. У дослідженні на даному етапі формування онтологічного забезпечення АСУ Українських залізниць (ОАСУ УЗ) розглянута можливість використання в якості базового засобу розробки системи методів конструктивно-продукційного моделювання (КПМ). Методологія та засоби онтологічної підтримки процесів КПМ представлені в статтях [8, 9, 10]. У них вирішені нові завдання по створенню прикладної онтології КПМ (ОКПМ). Серед завдань відзначимо наступні:

- виявлення і вивчення властивостей структур понять, концептів і основних системоутворюючих відношень при КПМ;
- формулювання вимог до властивостей методології КПМ, а також до спеціалізованих моделей і методів прикладної ОКПМ;
- розробка єдиної, універсальної, такої що розвивається та налаштовується на предметні області інформатизації моделі онтологічної конструктивної структури (ОКС);
- розробка моделі та процедур, які забезпечують в рамках КПМ можливості створення відношень що конструюються, структура яких наперед не відома, в тому числі рекурсивних відношень;
- включення в ОКПМ засобів, які дозволяють формувати і супроводжувати концептуальні моделі, відмінні від таксономії;
- урахування факторів невизначеності при виборі структури концептуальних понять предметних областей і їх ознак.

Зупинимося на розробці онтологічної конструктивної структури ОКПМ. Онтологічна система підтримки ОКПМ задається первинними наборами абстрактних концептуальних категорій, що мають властивість універсальності і визначаються інструментарієм конструювання об'єктів. ОКС є базовим інструментарієм моделювання онтології ОКПМ, задається впорядкованою четвіркою класів носія \hat{M} , сигнатури $\hat{\Sigma}$, числення $\hat{\Lambda}$ та виконавців \hat{Z}

$$\hat{C} = \langle \hat{M}, \hat{\Sigma}, \hat{\Lambda}, \hat{Z} \rangle. \quad (1)$$

Класи носія і виконавців дозволяють розглядати структуру (1) у визначальному і породжує аспектах. Визначальний аспект характеризує носій структури (*Carr*), як основну визначальну частину,

яка за допомогою виконавців $\widehat{Z}_v \subset \widehat{Z}$ формує складові частини носія \widehat{M} , сигнатури Σ , числення Λ і внутрішніх виконавців Z_v

$$Carr \xrightarrow{\widehat{Z}_v} C = \langle M, \Sigma, \Lambda, Z \rangle. \quad (2)$$

В (2) позначено $Z = \widehat{Z}_v \cup Z_v$.

Аспект породжування ОКС (1) проявляється в структурі довільної предметної області (ПО) C , через конструювання саме її понятійних об'єктів носія, сигнатури, обчислення і внутрішніх виконавців. Розглянемо класи (1), (2) детальніше.

Клас носія M структури C включає вхідний базис простих об'єктів (екземплярів) M_0 , абстрактні поняття додаткових символів D , елементів класів: операторів, відношень, відображень, конструктивних форм; характеристичних понять, їх показників і значень, класів вільних конструкцій довільного рівня. Носій M призначений для формування на ньому понятійних об'єктів. Базисний носій M_0 є основоположним для еволюційного, такого що породжує, формування родовидових конструктивних класів: об'єктів \mathcal{O}^k , ознак \mathcal{L}^k і виведених онтологічних об'єктів \mathcal{O}_*^k вищих, k тих рівнів.

Класи сигнатур Σ онтологічної структури визначають дії для формування об'єктів і нових відображень і відношень. Клас складений з системоутворюючої базисної Σ^0 , породжуючої Σ^+ і тої що конструюється Σ^* сигнатур. Утворююча сигнатура складається з класу простих операторів $\mathcal{D}^0 \subset \mathcal{D}$, класу простих відношень і відображень $\mathcal{Y}^0 \subset \mathcal{Y}$, що включає сполучні підкласи \mathcal{A}^0 і \mathcal{R}^0 , та класу відображень породжую чого вибору \mathcal{W}^0 онтологічних об'єктів. Породжує сигнатура Σ^+ включає класи відображень \mathcal{Q} і \mathcal{M} , призначені для формування конструкцій-дій класу Σ^* [8]

Класи виконавців Z (2) включають підкласи зовнішніх Z_v , внутрішніх Z_v виконавців і їх гібридизації Z_g . У багатьох випадках в ролі зовнішніх виконавців виступають експерти. Внутрішні виконавці призначені для реалізації операторів-дій класу \mathcal{D} , інтерпретацій складових сигнатури Σ і конструюються в структурі (2) алгоритмів-дій.

