

УДК 656.212.5

А.А. Косолапов¹, Ю.О. Пшінько¹

¹Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Україна
Україна, 49010, г. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2

Онтологічні моделі в задачах автоматизації сортувальних станцій

A.A. Kosolapov¹, U.O. Phin'ko¹

¹Dnipropetrov'sk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan (DNURT), Ukraine
Ukraine, 49010, Dnipropetrovsk, str. Lazaryana, 2.

Ontological Models in Automation Marshalling Yards

A.A. Косолапов¹, Ю.А. Пшінько¹

¹Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Украина
Украина, 49010, г. Днепропетровск, ул. Лазаряна, 2

Онтологические модели в задачах автоматизации сортировочных станций

Розглядається задача опису сортувальних станцій як складних об'єктів автоматизації в системах проектування уніфікованих АСУ. Запропоновано використовувати для цього онтологічні моделі, які включають об'єкти станцій від концептуального рівня до рівня сигналів на типових технологічних дільницях. Для розробки онтологій використовувався пакет Protégé.

Ключові слова: онтологічні моделі, сортувальні станції та гірки, автоматизація, Protégé.

In the article the task of authentication of parameter is examined as a continuous function of parabolic equalization is in partials. Analytical expression is found for the calculation of gradient of the non-obvious set functional. Gradient is used to determine the modernized classical method of Lagrange multipliers.

Key words: ontological models, marshalling yards and hills, automation, Protégé.

В статье рассматривается задача описания сортировочных станций как сложных объектов автоматизации в системах проектирования унифицированных АСУ. Предложено использовать для этого онтологические модели, которые включают объекты станций от концептуального уровня до уровня сигналов на типовых технологических участках. Для разработки онтологий использовался пакет Protégé.

Ключевые слова: онтологические модели, сортировочные станции и горки, автоматизация, Protégé.

У країнах з розвинутою мережею залізниць сортувальні станції є крупними транспортними підприємствами з розформування-формування поїздів. В Україні на залізницях розміщено 36 сортувальних станцій, з яких 15 вважаються вирішальними з погляду забезпечення країни в перевезеннях вантажів.

Сучасні сортувальні станції з сортувальними гірками є складними об'єктами автоматизації. Згідно з [3; 4] АСКТП сортувальної гірки з повною автоматизацією

характеризується як АСК безперервно-дискретними технологічними процесами з локально-автоматичним (автоматичним) типом керування підвищеної умовної інформаційної потужності (809 - 2153 технологічних змінних) і з вищим рівнем функціональної надійності.

З точки зору проектування систем згідно з [2] АСК сортувальних станцій відносяться до об'єктів максимальної та дуже високої складності, коли система має понад 10^6 складових частин.

Як система керування, АСК сортувальних станцій також є складною (великою) системою. За Гельфандом-Цетліним [1] це система, в якій суттєвим параметром, що впливає на її ефективність, виступає структура системи.

Перелічені особливості призвели до створення великої кількості несумісних підсистем автоматизації сортувальних станцій, які відрізняються назвами підсистем, функцій, складом вирішуваних завдань, технічними структурами, тощо.

Для подолання зазначених проблем пропонується створити онтологічні бази знань сортувальних станцій як об'єктів автоматизації та інших елементів архітектури систем.

Термін "онтологія" вперше з'явився в роботі Томаса Грубера, в якій розглядалися різні аспекти взаємодії інтелектуальних систем між собою і з людиною [9]. Інтелектуальні системи - це програми, які моделюють інтелектуальну діяльність людини. Знання, які закладає в програму її автор (тобто алгоритм цієї програми), завжди статичні, вони не змінюються. Інтелектуальна система в цьому сенсі більш універсальна - в ній знання про те, що треба робити в процесі виконання програми, не закладені в програму раз і назавжди, а можуть змінюватися. Якщо так, то ці знання необхідно передавати програмі як дані, тобто виникає необхідність їх опису.

