

Ткаченко О.А., Ткаченко О.І.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ СИТУАЦІЙНО-СЕМАНТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ, ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ

В статті розглянуто питання моделювання складних об'єктів, процесів та систем на основі особливого класу мережевих моделей. Запропоновано для використання модель, якою є ситуаційно-семантична мережа. Формалізований опис моделі дозволяє визначити стан складного об'єкту, процесу (в тому числі й інформаційного) чи системи, проаналізувати та спрогнозувати дії щодо їх розвитку та вдосконаленню.

***Ключові слова:** моделювання складних об'єктів, процесів та систем, ситуаційно-семантична мережа, стан складного об'єкту, процесу чи системи, параметри ситуаційно-семантичного моделювання.*

Постановка проблеми. Розробка складних систем в наш час потребує попереднього моделювання їхніх управлінських, інформаційних та інших складових. Моделювання складних об'єктів, процесів та систем може ґрунтуватися на різних моделях, вибір яких обумовлюється поставленими задачами та предметною областю.

Автори пропонують моделювання складних об'єктів, процесів та систем на основі багаторівневої моделі особливого класу семантичних мереж (СМ) – ситуаційно-семантичних мереж (ССМ), в яких ситуації обумовлюють не тільки опис моделі на будь-якому її рівні, а й перехід від одного рівня до іншого. ССМ застосовується при моделюванні об'єктів, процесів та систем, їх аналізі, визначенні їхніх структур, структуризації інформаційних потоків, ситуаційному описі подій, станів, процесів та результатів моделювання. Маніпулюючи ССМ, можна отримати нові знання про складний об'єкт, систему, уникаючи небезпеки та значних витрат.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій. Вивченням і теоретичним обґрунтуванням процесів моделювання складних об'єктів, процесів і систем, класифікацією моделей, їх формалізованим описом і практичним застосуванням займалися К. Петрі, Дж. Питерсон, О.Л. Перевозчикова, Є.Л. Ющенко, Д.А. Поспелов, Т.А. Гаврилюк, В.Ф. Хорошевський, Ф.С. Робертс [1–5].

Серед науковців, що займаються проблемами моделювання складних об'єктів, процесів та систем, слід відзначити таких зарубіжних та вітчизняних вчених: А.А. Самарський, А.П. Михайлов, А.А. Петров, І.Г. Поспелов, А.А. Шананин, А.Д. Мишкіс, Б.Я. Советов, С.А. Яковлев, Д.А. Зайцев, В.Б. Мараховський, Л.Я. Розенблюм, А.В. Яковлев [6–12].

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Незважаючи на великий інтерес вчених до визначеної тематики, питання багаторівневого моделювання складних об'єктів, процесів та систем на основі однієї моделі ще мало розроблені, недостатньо дослідженні та потребують свого вирішення. Зокрема, у статті пропонується підхід до багаторівневого моделювання складних об'єктів, процесів та систем на основі нового класу СМ – ситуаційно-семантичних мереж.

Метою даної статті є дослідження СМ, визначення їх основних принципів та запропонування нового класу СМ – СММ для багаторівневого моделювання складних об'єктів, процесів та систем з урахуванням стандартизації ситуацій, в яких можуть опинитися ці об'єкти, процеси та системи.

Викладення основного матеріалу. Семантичне моделювання є одним із засобів моделювання складних об'єктів, процесів та систем.

Семантична мережа – система знань предметної області, що має певний зміст у вигляді цілісного образу мережі, вузли якої відповідають об'єктам (поняттям предметної області, компонентам системи, складовим процесу тощо), а дуги – відносинам між ними.

Формалізація СМ можлива за умов її систематизації. Наприклад, в моделі Куїлліана [14] функції відносин між поняттями систематизуються за допомогою таких ознак: *відносини* (наприклад, «абстрактне – конкретне», «ціле – частина», «причина – наслідок»); *умови застосування відносин*; *зв'язки* (кон'юнктивні, диз'юнктивні, виключаюче АБО).

