

the model parameters, which have semantic meaning. The paper also considers fractal characteristics of real information streams. It describes how the Hurst exponent dynamics depends on these information streams state in practice. The authors have suggested an approach to modeling and further forecast of real information streams by changing the model parameters during its operation. With the help of the model and case-studies it has been shown, that it is possible to reveal changes in behavior of real information streams by analyzing changes in the dynamics of Hurst exponent. The diagram of Hurst exponent dynamics has been compared with the wavelet-scaleogram. A more effective algorithm of Hurst exponent evaluation permits recommending constant observation over this parameter dynamics in course of analytical work. Besides, it allows forecasting the information streams' behavior on the grounds of Hurst parameter value.

Keywords: news, news distribution, multi-agent model, Hurst index, wavelet-scaling.

Дмитрий Владимирович Ланде, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом специализированных средств моделирования, Институт проблем регистрации информации Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.

E-mail: dwlande@gmail.com.

Вадим Александрович Додонов, ведущий инженер отдела специализированных средств моделирования, Институт проблем регистрации информации Национальной академии наук Украины, Киев, Украина

E-mail: dodonov.vadim@gmail.com.

Дмитро Володимирович Ланде, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділом спеціалізованих засобів моделювання, Інститут проблем реєстрації інформації Національної академії наук України, Київ, Україна.

Вадим Олександрович Додонов, провідний інженер відділу спеціалізованих засобів моделювання, Інститут проблем реєстрації інформації Національної академії наук України, Київ, Україна.

Dmytro Lande, doctor of technical science, senior researcher, head of the specialized modeling tools department, Institute for information recording of National academy of science of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Vadym Dodonov, lead engineer of the specialized modeling tools department, Institute for information recording of National academy of science of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

УДК 004.273

ОЛЕКСІЙ КОВАЛЕНКО

ПОБУДОВА БАГАТОРІВНЕВИХ МУЛЬТИАГЕНТНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗАСНОВАНИХ НА ЗНАННЯХ

У статті розглядаються питання побудови багаторівневих інформаційних систем, які проектуються з використанням моделей предметних областей у формі онтологій. Сформульовано принципи побудови багаторівневих систем, визначено структуру опису та рівні управління таких систем. Запропонована формальна модель багаторівневої системи на основі теоретико-множинного підходу з врахуванням аспектів її функціонування: ієрархічного, управлінського, функціонального, комунікаційного. Аналізуються особливості створення та ефективного використання таких систем. Деталізовано семантику кожного рівня багаторівневої системи на основі онтологічних описів. Запропоновано підхід до

© О. Коваленко, 2016

побудови багаторівневих інформаційних систем агентного типу з використанням онтологій предметних областей їх застосування. Показано універсальність моделей опису агентів в рамках запропонованого підходу. Визначено основні ролі агентів в складі багаторівневих систем та аспекти використання і збагачення ними знань про предметну область застосування. Запропонований підхід до побудови багаторівневих агентних систем забезпечує узгодження семантики, функціональності та архітектурних рішень, і дозволяє реалізувати наскрізний процес проектування з поєднанням різних нотацій моделювання систем. Така модель природнім чином представляє різні рівні абстракції при розгляді інформаційних систем, зберігаючи водночас змістовний зв'язок між цими рівнями, що забезпечує коректність переходу від одного рівня абстрактного подання до іншого, без втрати семантичної єдності всіх рівнів.

Ключові слова: предметно-орієнтоване проектування, багаторівнева інформаційна система, теоретико-множинний підхід, онтологія, мультиагентна система.

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку інформаційних технологій вимагає пошуку методів і способів для створення ефективних і гнучких архітектур інформаційних систем, які мають багаторівневу архітектуру. Фундаментальні принципи створення багаторівневих інформаційних систем визначаються стандартом взаємодії відкритих систем [1]. Ці принципи використовуються для визначення кількості рівнів та їх розмежування і включають такі положення:

- кількість рівнів не повинна бути надмірною, що може ускладнити розробку системи, її опис та інтеграцію;
- слід визначати межу між рівнями у точці, де опис функцій (сервісів) рівня є компактним, а кількість взаємодій між рівнями – мінімальна;
- розділяти рівні таким чином, щоб функції відповідних процесів і технологій суттєво відрізнялись;
- об'єднувати подібні (близькі) функції на одному рівні;
- визначати межі між рівнями, враховуючи попередній позитивний досвід використання аналогічних систем;
- створювати рівень легко локалізованих функцій таким чином, щоб цей рівень можна було повністю модернізувати, а його інтерфейси (протоколи) суттєво змінити для отримання переваг останніх досягнень архітектурних рішень, апаратних і програмних технологій без зміни визначених функцій (сервісів) для суміжних рівнів;
- попередньо розмежувати рівні у точках, де може бути використаний відповідний стандартизований інтерфейс;
- створювати різні рівні при необхідності представлення різних рівнів абстракції оперування даними, наприклад, морфологічному, синтаксичному, семантичному;
- забезпечити можливість зміни функцій або протоколів всередині рівня таким чином, щоб це не впливало на інші рівні;
- кожний рівень повинен взаємодіяти лише з сусідніми нижчим і вищим рівнями.

Окрім того, при необхідності визначення підрівнів окремого рівня слід дотримуватись таких принципів:

- здійснювати подальше групування і організацію функцій для формування підрівнів в середині рівня у випадках, коли цього потребує окремий сервіс;
- створювати, при необхідності, два або більше підрівнів із загальною, а отже мінімальною функціональністю для забезпечення взаємодії сусідніх рівнів;
- забезпечити розпаралелювання підрівнів.

Опис кожного рівня повинен включати:

- опис призначення рівня;
- опис сервісів, що надаються даним рівнем наступному (вищому) рівню;

– опис функцій, що виконуються на даному рівні і використовують функції, які виконуються на попередньому (нижчому) рівні.

Отже, багаторівневі інформаційні системи, як один з видів відкритих систем, теж повинні будуватись із дотриманням принципів, визначених у [1].

Окремий аспект використання багаторівневих інформаційних систем становить управління їх функціонуванням. Управління такими системами забезпечує вирішення проблем ініціації, припинення, моніторингу процесів, а також організації узгодженого функціонування у робочих режимах і управління у позаштатних ситуаціях. Розрізняють такі рівні управління:

- управління системою в цілому;
- управління застосунками;
- управління рівнями.

Слід зауважити, що інформаційне наповнення (контент) системи безпосередньо не залежить від архітектури системи. Але, з іншого боку, існує потреба найбільш ефективного вирішення конкретних функціональних задач на існуючій архітектурі інформаційної системи. Тобто необхідно забезпечити відповідність структури системи семантиці (змісту) виконуваних системою функцій.

Аналіз підходів до побудови багаторівневих мультиагентних систем. У роботі [2] запропонована концепція багаторівневої архітектури предметно-орієнтованої системи, що передбачає розподіл функцій системи між її рівнями. Багаторівнева система включає такі основні рівні: апаратний (технічний); операційний; сервісний (утилітарний); технологічний; інформаційний (контентний); регламентний (методичний); організаційний. Зокрема, технологічний рівень представлений спеціалізованими (предметно-орієнтованими) сервісами, які забезпечують функціональність конкретної багаторівневої предметно-орієнтованої системи, її зовнішній інтерфейс, режими доступу, реалізують логіку предметної сфери і алгоритми реалізації предметних функцій. Технологічні сервіси організуються за ієрархією, яка представлена на рис. 1.