Знання в комп'ютерних програмах, можна розділити на два типи: процедурні знання, тобто знання про те, що треба зробити в кожній конкретній ситуації і знання про проблемну область задачі або декларативні знання

Ідея Томаса Грубера полягала в тому, щоб дозволити інтелектуальним системам обмінюватися між собою закладеними в них знаннями щодо предметної області. Якщо всередині інтелектуальної системи знання про предметну область можуть бути закодовані як завгодно, то для обміну цими знаннями з іншою інтелектуальною системою необхідно надати опис цих знань. Цей опис має бути достатньою мірою формальним, щоб бути зрозумілим іншій системі, а також повинна бути відома мова цього опису. Крім того, опис має бути зрозумілим також і людині. Для цього Грубер запропонував описувати знання двома способами: у канонічній формі, яка представляє собою опис знань на мові логіки предикатів; у формі онтології, яка являє собою множину класів, пов'язаних між собою відношенням узагальнення (це зворотне відношення для відносини спадкування).

Таким чином, онтологія за Грубером являє собою опис декларативних знань у вигляді класів та їх ієрархії. До цього опису, призначеному для читання людиною, додано опис в канонічній формі, що призначений для читання машинами. Кожна інтелектуальна система може надавати кілька таких описів, що відповідають різним областям декларативних знань і, таким чином, виступає як сховище бібліотеки онтологій. Грубер уявляв, що інтелектуальні системи будуть виступати як бібліотеки онтологій і зможуть вільно обмінюватися онтологіями між собою. При цьому бібліотеці онтологій вже не обов'язково бути інтелектуальною системою, досить просто надавати сервіс з передачі онтологій на вимогу.

Складання опису декларативних знань зазвичай вимагає великої роботи і певних навичок. Для позначення цієї роботи, а також її результату, Грубер ввів спеціальний термін «концептуалізація». Опис він називав «специфікацією». Таким чином, онтологія по Груберу визначається як специфікація концептуалізації [9].

Математично онтологія може бути представлена у вигляді кортежу:

$$O = \langle C, Pr, V, I, R, F \rangle$$

де

C - множина класів концептів предметної області; Pr - множина властивостей класів; V - множина значень властивостей; I - множина екземплярів класів; R - множина відносин між класами; F - множина аксіом, заданих на класах концептів.

Концептуалізація сортувальних станцій як об'єктів автоматизації являтиме собою основу першої базової онтології в бібліотеці онтологій для проектування і удосконалення автоматизованих систем керування на сортувальних станціях.

Сортувальні станції, як підприємства по переробці вагонопотоків на мережі залізниць, можуть бути представлені у вигляді трьох макрорівнів (рис. 1) [5].

