

ФОРМАЛІЗОВАНЕ ОНТОЛОГІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

В. М. Сеньківський¹, І. В. Піх²

1. Національний Університет «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0000-0002-4510-540X>
e-mail: vsevolod.m.senkivskiy@lpnu.ua

2. Національний Університет «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0000-0002-9909-8444> e-mail: iryna.v.pikh@lpnu.ua

Розглянуто розроблення онтологічної моделі програмного забезпечення для забезпечення видавничо-поліграфічних процесів, що забезпечує формалізоване представлення знань про механізми роботи сучасних видавничих систем. Досліджується важливість застосування формалізованого представлення для структурування предметної області, що дає змогу впорядкувати основні сутності, їхні властивості та взаємозв'язки.

Запропоновано концептуальну модель, яка враховує ключові рівні та межі онтології відповідно до етапів життєвого циклу видавничого продукту — від створення початкового контенту до формування кінцевого результату у цифровому або друкованому вигляді. У межах моделі визначено базові онтологічні класи, встановлено їх ієрархічну структуру, а також описано властивості та семантичні відношення, що відображають процеси перетворення контенту у видавничо-поліграфічному середовищі. Значну увагу приділено формалізації процесу обробки контенту як послідовності взаємопов'язаних операцій, що реалізуються програмними засобами за участю суб'єктів із різними функціональними характеристиками. Запропоновано підхід до опису показників якості контенту та результатів видавничого процесу, що створює передумови для їх формалізованого оцінювання та проведення порівняльного аналізу. Визначено перспективи подальших досліджень, пов'язані з оцінюванням ефективності запропонованої онтологічної моделі та аналізом якості перетворення контенту із застосуванням методів факторного аналізу й нечіткої логіки.

Ключові слова: онтологія, програмне забезпечення, видавничий процес, онтологічні класи, ієрархічні зв'язки, семантичні відношення, оцінювання ефективності.

Постановка проблеми. У сучасних умовах цифрової трансформації видавничо-поліграфічної галузі зростає складність програмного забезпечення, що підтримує повний цикл підготовки та випуску видань. Різноманітність форматів даних, технологічних операцій і програмних інструментів ускладнює формалізований

опис процесів та їх взаємодію в єдиному інформаційному середовищі. Відсутність уніфікованої семантичної моделі призводить до фрагментарності знань, обмежує можливості повторного використання програмних компонентів і ускладнює інтеграцію систем різного призначення. Існуючі підходи до моделювання здебільшого орієнтовані на окремі етапи видавничо-поліграфічного процесу та не забезпечують цілісного представлення структури програмного забезпечення. У зв'язку з цим актуальною є проблема розроблення онтологічної моделі програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів, яка б забезпечувала формалізований опис предметної області, узгодженість термінів і зв'язків, а також підвищувала ефективність проєктування, аналізу та розвитку відповідних інформаційних систем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасних наукових дослідженнях, присвячених цифровій трансформації складних галузевих процесів, онтологічний підхід розглядається як ефективний засіб формалізованого подання знань, забезпечення семантичної узгодженості понять та інтеграції різнорідних програмних і інформаційних компонентів [1,4]. Особливої актуальності такі підходи набувають у предметних областях, що характеризуються багатостадійністю процесів.

Значна кількість робіт присвячена онтологічному моделюванню видавничих процесів, зокрема у межах Publishing Workflow Ontology (PWO), де запропоновано формалізований опис етапів публікаційного циклу, ролей учасників та інформаційних об'єктів видавничої діяльності [1, 2]. Запропоновані моделі орієнтовані переважно на організацію публікаційних потоків у цифрових середовищах і не враховують специфіку ПЗ, що забезпечує реалізацію видавничих процесів на технологічному рівні.

У роботах з програмної інженерії онтології використовуються для структурування вимог, опису архітектури програмних систем та формалізації процесів їх розроблення і супроводження [3, 4]. Дослідники зазначають, що онтологічні моделі сприяють зменшенню фрагментарності знань і підвищують ефективність інтеграції програмних компонентів. Водночас більшість таких підходів має універсальний характер і не забезпечує цілісного представлення програмного забезпечення з урахуванням галузевої специфіки видавничо-поліграфічної діяльності.

Окрему групу становлять дослідження, присвячені онтологічному моделюванню бізнес-процесів і робочих потоків із використанням шаблонів проєктування онтологій (Ontology Design Patterns) [5, 6]. Проте в них відсутній опис взаємозв'язків між технологічними процесами та програмними засобами, що їх реалізують.

