



**ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**  
**ELECTRONIC RESOURCES AND INFORMATION  
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

---

УДК 004.4, 004.6, 004.9

DOI: 10.31866/2617-796X.7.2.2024.317734

**Олександр Ткаченко,**

*кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний  
технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
Київ, Україна*

*доцент кафедри інженерії програмного забезпечення,  
Державний університет «Київський авіаційний інститут»,  
Київ, Україна*

*aatokg@gmail.com*

*<https://orcid.org/0000-0001-6911-2770>*

**Владислав Бойко,**

*магістрант,*

*кафедра інженерії програмного забезпечення,  
Державний університет «Київський авіаційний інститут»,  
Київ, Україна*

*bunkerwlada@gmail.com*

*<https://orcid.org/0009-0000-2132-9671>*

**ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІНТЕРАКТИВНОЇ СИМУЛЯЦІЇ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ОНТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

Сучасні симуляційні технології мають велике значення особливо в тих сферах, де помилки в реальних процесах можуть призвести до значних витрат та ризиків, спричинених наслідками виниклих помилок.

**Метою статті** є дослідження інтерактивних симуляторів у сфері розробки програмного забезпечення з інтеграцією онтологічних моделей.

**Методами дослідження** є основні методологічні підходи та технологічні засоби для розробки інтерактивних симуляторів у сфері розробки програмного забезпечення з інтеграцією онтологічних моделей. Такими методами, зокрема, є: системний та порівняльний аналізи – для виявлення особливостей створення та подальшого використання інтерактивних симуляторів у сфері розробки програмного забезпечення з інтеграцією онтологічних моделей; метод експертних оцінок, який передбачає аналіз літературних джерел та

інформаційних ресурсів, проведення інтерв'ю та опитування експертів, процеси розробки й тестування масштабованих і високопродуктивних інтерактивних симуляторів у сфері розробки програмного забезпечення з інтеграцією онтологічних моделей.

**Новизною проведеного дослідження** є дослідження можливості інтеграції онтологічних моделей безпосередньо у процес розробки програмного забезпечення, симульованого в інтерактивних середовищах.

**Висновком** проведеного в статті дослідження є те, що в роботі було: проведено дослідження щодо використання симуляційних технологій в різних предметних областях; визначено роль інтерактивних симуляторів, які сприяють відпрацюванню учасникам різні сценарії у віртуальному середовищі; розвитку критичного мислення; покращенню навичок прийняття рішень; визначено, що інтерактивні симулятори є важливим інструментом навчання у сфері розробки програмного забезпечення, де інтеграція онтологічних моделей дозволяє автоматизувати частину процесів і забезпечити стандартизацію процедур.

Було визначено труднощі впровадження симуляційного навчання: високі початкові витрати та технічні труднощі. Для успішної інтеграції симуляцій необхідно: забезпечити чітке визначення навчальних цілей (зокрема, для підготовки ІТ-фахівців); адаптувати симуляції до конкретних потреб організації; інтегрувати симуляції у загальну навчальну програму підготовки ІТ-фахівців. Було визначено, що: онтологічні моделі відіграють ключову роль у вдосконаленні інтерактивних симуляторів, допомагаючи структурувати та формалізувати знання в різних предметних областях; використання онтологій сприяє процесу інтеграції різних програмних компонентів, забезпечуючи тим самим гнучкість і масштабованість систем.

**Ключові слова:** інтерактивний симулятор, програмне забезпечення, онтологічна модель, віртуальне середовище, симуляційне навчання.

**Вступ.** Симуляція – імітація реальної речі, ситуації, процесу. Симуляція, зазвичай, передбачає відтворення основних властивостей чи поведінки обраної системи (фізичної чи абстрактної).

Сучасні симуляційні технології відіграють важливу роль у навчальних процесах, особливо в тих сферах (чи галузях), де реальні помилки можуть призвести до:

- значних витрат (фінансових, матеріальних, кадрових, тощо);
- ризиків (економічних, екологічних, енергетичних, тощо), спричинених наслідками виниклих помилок.

ІТ-сфера – сфера розробки програмного забезпечення інтерактивної симуляції – допомагає студентам та фахівцям (з різних сфер діяльності):

- набувати нових загальних і професійних компетенцій;
- відточувати свої професійні навички та вміння в безпечному середовищі, що моделює реальний світ (з реальними закономірностями та умовами функціонування), але без ризику появи реальних наслідків від можливих помилок.

Серед основних переваг, які надають інтерактивні симулятори реального світу (наприклад, симуляційне навчання), слід виділити, зокрема:

- можливість випробувати різні сценарії у віртуальному світі;
- побачити наслідки прийнятих рішень у реальному часі, що підвищує критичне мислення та прийняття рішень.

Такі інтерактивні симулятори надають можливість студентам взаємодіяти з моделями реальних систем, дозволяючи їм опрацьовувати складні сценарії, які важко відтворити у умовах традиційного навчання. Інтерактивні симулятори:

– допомагають адаптувати процес навчання до індивідуальних потреб учасників (студентів, викладачів), що підвищує їхню продуктивність і ефективність під час реальних викликів (Data Stream Mining & Processing, 2018);

– сприяють кращій взаємодії учасників з навчальним матеріалом, дозволяючи їм:

- адаптуватися до складних завдань;
- покращувати свої компетенції в практичних (реальних) сценаріях.

