

## МЕТОД ДОМЕННОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*О.В. Чебанюк, В.І. Чупринка*

Національний авіаційний університет, 03058 проспект космонавта Комарова 1,  
тел.: 406 7641, [Elena.Chebanyuk@livenau.net](mailto:Elena.Chebanyuk@livenau.net)  
Київський національний університет технологій та дизайну, 01011, вул. Н.-Данченка 2,  
тел.: 256 8465, [Chuprinka\\_V\\_I@ukr.net](mailto:Chuprinka_V_I@ukr.net)

Сформульовано вимоги до моделі прикладного домену для проведення експериментів шляхом використання програмного забезпечення. Проведено огляд публікацій, що присвячені використанню доменного аналізу при побудові таксономії прикладної предметної області. Запропоновано метод доменного аналізу для моделювання процесів при проведенні наукових експериментів за допомогою програмного забезпечення. Представлено приклад побудови платформено-незалежної моделі, втіленої у діаграму класів, для прикладного домену – «Побудова раціональних розкрійних схем для виробів взуття та шкіргалантереї».

The requirements towards the model of application domain for implementation of experiments using software are formulated in this article. The review of publications which are devoted of domain analysis usage for building the taxonomy of application domain is made. The method of domain analysis for modeling processes while making scientific experiments using software is proposed. The example of building platform independent model, implementing in class diagram for application domain – “Building of effective cutting schemas for shoes details and leather goods” is represented.

### Вступ

Специфіка проведення наукових експериментів полягає у тому, що рідко можна розробити програмне забезпечення для моделювання певного процесу предметної області не змінюючи ідеї, запропонованої на початку дослідження. Відповідно початкові алгоритми модифікуються, тому дослідження процесів зводиться до розробки програмного забезпечення для перевірки великої кількості гіпотез, які стосуються однієї предметної області. Навіть часткова зміна вимог до програмного забезпечення іноді призводить до реструктуризації цілих модулів коду. Для підвищення ефективності проведення експериментів шляхом використання програмного забезпечення потрібно визначити взаємозв'язки між об'єктами предметної області, провести аналіз вимог та компонентів, які можна повторно використовувати при вирішенні різних задач. Ефективним засобом систематизації знань про прикладну предметну область є доменний аналіз.

### Актуальність теми

Слід зазначити, що задачі розробки програмного забезпечення для проведення наукових досліджень можуть вирішуватися у двох напрямках. Перший – задачі, де потрібно досягти функції цілі. Для прикладного домену, що розглядається, а саме – побудова раціональних розкрійних схем рулонних матеріалів, задачами такого типу є розробка методів системного розміщення деталей на схемах з відсотком заповнення матеріалу не менше заданого [1], або виконання операцій контролю дій користувача при інтерактивному коригуванні розкрійних схем за певний час [2]. Другий напрямок – проведення досліджень для вирішення конкретної задачі. Прикладом таких задач може бути оцінка величини апроксимації при підготовці інформації про деталі розкрійної схеми [3], або розробка методу визначення траєкторії ріжучого інструменту при автоматичному розкрої матеріалу [4].

Відповідно, актуальною є задача розробити метод доменного аналізу, який шляхом систематизації знань про предметну область, підвищить ефективність засобів перевірки вірогідності наукових гіпотез та прискорить процес внесення змін у програмний код. Також слід врахувати фактори зменшення часу розробки, вартості досліджень та впливу людського фактору на кінцевий результат роботи програми.

### Вимоги до методу аналізу предметної області

Результатом доменного аналізу має бути модель предметної області, яка використовується для проведення експериментів шляхом використання програмного забезпечення. Ця модель має задовольняти наступним вимогам:

- виконувати когнітивну функцію, тобто містити найважливіші зв'язки між об'єктами домену та бути легкою для сприйняття. Для пізнання прикладного домену модель має відповідати онтології предметної області;
- виконувати комунікативну функцію, тобто дозволяти декільком розробникам програмного

© О.В. Чебанюк, В.І. Чупринка, 2012

забезпечення сумісно використовувати та змінювати її структуру;

- бути адаптованою для залучення засобів автоматизованої кодогенерації (потрібно, наприклад, для організації міжмовної взаємодії та при зміні вмісту та структури програмних модулів);
- бути розширюваною та дозволяти можливість аналізу прикладного домену за різними критеріями.