У вітчизняних наукових публікаціях онтологічний підхід застосовують для інтеграції автоматизованих систем у складних програмно-технічних комплексах [7–10]. Українські дослідники підкреслюють доцільність використання онтологій для підвищення узгодженості інформаційних моделей [11-13], підтримки розроблення та використання програмного забезпечення на етапах післядрукарського опрацювання книжкових видань [14]. Водночас питання формалізованого

опису програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів як цілісної предметної області залишається недостатньо розробленим.

Мета статті. Проведений аналіз свідчить, що наявні дослідження закладають теоретичні та методологічні передумови для застосування онтологічних моделей у сфері видавничої діяльності та програмної інженерії, однак не забезпечують комплексного підходу до опису програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів у єдиному семантичному просторі. Отже, в основі статті – розроблення онтологічної моделі програмного забезпечення загального видавничо-поліграфічного процесу, яка забезпечує формалізований і узгоджений опис основних понять, структурних компонент і взаємозв'язків між етапами підготування та випуску книжкових видань і програмними засобами їх реалізації в єдиному інформаційному просторі.

Для досягнення мети дослідження у статті сформовано такі завдання:

1. Визначити межі та рівні онтології програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів з урахуванням етапів життєвого циклу видання.
2. Сформувати систему базових онтологічних класів (*Процес, Програмний засіб, Контент, Користувач, Результат*) та обґрунтувати їхню роль у предметній області.
3. Описати ієрархічні зв'язки, властивості та обмеження між онтологічними класами, що забезпечують цілісність і семантичну узгодженість моделі.
4. Формалізувати взаємодію програмного забезпечення з процесами та етапами життєвого циклу видання, включно з обробленням контенту та формуванням результату.
5. Онтологічна інтерпретація процесу перетворення контенту та оцінювання його якості.
6. Розробити цілісну онтологічну модель програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів, придатну для аналізу, проектування та інтеграції інформаційних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати дослідження структуруємо згідно з встановленими вище завданнями.

Визначення меж і рівнів онтології програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів. Завдання передбачає формування концептуальної рамки, яка дозволяє встановити, які елементи та явища предметної області входять до онтології, а які залишаються поза її межами, забезпечуючи тим самим однозначність термінології та структурну цілісність моделі [16,17]. Метою є точне окреслення сукупності процесів, програмних засобів, контенту, ролей користувачів і результатів, що беруть участь у життєвому циклі видання. Особливу увагу приділено виключенню суміжних процесів, не пов'язаних із безпосереднім технологічним і інформаційним забезпеченням видавничо-поліграфічної діяльності, що дає змогу уникнути семантичної розмитості та забезпечити фокусування на ключових об'єктах моделювання [18].

Наступним аспектом є визначення рівнів онтології, які відображають різні ступені абстракції та деталізації предметної області. Рівні онтології забезпечують багаторівневу структуру, що дозволяє поєднувати загальні концептуальні

уявлення з конкретними процесами та операціями [15]. На концептуальному рівні закріплюються базові поняття, їхні властивості та семантичні взаємозв'язки. Функціональний рівень відображає взаємодію процесів і програмних засобів, формалізує роль контенту та визначає типи дій, що відбуваються на різних етапах життєвого циклу видання. Операційний рівень забезпечує безпосередню деталізацію конкретних процесів, інтеграції користувачів із програмним забезпеченням та формування результатів, що дозволяє оцінити наслідки й ефективність кожного етапу [19]. Важливим елементом під час визначення меж та рівнів онтології є врахування життєвого циклу видання, який охоплює додрукарський, друкарський та післядрукарський етапи. Кожен із цих етапів характеризується специфічними технологічними та інформаційними процесами, типами контенту й ролями учасників.

Інтеграція цих аспектів у єдину онтологічну структуру дозволяє забезпечити наскрізну семантичну узгодженість, що є необхідною умовою для подальшого формалізованого моделювання програмного забезпечення та аналізу його взаємодії з процесами видавництва [20,21]. Це особливо важливо з огляду на складність сучасних видавничо-поліграфічних робочих потоків, які поєднують цифрові, друкарські та післядрукарські технології й потребують узгодженого опису процесів, контенту та програмних інструментів у межах єдиної інформаційної моделі [22].

У підсумку виконання цього завдання формується фундамент для цілісного моделювання предметної області, забезпечує основу для формалізації властивостей класів, відношень та обмежень і створює передумови для розробки онтологічної моделі, яка здатна описувати взаємодію програмного забезпечення із усіма ключовими процесами видавничо-поліграфічного циклу [19,21,22].

Формування системи базових онтологічних класів та обґрунтування їх ролі у предметній області. У межах цього завдання здійснюється ідентифікація та концептуалізація основних сутностей предметної області, необхідних для точного опису взаємодій між процесами, програмними засобами, контентом, користувачами та результатами. Такий підхід відповідає загальноприйнятим принципам онтологічного інжинірингу, згідно з якими базові класи мають відображати інваріантні компоненти предметної області та забезпечувати семантичну узгодженість моделі [21].