Використання таких методів, як віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR), допомагає створювати реалістичні середовища для навчання, що робить процес більш захоплюючим, «занурюючим» і ефективним

Впровадження інтерактивних симуляторів, симуляційного навчання в сфері професійної підготовки фахівців супроводжується безліччю проблем, які можуть уповільнити або ускладнити їхню інтеграцію у відповідні організаційні процеси.

Одна з цих проблем полягає в значних початкових витратах на технологію (розробку, придбання чи впровадження), що може стати суттєвою перешкодою для багатьох організацій. Технічні проблеми та обмежені ресурси також можуть стати на заваді безперебійному впровадженню таких програмних продуктів (інформаційних систем, сервісів, тощо).

Крім цього, зміни, пов'язанні з впровадженням нових технологій, в процесах (технологічних, навчальних, організаційних) часто зустрічають опір з боку персоналу або управлінців, які не завжди готові прийняти нові методи навчання чи бояться стану деякої невизначеності (Adobe eLearning, n.d.).

Тому не викликає сумнівів актуальність знаходження нових шляхів вирішення наявних проблем. Одним з таких шляхів є інтерактивні симулятори з використанням онтологічних моделей, які можуть стати потужним інструментом для вдосконалення процесу розробки програмного забезпечення, дозволяючи автоматизувати частину процесів та забезпечити стандартизацію процедур (наприклад, основних процедур життєвого циклу програмного забезпечення).

Метою є дослідження інтерактивних симуляторів у сфері розробки програмного забезпечення з інтеграцією онтологічних моделей.

Досягнення мети передбачає виконання наступних завдань:

- визначити основні проблеми використання інтерактивних симуляторів;
- визначити можливі шляхи інтеграції симуляцій у вже існуючі системи та навчальні програми;
- провести аналіз існуючих інтерактивних симуляторів, які використовують онтологічні моделі;
- визначити цілі успішного впровадження симуляційного навчання;
- провести аналіз приклади адаптації інтерактивної симуляції до конкретних потреб організації, щоб забезпечити максимальну користь їх використання.

**Результати дослідження.** Правильно спроектовані сценарії, що імітують реальні виклики, дозволяють учасникам застосовувати теоретичні знання в прак-

тичних умовах, забезпечуючи краще закріплення матеріалу, розвиток навичок вирішення проблем. Тому важливо інтегрувати симуляційні тренування в загальну навчальну програму, щоб забезпечити узгодженість і послідовність навчального процесу (EI Design, n.d.).

Існує багато симуляційних програм, які використовуються для моделювання та навчання у різних галузях. Розглянемо та проаналізуємо функціонування деяких з них.

Simul8 є потужним інструментом для моделювання бізнес-процесів, зокрема у сфері виробництва та логістики (GoodFirms, n.d.). Цей симулятор дозволяє користувачам налаштовувати моделі під специфічні потреби організацій, надаючи широкий спектр можливостей для оптимізації процесів. На рис. 1 продемонстровано головне вікно інтерактивного симулятора Simul8.

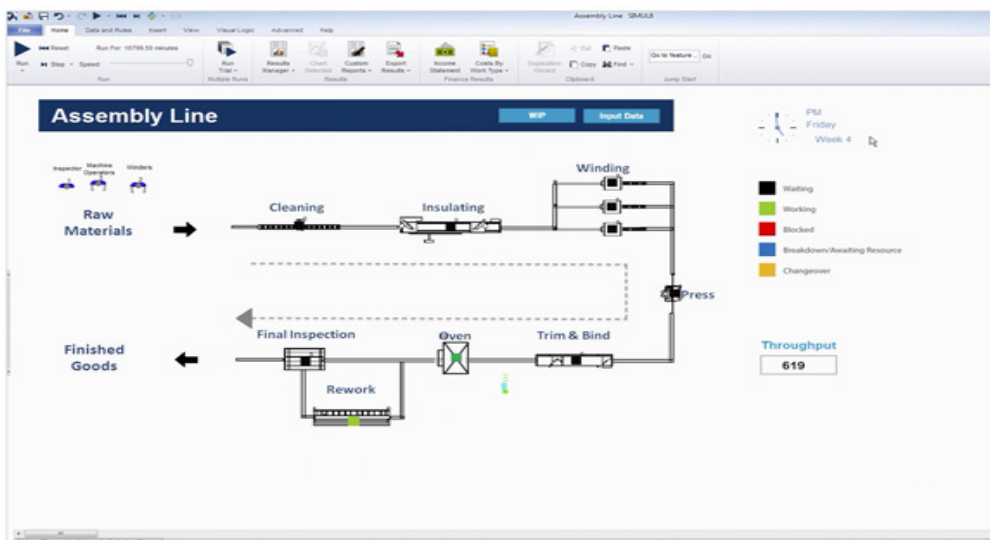


Рис. 1. Головне вікно інтерактивного симулятора Simul8

Ще одним популярним рішенням в сфері симуляційного навчання та симуляційної інтерпретації є OpenModelica (GoodFirms, n.d.). Цей потужний інструмент використовується для симуляції інженерних систем.

