

Methods of information systems synthesis

УДК 004.7:519.1

DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.04>

В. В. Онищенко, Я. Ю. Корольова, А. М. Носик

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, Україна

ФОРМУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ СЕМАНТИЧНОЇ МЕРЕЖІ КОНЦЕПТІВ

Анотація. Предметом дослідження є особливості формування узагальненої семантичної мережі концептів. **Мета статті** – обґрунтування складу та основних типів вершин і відношень, характерних для семантичної мережі концептів, а також формування узагальненої семантичної мережі концептів для структурно-лінгвістичного розпізнавання зображень у комп’ютерних системах і мережах. **Методи дослідження:** методи теорії математичної логіки, математичної лінгвістики та теорії множин; методи візуалізації інформації за допомогою графів. **Результати:** запропоновано підхід до формування узагальненої семантичної мережі структурно-лінгвістичних концептів контурних зображень об’єктів, отриманих під різними кутами зйомки; проведено обґрунтування складу та типів вершин і відношень, характерних для семантичної мережі концептів; сформульовані основні принципи побудови семантичної мережі структурно-лінгвістичних концептів об’єктів розпізнавання. **Висновки.** Для побудови опису зображення, що відповідає концепції семантичної обробки інформації та може використовуватися в системах збору релевантних зображень в комп’ютерних системах і мережах, доцільно використовувати структурно-лінгвістичний підхід до розпізнавання з використанням узагальненої семантичної мережі концептів. Застосування цієї мережі при класифікації та ідентифікації об’єктів дозволяє суттєво розширити діапазон прийнятих до розгляду зображень, які враховують різні напрямки зйомки та різні кути відхилення камери від положення в надрі.

Ключові слова: семантичний визначник; семантична мережа; концепт; релевантна інформація; пошук зображень; узагальнена семантична мережа концептів.

Вступ

Постановка проблеми. В даний час забезпечення ефективного змістового доступу до релевантної інформації, зокрема до електронних колекцій зображень, є досить актуальною проблемою [1]. Особливої актуальності вона набула з розвитком мережі Інтернет, яка щодня поповнюється величезною кількістю зображень. Пошук потрібної інформації стає все більш складним, трудомістким і неефективним процесом. Користувач у більшості випадків отримує велику кількість посилань на ресурси, які лише формально стосуються суті запиту. Завдання ще більше ускладнюється, якщо мова йде про пошук зображень. У зв’язку з цим виникає необхідність у скороченні списку отриманих посилань шляхом здійснення релевантного пошуку зображень та зменшення часу на аналіз сторінок завдяки врахуванню семантики [2] і застосування процедур класифікації та ідентифікації. При цьому методи й алгоритми, які розробляються для вирішення цієї задачі, повинні задовольняти ряду вимог щодо швидкодії та точності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для побудови опису зображення, що відповідає концепції семантичної обробки інформації та може використовуватися в системах збору релевантних зображень, доцільно використовувати структурно-лінгвістичний підхід до розпізнавання [3]. Існуючі методи не дозволяють отримати подібний опис внаслідок неможливості створення універсальних процедур, які здійснюють побудову структур ознак класів розпізнавання інваріантних афінним перетворенням та деформаційним спотворенням контурів зображень [4]. Одним з методів, що задовольняє вищезазначеним вимогам, є метод структурно-лінгвістичного розпізнавання зображень тривимір-

них об’єктів з використанням семантичної мережі концептів (СМК) [5]. Відомо, що даний метод передбачає класифікацію та ідентифікацію контурних зображень тривимірних об’єктів і складається з: семантичного перетворення контурного зображення об’єкта на структуру концепту [6]; зіставлення отриманого концепту з фрагментами СМК, що відповідають за різні положення камери відносно об’єкта зйомки; прийняття рішення про приналежність об’єкта до певного класу (підкласу); при необхідності ідентифікації об’єкта – здійснення декомпозиції концепту класифікації [7] та зіставлення множини декомпозиційних концептів з фрагментами СМК, що містять еталонні декомпозиційні концепти в межах обраної області; прийняття рішення про приналежність об’єкта до певного типу в межах класу на основі аналізу ознак ідентифікації.

Для застосування цього методу необхідно спочатку сформувати узагальнену семантичну мережу концептів (УСМК), а також провести її коригування в процесі навчання.

Розвиток методів машинного навчання і обробки великих даних (Big Data) призвели до того, що ряд завдань, які раніше розв’язувалися за допомогою семантичних мереж (СМ), стали вирішуватися без них [8-16]. Але, незважаючи на успіхи машинного навчання, СМ як і раніше є незамінними при розміщенні об’єктів на зображеннях [17]. СМ з усталеною системою ідентифікаторів зручно використовувати для зв’язування даних між собою. Крім того, цікавим застосуванням СМ є об’єктний або семантичний пошук, коли в якості результатів представляється фактографічна інформація, яка має відношення до пошукового запиту.

Метою статті є обґрунтування складу й основних типів вершин і відношень, характерних для

СМК, і формування УСМК для структурно-лінгвістичного розпізнавання зображень у комп'ютерних системах і мережах (КСМ).

Виклад основного матеріалу

Сформулюємо основні принципи побудови УСМК контурних зображень тривимірних об'єктів, отриманих під різними кутами зйомки, і розглянемо основні типи відношень, характерних для пропонованої СМК, на прикладі підкласу класу "літак".

Згаданий метод структурно-лінгвістичного розпізнавання зображень тривимірних об'єктів передбачає, що у процесі розпізнавання здійснюється виділення контуру об'єкта та проводиться його верифікація [18]. Потім відбувається нормалізація [19, 20] отриманої структури більш високого рівня спільності та будується структурно-лінгвістичний концепт $LCpt(I)$ зображення I досліджуваного об'єкта, представленого у вигляді конкатенації структурних елементів $v_{k,\sigma}$:

$$LCpt(I) = v_{1,\sigma} * v_{2,\sigma} * \dots * v_{n,\sigma}, \quad (1)$$

де $*$ – пропозиційні зв'язки; σ – номер сектора (рис. 1), який характеризує сукупність напрямків орієнтації розвитку структури ($\sigma = \{1, 2, \dots, 8\}$); n – кількість структурних елементів концепту.