До ключових сутностей належать класи:

- Процес (Process), що репрезентує послідовність технологічних і інформаційних дій, які забезпечують підготовку, виробництво та опрацювання контенту;
- Програмний засіб (SoftwareTool), що відображає інструменти й системи підтримки виконання процесів;
- Контент (Content), який включає матеріали та інформацію, що обробляються у межах життєвого циклу видання;
- Користувач (User), який репрезентує ролі й компетенції осіб, що взаємодіють із програмними засобами та впливають на результативність процесів;
- Результат (Result), що фіксує кінцеві продукти видавничо-поліграфічної діяльності, їхній стан і якість.

Подібна декомпозиція вважається характерною для сучасних моделей опису цифрових видавничих робочих потоків, де чітке розмежування процесів, інформаційних об'єктів і виконавців є необхідною умовою для керованості та аналізу [21].

Обґрунтування вибору саме цих класів зумовлено їхньою фундаментальною роллю у забезпеченні семантичної цілісності моделі. Клас «Процес» слугує центральним елементом онтології, оскільки відображає послідовність дій і взаємодій між усіма іншими класами та задає структуру для формалізації робочих сценаріїв. Клас «Програмний засіб» визначає інструментарій, що реалізує процеси, та формалізує рівень технологічної підтримки. Клас «Контент» виступає ключовим носієм інформації й об'єктом трансформацій, що дає змогу оцінювати якість і ефективність його обробки. Клас «Користувач» забезпечує інтеграцію людського фактора в онтологічну модель, дозволяючи враховувати компетенції, досвід і характер взаємодії з програмним забезпеченням. Нарешті, клас «Результат» відображає кінцеві продукти процесів і є узагальненим критерієм оцінювання ефективності взаємодії процесів, програмних засобів, контенту та користувачів, що узгоджується з підходами до моделювання виробничих і видавничо-поліграфічних систем [20].

Опис ієрархічних зв'язків, властивостей та обмежень між онтологічними класами, що забезпечують цілісність і семантичну узгодженість моделі. Онтологічна модель програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів ґрунтується на ієрархічній структурі класів, що відображає логіку предметної області та етапність виробничого циклу.

Для схемної реалізації онтологічної моделі наведемо детальний опис класів, підкласів і відношень між ними. Визначальним класом онтології є «Процес».

1. Процес — центральний клас, який відображає послідовність дій у видавничо-поліграфічних процесах.

- *Підкласи:* додрукарський процес – підготовка контенту до друку; друкарський процес – безпосереднє виробництво видання; післядрукарський процес – обробка готового продукту, пакування, розповсюдження.

2. Програмний засіб — це інструменти та системи, що підтримують виконання процесів.

- *Підкласи:* верстка; графічний редактор; система управління контентом (Content Management System, CMS)

3. Контент – матеріали та інформація, що обробляються у процесах. Контент є об'єктом трансформації, керованим процесами; не виробляє Результат самостійно.

4. Користувач – ролі та компетенції людей, які взаємодіють із процесами та програмними засобами.

- *Підкласи:* редактор; дизайнер; оператор

5. Результат – кінцевий продукт процесів, створений класом «Процес».

Основні відношення між класами:

- Процес → Програмний засіб – використовує (uses)
- Програмний засіб → Контент – обробляє (processes)
- Процес → Контент – трансформує (transforms)

- Процес → Результат – формує (produces)
- Користувач → Програмний засіб – взаємодіє (interacts)

Кожен онтологічний клас характеризується множиною об'єктних і властивостей даних, що описують функціональне призначення програмних засобів, параметри виконання процесів та характеристики результатів.

Формалізація взаємодії програмного забезпечення з процесами та етапами життєвого циклу видання, включно з обробленням контенту та формуванням результату. У межах онтологічної моделі видавничо-поліграфічних процесів програмне забезпечення розглядається як центральний функціональний компонент, що забезпечує взаємодію між процесами життєвого циклу видання, користувачами системи та інформаційними об'єктами [18, 19].

Процеси життєвого циклу інтерпретуються як сукупність функціонально пов'язаних етапів, реалізація яких здійснюється за допомогою відповідних програмних засобів. Програмне забезпечення забезпечує виконання, керування та узгодження цих процесів, формалізуючи послідовність дій і правила переходу між ними. Такий підхід узгоджується з процесно-орієнтованими моделями, у яких онтології застосовуються для підтримки сумісності та семантичної узгодженості складних виробничих систем.

Взаємодія користувачів із системою здійснюється опосередковано через програмне забезпечення, яке надає доступ до функціональних можливостей відповідно до визначених ролей і повноважень. Це дозволяє формалізувати участь людини в процесах життєвого циклу як керовану складову онтологічної моделі, що відповідає сучасним уявленням про інтеграцію знань користувачів у семантичні інформаційні системи [21].