Таким вимогам відповідає платформенно-незалежна модель (Platform Independent Model – PIM) [5], яка представлена у вигляді діаграми класів, що являють собою об’єкти предметної області. Побудова таких моделей дозволяє використовувати підхід MDA (Model Driven Architecture) [5] до розробки програмного забезпечення. Так як PIM модель фокусується на важливих зв’язках між компонентами системи, не висвітлюючи деталі, її зручно застосовувати наприклад, для організації сумісного використання програмних модулів, що написані на різних мовах. Модульна структура такої моделі дозволяє аналізувати тільки частину домену шляхом розгляду тільки тих зв’язків між сутностями, які використовуються для вирішення поточної задачі. Розробивши правила трансформації з PIM у PSM (Platform Specific Model) [5] та навпаки, модель предметної області можна узагальнювати або уточнювати шляхом додавання чи вилучення певних деталей.

**Постановка завдання.** Маючи інформацію про процеси та об’єкти предметної області розробити формалізований метод, що дозволяє отримати PIM модель, яка задовольняє вищеприписаним вимогам.

**Аналіз публікацій за темою.** Публікації про використання доменного аналізу висвітлюють проблему у трьох основних напрямках. Перший – це роботи, які розкривають основні ідеї доменного аналізу [6] та використання доменно-специфічних мов [7]. У них аналізуються задачі, види доменного аналізу, та вимоги до результатів. Другий – це дослідження, як проводити доменний аналіз для певної прикладної галузі [8, 9]. Автори наводять теоретичну інформацію, яка є підґрунтям для проведення досліджень та наводять опис обґрунтування рішення щодо об’єкту та методу аналізу предметної області. Третій – це роботи, які описують процеси, що виконуються на кожному етапі доменного аналізу. Особливу цінність представляють публікації, які присвячені систематизації підходів при проведенні доменного аналізу. Серед них можна виділити [9, 10]. У роботі [9] наведені принципи вибору методів доменного аналізу відповідно до мети, з якою він проводиться. Недоліком представленої класифікації є те, що доменний аналіз може здійснюватися тільки з однією метою. Також не показано, як можна комбінувати методи, коли потрібно, наприклад, покращити елементи коду, що повторно використовуються та інтегрувати результати доменного аналізу у процес розробки програмного забезпечення. Інші роботи також ґрунтуються або на використанні словників предметної області, або на готових моделях, що представляють таксономію домену [10, 11].

Складністю використання методів, запропонованих у [10] є те, що словник онтології предметної області вже має існувати. Для застосування доменного аналізу при проведенні експериментів шляхом використання програмного забезпечення слід розробити формалізований підхід переходу від процесів, які відбуваються у домені до побудови моделі, що відображає ієрархію об’єктів предметної області. У роботі [11] запропоновано використання підходу MDA для автоматизації бізнес процесів, які протікають у домені. Модель бізнес-процесу є вихідною, діаграма класів предметної області – результуючою. Крім того, для аналізу бізнес-процесів, які потрібно втілити у PIM модель, що представлена діаграмою класів, потрібно залучати досвідчених експертів предметної області через трудомісткість операцій аналізу.

### Метод доменного аналізу, який дозволяє побудувати модель прикладної предметної області у вигляді діаграми класів (PIM модель)

1. Визначаються границі прикладного домену.

2. Складається множина  $\alpha$ , в яку входять сутності прикладного домену, що розглядається.

3. Сутності, що входять до множини  $\alpha$  перевіряються за наступним правилом. Якщо для певної сутності  $a_i$ , де  $i=1, \dots, t$ , де  $t$  – кількість сутностей у множині  $\alpha$  можна сформувати непусту підмножину  $\beta$  сутностей, що мають ті ж самі властивості і методи, що і сутність  $a_i$ , то сутності множини  $\beta$  виключаються з множини  $\alpha$ , тобто  $\alpha = \alpha - \beta$ . Якщо множина  $\beta$  – не пуста, то сутність  $a_i$  вважається узагальненням сутностей множини  $\beta$ . Відносини між класами у результуючій PIM моделі зображаються за допомогою наслідування. Якщо у множині  $\beta$  кількість сутностей більше, ніж одна, то сутності множини  $\beta$  переглядаються за вищеприписаним правилом. Після перевірки сутностей у множині  $\alpha$  залишаються тільки сутності з унікальними властивостями та методами.

4. Визначається множина процесів  $\chi$ , які відбуваються з сутностями усередині домену. Складається відповідна таблиця (табл. 1).