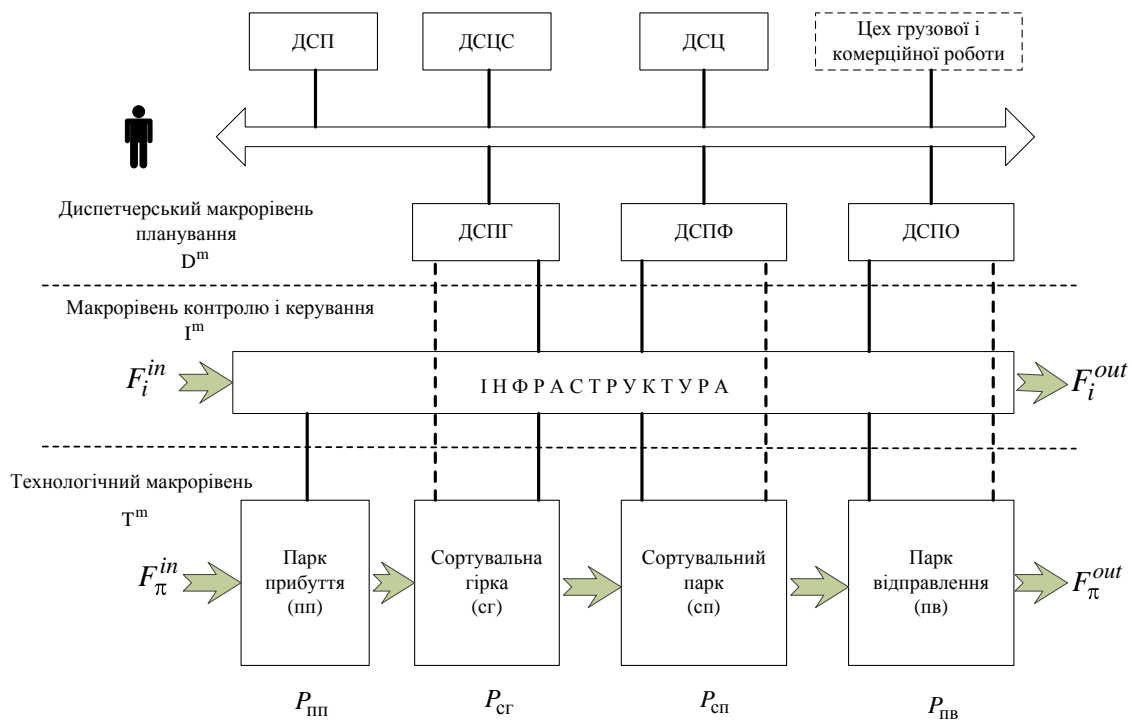


Рисунок 1 Макрорівні побудови сортувальних станцій

Перший, технологічний макрорівень T^m , виконує переробку вхідного матеріального потоку (потягів, відцепів, вагонів) у вихідний оброблений потік:

$$T^m : F_\pi^{in} \rightarrow F_\pi^{out} \tag{1}$$

На другому макрорівні, інфраструктурному I^m , здійснюється обробка вхідних інформаційних потоків (документації, повідомлень, сигналів) у вихідні інформаційні потоки:

$$I^m : F_i^{in} \rightarrow F_i^{out} \quad (2)$$

На третьому, верхньому макрорівні D^m , вирішуються завдання диспетчерського управління і планування роботи сортувальної станції

$$D^m : F_d = F_d^{in} \cup F_d^{out}, \quad (3)$$

Потоки (1), (2), (3) взаємозв'язані між собою в єдиному технологічному процесі

$$\Phi = \Phi^{in} \times \Phi^{out}, \quad (4)$$

де

$$\Phi^{in} \subset F_{\pi}^{in} \times F_i^{in} \times F_d^{in} \times T, \quad (5)$$

$$\Phi^{out} \subset F_{\pi}^{out} \times F_i^{out} \times F_d^{out} \times T, \quad (6)$$

$$F_{\pi}^{in} \subset \Pi_{тр} \cup \Pi_{розб} \cup \Pi_{місц}, \quad (7)$$

$$F_{\pi}^{out} = \Pi_{вивіз} \cup \Pi_{передав} \cup \Pi_{збір}, \quad (8)$$

$$F_i^{in} \subset I_{тнл} \cup I_{тз} \cup I_{м_ваг} \cup I_{час_приб} \cup I_{умов_пер}, \quad (9)$$

$$F_i^{out} \subset I_{нл} \cup I_{перев_док}. \quad (10)$$

У приведених виразах прийняті наступні позначення:

$\Pi_{тр}$ - множина транзитних потягів; $\Pi_{розб}$ - множина розбірних потягів; $\Pi_{місц}$ - множина місцевих вагонів; $\Pi_{вивіз}$ - множина вивізних потягів; $\Pi_{передав}$ - множина передавальних потягів; $\Pi_{збір}$ - множина збірних потягів; $I_{тнл}$ - множина телеграм-натурних листів (повідомлень 0002); $I_{тз}$ - множина телеграм-зведень (повідомлень 0001); $I_{м_ваг}$ - множина повідомлень про збірні місцеві вагони; $I_{час_приб}$ - множина

повідомлень про очікуваний час прибуття; $I_{\text{умов_пер}}$ - множина повідомлень про умовні передачі; $I_{\text{нл}}$ - множина натурних листів на потяги, що відправляються; $I_{\text{перев_док}}$ - множина комплектів перевізних документів.