Контент у межах моделі розглядається як інформаційний об'єкт, що зазнає послідовних перетворень під час проходження етапів життєвого циклу. Програмне забезпечення виконує функції його оброблення, модифікації та структурної трансформації, забезпечуючи узгодженість між початковим станом контенту та його кінцевою формою. Такий підхід відповідає сучасним дослідженням у галузі цифрових поліграфічних систем, де ключову роль відіграє автоматизоване керування інформаційними потоками [22].

Результат життєвого циклу визначається як підсумковий інформаційний або матеріальний об'єкт, сформований унаслідок інтегрованої дії процесів, користувачів і програмного забезпечення. У цьому контексті програмне забезпечення виступає системоутворювальним елементом, що поєднує процеси, контент і результат у єдину семантично узгоджену онтологічну структуру [22].

Онтологічна інтерпретація процесу перетворення контенту та оцінювання його якості. У межах онтологічної моделі програмного забезпечення процес опрацювання контенту подається як формалізована та логічно впорядкована послідовність дискретних станів, кожен з яких відображає певний рівень готовності або трансформації інформаційного наповнення. Ці стани формуються в результаті послідовного застосування програмних і технологічних операцій, що реалізуються за допомогою спеціалізованих програмних засобів відповідно до вимог видавничо-поліграфічного процесу.

Формалізовано даний процес описується ітераційним співвідношенням:

$$Content_{i+1} = f_i(Content_i), \quad (1)$$

де $Content_i$ відповідає стану контенту на i -му етапі життєвого циклу, $Content_{i+1}$ – результату перетворення на наступному етапі, а f_i – оператор перетворення, який у межах онтологічної моделі інтерпретується як екземпляр класу *Process* (Процес).

В онтологічному поданні взаємодія між основними сутностями може бути описана через послідовність відношень:

$$Content \text{ --isTransformedBy--> } Process \text{ --produces--> } Content, \quad (2)$$

що відповідає переходу від $Content_i$ до $Content_{i+1}$ у результаті виконання відповідного процесу. Кожен такий перехід формує окремий онтологічний факт, що забезпечує семантичну узгодженість і цілісність моделі (*isTransformedBy* — *перетворюється за допомогою*, *produces* — *формує*).

Для кількісної характеристики результатів перетворення кожному стану контенту $Content_i$ ставиться у відповідність множина показників якості або достовірності текстової інформації:

$$Q_i = \{q_1^{(i)}, q_2^{(i)}, \dots, q_m^{(i)}\}, \quad (3)$$

де $q_k^{(i)}$ – значення k -го показника якості або достовірності контенту на i -му етапі. У такому випадку оператор перетворення f_i впливає не лише на структурні або змістові властивості контенту, але й на значення відповідних показників, що може бути подано у вигляді відображення:

$$Q_{i+1} = g_i(Q_i). \quad (4)$$

На основі отриманих локальних оцінок формується інтегральний показник якості або достовірності контенту:

$$D_i = F(Q_i), \quad (5)$$

де D_i відображає узагальнений рівень якості або достовірності контенту на i -му етапі опрацювання.

Таким чином, процес оброблення контенту може бути інтерпретований як керована послідовність онтологічно визначених перетворень, у межах якої кожен етап змінює як стан контенту, так і відповідні показники його якості або достовірності. Запропонований підхід створює передумови для подальшого застосування методів факторного аналізу, нечіткої логіки та імітаційного моделювання з метою прогнозування й оптимізації результатів оброблення контенту.

Розроблення цілісної онтологічної моделі програмного забезпечення для аналізу, проєктування та інтеграції інформаційних систем у видавничо-поліграфічних процесах. У межах даного завдання здійснюється розроблення цілісної онтологічної моделі програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів, орієнтованої на задачі аналізу, проєктування та інтеграції інформаційних систем. Запропонований підхід передбачає формалізоване представлення структури предметної області з урахуванням технологічних, інформаційних і організаційних аспектів видавничо-поліграфічної діяльності. Основою моделі є система базових онтологічних класів, що відображає фундаментальні сутності предметної області та їхні функціональні ролі в межах повного видавничо-поліграфічного циклу — від підготовки контенту до формування кінцевого результату.

Для формалізації зазначених сутностей та опису їхніх взаємодій було сформовано таблицю 1, орієнтовану на систему базових онтологічних класів програмного забезпечення для видавничо-поліграфічних процесів. У цій таблиці подано впорядкований і логічно структурований опис основних онтологічних класів, наведено приклади характерних підкласів, що деталізують предметну область, а також визначено ключові типи семантичних відношень між ними, зокрема ієрархічні, функціональні та процесні зв'язки. Такий підхід дозволяє систематизувати знання про склад і взаємодію компонентів програмного забезпечення у межах досліджуваної галузі.