Таблиця 1. Систематизація інформації про процеси прикладного домену

Назва процесу	Вихідні сутності	Результуюча сутність
$c_1$	$a_i$	$a_j$
.....		
$c_2$	$a_k, a_n, a_m$	$a_z$

Для першої колонки таблиці  $i \neq j$ , для другої  $k \neq m, k \neq n, n \neq m$  та  $k \neq z, n \neq z, m \neq z$ .

Примітка – якщо сутність  $a_i$  є вихідною для отримання сутностей  $a_j$  та  $a_z$  в рамках одного процесу, то в табл. 1 заносяться дві колонки.

5. Складається РІМ модель предметної області у вигляді діаграми класів за наступними правилами:

- всі сутності зображуються у вигляді класів;
- якщо для певного процесу є одна вихідна та одна результуюча сутність, то зв'язок між класами на діаграмі представляється у вигляді асоціації;
- якщо процес має декілька вихідних сутностей та одну результуючу, то зв'язок між класами на діаграмі представляється у вигляді агрегації;
- якщо певна сутність зустрічається як вихідний об'єкт тільки один раз, то зв'язок асоціації може бути замінений на зв'язок композиції.

Для перевірки запропонованого методу проведений експеримент у ході якого за допомогою доменного аналізу будуються та порівнюються дві РІМ моделі прикладного домену – «Побудова раціональних розкрійних схем для виробів взуття та шкіргалантереї». Перша РІМ модель будується експертом шляхом аналізу взаємозв'язків та процесів, що протікають між об'єктами, та процесами прикладного домену. Друга РІМ модель будується відповідно до запропонованого методу.

Перший етап – аналіз міждоменних зв'язків однаковий для двох методів побудови РІМ моделі предметної області.

1. Результатом аналізу міждоменних зв'язків є наступна схема (рис. 1).

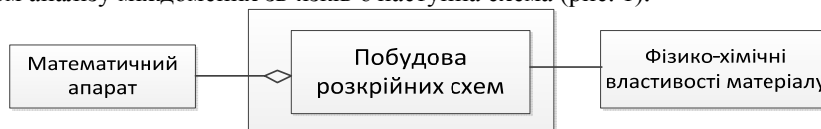


Рис. 1. Міждоменні зв'язки прикладного домену «Побудова розкрійних схем для деталей взуття та шкіргалантереї»

РІМ модель предметної області, що побудована експертом, показана на рис. 2.

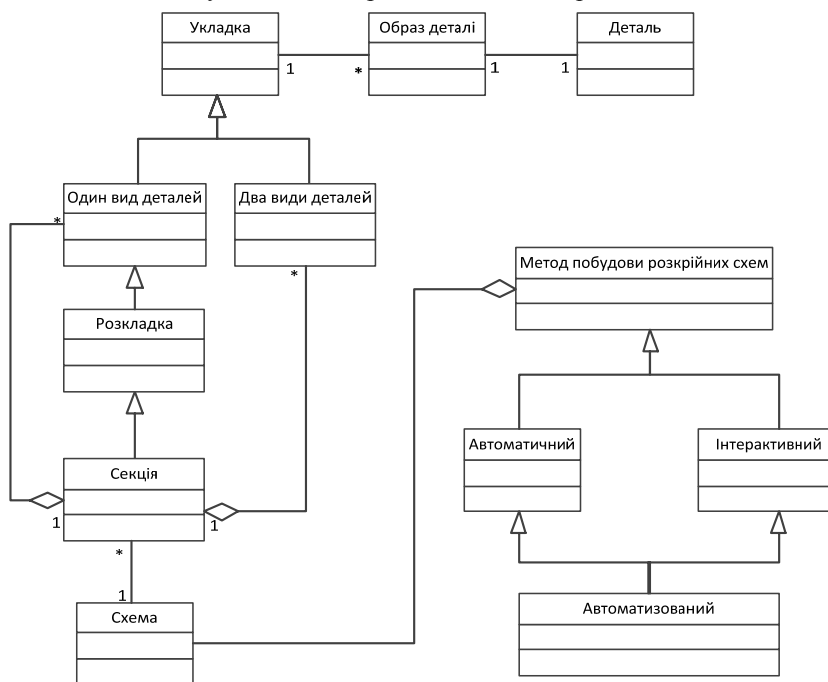


Рис. 2. Таксономія прикладного домену «Побудова розкрійних схем виробів взуття та шкіргалантереї»