Клас обчислень є ядром ОКС, відображаючи властивості її системної структуризації. Він складається з постулатів (аксіом), визна-

чень, інструкцій, правил, властивостей компонент структури ін., необхідних для організації конструювання об'єктів і відображень. Правила обчислення Λ конструюють класи структури, $\Lambda : M \times \Sigma \rightarrow \mathfrak{D}^k$, $\Lambda : \Sigma \times \Sigma \rightarrow \Sigma^*$, і $\Lambda : \Lambda_i \times \Lambda_j \rightarrow \Lambda_g$, причому дозвільна характеристика обчислення задає різні галузі аналізу. Зазначені компоненти структури ОКС постулюється, визначаються і перетворюються численнями з класу Λ .

Розглянемо деякі моделі ОКС для окремих класів (2). Базисний носій примірників онтології M_0 , що задає початкові положення породження об'єктів, введений в носій ОКС, щоб уникнути порушення властивостей системності та таксономії онтологічної структури. Породження онтологічних об'єктів виконується сигнатурною компонентою структури ОКС, що містить базову складову Σ^0 . При цьому клас відношень і відображень $\mathfrak{Y}^0 \subset \Sigma^0$, $\mathfrak{Y}^0 \subset \mathfrak{Y} \subset Rf\mathfrak{K}$ на базисному носії $\mathfrak{C}_0 \cup \mathfrak{X}_0 \subset M_0$ задає таксономію онтології $\langle \mathfrak{C}_0 \cup \mathfrak{X}_0, \mathfrak{Y}^0 \rangle$ об'єктів нульового рівня \mathfrak{K}^0 .

В ОКС використовуються прості відношення порівняння, включаючи родові і видові порівняння. Для відношень порівняння $\nu_j, \nu_q \in \mathfrak{R}_\nu^0$ на видовому і родовому класах \mathfrak{C}_0 і \mathfrak{X}_0 справедливі властивості (наведені для класу \mathfrak{C}_0 , для родового класу \mathfrak{X}_0 вони такі ж):

- вільності, якщо з порівняння $(c_k, c_i)_j$ допустимо порівняльне відношення $\nu'_j : (c_i, c_k)_j$,

- відношення $\nu'_j \in \mathfrak{R}_\nu^0$ зберігає властивості індукування відносини ν_j , – відношення $\nu_j \in \mathfrak{R}_\nu^0$ на родовидових елементах $c_k, c_i \in \mathfrak{C}_0$ визначає конструкцію $(c_k(x_k), c_i(x_i))\nu_j$, з індукують відносинами порівняння φ_j^1 і φ_j^2 такими, що $((c_k, c_i)\varphi_j^1, (x_k, x_i)\varphi_j^2)$.

На основі відношень порівняння виконується породження об'єктів і класів онтології. Нульовий порядок (ранг) відношень або відображень $\beta_j \in Rf\mathfrak{K}$ визначається їх рангами, які не перевищують двох. Об'єкти, сконструйовані на базисному носії M_0 ОКС структури (2) за допомогою відображень і операторів нульового порядку з класів \mathfrak{Y}^0 і

\mathcal{D}^0 , називаються об'єктами нульового рівня і нульового порядку конструювання онтології.

Конструювання об'єктів нульового рівня і порядку відношеннями порівняння здійснюється за такими правилами [8]:

- об'єкт онтології нульового рівня b_{kij} , сформований на екземплярах a_k и a_i відношеннями порівняння v_j , задається конструкцією $b_{kij} = (a_k, a_i)_j$, $\forall a_k, a_i \in \mathcal{C}_0 \mid \mathcal{X}_0$; при цьому об'єкти b_{kij} и b_{qrm} – однотипні, якщо відповідні конструкції порівняльних властивостей однотипні; окремими випадками об'єктів b_{kij} є вироджені об'єкти $b_{0kj} = (a_0, a_k)_j = a_k$ і порожній об'єкт $b_{00i} = b_0 = a_0$;