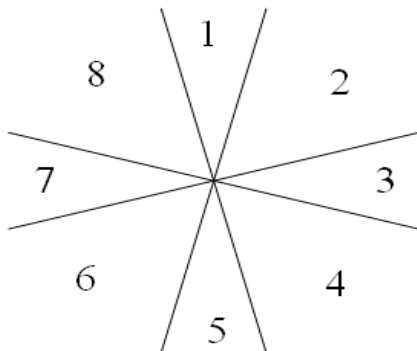


Рис. 1. Система орієнтації структурних елементів (Fig. 1. Orientation system of structural elements)

Побудова множини структурно-лінгвістичних концептів (СЛК), отриманих для різних кутів α_n (рис. 2) відхилення камери від положення в надир і різних напрямків γ_k камери по відношенню до об'єкта зйомки (рис. 3), спричиняє необхідність пошуку варіантів представлення отриманих знань.

Одним з таких варіантів може бути СМ, яка дозволяє описувати об'єкти, явища та поняття предметної області за допомогою мережевих структур, заснованих на теорії графів [16, 21].

Під семантичною мережею будемо розуміти орієнтований граф $W = (N, R)$, де в ролі вершин виступають поняття, а в ролі дуг – відношення між ними. Згідно з [21], можна запропонувати кілька різних класифікацій семантичних мереж, пов'язаних з типами відношень між поняттями. За кількістю типів відношень СМ можуть бути однорідними (з

єдиним типом відношень) і неоднорідними (з різними типами відношень). За типами відношень СМ поділяються на бінарні (в яких відношення пов'язують два об'єкти) і N-арні (в яких є спеціальні відношення, що зв'язують більше двох понять).

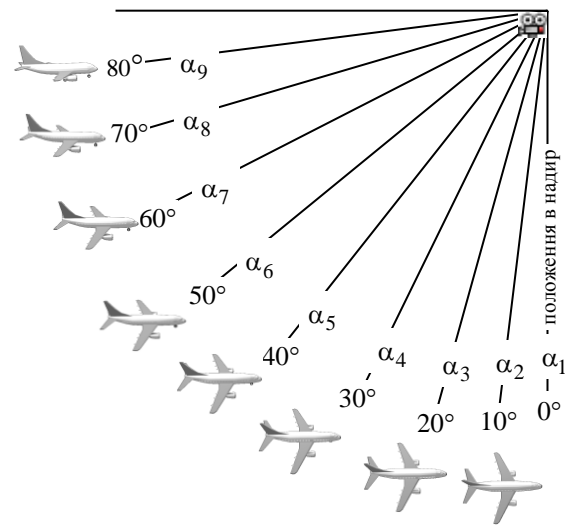


Рис. 2. Відхилення камери від положення в надир (Fig. 2. Camera deviation from nadir position)

Найчастіше при розгляді семантичних мереж використовують наступні відношення: зв'язки, що визначають тип об'єкту "частина – ціле" ("клас – підклас", "елемент – множина"); функціональні зв'язки (визначені зазвичай дієсловами "виробляє", "впливає"); кількісні зв'язки ("більше", "менше", "дорівнює"); просторові зв'язки ("далеко від", "близько від", "за", "під", "над"); часові зв'язки ("раніше", "пізніше", "протягом"); атрибутивні зв'язки ("мати властивість", "мати значення"); логічні зв'язки ("І", "АБО", "НЕ"); лінгвістичні зв'язки та ін.

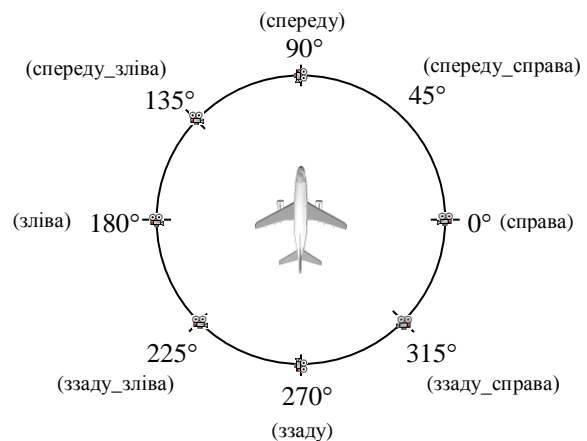


Рис. 3. Відповідність кутів і напрямків зйомки (Fig. 3. Correspondence of angles and directions of survey)

Оскільки зйомка проводиться з різних боків, то одним з визначальних типів відношень будуть просторові відношення r_{np} : "зліва", "справа", "спереду", "ззаду", "спереду_зліва", "спереду_справа", "ззаду_зліва", "ззаду_справа", "зверху" (рис. 3).

Другим типом відношень будуть логічні відношення r_L типу "І" та "І/АБО". Відношення "І" характерні для випадку, коли одній вершині $n_i^{(j)}$ ($i = \overline{1, m}$, m – кількість класів) відповідає єдина вершина $n_i^{(j+1)}$. Наведене в дужках значення означає ступінь вкладеності (рівень ієрархії) СМ. Даний тип відношень визначає напрямок розвитку СМ в глибину. Відношення "І/АБО" характерні для випадку, коли одній вершині $n_i^{(j)}$ відповідає кілька вершин $n_i^{(j+1)}, n_{i+1}^{(j+1)}, \dots, n_{i+m}^{(j+1)}$. Дана ситуація визначає розвиток СМ як в глибину, так і в ширину.

Крім того, нашій мережі будуть властиві також відношення "частина – ціле", "клас – підклас" і "елемент – множина". Таким чином, фактично ми маємо справу з неоднорідною N-арною СМ.

Розглянемо основні типи вершин $n_i^{(j)}$, які будуть характерними для нашої СМК. Перш за все, це вершина мережі $n^{(0)}$, яка властива будь-якій СМ. З цієї вершини, розташованій на нульовому рівні, починається формування СМК в глибину. Другим типом вершин будуть вершини, що визначають клас

об'єкта, де $i = \overline{1, m}$, m – кількість класів. Назвемо їх семантичними визначниками класу. Якщо умови поставленого завдання вимагають більшої деталізації, то класи можуть бути розбиті на підкласи, представлені вершинами $n_{i,k}^{(1)}$, де $k = \overline{1, n}$, n – кількість підкласів у межах класу. Назвемо їх семантичними визначниками підкласу. В нашому випадку, клас "літак" може бути розбитий на підкласи за принципом аеродинамічної схеми літака. В якості прикладу, будемо розглядати підклас літаків з нормальною аеродинамічною схемою. У загальному випадку ступінь деталізації може бути довільним і визначатися кількістю нижніх індексів під час опису вершини СМ першого рівня.

Наступний рівень вкладеності СМК буде визначатися типами вершин $n_{\gamma_k}^{(2)}$, що відображають відповідність напрямків γ_k камери по відношенню до об'єкта зйомки, і пов'язаних між собою просторовими зв'язками ("між", "зліва", "справа"). Назвемо їх семантичними визначниками напрямків зйомки.