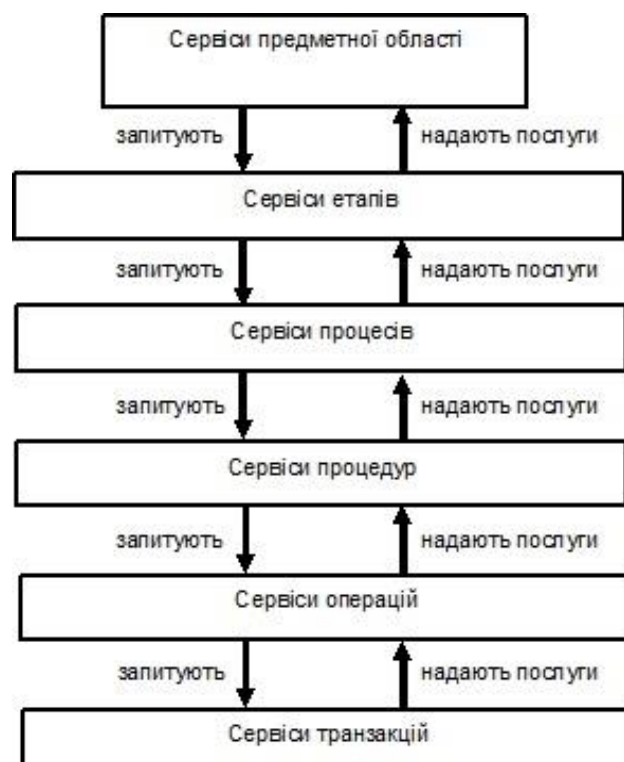


Рисунок 1 – Ієрархія технологічних сервісів предметно-орієнтованої інформаційної системи

Різноманітність і початкова невизначеність множини сервісів, необхідних для реалізації конкретної моделі предметної діяльності, вимагають забезпечення широкого вибору

функціональності сервісів, їх доступності, гнучкості та автономності. Виконання цих вимог може бути забезпечено на основі агентно-орієнтованого підходу. Таким чином предметно-орієнтована інформаційна система може бути представлена як мультиагентна система (МАС) [3].

Різноманітні варіанти застосування МАС і використання технологічних платформ для їх розробки описані в роботах [3-6]. Але в цих публікаціях не використовується, або використовується частково стратифікація (виділення змістовних рівнів) реалізації функцій системи, що певною мірою обмежує застосування запропонованих в них підходів.

Формальна модель багаторівневої системи. Враховуючи викладені вище вимоги, формально багаторівневу систему можна визначити кортежем

$$S = \langle L, I^0, C^S, T \rangle,$$

де $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ – множина рівнів системи;

$I^0 = \{i^0_1, i^0_2, \dots, i^0_n\}$ – множина зовнішніх інтерфейсів системи;

$C^S = \{c^s_1, c^s_2, \dots, c^s_n\}$ – множина функцій управління системою в цілому;

T – цільова функція (функція призначення) системи (може бути задана неявно, як метафункція у вигляді сукупності вимог до інших компонентів системи).

Кожний рівень, у свою чергу, може бути представлений кортежем

$$l_j = \langle U^l, I^l, C^a, C^l \rangle,$$

де U^l – множина сервісів рівня l_j ;

I^l – множина інтерфейсів рівня l_j ;

C^a – множина функцій управління додатками рівня l_j ;

C^l – множина функцій управління рівнем l_j .

Кожний сервіс u_k^l реалізується як композиція функцій деякої підмножини F_k^l множини функцій F^l , які реалізовані на рівні l_j .

Реалізація описаної моделі включає два аспекти:

- семантичний (змістовний);
- архітектурний (структурно-функціональний).

Семантика кожного рівня природно описується засобами семантичних мереж, які можна використовувати для представлення онтологій. Онтологічний підхід широко застосовується для побудови змістовних моделей різних предметних областей. Для складних предметних областей застосовуються багаторівневі онтології, підхід до розробки яких описано у роботі [3]. Онтологія, що має n рівнів, описується послідовністю [7]:

$$O = (O_n, \{ \langle O_n, O_{n-1} \rangle \}, \dots, \{ \langle O_n, O_{n-1}, \dots, O_1 \rangle \}).$$

Тут O_n – модель онтології рівня n , $\{ \langle O_n, O_{n-1} \rangle \}$ – модель онтології рівня $(n-1)$, \dots , $\{ \langle O_n, O_{n-1}, \dots, O_1 \rangle \}$ – модель онтології першого рівня. Слід зауважити, що онтологія O є складовою частиною загальної математичної моделі предметної області, яка включає також модель знань предметної області – $\{ \langle O, K \rangle \}$ та модель реальності предметної області – $\{ \langle O, K, R(K) \rangle \}$.

Аналогічний підхід може бути застосований і для створення семантичної моделі багаторівневої інформаційної системи. Семантика кожного рівня буде визначати його функціональність і, певною мірою, структуру.

Спираючись на онтології, можна конкретизувати вимоги до реалізації структури системи. Враховуючи різноманітність задач, що вирішуються, їх варіативність та еволюціонування необхідно забезпечити гнучкість і масштабованість багаторівневих систем. Це можна реалізувати на основі організації віртуальних структур в межах певної універсальної інформаційної метаструктури, зокрема на основі МАС.