Відкритий код програмного продукту дає можливість гнучко налаштовувати його під індивідуальні потреби як окремих користувачів, так і конкретних організацій, що робить його універсальним для вирішення широкого спектру академічних та інженерних завдань (GoodFirms, n.d.). На рис. 2 показано, як виглядає головне вікно інтерактивного симулятора OpenModelica.

У сфері навчання управління проектами слід відзначити SimSE – симулятор для навчання студентів ефективному управлінню процесом розробки програмного забезпечення (SimSE, n.d.).

SimSE дозволяє користувачам симулювати реальні процеси розробки програмного забезпечення та випробовувати різні підходи до управління проектами

(SimSE, n.d.). На рис.3 показано, як виглядає головне вікно інтерактивного симулятора SimSE.

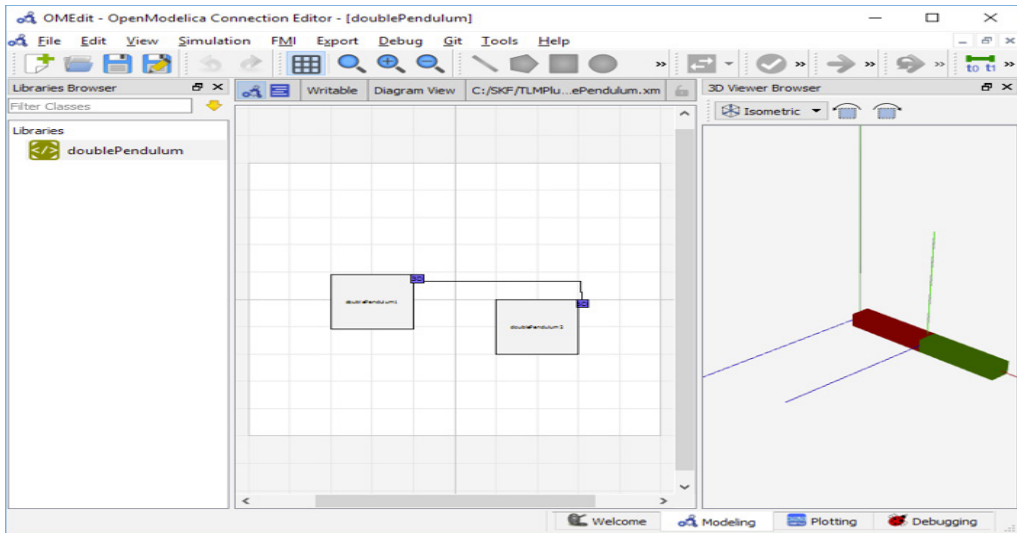


Рис. 2. Головне вікно інтерактивного симулятора OpenModelica

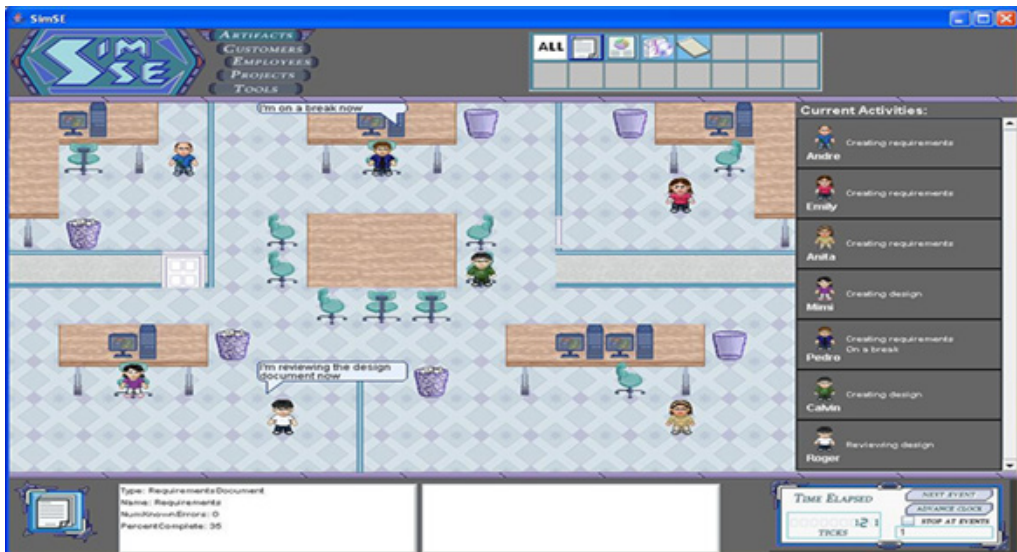


Рис. 3. Головне вікно інтерактивного симулятора SimSE

JOY OF PROGRAMMING (Joy of Programming, n.d.) – платформа, що використовує гейміфікацію для навчання програмуванню. Студенти виконують різноманітні завдання та експериментують у безпечному середовищі, що сприяє підвищенню їхнього інтересу та мотивації до навчання. Геймплей симулятора JOY OF PROGRAMMING продемонстровано на рис.4.



Рис. 4. Геймплей JOY OF PROGRAMMING

На рис. 5 продемонстровано основні переваги інтерактивного симулятора JOY OF PROGRAMMING.

*Використання онтологічних моделей в програмній інженерії.* Онтологічні моделі – формальні описи знань у певній предметній області, що використовуються для організації та структуривання даних (Ontotext, n.d.).