Надамо короткий опис сутностей предметної області. Інформація про деталь зберігається у файлах, що містить відомості про координати вершин та найменування деталі у комплекті. Деталі можуть мати як опуклу, так і опукло-ввігнуту конфігурацію зовнішніх контурів. Образ деталі являє собою багатокутник, вершини якого рівновіддалені від деталі. Для побудови розкрійних схем використовується образ деталі через необхідність дотримання міжшаблонного містку при виконанні операцій вирубки деталей. З образів деталей будуються укладки. У визначеному прикладному домені укладки бувають двох типів – для однотипних та різнотипних деталей. Під різнотипними деталями розуміють деталі, що мають різну конфігурацію зовнішніх контурів. З укладок будуються розкладки, з розкладок – секції. Секція являє собою фрагмент розкрійної схеми, на якому суміщенні однотипні чи різнотипні деталі. У секцію може входити від однієї до трьох розкладок.

Інтерактивний метод побудови розкрійних схем – користувач розміщає деталі (тобто їх образи) на схемі самостійно. Автоматичний метод побудови розкрійних схем – схема заповнюється секціями (вироби шкіргалантереї) чи розкладками (деталі взуття). Автоматизований метод побудови розкрійних схем включає в себе два етапи – автоматична генерація схеми та інтерактивне докροювання схеми розкрою для зменшення величини крайових відходів.

Для співставлення двох РІМ моделей побудуємо РІМ модель предметної області, використовуючи запропонований метод.

1. Визначаємо границю прикладного домену. Міждоменні зв'язки прикладного домену, що розглядаються, представлені на рис. 1.
2. Формується множина  $\alpha$  (табл. 2). Для цього визначаються сутності, які входять у прикладний домен.

Таблиця 2. Сутності прикладного домену

Номер сутності	Сутність
$\alpha_1$	Розкладка
$\alpha_2$	Укладка
$\alpha_3$	Укладка для двох типів деталей
$\alpha_4$	Укладка для одного типу деталей
$\alpha_5$	Схема розкрою
$\alpha_6$	Метод побудови розкрійних схем
$\alpha_7$	Образ деталі
$\alpha_8$	Деталь
$\alpha_9$	Автоматизований метод побудови розкрійних схем
$\alpha_{10}$	Автоматичний метод побудови розкрійних схем
$\alpha_{11}$	Інтерактивний метод побудови розкрійних схем
$\alpha_{12}$	Секція

Відповідно до наведеної інформації про взаємозв'язки між сутностями предметної області, формуються множини  $\beta_j$  та визначаються відношення наслідування (табл. 3).

Таблиця 3. Виділення сутностей для відношень наслідування

Сутності, що мають властивості, однакові з іншими	Сутності, з яких формуються множини $\beta$
Укладка	Укладка для одного типу деталей Укладка для двох типів деталей Розкладка Секція
Метод побудови розкрійних схем	Автоматичний метод побудови розкрійних схем Автоматизований метод побудови розкрійних схем Інтерактивний метод побудови розкрійних схем
Розкладка	Секція
Автоматичний метод побудови розкрійних схем, Інтерактивний метод побудови розкрійних схем	Автоматизований метод побудови розкрійних схем

3. Формується множина процесів  $\chi$ , які протікають усередині прикладного домену (табл. 4).

Таблиця 4. Основні процеси, що протікають усереднені прикладного домену

Номер процесу	Назва процесу
$c_1$	Побудова образу деталі
$c_2$	Побудова укладок
$c_3$	Побудова розкладок

$c_4$	Побудова розкрийних схем
-------	--------------------------

4. Для всіх процесів з прикладного домену з множин  $\chi$  складається таблиця вихідних та результуючих об'єктів (табл. 5).

Таблиця 5. Вихідні та результуючі сутності процесів прикладного домену

Процес	Вихідна(і) сутність(і)	Результуюча сутність	Тип зв'язку між сутностями на діаграмі класів
$c_1$	Деталь	Образ деталі	Композиція
$c_2$	Образ деталі	Укладка	Асоціація
$c_3$	Укладка	Розкладка	Асоціація
$c_4$	Укладка, розкладка, секція (набір секцій)	Розкрийна схема	Агрегація

5. Побудована РІМ модель (рис. 3), втілена у діаграму класів.