Запропоноване табличне подання сприяє підвищенню наочності та формальної строгості опису предметної області, забезпечує однозначність інтерпретації ключових понять і термінів, а також зменшує ризик семантичних суперечностей під час подальшого розширення моделі. Крім того, воно створює необхідні передумови для побудови узгодженої онтологічної схеми, яка може бути використана як концептуальна основа для моделювання, аналізу та інтеграції програмних засобів у видавничо-поліграфічних процесах (табл.1).

Таблиця 1

**Система базових онтологічних класів програмного забезпечення
видавничо-поліграфічних процесів**

Онтологічний клас	Опис класу	Роль у моделі	Приклади підкласів	Основні відношення
Процес	Сукупність взаємопов'язаних технологічних та інформаційних дій, що реалізуються у межах видавничо-поліграфічного циклу.	Центральний структуроутворювальний клас, що визначає логіку та сценарії функціонування системи.	Додрукарський процес; Друкарський процес; Післядрукарський процес; Процес редагування; Процес верстання	Виконується за допомогою → Програмний засіб; опрацьовує → Контент; ініціюється → Користувач; формує → Результат
Програм-ний засіб	Програмні системи та інструменти, що забезпечують підтримку та автоматизацію видавничих процесів.	Формалізує технологічну реалізацію процесів і механізми взаємодії з контентом.	Система верстки; Графічний редактор; CMS; Система керування друком; Система контролю якості	Реалізує → Процес; обробляє → Контент; використовується → Користувач
Контент	Інформаційні матеріали, що створюються та трансформуються у межах життєвого циклу видання.	Основний об'єкт обробки та трансформації у процесах.	Текстовий контент; Графічний контент; Макет; Метадані; Файл друку	Опрацьовується у → Процес; обробляється → Програмний засіб; перетворюється на → Результат
Користувач	Особи або ролі, що взаємодіють із програмним забезпеченням у межах процесів.	Інтегрує людський фактор та компетенції у модель.	Редактор; Дизайнер; Верстальник; Оператор друку; Адміністратор	Ініціює → Процес; використовує → Програмний засіб; впливає на → Результат

Результат	Кінцеві продукти видавничо-поліграфічної діяльності та показники їхньої якості.	Узагальнений критерій оцінювання ефективності процесів і взаємодій.	Друковане видання; Електронне видання; PDF-файл; Тираж; Звіт якості	Формується внаслідок → Процес; ґрунтується на → Контент
-----------	---	---	---	---

Формування виокремлених класів та підкласів забезпечує структурно-логічну основу для побудови онтології (рис.1), дозволяє чітко визначити атрибути, взаємозв’язки та обмеження кожного елементу моделі, а також створює передумови для інтеграції онтології у системи аналізу, проектування та управління програмним забезпеченням у видавничо-поліграфічних процесах. Завдяки такому підходу онтологічна модель набуває достатньої гнучкості, щоб описувати реальні сценарії функціонування ПЗ, враховуючи різні ролі користувачів, специфіку контенту та характер технологічних процесів на всіх етапах життєвого циклу видання.