Розширенням концепції МАС для реалізації багаторівневих систем є визначення множини агентів кожного рівня виходячи із функціональних вимог до цього рівня [8]. Віднесення того чи іншого агента до певного рівня визначає тип агента. Таким чином багаторівневу МАС формально можна описати як множину A агентів різного типу:

$$A = \{A^l\},$$

де A^l – множина агентів, що відповідає рівню l .

Виходячи із семантики і функціональних вимог до кожного рівня, множина агентів A^l рівня l визначається відображенням семантики (онтології) O^l відповідно рівня на його функціональність F^l :

$$A^l: O^l \times F^l.$$

В результаті, набір сервісів U^l кожного рівня буде визначатись функцією управління C^l агентами відповідного рівня:

$$U^l = C^l(A^l).$$

Слід зауважити, що деякі рівні багаторівневої системи можуть представлятись не лише програмними агентами, а й іншими об'єктами і суб'єктами системи, наприклад, адміністраторами, розробниками курсів, керівниками занять, особами які навчаються, регламентами функціонування та ін., що мають іншу фізичну сутність (не електронну), але включені у контури управління і взаємодії агентів системи. До таких рівнів можуть відноситись, наприклад, організаційний і методичний рівні.

Використання знань при побудові багаторівневих мультиагентних систем. Агенти в МАС повинні взаємодіяти у відповідності із процесами обробки інформації та управління, які застосовуються у інформаційній системі. Моделі процесів обробки інформації та управління зберігаються у базі знань (БЗ) інформаційної системи, яка поповнюється і оновлюється в процесі її функціонування із врахуванням попереднього досвіду використання. Таким чином, при функціонуванні інформаційної системи на основі МАС забезпечується її еволюціонування. БЗ багаторівневої інформаційної системи являє собою ієрархію доменів знань про різні аспекти процесів її функціонування, які включають як знання, що стосуються конкретних сфер в яких здійснюється використання інформаційної системи, так і знання, пов'язані із регламентами роботи в кожній з цих сфер. Ці знання використовуються для визначення переліку потрібних агентів та моделей їх поведінки і взаємодії у процесі функціонування інформаційної системи.

Враховуючи ієрархію знань, можна класифікувати агенти МАС за їх призначенням і використанням. Тому для управління вибором конкретної множини агентів для реалізації тих чи інших процедур в МАС слід провести відбір агентів у цю множину. Для цього використовуються знання про агенти та їх властивості із БЗ доступних агентів.

Враховуючи особливості застосування МАС, реалізація кожного етапу цього процесу підтримується відповідними групами ("колоніями") агентів таким чином, що результат діяльності однієї колонії є вхідним матеріалом для діяльності іншої, і в кінцевому підсумку отримується остаточний результат процесу обробки інформації у заданому форматі. Отже, обробка інформації в багаторівневій МАС є результатом суперпозиції функціонування множини колоній агентів на заданому інформаційному полі. Таким чином, постає задача формального визначення специфікацій задач предметної області використання МАС на основі якого визначається початковий склад «екосистеми агентів» для конкретної задачі обробки інформації і управління. На основі специфікацій визначається склад кожної колонії, який обирається із "популяції" подібних між собою агентів.

Агент-диспетчер МАС повинен мати опис загальної формальної постановки задачі обробки інформації у вигляді запиту до моделі знань відповідної предметної сфери на основі якого здійснюється відбір множини необхідних агентів, що реалізують кожний етап вирішення даної задачі. Агенти функціонують у межах агентної платформи, яка забезпечує управління життєвими циклами агентів і ефективними комунікаціями (обміном повідомленнями) між агентами. Мова комунікацій агентів (Agent Communications Language, ACL) визначається множиною документів FIPA, пов'язаних з ACL [9]. Власне, мова ACL описана в документі [10]. Механізм, який реалізує комунікації між агентами, в документах FIPA називається Message Transport Service (MTS). Документом [11] визначаються компоненти, що реалізують пошук сервісів та агентів, які включають в себе систему управління агентами (Agent Management System, AMS) і довідники сервісів (Directory Facilitator, DF). Компонента AMS відповідальна за ведення та реалізацію сервісу білих сторінок, які містять список агентів, зареєстрованих на платформі. Вона також відповідальна

за підтримання життєвого циклу агентів. Компонента DF надає агентам сервіс жовтих сторінок. Сервіс жовтих сторінок забезпечує реєстрацію сервісів агентів і пошук агента за його сервісом. Агенти платформи можуть підписуватись у DF-агента на отримання інформації про реєстрацію необхідного сервісу. Множина жовтих сторінок, розташованих на різних екземплярах агентської платформи, реалізують сервіс розподілених жовтих сторінок. Таким чином забезпечується інформаційна база для функціонування агентного середовища.