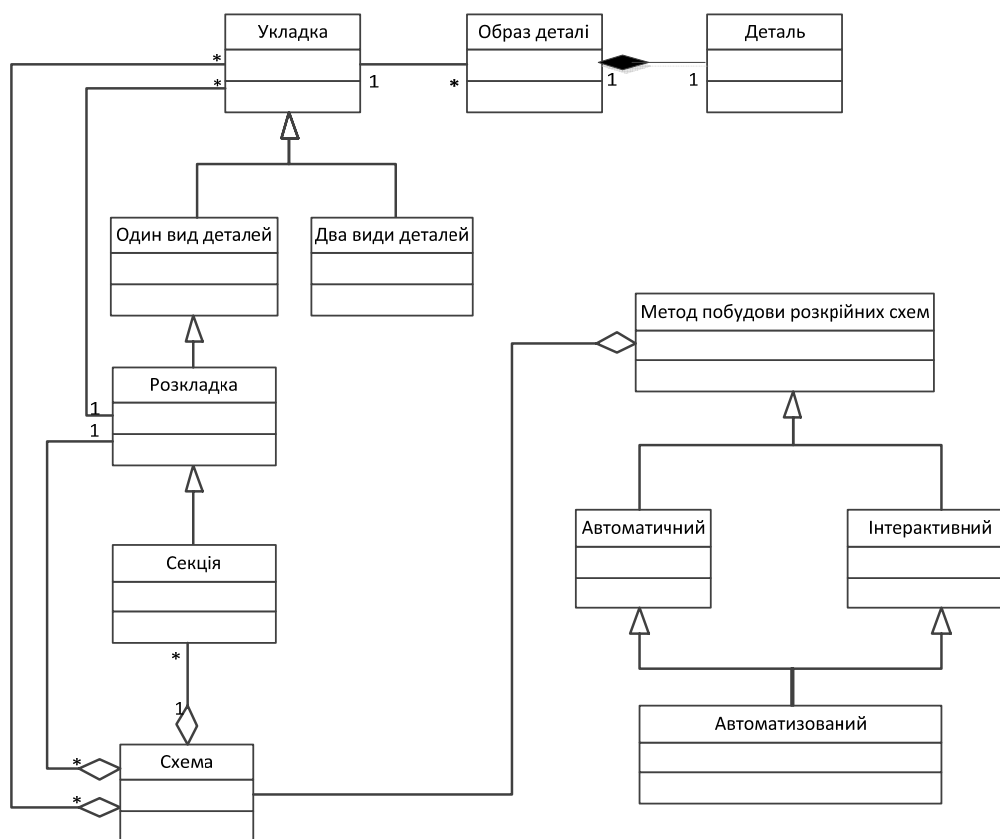


Рис. 3. РІМ модель, прикладного домену, втілена у діаграму класів

Порівнюючи РІМ модель, створену експертом прикладного домену та модель, побудовану запропонованим методом, можна помітити наступне:

На моделі на рис. 2 відсутній зв'язок між класами Схема та Укладка. Тобто, при розробці програмного забезпечення побудови схем розкрою, відповідно до РІМ моделі, що показана на рис. 2, потрібно застосувати шаблон «Делегат» для організації взаємодії класів Схема та Розкладка. Для побудови схеми на основі щільних укладок потрібно застосовувати більше перетворень типів, що може привести до помилок, або збільшенню часу розробки та ускладнення сприйняття програми при її документування або її модифікації при зміні вимог. Також упущений момент, що схема будується з секцій, яка обмежує побудову розкрийних схем для деталей виробів шкіргалантереї [4], тобто розкрийні схеми, відповідно до РІМ моделі, що представлена на рис 2, будуються тільки для деталей виробів взуття. Аналізуючи РІМ модель на рис. 3 можна зробити висновок, що для побудови розкрийних схем можна застосувати або шаблон «Міст», або «Пристаосуванець» (Flyweight).

Також на РІМ моделі, що показана на рис. 2, не відображено, що класи Деталь та Образ деталі зв'язуються між собою за допомогою відношення композиції. Це може привести до зайвого використання інформації, за допомогою якої зберігаються відомості про деталь (специфічні векторні формати, що зберігають

інформацію про вершини деталей). Крім алгоритму визначення еквідистант у решті процесів прикладного домену виконується обробка образу деталі.

## Висновки

Порівнюючи моделі, побудовані експертами прикладного домену, та модель, побудовану відповідно до запропонованого методу, можна зробити висновки.