Онтології допомагають визначати основні поняття предметної області та встановлювати взаємозв'язки між ними, забезпечуючи спільне розуміння інформації, що використовується в різних системах.

Онтології дозволяють реалізовувати інтелектуальні компоненти програмного забезпечення. Ці моделі грають ключову роль у підвищенні рівня інтеграції даних, особливо коли йдеться про великі й складні (за структурою, семантикою) обсяги інформації.

Онтології дозволяють не лише систематизувати дані, але й завдяки можливості автоматично оновлюватися, забезпечують гнучкість програмних рішень при внесенні змін у вимоги або середовище експлуатації (Ontotext, n.d.; Буров and Пасічник, 2015). Такі властивості онтологій сприяють більш глибокому аналізу інформації та прийняттю обґрунтованих рішень (зокрема, управлінських).

Використання онтологій при інтерактивній симуляції значно полегшує процес інтеграції різних програмних продуктів (цілих систем чи їх окремих компонентів). Онтології забезпечують роботу з єдиною базою знань, що надає можливість різним учасникам проекту працювати відповідно до єдиних стандартів та способів подання даних (Sydorov et al., n.d.).

Таким чином, використання онтологій:

- полегшує розуміння серед міждисциплінарних команд;
- сприяє розробці (створенню) ефективних та взаємодіючих систем;
- забезпечує організаціям можливість вирішення складних задач, пов'язаних з аналізом даних;
- забезпечує гнучкість у взаємодії між різними системами та користувачами.

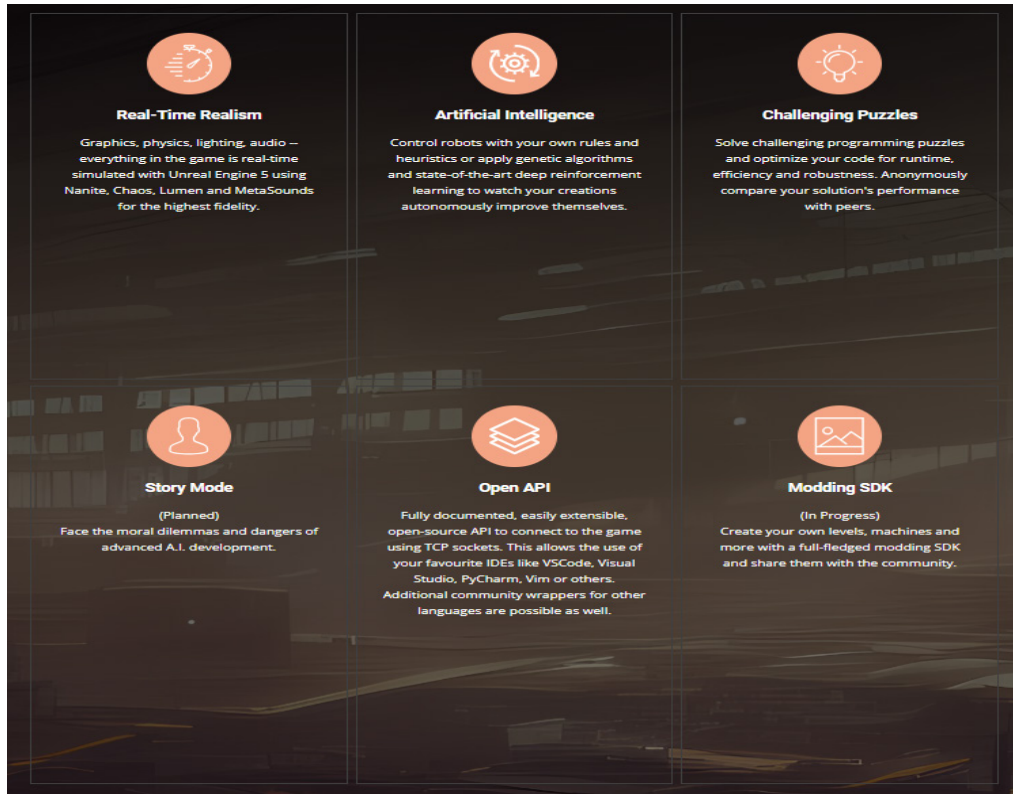


Рис. 5. Переваги JOY OF PROGRAMMING

*Використання онтологій для інтеграції симуляції.* Онтології є потужним інструментом для інтеграції симуляцій. Особливо суттєвим є їх використання для забезпечення сумісності між різними симуляційними компонентами, які можуть мати різні джерела чи бути розробленими на основі різних принципів, методів, технологій, підходів, тощо.

Використання онтологій забезпечує формалізоване представлення сутностей предметної області та їх взаємозв'язків у відповідних симуляціях, що усуває невизначеності у даних і сприяє ефективній взаємодії між різними модулями програмного забезпечення (програмного продукту).

Одним з основних аспектів застосування онтологій для інтерактивної симуляції є можливість повторного використання моделей та компонентів у різних контекстах, що забезпечує, зокрема:

- високу ступінь масштабованості;
- знижує витрати на розробку нових симуляційних систем,;
- сприяє інтегруванню наявних компонентів в нові моделі без необхідності їх суттєвої переробки (Ontology for Modeling and Simulation, n.d.).