- об'єкти, побудовані на класі $\mathcal{C}_0 \mid \mathcal{X}_0$ за допомогою відношень $v_j \in \mathcal{R}_v^0$, утворюють конструктивну сімейство концептів $\mathcal{F}_{\mathcal{R}_v^0}^0$ нульового рівня таке, що $\mathcal{C}_0, \mathcal{X}_0 \subset \mathcal{F}_{\mathcal{R}_v^0}^0$; – якщо $\mathcal{D}_0^0 \subset \mathcal{D}$ – вільний клас об'єктів нульового рівня и порядку, то $\mathcal{F}_{\mathcal{R}_v^0}^0 \overset{\circ}{\subset} \mathcal{D}_0^0$, де символ $\overset{\circ}{\subset} \in \mathcal{D}^0$ – визначає оператор включення сімейства в клас; – $S_1^0 \subset S_2^0$, де $S_1^0 = \langle \mathcal{C}_1, \mathcal{R}_{v,1}^0 \rangle$, $S_2^0 = \langle \mathcal{C}_2, \mathcal{R}_{v,2}^0 \rangle$, $\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2 \subset \mathcal{C}_0$ и $\mathcal{R}_{v,1}^0, \mathcal{R}_{v,2}^0 \subset \mathcal{R}_v^0$, якщо: – $\mathcal{C}_1 \subset \mathcal{C}_2$ и $\mathcal{R}_{v,1}^0 \subset \mathcal{R}_{v,2}^0$, – властивості відношень класу $\mathcal{R}_{v,2}^0$ зберігаються для відношень класу $\mathcal{R}_{v,1}^0$.

Наведене обчислення дозволяє за допомогою відношень порівняння і деривативних відповідностей на базисному носії конструювати прості об'єкти-властивості, показники властивостей і їх класи нульового рівня, а також допускає формування простої таксономії онтології ОКПС. Дії операторів виконуються виконавцями певним чином по алгоритмічним вказівкам. В обчисленні наведені загальні дозволяючі можливості операторів і виконавців, необхідні для конструювання алгоритмів, критеріїв тощо. В (2) передбачені прості відношення підпорядкування, і компонента відношень підпорядкування $\mathcal{R}_v^0 \subset \mathcal{R}^0$ виконує зв'язування об'єктів різної природи в єдину понятійну конструкцію підпорядкування – сутність, тим самим задаючи основну визначальну складову і також таку що визначається підпорядковану складову конструкції. Окремим випадком підпорядкованого концепту знань є поняття якості-атрибута. На основі базисних відображень з'єднання з

різних онтологічних примірників утворюють складні конструкції. Результатом відображення можуть бути неоднорідні конструкції наділені діями, що, наприклад, дозволяє формувати ознаки з діями, які необхідні для породження критеріїв виведення знань та ін. Обчислення відображення з'єднання ОКС дозволяє конструювати списки, таблиці та ін. Об'єкти знань з включеними операторами, що важливо для подальшої організації складних знань, складних властивостей, показників, критеріїв і ін.

Обчислення нульового порядку ОКС і сформований клас об'єктів нульового рівня дозволяють виконати конструювання об'єктів, різних відношень і відображень вищих рівнів. Складні конструктивні сутності онтології передбачають певний порядок подання та виконання, організований за допомогою елементів класу символів D відображеннями з'єднання. В результаті породжується сімейство $\mathfrak{F}_{\eta, D}^k$, яке в сукупності з розглянутими родинами формує гібридне сімейство з'єднаних конструкцій $\mathfrak{F}_{\mathfrak{D}^0}^k = \mathfrak{F}_{\eta, g}^k \cup \mathfrak{F}_{\eta, \circ}^k \cup \mathfrak{F}_{\eta, D}^k$, $\mathfrak{F}_{\mathfrak{D}^0}^k \subseteq \mathfrak{D}_0^k$. В ОКС на базисному носії і базисному сигнатурному класі формуються класи сутностей довільного рівня. Породження класом \mathfrak{D}_0^{k-1} класу \mathfrak{D}_0^k виконується відображеннями $\psi_j = (\beta_i, \beta_j)\phi$ за умови, що відображення β_i діє на класі об'єктів \mathfrak{D}_0^{k-1} . Об'єкти конструюються на носії за допомогою відображень класу \mathfrak{R}^0 , властивості якого наведені в табл.1. Клас $\mathfrak{R}^0 (v_j, \rho_j, \eta_j \in \mathfrak{R}^0)$ розширюється на основі конструювання за допомогою відображень класу $\mathfrak{D}^0 (\varphi \in \mathfrak{D}^0)$ і операторів класу $\mathfrak{D}^0 (o_j \in \mathfrak{D}^0)$: все сконструйоване на класі \mathfrak{D}_0^{k-1} відношеннями $(v_j, \rho_j, \eta_j \in \mathfrak{R}^0)$ і операторами $(o_j \in \mathfrak{D}^0)$ включається в \mathfrak{D}_0^k .