При конфігуруванні середовища застосування багаторівневої MAC агенти реалізації етапів процесу обробки інформації здійснюють формування множини агентів реалізації процесів, агенти реалізації процесів – формування множини агентів реалізації процедур і далі до визначення множини необхідних транзакцій для кожної з операцій обробки інформації. При цьому на кожному рівні формується лише інформаційна база про агентів без їх активації та зв'язування у процесі взаємодії. Таким чином формується інформаційне агентне середовище. Далі, у відповідності із технологією використання багаторівневої MAC, здійснюється активація потрібних агентів.

Виходячи з різноманітності задач, що вирішуються в різних процесах обробки інформації, мультиагентне середовище обробки інформації і управління будується на основі гібридної архітектури, тобто включає в себе деліберативні (засновані на знаннях) та реактивні (з механізмами поведінки типу “стимул-реакція”) агенти. Деліберативні агенти призначені для виконання аналітичних функцій, результатом яких є конкретизація предметного середовища використання MAC. Реактивні агенти реалізують управління процесом обробки на основі інформації (подій), отриманих із зовнішнього середовища або інших агентів в результаті здійснення комунікацій. Таким чином формуються рольові групи (асоціації) агентів з спеціалізацією функцій всередині груп, як по вертикалі (рівнями ієрархії функцій), так і по горизонталі (задачами, що вирішуються на даному функціональному рівні).

Формування знань агентів про своє середовище здійснюється з використанням механізмів монотонної і немонотонної логіки, що дозволяє сформувати більш повну модель світу з урахуванням можливих обмежень та специфіки предметної сфери, наближену до картини світу, що формується в уяві людини. Автономність агентів дозволяє створювати подібні агенти в різних місцях агентного середовища і надалі здійснювати відбір найбільш ефективних агентів за визначеними показниками у різних моделях взаємодії (конкуренції або кооперації). Таким чином, забезпечуватиметься безперервність функціонування, гнучкість та еволюційність мультиагентного середовища ситуаційного управління.

При реалізації багаторівневих систем на основі віртуальних структур потрібно забезпечити як мінімум достатність ресурсів підтримуючої (базової) метасистеми. Важливими задачами залишаються також задачі забезпечення функціональної повноти і мінімальної достатності функцій системи.

Висновки. Використання агентно-орієнтованого підходу при створенні багаторівневих інформаційних систем забезпечує гнучкість, адаптованість, простоту масштабування і удосконалення таких систем.

Організація агентів на основі ієрархії функцій технологічного процесу обробки інформації в інформаційній системі дозволяє здійснювати ефективне управління мультиагентним середовищем виходячи із потреб кожного рівня які забезпечуються лише необхідною множиною агентів нижчих рівнів.

Управління мультиагентним середовищем здійснюється агентом диспетчером на основі бази знань про доступних агентів, зареєстрованих на платформі, з організацією рольових груп.

Таким чином, на основі моделі багаторівневої архітектури запропоновано підхід до побудови мультиагентних інформаційних систем, що забезпечує узгодження семантики, функціональності та підтримуючих їх архітектурних рішень, і дозволяє реалізувати наскрізний процес проектування таких систем. Запропонована формалізація процесу проектування є уніфікованою і може бути підтримана будь-якими відомими технологіями