Завдяки формалізованому представленню онтології дозволяють автоматично адаптувати симуляційні моделі до змін у предметній області чи у вимогах (до

програмного забезпечення, навчальних програм, навчальних процесів, рівнів компетентності різних категорій користувачів тощо). Це знижує необхідність ручного втручання під час оновлення чи розширення системи.

Крім того, онтології полегшують управління симуляціями великих масштабів, де взаємодія між численними компонентами є дуже важливою (інколи навіть критично важливою) для отримання точних результатів.

Використання поєднання онтологій і автоматизованих процесів забезпечує покращення аналізу результатів симуляцій, дозволяючи, зокрема:

- проводити семантичний пошук (наприклад, даних, помилок, тощо);
- робити висновки на основі отриманих даних;
- більш глибоко розуміти та аналізувати складні ситуації.

*Огляд існуючих платформ для інтеграції онтологій в симуляції.* Для ефективної інтеграції онтологій у системи інтерактивної симуляції використовуються різні платформи та інструменти, які забезпечують підтримку існуючих стандартів моделювання онтологій та здійснення процесів отримання (виконання) логічних висновків.

Protégé є однією з найпопулярніших платформ для створення, редагування та управління онтологіями (Practical Guide to Building OWL Ontologies Using Protégé 5.5, n.d.). Protégé підтримує роботу з мовами OWL і RDF, що робить її універсальним інструментом для моделювання різних предметних областей. Користувачі можуть створювати та редагувати складні онтологічні моделі через зручний графічний інтерфейс, визначаючи класи, сутності та відношення між ними.

Protégé надає потужні інструменти для: перевірки узгодженості онтологій; автоматичного виведення нових знань на основі існуючих фактів.

На рис. 6 представлено вікно Protégé, в якому відображено графічне представлення онтології для деякої предметної області у вигляді онтографу та ієрархічне представлення основних класів предметної області, що описані в онтології.

Apache Jena (Apache Jena, n.d.) є відкритою платформою для розробки семантичних веб-додатків, яка підтримує роботу з RDF і OWL-онтологіями. Apache Jena надає інструменти для створення та управління онтологіями, а також для виконання запитів за допомогою SPARQL.

Завдяки своїй гнучкості, Apache Jena може працювати з великими обсягами семантичних даних у розподілених середовищах, що робить її відмінним інструментом для інтерактивних симуляцій, які потребують при своїй роботі великих обсягів різноманітної інформації.

Крім того, Apache Jena забезпечує механізми для:

- отримання (формування) логічних висновків;
- перевірки узгодженості онтологій;
- інтеграції системи інтерактивної симуляції з іншими системами.

TopBraid Composer (MDPI, n.d.) є професійним інструментом для розробки семантичних моделей та інтеграції онтологій у різні додатки (чи програмні системи). TopBraid Composer:

- підтримує стандарти мов OWL і RDF;
- надає можливість використовувати SPARQL для виконання запитів до онтологічних баз даних.



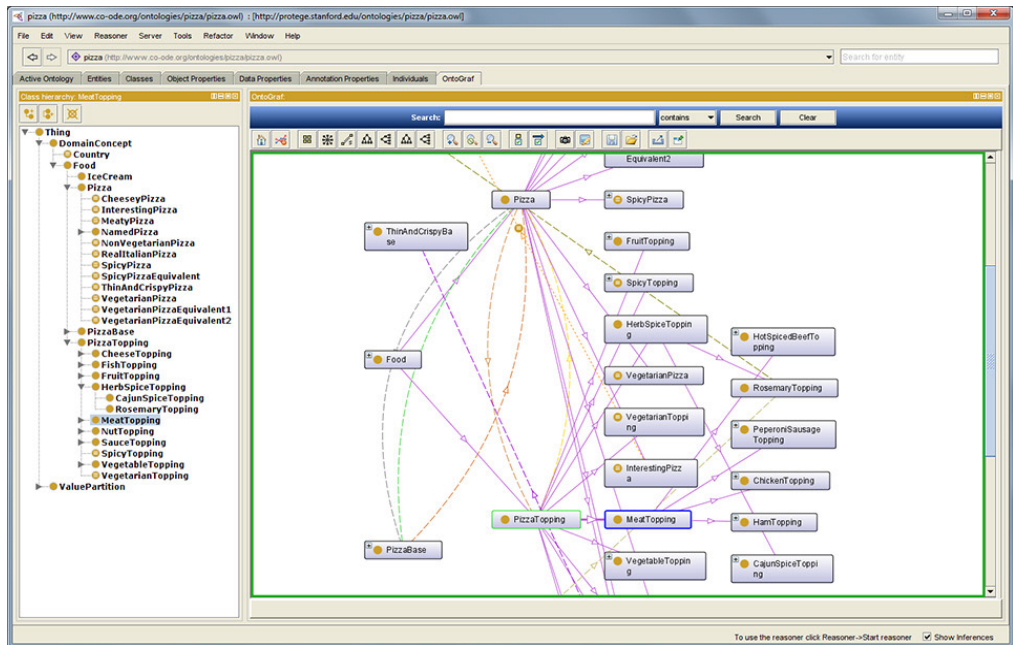


Рис. 6. Вікно редактора онтологій Protégé з відображенням онтографу

Серед важливих властивостей TopBraid Composer слід виділити, зокрема, такі як:

- інтеграція з іншими інструментами для управління великими проектами;
- підтримка багатокористувацького режиму роботи;
- спроможність бути потужним рішенням для командної роботи над онтологічними моделями;
- наявність механізмів для перевірки узгодженості онтологій;
- наявність механізмів формування (виконання) логічних висновків;
- забезпечення точності та узгодженості онтологічних моделей.