В даному випадку всі процеси, що відбуваються на сортувальній станції, пов'язані між собою за часом $T \subset R^+$, де R^+ - множина дійсних чисел.

Єдиний технологічний процес переробки потягів на сортувальних станціях можна представити у вигляді множини основних технологічних процесів

$$P_{\text{сс}} = P_{\text{пп}}, P_{\text{сг}}, P_{\text{сп}}, P_{\text{пв}} \quad (11)$$

де $P_{\text{пп}}$ - парк прибуття, $P_{\text{сг}}$ - сортувальна гірка, $P_{\text{сп}}$ - сортувальний парк (парк розформування) і парк відправлення $P_{\text{пв}}$. Залежно від колійного розвитку сортувальної станції N і її експлуатаційних характеристик $P_N \subset P_{\text{сс}} \times P_{\text{сс}}$.

Кожний технологічний процес P_j складається з множини технологічних операцій $P_l = p_{il} \mid i = \overline{1, |P_l|}; j \in \{\text{пп, сг, сп, пв}\}$, що виконуються з використанням наземного устаткування і пристроїв низової автоматики.

Введемо поняття технологічної ділянки, на якій виконується обмежений набір технологічних операцій з використанням відповідного комплекту наземного устаткування і пристроїв низової автоматики. Кожна технологічна ділянка має певне місце розташування на сортувальній станції, де здійснюється взаємодія з об'єктами керування (потягами, відчепами, вагонами). Для сортувальної станції N можна виділити кінцеву множину таких технологічних ділянок

$$Y_N = y_1, y_2, \dots, y_{|Y_N|} \quad (12)$$

Очевидно, що структуру будь-якого технологічного процесу можна описати як

$$\forall (P_l \in P_{\text{сс}}) \quad P_l \subset Y_N \times Y_N \quad (13)$$

Сортувальні станції зазвичай мають свою індивідуальну оснащеність наземним устаткуванням, приладами, низовою автоматикою і виконавчими механізмами. Всі види устаткування позначимо як деяка кінцева множина $O = \{o_1, o_2, \dots, o_{|O|}\}$. Це устаткування розподілене по технологічних ділянках Y . Комплектування кожної ділянки можна описати виразом

$$\forall (y_j \in Y_N) \quad O(y_j) \subset O \times O \quad (14)$$

Кожний вид устаткування і пристроїв низової автоматики має свої засоби взаємодії з інформаційною інфраструктурою і з оперативним персоналом. Ми розглядатимемо тільки перший вид засобів, який визначає принципи формування інфраструктури, функції, що реалізуються нею, і ефективність роботи системи в цілому.

Кожному виду устаткування відповідає кінцева множина сигналів і повідомлень, розподілених в часі

$$S_o = S^{in} \times S^{out} \times Msg^{in} \times Msg^{out} \times T \times F^{tr} \quad (15)$$

де

$S^{in} = \{S_{ін}^{in} \cup S_{д}^{in} \cup S_{а}^{in} \cup S_{чі}^{in}\}$ - множина вхідних (для інфраструктури) ініціативних ($S_{ін}^{in}$), дискретних ($S_{д}^{in}$), аналогових ($S_{а}^{in}$), число-імпульсних ($S_{чі}^{in}$) сигналів; $S^{out} = S_{д}^{out} \cup S_{а}^{out}$ - множина вихідних дискретних $S_{д}^{out}$ та аналогових $S_{а}^{out}$ сигналів; Msg^{in} - множина вхідних повідомлень; Msg^{out} - множина вихідних повідомлень; F^{tr} - множина транзакцій обробки вхідних ініціативних сигналів $S_{ін}^{in}$ (ланцюжки функцій введення, обробки і виведення сигналів та повідомлень);

T - множина моментів часу появи сигналів і повідомлень на вході і виході інфраструктури.