СМ може бути задано трійкою: $M_{sm} = \{G_{sm}, H_{sm}, U_{sm}\}$, де G_{sm} – множина об'єктів (вузлів), $G_{sm} \neq \emptyset$; H_{sm} – множина зв'язків між вузлами (дуг), $H_{sm} \subseteq (G_{sm} \cup G_{sm})$; $dom(H_{sm}) \cup ran(H_{sm}) = G_{sm}$, де $dom(H_{sm}) = \{y \in G_{sm} | \exists x \in G_{sm}, (x, y) \in H_{sm}\}$, $ran(H_{sm}) = \{y \in G_{sm} | \exists x \in G_{sm}, (x, y) \in H_{sm}\}$, тобто будь-який вузол СМ інцидентний хоча б одному вузлу СМ. U_{sm} – множина навантажень на елементи H_{sm} . $G_{sm} = \{G_{sm}^i\}$, де G_{sm}^i – i -ий вузол СМ, $H_{sm} = \{H_{sm}^j\}$, де H_{sm}^j – j -а дуга, $U_{sm} = \{U_{sm}^{jk}\}$, де U_{sm}^{jk} – k -е навантаження на j -й дузі СМ.

При побудові СМ кількість елементів та їхніх зв'язків не обмежується, а систематизація відносин між об'єктами мережі необхідна для подальшої формалізації. Систематизація відносин СМ є складною проблемою і залежить від конкретної предметної області. При систематизації важливу роль відіграє ієрархія відносин, які можна поділити на: загальнозначущі, що є характерними для майже всіх предметних областей, значущі, що є характерними для багатьох предметних областей, специфічні, що є характерними для окремої предметної області [13]. Виділяють такі види СМ [14]:

1. *Логіко-семантична*, що описує об'єкт у термінах предметної області, включаючи всі логічно несуперечливі твердження і факти.

2. *Структурно-функціональна*, що розглядає об'єкт як цілісний, розділяючи його на окремі важливі елементи.

3. *Причинно-наслідкова*, що використовується для опису динаміки складних процесів.

Приклади використання СМ. WordNet [15] – СМ для англійської мови, розроблена в Принстонському університеті, і випущена разом з супутнім програмним забезпеченням під вільною ліцензією. Базовою словниковою одиницею в WordNet є не окреме слово, а так званий синонімічний ряд («сінсети»), який об'єднує слова зі схожим значенням, що пов'язані відношеннями синонімії, тобто розділення множини лексичних одиниць на класи еквівалентності, що виражають сутність відповідних понять (див. рис.1). Приклади сінсетів: {good, fine}, {man, adult male}.

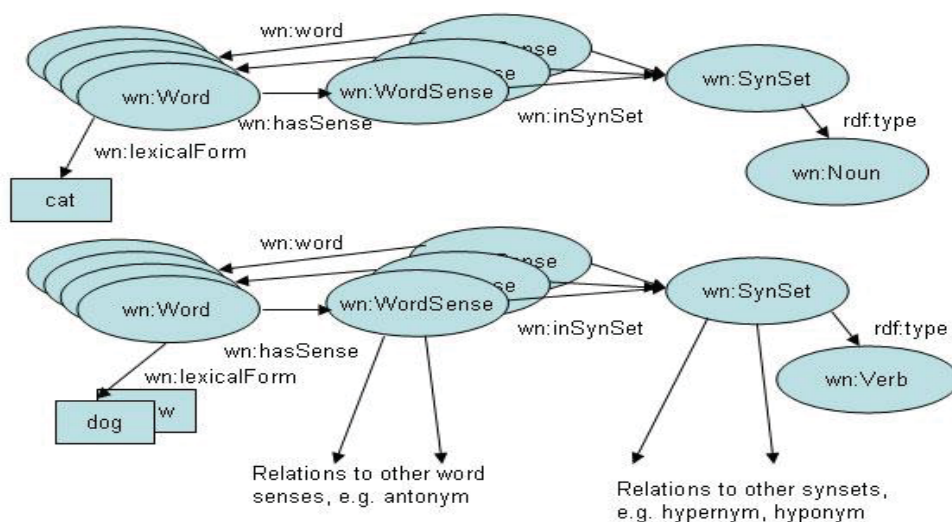


Рис.1. Класифікація лексичних одиниць у WordNet

Джерело: розроблено авторами на основі [16]

Словник лексем складається з мереж для основних частин мови: іменників, дієслів, прикметників і прислівників (див. рис. 2). Лексема може з'являтися більш ніж в одному сінсеті і мати більш однієї категорії частини мови. Кожен сінсет містить список синонімів і покажчики, що описують відносини між ним та іншими сінсетами. Лексеми, що мають кілька значень, включаються в декілька сінсетів і можуть бути зараховані до різних класів.