На рис. 7 представлено основне вікно TopBraid Composer, в якому відображено, зокрема:

- представлення основних класів предметної області, що описані в онтології;
- властивості цих класів;
- розташування об'єктів (класів) предметної області на відповідній географічній мапі;
- посилання на описи об'єктів предметної області в Інтернеті.

Застосування розглянутих вище платформ значно полегшує процес інтеграції онтологій у системи інтерактивної симуляції. Вони забезпечують, зокрема:

- стандартизацію даних;
- підтримку різних сучасних форматів та стандартів онтологій;
- підтримку інструментів для формування (виконання) логічних висновків;
- перевірку узгодженості (як різних онтологій, так і різних програмних компонентів чи систем).

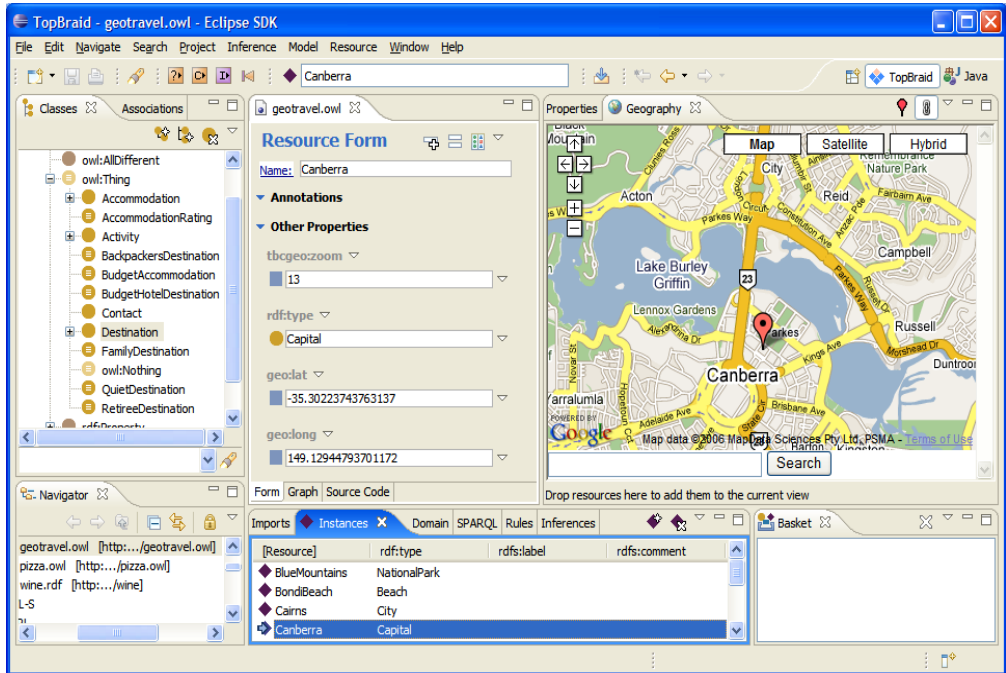


Рис. 7. Основне вікно TopBraid Composer

Використання онтологій сприяє:

створенню більш гнучкі, масштабовані та інтегровані симуляційні середовища, що можуть адаптуватися до змін і забезпечувати точний аналіз великих обсягів даних.

Розглянемо приклади практичного використання онтологій в інтерактивних симуляціях. *OntologySim* (MDPI, n.d.) – система інтерактивної симуляції виробничих процесів, побудована на основі онтологій.

*OntologySim*:

- використовує багатокомпонентні агентні моделі;
- дозволяє інтегрувати симуляції з реальними виробничими системами для підвищення точності й гнучкості управління;
- підтримує концепцію цифрового двійника, що дозволяє відслідковувати зміни в реальних системах і точно відображати їх у симуляціях;
- забезпечує легку адаптацію до змін;
- забезпечує гнучкість в управлінні складними виробничими процесами.

Онтології часто використовуються для моделювання різних сценаріїв в інтерактивних симуляціях. Онтологічні моделі допомагають точно обирати та представляти концептуальні сутності про реальні системи, що дозволяє повторно використовувати ці моделі та підтримувати їх в актуальному стані.

Наприклад, при моделюванні ATM-систем або черг у банках, онтологічна модель використовується для оцінки часу обслуговування клієнтів та продуктивності відповідних систем (*Ontology for Modeling and Simulation*, n.d.).