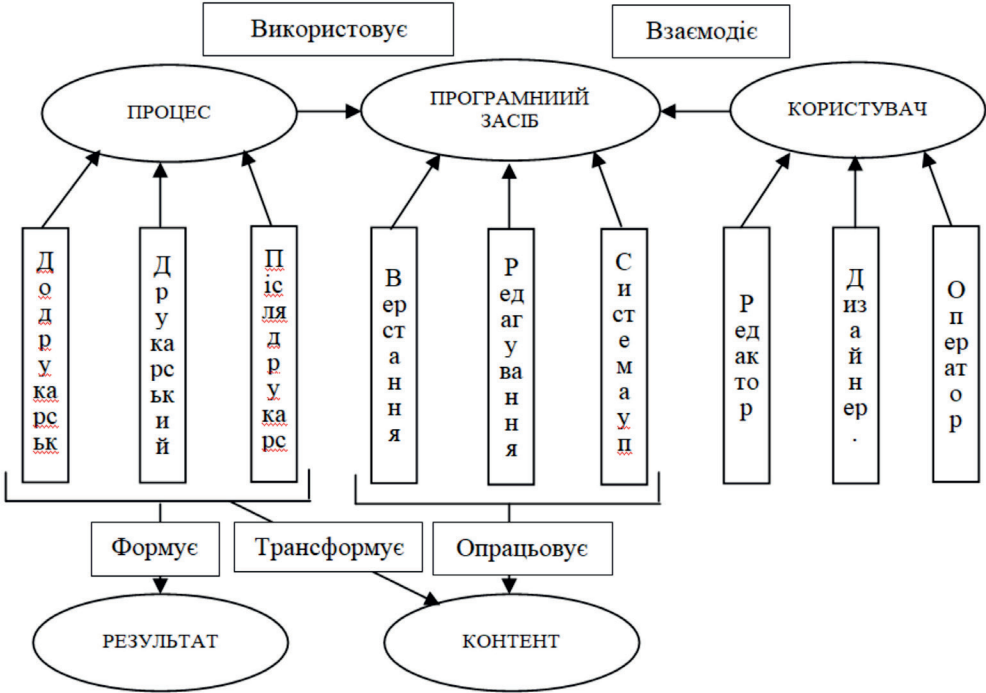


Рис. 1. Онтологічна модель програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів

У результаті виконання завдання сформовано цілісну онтологічну модель програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів, що забезпечує системне та семантично узгоджене представлення предметної області. Побудована модель охоплює ключові сутності видавничо-поліграфічного циклу – процеси, програмні засоби, контент, користувачів і результати – та відображає

їхні функціональні ролі й взаємозв'язки в межах повного життєвого циклу видання.

Запропонована система базових онтологічних класів демонструє логічну завершеність і структурну впорядкованість, що дає змогу однозначно інтерпретувати основні поняття та уникнути семантичних суперечностей. Ієрархічна організація класів у поєднанні з формалізованими відношеннями між ними забезпечує можливість деталізації моделі на рівні підкласів без порушення її цілісності. Це створює передумови для масштабування онтології відповідно до специфіки конкретних технологічних сценаріїв або програмних рішень.

Висновки. У результаті дослідження досягнуто поставленої мети шляхом розроблення цілісної онтологічної моделі програмного забезпечення видавничо-поліграфічних процесів із урахуванням етапів життєвого циклу видання. Визначено межі та рівні онтології, сформовано систему базових онтологічних класів — «Процес», «Програмний засіб», «Контент», «Користувач» і «Результат», а також обґрунтовано їхню роль у предметній області. Запропонована структура забезпечує узгоджене подання ключових сутностей і формує концептуальне ядро моделі.

Опис ієрархічних зв'язків, властивостей і обмежень між класами дозволить досягти цілісності та семантичної узгодженості онтології, а формалізація взаємодії програмного забезпечення з процесами та контентом — відобразити логіку формування результатів видавничо-поліграфічної діяльності. Розроблена онтологічна модель є придатною для аналізу, проектування та інтеграції інформаційних систем.

Перспективним напрямом подальших досліджень вважаємо визначення ефективності та практичної придатності розробленої онтологічної моделі на основі методів факторного аналізу й нечіткої логіки. Зокрема, доцільним є формування системи факторів, що відображають якісні характеристики онтологічної моделі (повнота, узгодженість, масштабованість, адаптивність), та побудова нечіткої моделі оцінювання їх інтегрального впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gangemi A., Peroni S., Shotton D., Vitali F. The Publishing Workflow Ontology (PWO). *Semantic Web*, 2016, Vol. 8(5), pp. 703–718. doi: 10.3233/SW-160230
2. Sydorov M., Mendzebrovskyi I. Ontologies in Software Engineering. *Scientific Notes of NaUKMA*, 2017. doi: 10.18523/2617-7080.2017.1.54-60
3. Guarino N., Oberle D., Staab S. What Is an Ontology? In: *Handbook on Ontologies*. Springer, 2019. doi:10.1007/978-3-540-92673-3_0
4. Norouzi E., Waitelonis J., Sack H. Semantic representation of processes with ontology design patterns. *arXiv*, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2509.23776
5. Daga E., Gangemi A., Presutti V. An ontology of units of measure. *Semantic Web*, 2019. doi:10.3233/SW-180309
6. Глоба Л. С., Попова М. А., Юшко Н. А. Ontology-based workflow designing for QoS control. *Information and Telecommunication Sciences*, 2020. doi:10.20535/2411-2976.12020.5-10
7. Гречанинов В. Ф. Онтологічний підхід до організації інформаційної взаємодії

автоматизованих систем. Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2021. doi:10.35681/1560-9189.2021.23.4.265647

8. Ткаченко О. В., Бойко В. М. Інтеграція онтологічних моделей у процеси розроблення програмного забезпечення. Інформаційні технології і суспільство, 2024. doi:10.31866/2617-796X.2024.2.317734

9. Піх І., Меренич Ю. Онтологічне моделювання структури вебдодатку. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2025. № 82 (2). С. 7–12. doi:10.31891/2219-9365-2025-82-1.