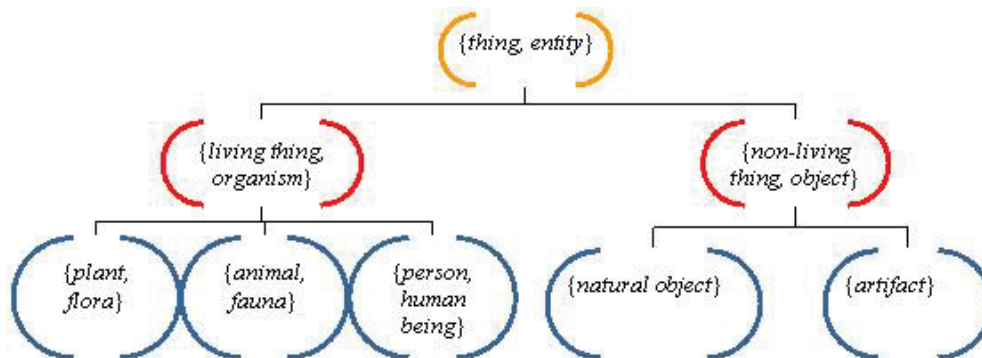


Рис.2. СМ словника лексичних одиниць у WordNet
Джерело: розроблено авторами на основі [16]

Авторами пропонується СМ, яка враховує ще й ситуативність функціонування об'єктів, процесів та систем. Всі ситуації, згідно яких здійснюється моделювання складного об'єкту, процесу чи системи можна поділити на: штатні та нештатні [13]. Штатні ситуації можна поділити на: загальнозначимі, загальні та специфічні. Використання ситуацій та їх типізації сприяє багаторівневості запропонованої моделі (ССМ).

Формально ССМ можна задати так: $M_{ssm} = \{G_{ssm}, H_{ssm}, U_{ssm}, S_{ssm}\}$, де G_{ssm} – множина об'єктів (вузлів), $G_{ssm} \neq \emptyset$; H_{ssm} – множина зв'язків між вузлами (дуг), $H_{ssm} \subseteq (G_{ssm} \cup G_{ssm})$; $\text{dom}(H_{ssm}) \cup \text{ran}(H_{ssm}) = G_{ssm}$, де $\text{dom}(H_{ssm}) = \{y \in G_{ssm} | \exists x \in G_{ssm}, (x, y) \in H_{ssm}\}$, $\text{ran}(H_{ssm}) = \{y \in G_{ssm} | \exists x \in G_{ssm}, (x, y) \in H_{ssm}\}$, тобто будь-який вузол ССМ інцидентний хоча б одному вузлу ССМ; U_{ssm} – множина навантажень на елементи H_{ssm} ; S_{ssm} – множина ситуацій, в яких відбувається функціонування ССМ. $G_{ssm} = \{G_{ssm}^i\}$, де G_{ssm}^i – і-ий вузол ССМ; $H_{ssm} = \{H_{ssm}^j\}$, де H_{ssm}^j – j-а дуга ССМ; $U_{ssm} = \{U_{ssm}^j\}$, де U_{ssm}^j – j-е навантаження на j-й дузі ССМ; $S_{ssm} = \{S_{ssm}^i\}$, де S_{ssm}^i – ситуація, що визначає семантику i-го вузла ССМ.

Маршрут – послідовність вузлів x_1, \dots, x_k мережі M_{ssm} таких, що $P_{ssm} 1k = \{(x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k)\} \in H_{ssm} \times H_{ssm}$. Шлях $P_{ssm} 1k = \{x_1, \dots, x_k\}$ веде з вузла x_1 у вузол x_k . Маршрут $P_{ssm} xy$ з вузла x у вузол y є циклом, якщо жоден з вузлів не з'являється в ньому більше одного разу, дуга $(x, y) \in H_{ssm}$ її початок x співпадає з її кінцем y .