**Висновки.** В роботі було:

- проведено дослідження щодо використання симуляційних технологій в різних предметних областях (доменах);
- визначено основні проблеми використання симуляційних технологій в різних предметних областях;
- визначено роль інтерактивних симуляторів (зокрема, у сучасних навчальних процесах, та особливо в тих сферах/галузях, де реальні помилки можуть призвести до значних ризиків), сприяючи:
  - відпрацьовуванню учасникам різні сценарії в безпечному віртуальному середовищі;
  - розвитку критичного мислення;
  - покращенню навичок прийняття рішень;
- визначено, що інтерактивні симулятори є важливим інструментом при навчанні студентів і фахівців у сфері розробки програмного забезпечення, де інтеграція онтологічних моделей дозволяє автоматизувати частину процесів і забезпечити стандартизацію процедур.

Крім переваг впровадження симуляційного навчання було визначено й його труднощі (виклики), зокрема, такі як високі початкові витрати та технічні труднощі.

Для успішної інтеграції симуляцій необхідно:

- забезпечити чітке визначення навчальних цілей (зокрема, для підготовки IT-фахівців);
- адаптувати симуляції до конкретних потреб організації;
- інтегрувати симуляції у загальну навчальну програму підготовки IT-фахівців.

В роботі було визначено, що онтологічні моделі відіграють ключову роль у вдосконаленні ітерактивних симуляторів (симуляційних систем), допомагаючи структурувати та формалізувати знання в різних предметних областях (доменах).

Було визначено, що використання онтологій сприяє значному полегшенню процесу інтеграції різних програмних компонентів, забезпечуючи тим самим гнучкість і масштабованість систем.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

---

DataStream Mining & Processing (DSMP-2018). Proceedings of the 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP-2018). Lviv, Ukraine (August 21-25, 2018). [online] Доступно: <[https://sci.lidubgd.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5155/1/Proceedings\\_IEEE\\_DSMP\\_2018-3.pdf](https://sci.lidubgd.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5155/1/Proceedings_IEEE_DSMP_2018-3.pdf)> [Дата звернення 12 жовтня 2024].

EI Design. Simulate to Elevate: Unveiling the Power of Training Simulation, n.d. [online] Доступно: <<https://www.eidesign.net/simulate-to-elevate-unveiling-the-power-of-training-simulation/>> [Дата звернення 12 жовтня 2024].

Adobe eLearning. Simulate to Elevate: Unveiling the Power of Training Simulation, n.d. [online] Доступно: <<https://elearning.adobe.com/2024/01/simulate-to-elevate-unveiling-the-power-of-training-simulation/>> [Дата звернення 12 жовтня 2024].

- GoodFirms. The Top 8 Free and Open Source Simulation Software, n.d. [online] Доступно: <<https://www.goodfirms.co/simulation-software/blog/the-top-8-free-and-open-source-simulation-software#OpenModelica>> [Дата звернення 13 жовтня 2024].
- SimSE: an educational, game-based software engineering simulator environment, n.d. [online] Доступно: <<https://ics.uci.edu/~emilyo/SimSE/details.html>> [Дата звернення 13 жовтня 2024].
- Joy of Programming, n.d. [online] Доступно: <<https://prof-scherer.de/joy-of-programming/>> [Дата звернення 13 жовтня 2024].
- Ontotext. What are Ontologies?, n.d. [online] Доступно: <<https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/what-are-ontologies/>> [Дата звернення 13 жовтня 2024].
- Буров, Є.В., Пасічник, В.В., 2015. Програмні системи на базі онтологічних моделей задач. *«Інформаційні системи та мережі» – Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 829 (2), С. 36-57.
- Sydorov, N., Mendzhebrovsky, I., Sydorova, N. Ontologies in Software Engineering, n.d. [online] Доступно: <<https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6a5b67af-5894-49f1-8dd5-fd59583996c8/content>> [Дата звернення 14 жовтня 2024].
- Ontology for Modeling and Simulation, n.d. [online] Доступно: <[https://www.researchgate.net/publication/224209123\\_Ontology\\_for\\_Modeling\\_and\\_Simulation](https://www.researchgate.net/publication/224209123_Ontology_for_Modeling_and_Simulation)> [Дата звернення 14 жовтня 2024].
- A Practical Guide to Building OWL Ontologies Using Protégé 5.5 and Plugins, n.d. [online] Доступно: <[https://www.researchgate.net/publication/351037551\\_A\\_Practical\\_Guide\\_to\\_Building\\_OWL\\_Ontologies\\_Using\\_Protege\\_5\\_5\\_and\\_Plugins](https://www.researchgate.net/publication/351037551_A_Practical_Guide_to_Building_OWL_Ontologies_Using_Protege_5_5_and_Plugins)> [Дата звернення 14 жовтня 2024].
- Apache Jena. Documentation. Jena Ontology API, n.d. [online] Доступно: <<https://jena.apache.org/documentation/ontology/>> [Дата звернення 14 жовтня 2024].
- MDPI. Ontology-Based Production Simulation with OntologySim, n.d. [online] Доступно: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/3/1608>> [Дата звернення 14 жовтня 2024].