Процедури ОКС (2) також забезпечують формування структур системи концептів онтології, відмінних від таксономії. Найпростішим природним прикладом необхідності універсальних засобів формування мережевих структур є завдання конструювання і концептуального моделювання часткових n -арних відношень при $n > 2$. Такими відносинами є, наприклад, «Поставка» (пов'язує класи «Вантажі», «Власники», «Перевізники»), «Поїзд» («Локомотив», «Локомотивна бригада», «Склад поїзду», «Графік»). Розроблені процедури підтримки ОКПМ, зокрема концептуального моделювання понять області КПМ, забезпечують реалізацію таких вимог, істотно розширюючи сферу інформаційного моделювання систем.

Головні властивості відношень і відображень класу \mathfrak{R}^0

Відношення, відображення	Властивості
v	$\forall c_k, c_i \in \mathfrak{C}_0 \cap \mathfrak{X}_0 \neq \emptyset, \exists v_j \in \mathfrak{R}_v^0,$ $(c_k, c_i)v_j; (c_k, c_i)v \Rightarrow (c_i, c_k)v', v' \in \mathfrak{R}_v^0;$ v' зберігає властивості індуціювання відношення v_j ; якщо $v_j = (\varphi_j^1, \varphi_j^2)$, то $(c_k(x_k), c_i(x_i))v_j = ((c_k, c_i)\varphi_j^1, (x_k, x_i)\varphi_j^2).$
ρ	$\forall a_i, a_k \in \mathfrak{C}_0 \cup \mathfrak{X}_0 \mid a_i \in \mathfrak{J}_0, \exists \rho_j \in \mathfrak{R}_v^0, (a_i, a_k)\rho_j = {}^{\rho_j}a_k;$ $\rho_j = (\varphi_j^1, \varphi_j^2), (c_i(x_i), c_k(x_k))\rho_j = ({}^{\varphi_j^1}c_k, {}^{\varphi_j^2}x_k);$ $\forall \rho_i, \rho_j \in \mathfrak{R}_v^0, \rho_i \circ \rho_j \neq \rho_j \circ \rho_i;$ не виконується властивість асоціативності композиції відношень; $(a_i, a_k)\rho_j, a_i, a_k \neq a_0$, допустиме інверсне відношення $\rho'_j \in \mathfrak{R}_v^0,$ $(a_k, a_i)\rho'_j; \forall \rho_j \in \mathfrak{R}_v^0, a_0, a_m, a_k \in \mathfrak{C}_0 \cup \mathfrak{X}_0, ({}_{a_k}a_k)_j = a_k$ и $(a_0, a_m) {}^l\rho_j = a_m; \rho_j \in \mathfrak{R}_v^0$ слабкий морфізм.
η	$(a_0, a_i) {}^l\eta = a_i$ и $(a_k, a_0) {}^r\eta = a_k, {}^l\eta, {}^r\eta \in \mathfrak{A}^0,$ $a_0, a_i, a_k \in \mathfrak{C}_0 \cup \mathfrak{X}_0; \forall \eta_j \in \mathfrak{A}^0, (a_0, a_0)\eta_j = a_0;$ сильний морфізм; допустима ітерація відображень

Реалізація цілей ОКПМ стосовно АСУ УЗ виявилася можливою в силу існуючої організації діючих систем, а також за рахунок використання ключових методологічних принципів і стандартів створення онтологій предметних областей [2, 5]. При цьому були використані відомі в даний час досить загальні методи моделювання складних об'єктів і процесів, представлених в АСУ УЗ, що враховують специфіку цілей, завдань і даних, орієнтовані на різних користувачів. Реалізація можливості багаторазово використовуватися ОКПМ в новому оточенні, як і в інших прикладних ОнС, забезпечується завдяки створенню потужних засобів концептуального моделювання КПМ.