1. При побудові моделі експертом доменної області використовувались ґрунтовні знання про процеси, що протікають всередині домену та взаємозв'язки між об'єктам предметної області.
2. Для побудови другої моделі використовувались тільки назви процесів та сутностей предметної області. Для визначення вихідних та результуючих сутностей для кожного процесу усередині домену не потрібно мати глибокі спеціальні знання про домен.
3. Звільнення від аналізу, завдяки формалізованому підходу, при побудові РІМ моделі прикладного домену дозволяє заощадити час та позбутися людського фактору (випадкових помилок людини) при побудові моделі.
4. Завдяки формалізації операції аналізу процесів шляхом визначення відповідності вихідних та результуючих сутностей для кожного процесу, що відбувається усередині домену, запропонований підхід дозволяє будувати РІМ модель для будь-якої предметної області.
5. У запропоновану методи чітко визначені взаємозалежності між сутностями дозволяють отримувати РІМ модель шляхом проведення доменного аналізу з залученням засобів автоматичної кодогенерації.
6. Метод доменного аналізу може бути використаний при систематизації як існуючих знань про доменну область та узгодженні спірних аспектів між доменними фахівцями та розробниками програмного забезпечення.
7. Побудована РІМ модель, може бути використана при визначенні шаблонів проектування, які дозволяють організувати найбільш ефективні зв'язки між класами предметної області.
8. Відмінність запропонованого методу від існуючих полягає у тому, що не потрібні ні глибинні знання про домен, ні словник онтології предметної області. При побудові діаграми класів тип зв'язків між класами визначається за допомогою правил, описаних у пунктах 3 та 5 запропонованого методу.

Розвиток ідеї «Застосування доменного аналізу для проведення наукових експериментів шляхом використання програмного забезпечення» та напрямок подальших досліджень:

РІМ модель, отриману запропонованим методом, планується використовувати як вихідну при розробці доменно-специфічних мов та при інтеграції моделі з іншими засобами автоматичної кодогенерації. Також діаграма класів предметної області може бути використана при складанні моделей для тестування. Гнучкість моделі дозволяє її використовувати для аналізу міждоменних зв'язків при реформуванні меж домену, і відповідно задач, які вирішує прикладний домен.

1. Чебанюк О.В., Чупринка В.І. Методика автоматичної побудови розкрійних схем для двох видів плоских геометричних об'єктів // Проблеми програмування. – 2008. – № 2-3. – С. 730 – 734.
2. Чупринка В.І., Чебанюк О.В. Алгоритм інтерактивної побудови та коригування схем розкрою // Вісник КНУТД.– К.: КНУТД. – 2007. – № 1. – С. 31 –35.
3. Чупринка В.І., Чебанюк Е.В. Оценка величины аппроксимации при подготовке информации про детали в системах автоматизированного проектирования // Междунар. сб. науч. тр. Южно-Рос. гос. ун-та экономики и сервиса. – Шахты. Изд-во ЮРГУЭС, 2010. – С. 130 –133.
4. Чупринка В.І., Чебанюк Е.В. Оптимизация маршрута режущего инструмента при автоматическом раскрое материалов с помощью воды или луча лазера // Междунар. сб. науч. тр. Южно-Рос. гос. ун-та экономики и сервиса. – Шахты. Изд-во ЮРГУЭС, 2011. – С. 93 – 95.
5. Rungworawut W., Senivongse T. Using ontology search in the design of class diagram from business process model proceeding sof world academy of science, engineering and technology – [http://www.scribd.com/max\\_chiu\\_1/d/51049119-Using-Ontology-Search-in-the-Design-of-Class-Diagram-From-Business-Process-Model.pdf](http://www.scribd.com/max_chiu_1/d/51049119-Using-Ontology-Search-in-the-Design-of-Class-Diagram-From-Business-Process-Model.pdf)
6. Prieto-diaz R. Domain analysis: an introduction the contel technology center fairfax 1990.
7. Deursen P., Klint J., Visser A. Domain-specific languages:anannotated bibliography cwi, p.o. box 94079, 1090 gbmsterdam, thenetherlands 1997.
8. Holibaugh R. Joint integrated avionics working group (jiawg) object-oriented domain analysis Method (joda). Version 3.1. *Special reportcmu/sei-92-sr-3*. Software engineering institute, Carnegie Mellonuniversity, pittsburgh, pa 15213. November 1993.
9. Stefanakis E., Vazirgiannis M., Sellisin T. Corporating fuzzy set method ologiesin a dbmsrepository for the application domain of gisinternational journal of geographic alinformation science.
10. Ferré X. Vegas A. An evaluation of domain analysis method sfacultadde informática –universidad politécnic ademadrid campusdemon tegancedo s/n, 28660 madrid.
11. M.Gao M., Liu Ch., Chen F. An ontology search engine based on semantic analysis Information Technology and Applications, 2005.