## REFERENCES

---

- DataStream Mining & Processing (DSMP-2018). Proceedings of the 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP-2018). Lviv, Ukraine (August 21-25, 2018). [online] Available at: <[https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5155/1/Proceedings\\_IEEE\\_DSMP\\_2018-3.pdf](https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5155/1/Proceedings_IEEE_DSMP_2018-3.pdf)> [Accessed 12 October 2024].
- EI Design. Simulate to Elevate: Unveiling the Power of Training Simulation, n.d. [online] Available at: <<https://www.eidesign.net/simulate-to-elevate-unveiling-the-power-of-training-simulation/>> [Accessed 12 October 2024].
- Adobe eLearning. Simulate to Elevate: Unveiling the Power of Training Simulation, n.d. [online] Available at: <<https://elearning.adobe.com/2024/01/simulate-to-elevate-unveiling-the-power-of-training-simulation/>> [Accessed 12 October 2024].
- GoodFirms. The Top 8 Free and Open Source Simulation Software, n.d. [online] Available at: <<https://www.goodfirms.co/simulation-software/blog/the-top-8-free-and-open-source-simulation-software#OpenModelica>> [Accessed 13 October 2024].
- SimSE: an educational, game-based software engineering simulator environment, n.d. [online] Available at: <<https://ics.uci.edu/~emilyo/SimSE/details.html>> [Accessed 13 October 2024].
- Joy of Programming, n.d. [online] Available at: <<https://prof-scherer.de/joy-of-programming/>> [Accessed 13 October 2024].

- Ontotext. What are Ontologies?, n.d. [online] Available at: <<https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/what-are-ontologies/>> [Accessed 13 October 2024].
- Burov, E.V., Pasichnik, V.V., 2015. Software systems based on ontological problem models. "Information systems and networks" – *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University*, 829(2), pp. 36-57
- Sydorov, N., Mendzebrovsky, I., Sydorova, N. Ontologies in Software Engineering, n.d. [online] Available at: <<https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6a5b67af-5894-49f1-8dd5-fd59583996c8/content>> [Accessed 14 October 2024].
- Ontology for Modeling and Simulation, n.d. [online] Available at: <[https://www.researchgate.net/publication/224209123\\_Ontology\\_for\\_Modeling\\_and\\_Simulation](https://www.researchgate.net/publication/224209123_Ontology_for_Modeling_and_Simulation)> [Accessed 14 October 2024].
- A Practical Guide to Building OWL Ontologies Using Protégé 5.5 and Plugins, n.d. [online] Available at: <[https://www.researchgate.net/publication/351037551\\_A\\_Practical\\_Guide\\_to\\_Building\\_OWL\\_Ontologies\\_Using\\_Protege\\_55\\_and\\_Plugins](https://www.researchgate.net/publication/351037551_A_Practical_Guide_to_Building_OWL_Ontologies_Using_Protege_55_and_Plugins)> [Accessed 14 October 2024].
- Apache Jena. Documentation. Jena Ontology API, n.d. [online] Available at: <<https://jena.apache.org/documentation/ontology/>> [Accessed 14 October 2024].
- MDPI. Ontology-Based Production Simulation with OntologySim, n.d. [online] Available at: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/3/1608>> [Accessed 14 October 2024].

#### **UDC 004.4, 004.6, 004.9**

##### ***Olexandr Tkachenko,***

*PhD of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Computer Systems Software,  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,  
Kyiv, Ukraine  
Associate Professor at the Department of Software Engineering,  
State University «Kyiv Aviation Institute»,  
Kyiv, Ukraine  
aatokg@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-6911-2770>*

##### ***Vladyslav Boiko,***

*Undergraduate at the Department of Software Engineering,  
State University «Kyiv Aviation Institute»,  
Kyiv, Ukraine  
bunkerwlada@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0000-2132-9671>*

### **SOME ASPECTS OF INTERACTIVE SIMULATION OF SOFTWARE DEVELOPMENT WITH INTEGRATION OF ONTOLOGICAL MODELS**

Modern simulation technologies are of great importance, especially in those areas where errors in real processes can lead to significant costs and risks caused by the consequences of errors.

**The purpose of the article** is to research of the interactive simulators in the field of software development with the integration of ontological models.

**The research methods** are the main methodological approaches and technological tools for the development of interactive simulators in the field of software development with the integration of ontological models. Such methods, in particular, are: system and comparative analyzes – to identify the features of the creation and further use of interactive simulators in the field of software development with the integration of ontological models; the method of expert assessments, which involves the analysis of literary sources and information resources, conducting interviews and surveys of experts, the processes of development and testing of scalable and high-performance interactive simulators in the field of software development with the integration of ontological models.

**The novelty of the conducted research** is the research of the possibility of integrating ontological models directly into the process of developing software simulated in interactive environments.

**The conclusion** of the research carried out in the article is that the work was: the research was conducted on the use of simulation technologies in various subject areas; the role of interactive simulators is determined, which help the participants practice various scenarios in a virtual environment; development of critical thinking; improving decision-making skills; it is determined that interactive simulators are an important learning tool in the field of software development, where the integration of ontological models allows automating part of the processes and ensuring the standardization of procedures.

Difficulties in implementing simulation training were identified: high initial costs and technical difficulties. For the successful integration of simulations, it is necessary to: provide a clear definition of educational goals (in particular, for the training of IT specialists); adapt simulations to the specific needs of the organization; integrate simulations into the general training program of IT specialists. It was determined that: ontological models play a key role in the improvement of interactive simulators, helping to structure and formalize knowledge in various subject areas; the use of ontologies contributes to the process of integration of various software components, thereby ensuring flexibility and scalability of systems.

**Keywords:** interactive simulator; software; ontological model; virtual environment; simulation training.

20.10.2024