Ініціативні вхідні сигнали, пов'язані з множиною дискретних подій (e, t_1, t_2) [6], які визначають динаміку функціонування підсистем інфраструктури і всієї системи в цілому.

Елементи множин S^{in} , S^{out} відрізняються електричними параметрами і схемами підключення.

Для будь-якої ділянки y_j комплект встановленого і використовуемого на ній устаткування $O(y_j)$ визначається набором вхідних-вихідних сигналів на даній ділянці $S(y_j) \subset S_o$.

Розглянемо основні етапи побудови онтологій автоматизованих сортувальних станцій.

Макрорівні станції (див. рис. 1) можна представити у вигляді трьох концептів (класів або множин) на мові OWL в форматі OWL/XML. Для цього будемо використовувати відкритий редактор онтологій Protégé [8]. Формуємо ієрархію класів (рисунок 2).

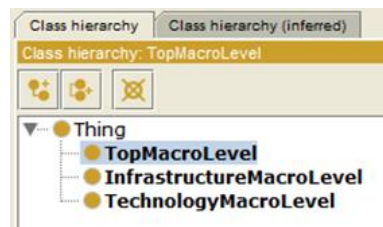


Рисунок 2 Ієрархія класів

Завдання, які вирішуються на кожному ієрархічному рівні, можна описати у вигляді анотацій до кожного класу.

Деталізуємо ієрархію класів сортувальної станції (див. рис. 3).

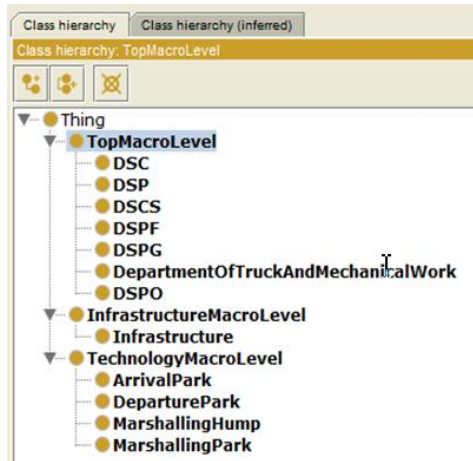


Рисунок 3 Ієрархія класів сортувальної станції

Для представлення взаємозв'язків у базі знань використано властивості об'єкта - Object Properties. Властивості в OWL представляють відносини. Існує два основних типи властивостей: властивості об'єктів і властивості типу даних (Data Type). Властивостями об'єкта є відносини між двома індивідами. Властивості об'єкта пов'язують індивідів. OWL також має третій тип властивості - властивості анотації. Властивості анотації можуть використовуватися для додавання інформації (метаданих) для класів, окремих індивідів і властивостей об'єктів (типів) даних.

Створення екземплярів Object Property аналогічно створенню ієрархії класів. Варіант ієрархії TopObjectProperty представлено на рисунку 4.