Фрагмент СМК, що включає три розглянутих рівня ієрархії, наведено на рис. 4.

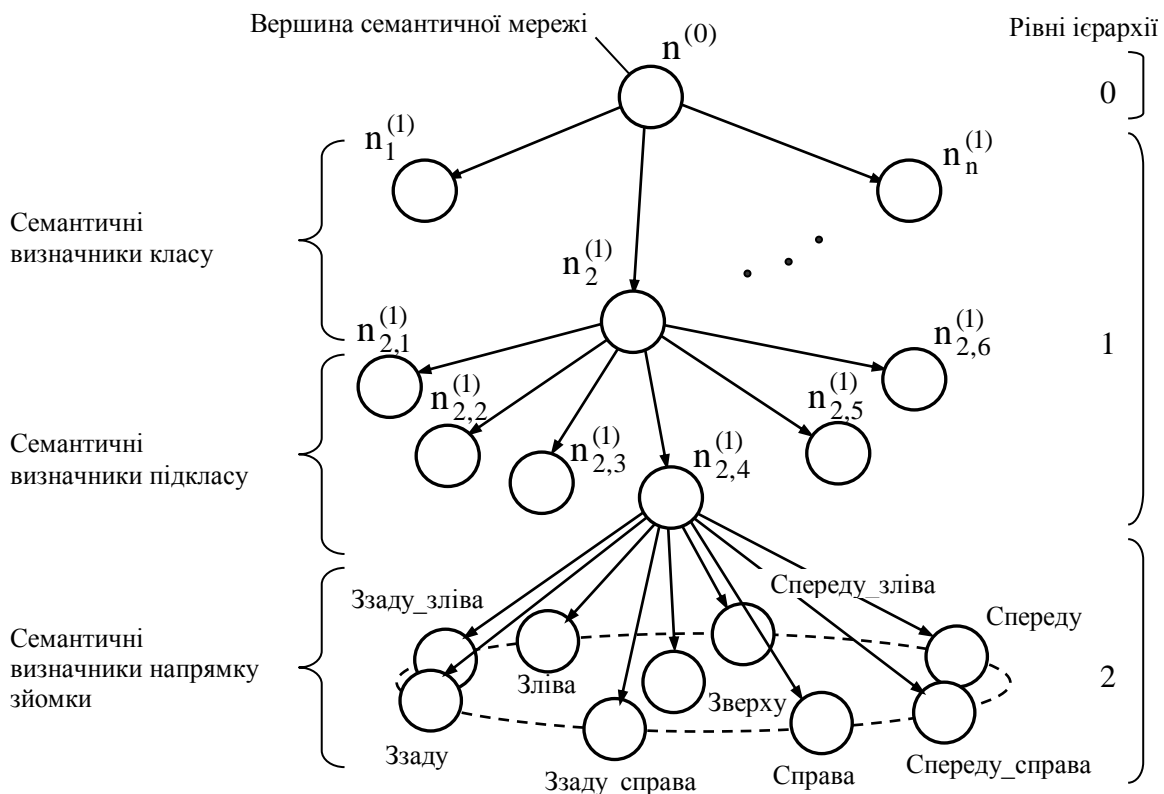


Рис. 4. Фрагмент семантичної мережі концептів (Fig. 4. Fragment of the semantic network of concepts)

Для наочності вершини $n_{\gamma_k}^{(2)}$ супроводжуються написами, що пояснюють напрямок камери по відношенню до об'єкта зйомки. Перший рівень ієрархії, який містить два рівня вкладеності, представлений семантичними визначниками класу та підкласу.

Черговий рівень (4-й за рахунком) визначається типами вершин $n_R^{(3)}$ або $n_L^{(3)}$, що характеризують

приналежність ланцюжка відповідно до правого $LCpt_r$ або до лівого $LCpt_L$ СЛК відносно осі нормалізації. Назвемо їх семантичними визначниками концептів. Глибина вкладеності даного рівня буде визначатися максимальною довжиною ланцюжка. Вершини СМК, що відображають напрямки орієнтації структурних елементів, будуть позначатися $n_{R,\ell,\phi}^{(3)}$ або $n_{L,\ell,\phi}^{(3)}$ для правого або лівого СЛК відпо-

відно. Тут ℓ – номер структурного елемента (порядковий номер символу в ланцюжку), φ – напрямок орієнтації структурного елемента (див. рис. 1).

Розглянемо фрагменти семантичної мережі для рівня ієрархії, що визначає склад лівих (рис. 5) і

правих (рис. 6) СЛК, на прикладі напрямку зйомки "справа", розташувавши рівні вкладеності вертикально. Як видно з рис. 5 і 6, фрагменти СМК для лівих і правих концептів (напрямок зйомки "справа") мають сім рівнів вкладеності.

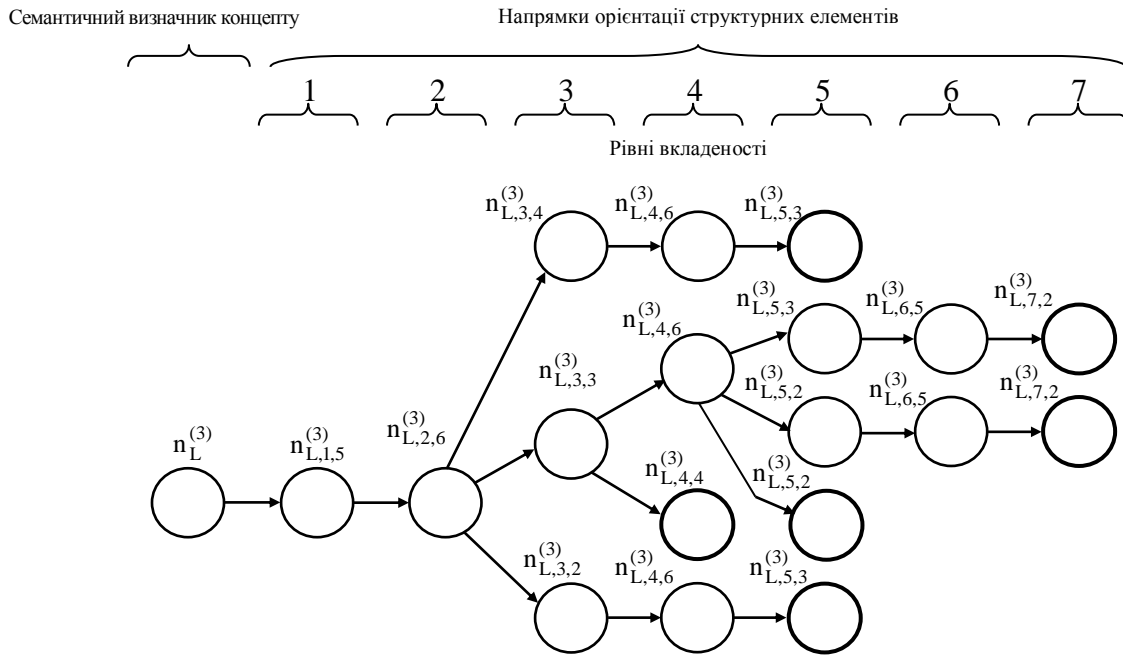


Рис. 5. Фрагмент СМК для лівих концептів ($\gamma_1 = 0^\circ$) (Fig. 5. SNC fragment for left concepts ($\gamma_1 = 0^\circ$))