ССМ належить до СМ, хоча й є особливим класом цих моделей. Всі моделі можна поділити на: динамічні та статичні. *Статична модель* описує зв'язок між елементами об'єкту (процесу, системи) в умовах рівноваги та/або відсутності зміни стану, який обумовлюється ситуацією/ситуаціями функціонування об'єкту (процесу, системи). *Динамічною* є модель, в якій причинно-наслідкові зв'язки визначають динамічний процес переходу з одного стану в інший. ССМ є класом причинно-наслідкових динамічних моделей паралельних дій, що відбуваються в об'єкті (процесі, системі).

Моделювання за допомогою ССМ здійснюється на рівні ситуацій (подій, станів) [13]. Визначається, які дії відбуваються в системі, які ситуації (стати) обумовили виконання цих дій і в які ситуації (стати) перейде система після виконання відповідної дії.

Аналіз результатів виконання моделі (СММ) передбачає повідомлення про ситуації, в яких перебував/не перебував об'єкт (процес, система), які ситуації для нього є недосяжними і

неможливими. Аналіз функціонування об'єкту на основі ССМ надає кількісні та якісні характеристики його станів. Якщо в ССМ знайдено недоліки, то модель модифікується декілька разів до отримання моделі, адекватної об'єкту.

Компоненти ССМ та їхні дії виступають як події. Прикладами подій можуть бути, зокрема: ситуаційне визначення маршруту на ССМ, згідно якого відбувається обчислення значень критеріїв, що визначають ситуацію. Кожна подія може відбутися один раз, багато разів чи не відбутися жодного разу. Це означає, що подія заблокована і не буде реалізована до виконання відповідних умов.

Ситуаційність моделі обумовлюється функціонуванням об'єктів предметної області та відповідним класом задач. Для того, щоб подія щодо об'єкту (процесу, системи) відбулася, необхідна поява ситуації, при якій ця подія може бути реалізована. *Ситуація* – сукупність умов виникнення події. Подія реалізується, якщо виконані умови її реалізації. Умова може бути невиконана (її ємність дорівнює нулю), виконана (її ємність дорівнює одиниці), виконана з n-кратним запасом (її ємність дорівнює n, де n – натуральне число).

Показники кількісної оцінки ССМ: зв'язність, досяжність, надлишковість, компактність.

Показник зв'язності $\gamma_{зв}$ для ССМ з n вузлами $\gamma_{зв} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(c)}$. Показник надлишковості $\alpha =$

$\gamma_{зв} - 1$. Показник досяжності $\delta_d = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(d)}$. Показник компактності $\kappa = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(p)}$.

$a_{ij}^{(c)}, a_{ij}^{(d)}, a_{ij}^{(p)}$ – елементи відповідних матриць суміжності, досяжності та відстаней.

ССМ повинна бути: достовірною; адекватною; цілеспрямованою; простою і зрозумілою користувачеві; повною; надійною; такою, що припускає модифікацію. Для адекватного відображення зв'язку між входом і виходом в ССМ використовуються поняття «стан» та «ситуація». Стан $z(t_i)$ є сукупністю властивостей (станів, ситуацій) ССМ, знання яких в момент часу t_i , дозволяє визначити її поведінку в моменти часу $t > t_i$.

Множини і оператори, що складають загальносистемну ССМ, можуть мати різні властивості, сукупність яких дозволяє конкретизувати характер функціонування системи: безперервність; лінійність; стаціонарність; стохастичність (ймовірність). Основні етапи побудови ССМ: «загальносистемна модель \rightarrow системна модель \rightarrow комп'ютерна модель».

Моделювання процесів функціонування об'єктів, процесів та систем повинно починатися з опису всіх компонент загальносистемної моделі, визначення їхнього змісту і областей змін. Необхідно визначити: інтервал часу, на якому відбувається функціонування ССМ; вхідні і вихідні впливи та області їх можливих змін; множини характеристик стану та область їх можливих змін.