10. Говорущенко Т. О., Павлова О. О., Тоненка М. М. Структура агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ на основі онтологічного підходу. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2020, №1. С. 77-81. doi:10.31891/2307-5732-2020-281-1-77-81

11. Сілагін О. В., Денисюк В. О. Онтологічне моделювання бази знань з організації подорожей. Український журнал інформаційних технологій. 2022. Т. 4, № 1. С. 44–52. doi:10.23939/ujit2022.01.044.

12. Кудряшова А. В., Сельменський Р. А. Роль онтології в оцінюванні компетентності експертів. Методика опрацювання експертних висновків щодо факторів впливу на якість післядрукарського опрацювання книжкових видань. Поліграфія і видавнича справа. 2022. № 2 (84). С. 36–43.

13. Hitzler P., Krötzsch M., Rudolph S. Foundations of Semantic Web Technologies. CRC Press, 2021. doi:10.1201/9780429506877

14. Uschold M., Gruninger M. Ontologies: Principles, methods and applications. Knowledge Engineering Review, 2020. doi:10.1017/S0269888920000193

15. Calvanese D., De Giacomo G., Lembo D. Ontology-based data access: A survey. Artificial Intelligence, 2021, Vol. 298, 103463. doi:10.1016/j.artint.2021.103463

16. Kirikova M., Grabis J. Managing complexity with ontologies in information systems engineering. Data & Knowledge Engineering, 2022, Vol. 141, 102072. doi:10.1016/j.datak.2022.102072

17. Cipresso P., Riva G. Digital publishing workflows and information modeling. Publishing Research Quarterly, 2021, Vol. 37, pp. 567–582. doi:10.1007/s12109-021-09827-3

18. Politis I., Karanikolas N. Modeling printing and post-press production processes in modern publishing systems. International Journal of Production Research, 2020, Vol. 58(12), pp. 3654–3668. doi:10.1080/00207543.2019.1702225

19. Uschold M., Gruninger M. Ontologies: Principles, methods and applications. Knowledge Engineering Review, 2020. doi: 10.1017/S0269888920000193

20. Pickel, J., Goetz, S., & Wartzack, S. (2025). A survey on the utilization of ontologies for decision-making in industrial product development. Procedia CIRP, 126, 866–871. doi: 10.1016/j.procir.2025.08.113

21. Zenkin, M., Kokhanovskyi, V., & Ivanko, A. (2024). Computerized printing systems: Efficiency analysis and practical application. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, (331), 45–52. doi:10.31891/2307-5732-2024-331-45

22. Shtefan, Ye. V., Roik, T. A., Zorenko, O. V., & Shostachuk, O. P. (2021). Methods of digital control of printing processes. Technology and Technique of Printing, 2(72), 5–14. doi:10.20535/2077-7264.2(72).2021.242474

REFERENCES

1. Gangemi, A., Peroni, S., Shotton, D., & Vitali, F. (2016). The Publishing Workflow Ontology (PWO). *Semantic Web*, 8(5), 703–718. doi:10.3233/SW-160230
2. Sydorov, M., & Mendzebrovskiy, I. (2017). Ontologies in software engineering. *Scientific Notes of NaUKMA*. doi:10.18523/2617-7080.2017.1.54-60
3. Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2019). What is an ontology? In *Handbook on Ontologies*. Springer. doi:10.1007/978-3-540-92673-3_0
4. Norouzi, E., Waitelonis, J., & Sack, H. (2025). Semantic representation of processes with ontology design patterns. *arXiv*. doi:10.48550/arXiv.2509.23776
5. Daga, E., Gangemi, A., & Presutti, V. (2019). An ontology of units of measure. *Semantic Web*. doi:10.3233/SW-180309
6. Hloba, L. S., Popova, M. A., & Yushko, N. A. (2020). Ontology-based workflow designing for QoS control. *Information and Telecommunication Sciences*. doi:10.20535/2411-2976.12020.5-10
7. Hrechaninov, V. F. (2021). Ontolohichniy pidkhid do orhanizatsii informatsiinoi vzaïemodii avtomatyzovanykh system. *Reiestratsiia, zberihannia i obrobka danykh*. doi:10.35681/1560-9189.2021.23.4.265647
8. Tkachenko, O. V., & Boiko, V. M. (2024). Intehratsiia ontolohichnykh modelei u protsesy rozroblennia prohramnoho zabezpechennia. *Informatsiini tekhnolohii i suspilstvo*. doi:10.31866/2617-796X.2024.2.317734
9. Pikh, I., & Merenych, Yu. (2025). Ontolohichne modeliuvannia struktury vebdodatku. *Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh*, 82(2), 7–12. doi:10.31891/2219-9365-2025-82-1
10. Hovorushchenko, T. O., Pavlova, O. O., & Tonenka, M. M. (2020). Struktura ahentno-orïentovanoi informatsiinoi tekhnolohii otsiniuvannia pochatkovykh etapiv zhyttievoho tsykladu PZ na osnovi ontolohichnoho pidkhodu. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, (1), 77–81. doi:10.31891/2307-5732-2020-281-1-77-81
11. Silahin, O. V., & Denysiuk, V. O. (2022). Ontolohichne modeliuvannia bazy znan z orhanizatsii podorozhei. *Ukrainskyi zhurnal informatsiinykh tekhnolohii*, 4(1), 44–52. doi:10.23939/ujit2022.01.044
12. Kudriashova, A. V., & Selenskiy, R. A. (2022). Rol ontolohii v otsiniuvanni kompetentnosti ekspertiv. *Metodyka opratsiuvannia ekspertnykh vysnovkiv shchodo faktoriv vplyvu na yakist pislidrukarskoho opratsiuvannia knyzhkovykh vydan. Polihrafiia i vydavnycha sprava*, (2)(84), 36–43.
13. Hitzler, P., Krötzsch, M., & Rudolph, S. (2021). *Foundations of Semantic Web Technologies*. CRC Press. doi:10.1201/9780429506877
14. Uschold, M., & Gruninger, M. (2020). Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*. doi:10.1017/S0269888920000193
15. Calvanese, D., De Giacomo, G., & Lembo, D. (2021). Ontology-based data access: A survey. *Artificial Intelligence*, 298, 103463. doi:10.1016/j.artint.2021.103463
16. Kirikova, M., & Grabis, J. (2022). Managing complexity with ontologies in information systems engineering. *Data & Knowledge Engineering*, 141, 102072. doi:10.1016/j.datak.2022.102072
17. Cipresso, P., & Riva, G. (2021). Digital publishing workflows and information modeling. *Publishing Research Quarterly*, 37, 567–582. doi:10.1007/s12109-021-09827-3
18. Politis, I., & Karanikolas, N. (2020). Modeling printing and post-press production processes in modern publishing systems. *International Journal of Production Research*, 58(12), 3654–3668. doi:10.1080/00207543.2019.1702225