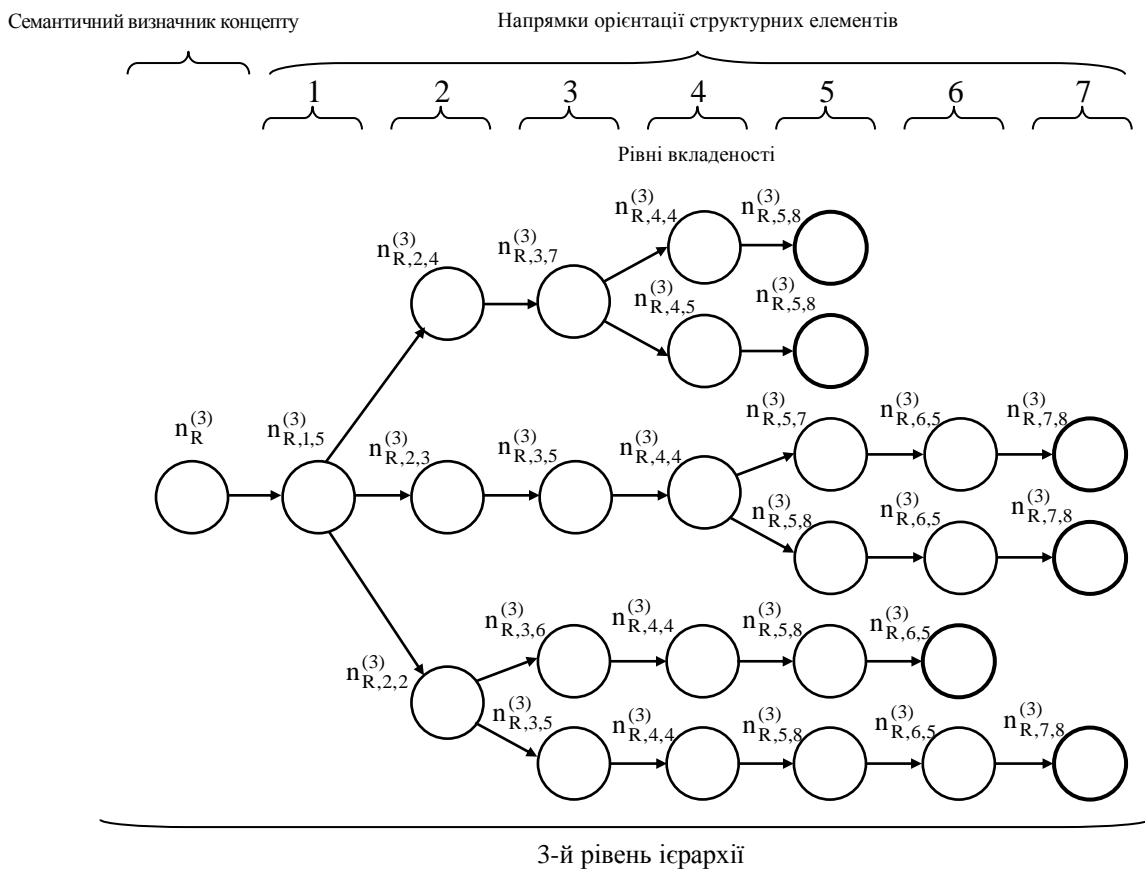


Рис. 6. Фрагмент СМК для правих концептів ($\gamma_1 = 0^\circ$) (Fig. 6. SNC fragment for right concepts ($\gamma_1 = 0^\circ$))

Фрагмент СМК для лівих концептів отриманий на підставі об'єднання формул (2-9).

$$\cup_{8,2} \cup_{7,5} \cup_{6,2}; \quad (2)$$

$$\cup_{8,3} \cup_{7,5} \cup_{6,2}; \quad (3)$$

$$\cup_{8,3} \cup_{7,5} \cup_{6,2}; \quad (4)$$

$$LCpt_L(I^{\alpha_5, \gamma_1}) = \cup_{12,5} \cup_{11,6} \cup_{10,3} \cup_{9,6} \cup_{8,2}; \quad (5)$$

$$LCpt_L(I^{\alpha_6, \gamma_1}) = \cup_{12,5} \cup_{11,6} \cup_{10,2} \cup_{9,6} \cup_{8,3}; \quad (6)$$

$$LCpt_L(I^{\alpha_7, \gamma_1}) = \cup_{12,5} \cup_{11,6} \cup_{10,4} \cup_{9,6} \cup_{8,3}; \quad (7)$$

$$LCpt_L(I^{\alpha_8, \gamma_1}) = \cup_{10,5} \cup_{9,6} \cup_{8,3} \cup_{7,4}; \quad (8)$$

$$LCpt_L(I^{\alpha_9, \gamma_1}) = \cup_{10,5} \cup_{9,6} \cup_{8,3} \cup_{7,4}. \quad (9)$$

Фрагмент СМК для правих концептів отриманий на підставі об'єднання формул (10-14).