Висновки та пропозиції. Запропонована модель:

- дозволяє прогнозувати поведінку складних об'єктів, процесів, систем;
- враховує в силу її динамічності можливість появи нового виду об'єктів предметної області, процесів їх життєдіяльності та систем;
- адекватно реагує на локальні і глобальні фактори впливу на предметну область;
- динамічно змінює свою форму і надає можливість враховувати нові дані для більш точного прогнозування розвитку і вдосконалення відповідної предметної області.

Використання запропонованої ССМ розширює можливості моделювання складних об'єктів, процесів та систем і дозволяє проводити раніше недоступні дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем [Текст] / Дж. Питерсон. – М: Мир, 1984. – 264 с.
2. Перевозчикова О. Л. Основи системного аналізу об'єктів і процесів комп'ютеризації [Текст] / О.Л. Перевозчикова. – К.: Видавничий дім "Києво-Могилянська академія", 2003. – 432 с.

3. Глушков В. М., Ющенко Е. Л. Вычислительная машина «Киев»: математическое описание [Текст] / В. М. Глушков, Е. Л. Ющенко. – К.: Техн. лит., 1962. – 183 с.
4. Гаврилюк Т. А., Хорошевський В. Ф. Бази знань інтелектуальних систем [Текст] / Т. А. Гаврилюк, В. Ф. Хорошевський – К: Либідь, 2000. – 422 с.
5. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам [Текст] / Ф. С. Робертс. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
6. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры [Текст] / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2001. – 374 с.
7. Петров А. А., Поспелов И. Г., Шананин А. А. Опыт математического моделирования экономики [Текст] / А. А. Петров, И. Г. Поспелов, А. А. Шананин. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544 с.
8. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей [Текст] / А. Д. Мышкис. – М.: КомКнига, 2007. – 192 с.
9. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем // М.: Высшая школа., 2001. – 343 с.
10. Поспелов Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика [Текст] / Д. А. Поспелов. – М.: Наука, 1999. – 288 с.
11. Зайцев Д. А. Универсальная сеть Петри / Кибернетика и системный анализ. – № 4. – 2012. – С. 24-39.
12. Мараховский В. Б., Розенблюм Л. Я., Яковлев А. В. Моделирование параллельных процессов. Сети Петри [Текст] / В. Б. Мараховский, Л. Я. Розенблюм, А. В. Яковлев. – СПб: Проф. литература, ИТ-Подготовка, 2014. – 400 с.
13. Ткаченко О. И. Использование сетей Петри для ситуационного диалога в маршрутных системах ПРОЦЕСС [Текст] / О. И. Ткаченко // Средства представления знаний в информационных технологиях : Сб. научн. тр. – Киев: ИК АНУ, 1992. – С. 33-38.
14. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем [Текст] / Дж. Люгер. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 864 с.
15. WordNet Search – 3.1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwn>

Ткаченко А.А., Ткаченко О.И.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИТУАЦИОННО-СЕМАНТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

В статье рассмотрены вопросы моделирования сложных объектов, процессов и систем на основе особого класса сетевых моделей. Предложена для использования модель, которой является ситуационно-семантическая сеть. Формализованное описание модели позволяет определить состояние сложного объекта, процесса (в том числе и информационного) или системы, проанализировать и спрогнозировать действия по их развитию и усовершенствованию.

Ключевые слова: моделирование сложных объектов, процессов и систем, ситуационно-семантическая сеть, состояние сложного объекта, процесса и системы, параметры ситуационно-семантического моделирования.

Tkachenko O., Tkachenko O.

SOME ASPECTS OF SITUATION-SEMANTIC MODELING OF COMPLEX OBJECTS, PROCESSES AND SYSTEMS

The article deals with the modeling of complex objects, processes and systems based on a special class of network models. A model is proposed for use, which is a situational-semantic network. The formalized description of the model makes it possible to determine the state of a complex object, the process (including the information one) or the system, analyze and forecast the actions for their development and improvement.

Keywords: modeling complex objects, processes and systems, situational and semantic network, the state of a complex object, process and system, the parameters of situational and semantic modeling.