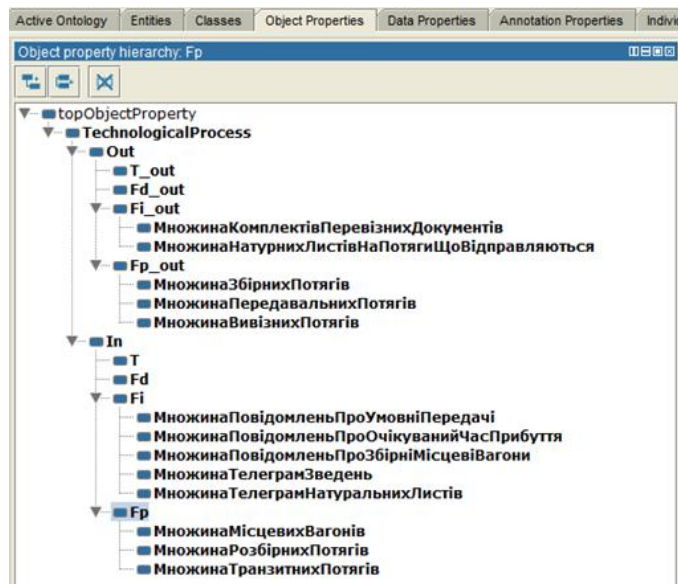


Рисунок 4 Ієрархія TopObjectProperty

Розроблена концептуалізація автоматизованих сортувальних станцій до рівня сигналів дозволяє при розробці технічної структури системи сформувати уніфіковане проектне рішення на основі онтологічних моделей технічних засобів автоматизації, наприклад промислових комп'ютерів. На рисунку 5 приведена розроблена база знань системи індустріальних контролерів APAX фірми Advantech [1; 7].