Фрагменти СМК при зйомці в надир представлені на рис. 7 для лівого (а) та правого (б) концептів відповідно. Дані фрагменти отримані на підставі формул (15, 16). Фрагмент СМК з детекторами для виду "справа" наведено на рис. 8.

$$\begin{aligned} LCpt_R(I^{\alpha_2, \gamma_1}) &= LCpt_R(I^{\alpha_3, \gamma_1}) = \\ &= LCpt_R(I^{\alpha_4, \gamma_1}) = LCpt_R(I^{\alpha_5, \gamma_1}) = \\ &= \cup_{1,5} \cup_{2,4} \cup_{3,7} \cup_{4,4} \cup_{5,8}; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} LCpt_R(I^{\alpha_6, \gamma_1}) &= \\ &= \cup_{1,5} \cup_{2,3} \cup_{3,5} \cup_{4,4} \cup_{5,7} \cup_{6,5} \cup_{7,8} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} LCpt_R(I^{\alpha_7, \gamma_1}) &= \\ &= \cup_{1,5} \cup_{2,3} \cup_{3,5} \cup_{4,4} \cup_{5,8} \cup_{6,5} \cup_{7,8}; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} LCpt_R(I^{\alpha_8, \gamma_1}) &= \\ &= \cup_{1,5} \cup_{2,2} \cup_{3,5} \cup_{4,4} \cup_{5,8} \cup_{6,5} \cup_{7,8}; \end{aligned} \quad (13)$$

$$LCpt_R(I^{\alpha_9, \gamma_1}) = \quad (14)$$

$$= \cup_{1,5} \cup_{2,2} \cup_{3,6} \cup_{4,4} \cup_{5,8} \cup_{6,5};$$

$$LCpt_L(I^{\alpha_1, \gamma_0}) = \quad (15)$$

$$= \cup_{12,5} \cup_{11,6} \cup_{10,3} \cup_{9,6} \cup_{8,2} \cup_{7,5};$$

$$LCpt_R(I^{\alpha_1, \gamma_0}) = \quad (16)$$

$$= \cup_{1,5} \cup_{2,4} \cup_{3,7} \cup_{4,4} \cup_{5,8} \cup_{6,5}.$$

Для наочності на рис. 8 більш детально розглянута гілка СМК для семантичного визначника напрямку зйомки "справа", від якого відходять дві вершини $n_R^{(3)}$ і $n_L^{(3)}$. Раніше вже було зазначено, що вони характеризують приналежність вершин, які з них виходять, відповідно до правого $LCpt_R$ або до лівого $LCpt_L$ СЛК відносно осі нормалізації. По суті вершини, які позначені на рівні ієрархії під номером 3, це фрагменти СМК для лівих та правих концептів, наведених на рис. 5 і 6 відповідно.

Вершини, що представлені на рівні ієрархії під номером 4, являють собою детектори кутів і детектор напрямку ("справа"). Детектор кута буде спрацьовувати лише тоді, коли будуть пройдені відповідні ланцюжки правого та лівого концептів для певного кута. Для того, щоб спрацював детектор напрямку, необхідно задіяти один з детекторів кутів. Якщо це станеться, керування передається на рівень ієрархії під номером 5, що свідчить про спрацювання детектору правильної класифікації підкласу класу "літак".

Для інших напрямків зйомки процедура формування узагальненої семантичної мережі концептів відбувається аналогічним чином. Зовнішній вигляд УСМК для підкласу класу "літак" з нормальною аеродинамічною схемою представлений на рис. 9 (для наочності, щоб не перевантажувати рисунок, детектори кутів, напрямку та правильної класифікації не показані).

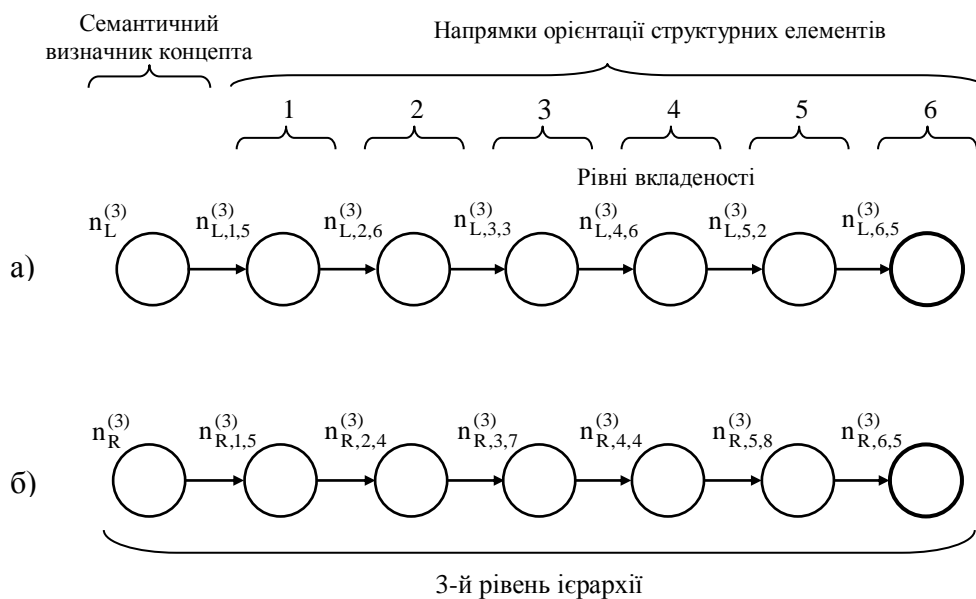


Рис. 7. Фрагмент СМК для лівих (а) та правих (б) концептів (надир, γ_0)
(Fig. 7. SNC fragment for left (a) and right (b) concepts (nadir, γ_0))