моделювання систем на основі IDEF0, UML, реляційної моделі та ін. Окрім того, така модель природним чином представляє різні рівні абстракції при розгляді інформаційних систем, зберігаючи водночас змістовний зв'язок між цими рівнями, що забезпечує коректність переходу від одного рівня абстрактного подання до іншого, без втрати семантичної єдності всіх рівнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] International Organization for Standardization. (1996, June 15). *ISO/IEC 7498-1. Information technology. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model: The Basic Model*. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/20269.html>. Accessed on: Sept., 8, 2016.
- [2] О.Є. Коваленко, “Архітектура модульних систем дистанційного навчання”, *Актуальні проблеми економіки*, № 12 (78), с. 172-176, 2007.
- [3] M.J. Wooldridge, *An Introduction to Multiagent Systems*. Chichester, United Kingdom: John Wiley and Sons, Ltd., 2002.
- [4] Y. Shoham, and K. Leyton-Brown, *Multiagent systems: Algorithmic, game-theoretic, and logical foundations*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2008.
- [5] M. Niazi, and A.Hussain, “Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey”, *Scientometrics*, vol. 89, iss. 2, pp. 479-499, 2011. doi: 10.1007/s11192-011-0468-9.
- [6] Г.П. Чекинов, и С.Г. Чекинов, “Применение технологии многоагентных систем для интеллектуальной поддержки принятия решения”, *Системотехника*, № 1, 2003. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://systech.miem.edu.ru/2003/n1/Chekinov.htm>. Дата обращения: Сент. 15, 2016.
- [7] И.Л. Артемьева, “Многоуровневые математические модели предметных областей”, *Искусственный интеллект*, № 4, с. 85-94, 2006.
- [8] О.Є. Коваленко, “Семантично-функціональний підхід до побудови багаторівневих систем електронного навчання”, на *IV науково-практичній конф.з міжнар. уч. Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика*, Київ, 2008, с. 166-169.
- [9] FIPA Agent Communication Language Specifications. [Online]. Available: <http://www.fipa.org/repository/aclspecs.php3>. Accessed on: Sept., 8, 2016.
- [10] FIPA Communicative Act Library Specification. Available: <http://www.fipa.org/specs/fipa00037/SC00037J.pdf>. Accessed on: Sept., 8, 2016.
- [11] FIPA P2P NA WG6. Functional Architecture Specification Draft 0.12. Available: <http://www.fipa.org/subgroups/P2PNA-WG-docs/P2PNA-Spec-Draft0.12.doc>. Accessed on: Sept., 8, 2016.

Стаття надійшла до редакції 30 вересня 2016 року.

REFERENCE

- [1] International Organization for Standardization. (1996, June 15). *ISO/IEC 7498-1. Information technology. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model: The Basic Model*. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/20269.html>. Accessed on: Sept., 8, 2016.
- [2] O. E. Kovalenko, “The Architecture of Modular Distance Learning Systems”, *Actual Proplems of Economics*, no. 12 (78), pp. 172-176, 2007.
- M.J. Wooldridge, *An Introduction to Multiagent Systems*. Chichester, United Kingdom: John Wiley and Sons, Ltd., 2002.
- [4] Y. Shoham, and K. Leyton-Brown, *Multiagent systems: Algorithmic, game-theoretic, and logical foundations*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2008.
- [5] M. Niazi, and A.Hussain, “Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey”, *Scientometrics*, vol. 89, iss. 2, pp. 479-499, 2011. doi: 10.1007/s11192-011-0468-9.

- [6] G.P. Chekinov, and S.G. Chekinov, "Application of the technology of multi-agent systems for intelligent decision support", *Systemotekhnika*, no.1, 2003. [Online]. Available: <http://systech.miem.edu.ru/2003/n1/Chekinov.htm>. Accessed on: Sept. 15, 2016.
- [7] I.L. Artemyeva, "Multilevel mathematical models of subject domains", *Artificial Intelligence*, no. 4, pp. 85-94, 2006.
- [8] O.E. Kovalenko, "Semantically-functional approach to construction of multi-level e-learning systems", in Proc. *4th Scientific-practical Conf. Decision Support Systems. Theory and Practice*, Kyiv, 2008, pp. 166-169.
- [9] FIPA Agent Communication Language Specifications. [Online]. Available: <http://www.fipa.org/repository/aclspecs.php3>. Accessed on: Sept., 8, 2016.
- [10] FIPA Communicative Act Library Specification. Available: <http://www.fipa.org/specs/fipa00037/SC00037J.pdf>. Accessed on: Sept., 8, 2016.
- [11] FIPA P2P NA WG6. Functional Architecture Specification Draft 0.12. Available: <http://www.fipa.org/subgroups/P2PNA-WG-docs/P2PNA-Spec-Draft0.12.doc>. Accessed on: Sept., 8, 2016.