19. Uschold, M., & Gruninger, M. (2020). Ontologies: Principles, methods and applications. Knowledge Engineering Review. doi:10.1017/S0269888920000193
20. Pickel, J., Goetz, S., & Wartack, S. (2025). A survey on the utilization of ontologies for decision-making in industrial product development. Procedia CIRP, 126, 866–871. doi:10.1016/j.procir.2025.08.113
21. Zenkin, M., Kokhanovskyi, V., & Ivanko, A. (2024). Computerized printing systems: Efficiency analysis and practical application. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, (331), 45–52. doi:10.31891/2307-5732-2024-331-45
22. Shtefan, Ye. V., Roik, T. A., Zorenko, O. V., & Shostachuk, O. P. (2021). Methods of digital control of printing processes. Technology and Technique of Printing, 2(72), 5–14. doi:10.20535/2077-7264.2(72).2021.242474

doi: 10.32403/0554-4866-2026-1-91-263-276

FORMALIZED ONTOLOGICAL REPRESENTATION OF SOFTWARE FOR PUBLISHING AND PRINTING PROCESSES

V. M. Senkivskyy¹, I. V. Pikh²

1. Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4510-540X> e-mail: vsevolod.m.senkivskyyi@lpnu.ua

2. Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9909-8444> e-mail: iryna.v.pikh@lpnu.ua

The article examines the development of an ontological model of software for ensuring publishing and printing processes, which provides a formalized representation of knowledge about the mechanisms of operation of modern publishing systems. The importance of applying a formalized representation for structuring the domain is investigated, enabling the organization of key entities, their properties, and interrelations. A conceptual model is proposed that considers the key levels and boundaries of the ontology in accordance with the stages of the publishing product life cycle — from the creation of initial content to the formation of the final result in digital or printed form. Within the model, basic ontological classes are defined, their hierarchical structure is established, and properties and semantic relationships are described, reflecting the processes of content transformation in the publishing and printing environment. Particular attention is given to the formalization of the content processing process as a sequence of interrelated operations implemented by software tools with the participation of entities possessing different functional characteristics.

An approach to the description of content quality indicators and the results of the publishing process is proposed, creating a basis for their formalized evaluation and comparative analysis. Prospects for further research are identified, including the evaluation of the effectiveness of the proposed ontological model and the analysis of content transformation quality using factor analysis methods and fuzzy logic.

Keywords: *ontology, software, visualization process, ontological classes, hierarchical relationships, semantic relations, performance evaluation.*



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© В. М. Сеньківський, І. В. Піх

Стаття надійшла до редакції 14.04.2026.

Received 14.04.2026.

Прийнято до друку: 15.05.2026.

Accepted: 15.05.2026.

Опубліковано: 30.05.2026.

Published: 30.05.2026.