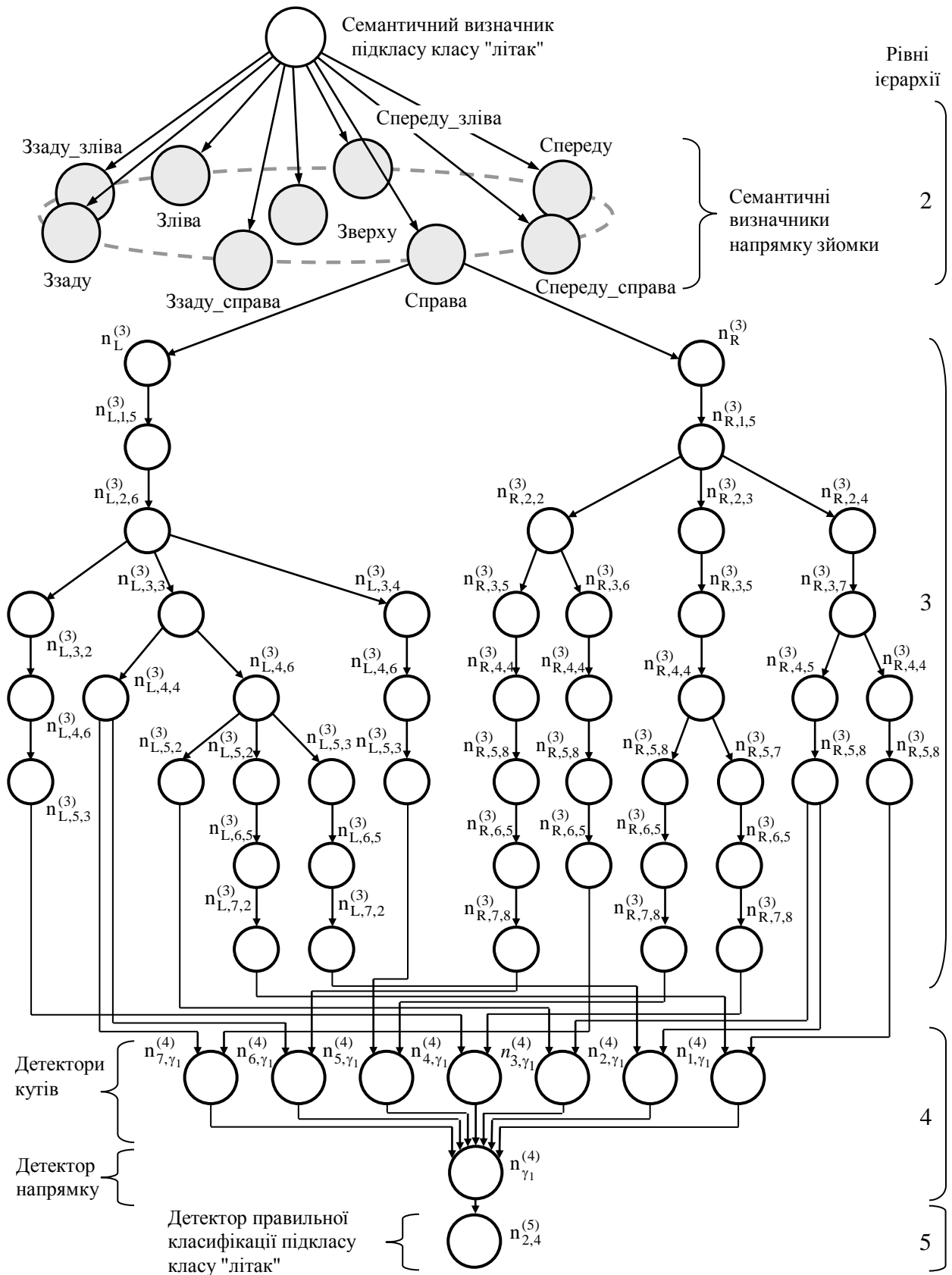


Рис. 8. Фрагмент СМК з детекторами для виду "справа"
 (Fig. 8. SNC fragment with detectors for the view "right")

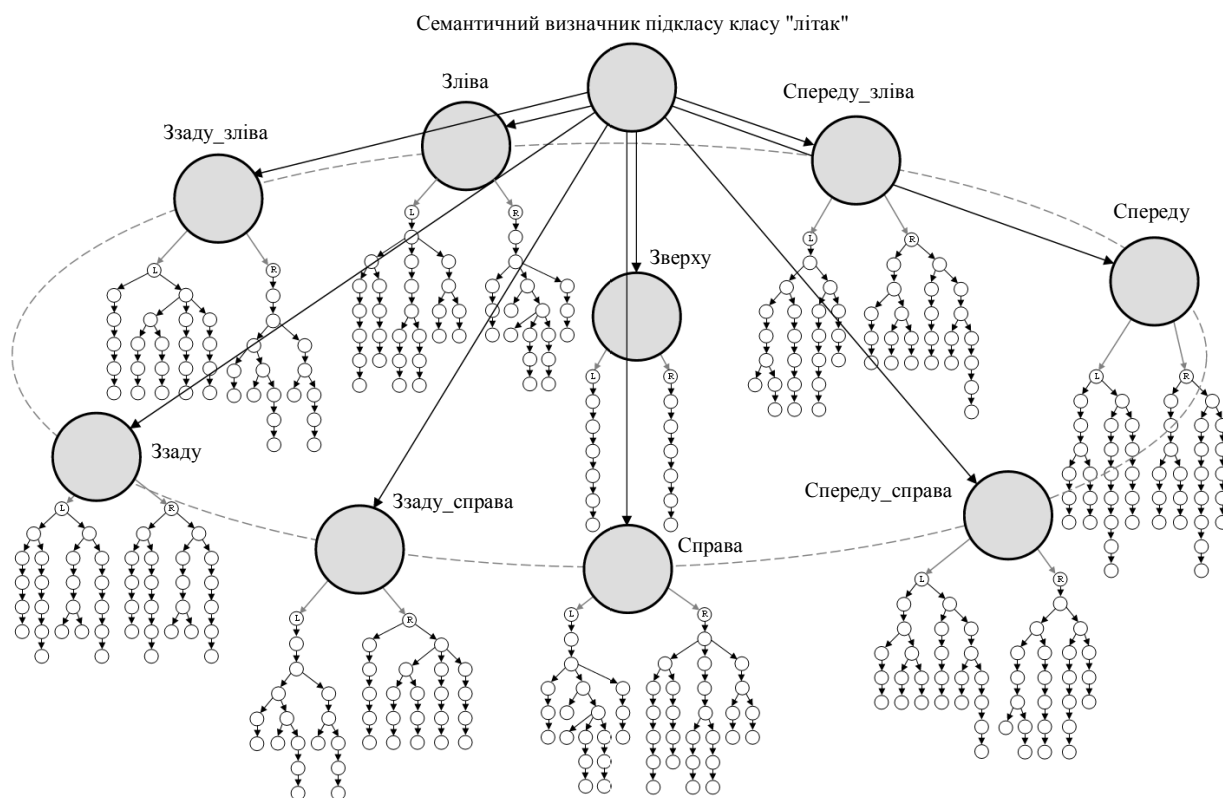


Рис. 9. Фрагмент узагальненої семантичної мережі концептів
(**Fig. 9.** A fragment of a generalized semantic network of concepts)

Висновки

Для побудови опису зображення, що відповідає концепції семантичної обробки інформації та може використовуватися в системах збору релевантних зображень в комп'ютерних системах і мережах, доцільно використовувати структурно-лінгвістичний підхід до розпізнавання з використанням УСМК.