АЛЕКСЕЙ КОВАЛЕНКО

ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ

В статье рассматриваются вопросы построения многоуровневых информационных систем, которые проектируются с использованием моделей предметных областей в форме онтологий. Сформулированы принципы построения многоуровневых систем, определены структура описания и уровни управления таких систем. Предложена формальная модель многоуровневой системы на основе теоретико-множественного подхода с учетом аспектов ее функционирования: иерархического, управленческого, функционального, коммуникационного. Анализируются особенности создания и использования таких систем. Детализирована семантика каждого уровня многоуровневой системы на основе онтологических описаний. Предложен подход к построению многоуровневых информационных систем агентного типа с использованием онтологий предметных областей их применения. Показана универсальность моделей описания агентов в рамках предложенного подхода. Определены основные роли агентов в составе многоуровневых систем и аспекты использования и обогащения ими знаний о предметной области применения. Предложенный подход к построению многоуровневых агентных систем обеспечивает согласование семантики, функциональности и архитектурных решений, и позволяет реализовать сквозной процесс проектирования с сочетанием различных нотаций моделирования систем. Такая модель естественным образом представляет различные уровни абстракции при рассмотрении информационных систем, сохраняя при этом содержательную связь между этими уровнями, обеспечивает корректность перехода от одного уровня абстрактного представления к другому, без потери семантического единства всех уровней.

Ключевые слова: предметно-ориентированное проектирование, многоуровневая информационная система, теоретико-множественный подход, онтология, мультиагентная система.

OLEKSII KOVALENKO

CONSTRUCTION OF MULTILEVEL MULTIAGENT INFORMATION SYSTEMS BASED ON KNOWLEDGE

This article discusses the designing of multi-level information systems based on a subject domain model in the form of ontology. The principles of construction of multilevel systems are formulated; description structure and management levels of such systems are defined. Formal model of multilevel system is proposed. Proposed model is based on set-theoretic approach and takes into account aspects of multilevel system functioning: hierarchical, administrative, functional,

and communicational. The peculiarities of creation and use of such systems are analyzed. Semantics of each level of the multilevel system based on ontological description is itemized. An approach to building of multilevel agents-based information systems using ontology of subject domains of their application is proposed. The universality of model description of agents within of the proposed approach is shown. The main roles of the agents as parts of multilevel systems and aspects of using and enriching by them of knowledge about the subject area of application are defined. The proposed approach to the designing of multilevel agent-based systems ensures the harmonization of semantics, functionality and architectural design implementations, and allows to realize pass-through process design with a combination of different notation for modeling systems. This model represents different levels of abstraction when considering information systems, while maintaining a meaningful relationship between these levels, ensuring correct transition from one level to another abstract representation, without losing the semantic unity at all levels.

Keywords: domain-driven design, multi-level information system, set-theoretic approach, ontology, multi-agent system.

Олексій Єпифанович Коваленко, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та застосування автоматизованих інформаційних систем та технологій, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна.

E-mail: oleksiykovalenko@gmail.com.

Алексей Епифанович Коваленко, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры кибербезопасности и применения информационных систем и технологий, Институт специальной связи и защиты информации Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", Киев, Украина.

Oleksii Kovalenko, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor at the cybersecurity and application of information systems and technologies academic department, Institute of special communication and information protection of National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute", Kyiv, Ukraine.

УДК 004(91+81/34.01)

СЕРГІЙ КОСЕНКО

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ОНТОЛОГІЙ ТА ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ В СИСТЕМУ ПРАВОВИХ ЗНАНЬ

У статті представлені загальні відомості про походження поняття "онтологія" та аналізуються шляхи його подальшої трансформації з метою пристосування для використання в системах штучного інтелекту, де онтологія розуміється як комплекс знань, що призначений для надання певних відомостей про об'єкт дослідження. Показано, що на теперішній час розроблена ціла низка різноманітних онтологій, а саме поверхневі, топові, доменні тощо, котрі створюють основу для подальшої розробки системи штучного інтелекту з використанням накопичених знань та баз даних для удосконалення процесу логічного мислення і прийняття відповідних рішень. Особливу роль онтології почали відігравати в правознавстві для формалізації законів, прийняття судових рішень та надання інформації про появу певних прецедентів та нетипових випадків. В статті також наводяться критерії дизайну онтологій, а також особливості їх застосування в правовому домені.

Ключові слова: онтологія, право, штучний інтелект, концептуалізація, правовий домен.

© С. Косенко, 2016