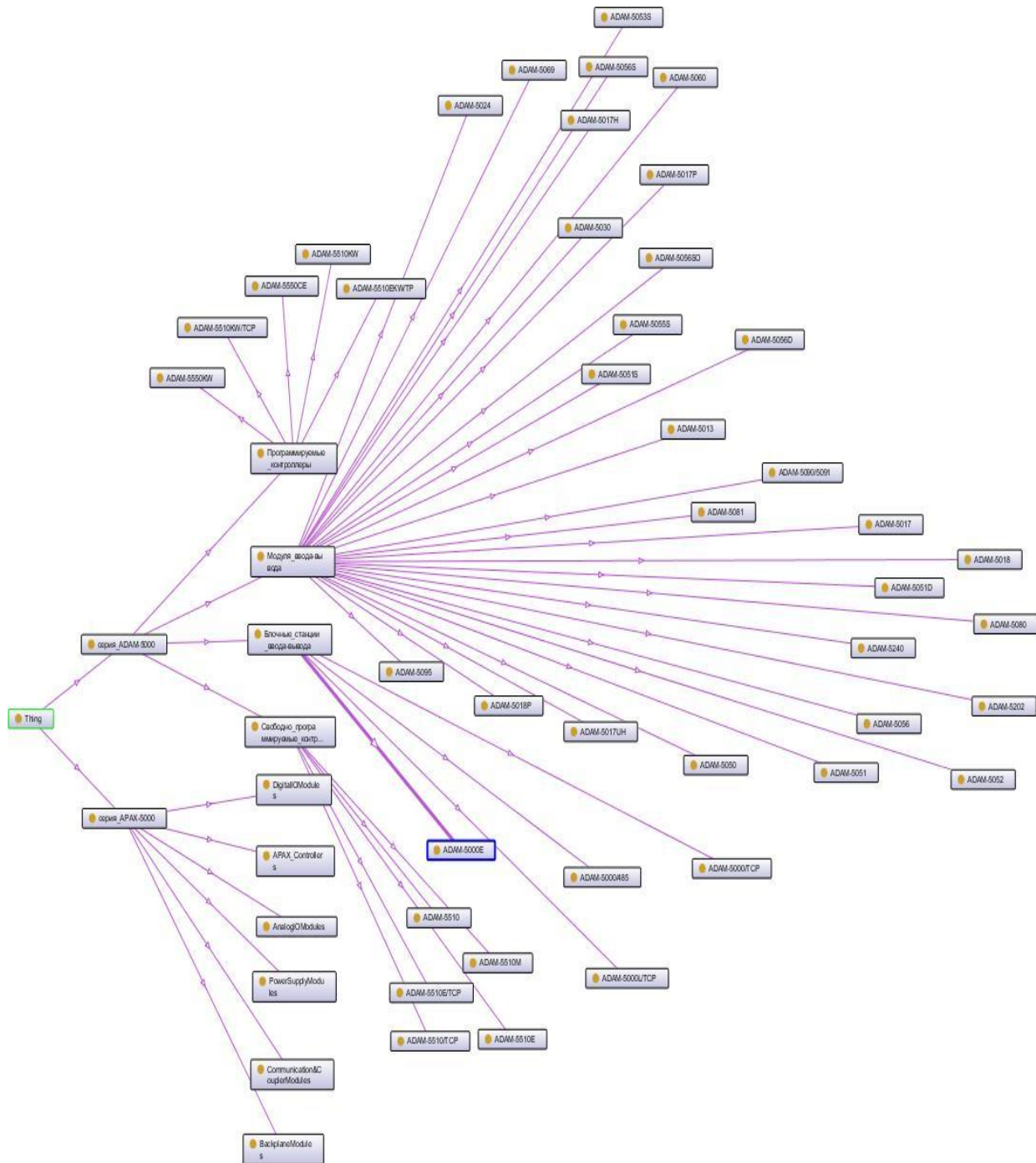


Рисунок 5 Онтологія контролерів APAX

Онтології сортувальних станцій як об'єктів автоматизації і промислових контролерів АРАХ-5000 увійшли до бібліотеки онтологій системи автоматизованого проектування і удосконалення автоматизованих систем керування на сортувальних станціях.

Література

1. Гельфанд И.М. О некоторых способах управления сложными системами [Текст] / И. М. Гельфанд, М.Л. Цетлин // Успехи математических наук. 1962. Т. 17. № 1 (103). — С. 3-25.
2. ГОСТ 23501.108-85 [Текст] // Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение. 1985.
3. Общепромышленные руководящие методические материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности (ОРММ-3 АСУТП) [Текст] / Государственный комитет СССР по науке и технике. — М : Финансы и статистика, 1986. — 73 р.
4. Косолапов А.А. Ключевая роль транспорта в современном мире : монография [Текст] / [авт. кол. : Косолапов А. А., Блохин А. Л., Борjak К. Ф. и др.]. — Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2013. — 163 с. - ISBN 978-966-2769-16-6.
5. Косолапов А.А. Концептуальні моделі сортувальних станцій. ЦИТ: 412-0949. [Текст] / А. А. Косолапов // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012». - Транспорт. Техническая эксплуатация и ремонт средств транспорта. - Одесса: КУПРИЕНКО. 2012. Т. 2. № 4. — С. 65-69.
6. Косолапов А.А. Моделі дискретних систем реального масштабу часу керування сортувальними гірками. ЦИТ: 312-793 [Текст] / А. А. Косолапов // Сб. научных трудов SWorld. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития `2012». - Транспорт. Физика и математика. - Одесса. 2012. Т. 2. — С. 46-58.
7. Automation Device and Computing 2012-2013 [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://support.advantech.com.tw/OnlineResources/SubIndex.aspx?bu=99B2E2BE-A7E3-4C58-9E35-B4F48A952AC7&type=eCatalog>. : Advantech, 2013.
8. The Protégé Ontology Editor [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://protege.stanford.edu/>. — Manchester, 2013.
9. Gruber T.R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases [Текст] / J.A. Allen, R. Fikes, T.R. Gruber, E. Sandewell – eds. Morgan Kaufmann // 1991. — С. 601-602.