Запропонований підхід до формування узагальненої семантичної мережі структурно-лінгвістичних концептів контурних зображень об'єктів, отриманих під різними кутами зйомки, дозволяє:

- обґрунтувати типи вершин і відношень, характерних для СМК;
- сформулювати основні принципи побудови семантичної мережі структурно-лінгвістичних концептів об'єктів розпізнавання;
- здійснювати класифікацію тривимірних об'єктів, що мають характерні ознаки розпізнавання, та контури яких зазнали значних деформаційних змін в результаті проєктивних спотворень;
- здійснювати пошук рішення в базі знань типу "узагальнена семантична мережа концептів" шляхом виявлення фрагмента мережі (підмережі), що відповідає поставленому запиту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Симанков В. С., Толкачев Д. М. Методы и алгоритмы поиска информации в Интернете. М. : Библио-Глобус, 2017. 332 с., DOI: <https://doi.org/10.18334/9785950050183>.
2. Папулин С. Ю. Поиск электронных изображений по семантическим признакам. *Программные продукты и системы*. Тверь : НИИ «Центрпрограммсистем», 2011. № 1. С. 16-20.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2012. 1104 с.
4. Чабан Л. Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования: учебное пособие. М.: МИИГАиК, 2016. 94 с.
5. Онищенко В. В. Способ сбора релевантных изображений с использованием метода структурно-лингвистической классификации и идентификации. *Системы озброєння і військова техніка*. Х.: ХУПС, 2010. Вип. 3(23). С. 129-132.
6. Онищенко В. В. Математическая модель процесса семантического преобразования контурного изображения в структуру концепта. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. Х.: ХУПС. 2010. № 2(4). С. 146-149.
7. Паржин Ю. В., Гринев Д. В., Онищенко В. В. Декомпозиция структур контурных изображений с проєктивными искажениями. *Системы обробки інформації*. Х.: Харківський університет Повітряних Сил, 2006. Вип. 3(52). С. 119-122.
8. Celik C., Bilge H. S. Content based image retrieval with sparse representations and local feature descriptors: a comparative study", *Pattern Recognition*, vol. 68, August 2017, pp. 1-13.
9. Ibtihal M. Hameed, Sadiq H. Abdulhussain, Basheera M. Mahmmod. Content-based image retrieval: A review of recent trends, *Cogent Engineering*, vol. 8:1, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1927469>.
10. Lalit Kumar Tyagi, Rama Kant, Anish Gupta. A Comparative Analysis of Various Local Feature Descriptors in Content-Based Image Retrieval System, *Conf. Series*, vol. 1854, 2021, pp. 9, DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1854/1/012043>.

11. Latif Afshan, Aqsa Rasheed, Umer Sajid, Jameel Ahmed, Nouman Ali, Naeem Iqbal Ratyal, Bushra Zafar, Saadat Hanif Dar, Muhammad Sajid, Tehmina Khalil. Content-Based Image Retrieval and Feature Extraction: A Comprehensive Review, Hindawi. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2019, pp. 21, DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/9658350>.
12. Dannina Kishore, Chanamallu Srinivasa Rao. Content-Based Image Retrieval System Based on Fusion of Wavelet Transform, Texture and Shape Features, *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, vol. 8, No. 1, February, 2021, pp. 110-116, DOI: <https://doi.org/10.18280/mmep.080114>.
13. Nicole Tham Ley Mai, Syahmi Syahiran Bin Ahmad Ridzuan, Zaid Bin Omar. Content-based Image Retrieval System for an Image Gallery Search Application, *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 8, No. 3, June 2018, pp. 1903-1912, DOI: <https://doi.org/10.11591/ijece.v8i3.pp1903-1912>.
14. Al-Mohamade A., Bchir O., Ben Ismail M.M. Multiple Query Content-Based Image Retrieval Using Relevance Feature Weight Learning, *J. Imaging* 2020, 6, 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/jimaging6010002>.
15. Vipin Tyagi. *Content-Based Image Retrieval – Ideas, Influences, and Current Trends*. Springer, 2017, 378 p.
16. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. Питер, 2-е изд.: Пер. с англ. М. : Издательский дом "Вильямс", 2006. 1408 с.
17. Усталов Дмитрий. Семантические сети и обработка естественного языка. Открытые системы СУБД. 2017. № 02. URL: <https://www.osp.ru/os/2017/02/13052229>.
18. Онищенко В. В. Методика верифікації контурних зображень об'єктів. *Системи озброєння і військова техніка*. Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2006. Вип. 3(7). С. 80-83.
19. Паржин Ю. В., Гринев Д. В., Онищенко В. В. Определение оси нормализации в концептуальных структурах контурных изображений с проективными искажениями. *Системи обробки інформації*. Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2006. Вип. 9(58). С. 109-112.
20. Паржин Ю. В., Гринев Д. В., Онищенко В. В. Нормализация контуров изображений для распознавания трехмерных объектов средствами дистанционного зондирования Земли в режиме реального времени. *Проблеми управління єдиною державною системою цивільного захисту* : Матеріали НПК. Харків: МНСУ, УЦЗУ. 2007. С. 117-119.
21. Гаврилова Т. А, Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.