Висновки. У статті виконано обґрунтування можливості використання онтологічного методу для підтримки процесів ефективного функціонування АСУ вантажними залізничними перевезеннями, а також їх подальшого розвитку. При цьому запропонована загальна модель створення системи відповідних прикладних онтологій на основі конструктивно-продукційної парадигми. Для розробки системи прикладних онтологій АСУ УЗТ запропонована єдина, універсальна, така що розвивається і настроюється модель онтологічної конструктивної структури. Розроблено

спеціалізовані засоби щодо реалізації ОКПМ, які забезпечують породження і конструювання онтологічних об'єктів нульового і вищих порядків, формування їх властивостей і показників, зв'язування концептів онтології. Розроблені моделі базисного носія екземплярів онтології, класи відношень для формування властивостей класів, конструювання індивідуальних властивостей і зв'язування концептів базисних відображень з'єднання. В даний час проводяться дослідження і розробки по удосконаленню АСУ вантажними перевезеннями України за рахунок створення комплексу аналітичних серверів, що розробляються на основі методології ОКПМ. Вирішення цього завдання вимагає систематизації та уніфікації класів основних аналітичних задач АСУ в численних сферах автоматизації, зазначених в статті раніше, а також вироблення та узгодження концептуальних моделей, їх всебічної апробації на практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скалозуб В.В. Интеллектуальные информационные технологии и системы железно-дорожного транспорта / Скалозуб В.В., Цейтлин С.Ю., Чередниченко М.С. / Монография «Системные технологии моделирования сложных процессов». – Днепр, НМетАУ – ИВК «Системные технологии». 2016. – С. 560 – 589.
2. Guarino N. Formal ontology and information systems / N. Guarino // Proceedings of FOIS. – 1998. – V. 98. – N. 1998. – P. 81-97.
3. Breitsprecher T. Towards Ontological Support for Principle Solutions / T. Breitsprecher, M. Codescu, C. Jucovschi, M. Kohlhase, L. Schröder, S. Wartzack // Mechanical Engineering. InFOIS. – 2014. – V.5. – P. 427-432.
4. Gonen B. Ontological support for the evolution of future services oriented architectures / B. Gonen, X. Fang, E. El-Sheikh, S. Bagui, N. Wilde, A. Zimmermann // Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence. – 2015. – V. 2(6). – P. 77-90.
5. Grishin M V. Tools ontological support of the design template equipment in the aircraft production/ M. V. Grishin, S. N. Larin, P. I. Sosnin // In the World of Scientific Discoveries/V Mire Nauchnykh Otkrytiy. – 2015. –V. 64(4). – P. 10-42.
6. Kazi1 Z. Ontology-Based System for Conceptual Data Model Evaluation / Z. Kazi1, L. Kazi1, B. Radulovic1, M. Bhatt // International Arab Journal of Information Technology. – 2016. – V. 13, N. 5. – p. 542-551.
7. Alexopoulos P. Utilizing Imprecise Knowledge in Ontology-based CBR Systems by Means of Fuzzy Algebra / P. Alexopoulos, M. Wallace, K. Kafentzis, D. Askounis // International Journal of Fuzzy Systems. – 2010. – V. 12, P. 1 – 15.
8. Skalozub V. Development of ontological support of constructive-synthesizing modeling of information systems / V. Skalozub, V. Ilman, V. Shynkarenko // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. — Харьков: Технолог. центр, 2017. — № 6/2 (90). — С. 83 — 85.
9. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. I. Обобщенная формальная конструктивно-продукционная структура / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – Том 50, № 5. – С. 8-16.
10. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционная модель графового представления текста / В. И. Шинкаренко, Е С Куропятник // Проблеми програмування. – 2016. – № 2-3. – С. 63-72.