Literatura

1. Gel'fand I.M. O nekotoryh sposobah upravleniia slozhnymi sistemami [Tekst] / I. M. Gel'fand, M.L. Cetlin // Uspehi matematicheskikh nauk. 1962. T. 17. № 1 (103). - S. 3-25.
2. GOST 23501.108-85 [Tekst] // Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniia. Klassifikaciia i oboznamenienie. 1985.
3. Obshcheotraslevye rukovodiashchie metodicheskie materialy po sozdaniiu i primeneniiu avtomatizirovannykh sistem upravleniia tehnologicheskimi processami v otrasliakh promyshlennosti (ORMM-3 ASUTP) [Tekst] / Gosudarstvennyj komitet SSSR po nauke i tehnikе. - M : Finansy i statistika, 1986. - 73 s.
4. Kosolapov A.A. Kliuchevaia rol' transporta v sovremennom mire : monografiia [Tekst] / [avt. kol. : Kosolapov A. A., Blohin A. L., Boriak K. F. i dr.]. - Odessa : KUPRIENKO SV, 2013. - 163 s. - ISBN 978-966-2769-16-6.
5. Kosolapov A.A. Modeli diskretnih sistem real'nogo masshtabu chasu keruvannia sortuval'nimi girkami. CIT: 312-793 [Tekst] / A. A. Kosolapov // Sb. nauchnykh trudov SWorld. "Nauchnye issledovaniia i ih prakticheskoe primenenie. Sovremennoe sostoianie i puti razvitiia `2012". - Transport. Fizika i matematika. - Odessa. 2012. T. 2. - S. 46-58.
6. Kosolapov A.A. Konceptual'ni modeli sortuval'nih stancij. CIT: 412-0949. [Tekst] / A. A. Kosolapov // Sbornik nauchnykh trudov SWorld. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii "So-

- vremennye problemy i puti ih resheniia v nauke, transporte, proizvodstve i obrazovanii'2012". - Transport. Tehnisheskaia ekspluataciia i remont sredstv transporta. - Odessa: KUPRIENKO. 2012. T. 2. № 4. - S. 65-69.
7. Automation Device and Computing 2012-2013 [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupu : <http://support.advantech.com.tw/OnlineResources/SubIndex.aspx?bu=99B2E2BE-A7E3-4C58-9E35-B4F48A952AC7&type=eCatalog>. : Advantech, 2013.
 8. The Protege Ontology Editor [Elektron. resurs] / Rezhim dostupa: <http://protege.stanford.edu/>. - Manchester, 2013.
 9. Gruber T.R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases [Tekst] / J.A. Allen, R. Fikes, T.R. Gruber, E. Sandewell - eds. Morgan Kaufmann // 1991. - P. 601-602.

RESUME

A.A. Kosolapov, U.O. Pshin'ko

Ontological models in automation marshalling yards

In this article ontology of the marshalling yards is developed as objects of automation and industrial automation controllers APAX-5000 which be part of the library of ontology of computer-aided system design at the marshalling yards.

On the base of the conceptual chart of the marshalling yards offered in work [5] ontology of the classification yard is developed from three macro level of the yard to the levels of signals which are formed on typical technological areas.

For creation of ontology was used the free program Protege [8]. In the article basic design of ontology stages are described in this framework.

The developed ontology allows simply to determine the system of facts and knowledge's, used in the process of planning, design or improvement of the systems of automation for the marshalling yards.

A.A. Косолапов, Ю.О. Пшінько

Онтологічні моделі в задачах автоматизації сортувальних станцій

У даній статті розроблені онтології сортувальних станцій як об'єктів автоматизації і промислових контролерів APAX-5000, які увійшли до бібліотеки онтологій системи автоматизованого проектування АСК на сортувальних станціях.

На базі запропонованої в роботі [5] концептуальної схеми сортувальної станції розроблена онтологія сортувальної станції від трьох макрорівнів станції до рівнів сигналів, що формуються на типових технологічних ділянках.

Для створення онтологій використовувалася вільно поширювана програма Protege [8]. У статті описані основні етапи розробки онтологій в цьому фреймворці.

Розроблені онтології дозволяють однозначно визначати систему фактів і знань, використуваних в процесі проектування або удосконалення систем автоматизації для сортувальних станцій.