REFERENCES

1. Simankov, V.S. and Tolkachev, D.M. (2017), *Methods and algorithms for finding information on the Internet*, Biblio-Globus, Moskva, 332 p., DOI: <https://doi.org/10.18334/9785950050183>.
2. Papulin, S.Yu. (2011), "Poisk elektronnykh izobrazheniy po semanticeskim priznakam [Search for electronic images by semantic features]". *Programmnyye produkty i sistemy*, NII "Tsentrprogrammsistem", Tver, No. 1, P. 16-20.
3. Gonsales, R. and Vuds, R. (2012), *Digital image processing*, Tekhnosfera, Moscow, 1104 p.
4. Chaban, L.N. (2016), *Methods and algorithms for pattern recognition in automated decryption of remote sensing data*, МІІ-ГАІК, Moscow, 94 p.
5. Onishchenko, V.V. (2010), "A manner for collecting relevant images using the method of structural-linguistic classification and identification". *Systemy ozbrojennja i vijsjkova tekhnika*, KhUPS, Kharkiv, No. 3(23), P. 129-132.
6. Onishchenko, V.V. (2010), "Mathematical model of the process of semantic transformation of the contour image into the structure of the concept". *Nauka i tekhnika Povitryjnykh Syl Zbrojnykh Syl Ukrajinjy*, KhUPS, Kharkiv, No. 2(4), P. 146-149.
7. Parzhin, Yu.V., Grinev, D.V. and Onishchenko, V.V. (2006), "Dekompozitsiya struktur konturnykh izobrazheniy s proyektivnymi iskazheniyami [Decomposition of structures of contour images with projective distortions]". *Systemy obrobky informaciji*, Kharkivskijj universytet Povitryjnykh Syl, Kharkiv, Vyp. 3(52), P. 119-122.
8. Celik, C. and Bilge, H.S. (2017), "Content based image retrieval with sparse representations and local feature descriptors: a comparative study", *Pattern Recognition*, vol. 68, pp. 1-13.
9. Ibtihal M. Hameed, Sadiq H. Abdulhussain and Basheera M. Mahmmod (2021) Content-based image retrieval: A review of recent trends, *Cogent Engineering*, vol. 8:1, DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1927469>.
10. Lalit Kumar Tyagi, Rama Kant and Anish Gupta (2021), "A Comparative Analysis of Various Local Feature Descriptors in Content-Based Image Retrieval System", Conf. Series, vol. 1854, 012043. pp. 9, DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1854/1/012043>.
11. Latif Afshan, Aqsa Rasheed, Umer Sajid, Jameel Ahmed, Nouman Ali, Naeem Iqbal Ratyal, Bushra Zafar, Saadat Hanif Dar, Muhammad Sajid and Tehmina Khalil. (2019), "Content-Based Image Retrieval and Feature Extraction: A Comprehensive Review", Hindawi. *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2019, 9658350, pp.21, DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/9658350>.
12. Dannina Kishore and Chanamallu Srinivasa Rao (2021), "Content-Based Image Retrieval System Based on Fusion of Wavelet Transform, Texture and Shape Features", *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, vol. 8, No. 1, February, 2021, pp. 110-116, DOI: <https://doi.org/10.18280/mmep.080114>.
13. Nicole Tham Ley, Mai, Syahmi Syahiran Bin Ahmad, Ridzuan and Zaid Bin, Omar (2018), "Content-based Image Retrieval System for an Image Gallery Search Application", *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)* Vol. 8, No. 3, June 2018, pp. 1903-1912, DOI: <https://doi.org/10.11591/ijece.v8i3.pp1903-1912>.
14. Al-Mohamade, A., Bchir, O. and Ben Ismail, M.M. (2020), "Multiple Query Content-Based Image Retrieval Using Relevance Feature Weight Learning", *J. Imaging* 2020, 6, 2, DOI: <https://doi.org/10.3390/jimaging6010002>.
15. Vipin, Tyagi (2017), *Content-Based Image Retrieval – Ideas, Influences, and Current Trends*. Springer, 378 p.
16. Rassel, S. and Norvig, P. (2006), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Viliams, Moscow, 1408 p.
17. Ustalov, D. (2017), "Semantic networks and natural language processing". *Otkrytyye sistemy*. SUBD. No 02, available at: <https://www.osp.ru/os/2017/02/13052229>.
18. Onyshhenko, V.V. (2006), "Verification technique for contour images", *Systemy ozbrojennja i vijsjkova tekhnika*, Kharkivskijj universytet Povitryjnykh Syl imeni Ivana Kozheduba, Kharkiv, No. 3(7), pp. 80-83.
19. Parzhin, Yu.V., Grinev, D.V. and Onishchenko, V.V. (2006), "Determination of the axis of normalization in conceptual structures of contour images with projective distortions", *Systemy obrobky informaciji*, No. 9(58), pp. 109-112.

20. Parzhin, Yu.V., Grinev, D.V. and Onishchenko, V.V. (2007), "Normalization of image contours for recognition of three-dimensional objects by means of remote sensing of the Earth in real time", *Problemy upravlinnja jedynoju derzhavnoju systemoju cyviljnogho zakhystu*, MNSU, UCZU, Kharkiv, pp. 117-119.
21. Gavrilova, T.A. and Khoroshevskiy, V.F. (2000), *Knowledge bases of intelligent systems*, Piter, Sankt-Peterburg, 384 p.

Received (Надійшла) 11.06.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 18.08.2021

ABOUT THE AUTHORS / ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Онищенко Валерій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна;

Valerii Onyshchenko – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Multimedia Information Technologies and Systems Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine; e-mail: Valerii.Onyshchenko@khipi.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3104-528X>.

Корольова Яна Юрївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна;

Yana Korolova – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Multimedia Information Technologies and Systems Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine; e-mail: yana.korolova@khipi.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7203-5603>.

Носик Андрій Михайлович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна;

Andrii Nosyk – Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of Multimedia Information Technologies and Systems Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine; e-mail: Andrii.Nosyk@khipi.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4171-1875>.

Формирование обобщенной семантической сети концептов

В. В. Онищенко, Я. Ю. Корольова, А. М. Носик

А н н о т а ц и я . Предметом исследования являются особенности формирования обобщенной семантической сети концептов. **Цель статьи** – обоснование состава и основных типов вершин и отношений, характерных для семантической сети концептов, а также формирование обобщенной семантической сети концептов для структурно-лингвистического распознавания изображений в компьютерных системах и сетях. **Методы исследования:** методы теории математической логики, математической лингвистики и теории множеств; методы визуализации информации с помощью графов. **Результаты:** предложен подход к формированию обобщенной семантической сети структурно-лингвистических концептов контурных изображений объектов, полученных под различными углами съемки; проведено обоснование состава и типов вершин и отношений, характерных для семантической сети концептов; сформулированы основные принципы построения семантической сети структурно-лингвистических концептов объектов распознавания. **Выводы:** Для построения описания изображения, которое соответствует концепции семантической обработки информации и может использоваться в системах сбора релевантных изображений в компьютерных системах и сетях, целесообразно использовать структурно-лингвистический подход к распознаванию с использованием обобщенной семантической сети концептов. Применение данной сети при классификации и идентификации объектов позволяет существенно расширить диапазон принятых к рассмотрению изображений, учитывающих различные направления съемки и различные углы отклонения камеры от положения в надири.

Ключевые слова: семантический определитель; семантическая сеть; концепт; релевантная информация; поиск изображений; обобщенная семантическая сеть концептов.

Formation of a generalized semantic network of concepts

Valerii Onyshchenko, Yana Korolova, Andrii Nosyk

Abstract. The subject of research is the features of formation of a generalized semantic network of concepts. The purpose of article is to substantiate the composition and main types of nodes and relationships characteristic of the semantic network of concepts, as well as the formation of a generalized semantic network of concepts for structural and linguistic recognition of images in computer systems and networks. **Research methods:** methods of the theory of mathematical logic, mathematical linguistics and set theory; methods of information visualization using graphs. **Results:** an approach to the formation of a generalized semantic network of structural and linguistic concepts of contour images of objects obtained at different shooting angles is proposed; the substantiation of the composition and types of nodes and relations, characteristic of the semantic network of concepts, has been carried out; the basic principles of constructing a semantic network of structural and linguistic concepts of recognition objects are formulated. **Conclusions:** To construct an image description that corresponds to the concept of semantic information processing and can be used in systems for collecting relevant images in computer systems and networks, it is advisable to use a structural-linguistic approach to recognition using a generalized semantic network of concepts. The use of this network in the classification and identification of objects can significantly expand the range of images accepted for consideration, taking into account different directions of shooting and different angles of camera deviation from nadir position.

Keywords: semantic determinant; semantic web; concept; relevant information; search for images; generalized semantic network of concepts.