

УДК 004.62:004.492

Є.В. Малахов, канд. техн. наук, доц.,
В.І. Марущак, магістр,
Одес. нац. політехн. ун-т

АНАЛІЗ ТА МАНІПУЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ МОДЕЛЯМИ ПРЕДМЕТНИХ ОБЛАСТЕЙ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ

Е.В. Малахов, В.І. Марущак. Анализ и манипулирование информационными моделями предметных областей для решения задач управления. Описана методика создания информационной модели предметной области, которая позволяет решать управленческие задачи и принимать обоснованные решения на основании анализа реальных объектов исследуемой предметной области и взаимосвязей между ними.

E.V. Malakhov, V.I. Marushchak. Analysis and manipulation by the information models of subject domains for the decision of management tasks. The method of creation of information model of subject domain which allows to decide management tasks and make grounded decisions on the basis of analysis of the real objects of the explored subject domain and relations between them is described.

Останнім часом значно зріс інтерес до виділення предметних областей (ПрО) реального світу, як з метою поглиблення уявлень про них, так і з метою розширення різноманіття областей. Ці процеси взаємозв'язані один з одним. Для того, щоб ефективно прогнозувати розвиток деякої ПрО, а тим більше ефективно управляти нею, необхідно мати в своєму розпорядженні достатньо повну інформацію про властивості об'єктів, з яких вона складається. Крім того, наші апіорні уявлення про предметні області дуже обмежені, тому необхідно накопичити якомога більше інформації про них, а потім шляхом аналізу і обробки збільшити ступінь повноти, несуперечності і визначеності [1].

Получити нові дані про ПрО можна на підставі тих, що існують шляхом виконання операцій над ними. Представляти відомі знання зручно за допомогою інформаційної моделі (ІМ), яка описує структуру досліджуваної предметної області і є, певною мірою, адекватною цій області. Крім того, ІМ є візуальним та математичним представленням сутностей реального світу і відносин між ними, що відображає передумови та результати функціонування ПрО. Маніпулювання інформаційними моделями предметних областей дозволить впливати на реальні об'єкти цих ПрО на основі аналізу моделювання.

На підставі виділення інформації та об'єктів, які найбільш виражено представляють ПрО чи її частину, та вивчення взаємозв'язків між ними за допомогою математичних операцій можна згенерувати деякий віртуальний об'єкт, що характеризує ПрО (чи її частину) і володіє її найбільш вагомими рисами. Побудова такої ІМ моделі ПрО, дасть можливість впливати на предметну область на різних рівнях управління з різним ступенем деталізації. Наступне управління ІМ, маніпулювання її об'єктами дозволить спрогнозувати розвиток реальної системи й вплинути на неї вчасно, змінити властивості для оптимізації, удосконалення, забезпечити адаптацію до умов функціонування системи, що змінюються.

Моделювання ПрО актуально застосовувати в процесах управління. Це дозволяє виявити, побачити характер, роль, властивості об'єктів, взаємозв'язки між ними. На підставі висновків від моделювання ПрО і аналізу моделі, що показуватиме так звані "вузькі місця" в процесі управління та можливі способи їх уникнення, керівники матимуть змогу ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення про реструктуризацію підприємства, зміни кадрової політики тощо. За допомогою зміни властивостей об'єктів, взаємозв'язків між ними, внесення нових об'єктів, посилення властивостей і інших операцій можна побачити реакцію модельованої системи і добитися бажаного результату.

Необхідно зазначити, що при аналізі ПрО проводиться виділення підобластей, вичленення характерних та/або створення чи виділення інтегрованих представників цих підобластей, визначення характеру взаємодії між об'єктами підобластей ПрО. Підобластю ПрО (ППрО) будемо вважати структурну частину ПрО, якій характерні ті ж властивості, що й ПрО, і до якої належать

об'єкти певного типу. Характерні представники — об'єкти ППрО, які володіють чітко вираженими властивостями, що характеризують цю підобласть. До того ж ці об'єкти мають більшу кількість зв'язків з представниками інших ППрО та представниками ППрО, до якої належать. Інтегровані представники — об'єкти ППрО, які володіють атрибутами (властивостями), що характеризують одну або декілька ППрО, тобто поєднують в собі властивості, характерні різним ППрО.

Однак у цілій низці задач виникає необхідність розглянути ПрО не на рівні об'єктів як абстракцій, а на рівні певних екземплярів таких об'єктів.

Розглянемо предметну область “Навчальний процес” на прикладі спеціальності “Економічна кібернетика”. Однією із задач, що стоять перед керівництвом кафедри, є управління якістю (тобто, рівнем) випускників університету, якщо ВНЗ відповідатиме стандарту ДСТУ ISO 9001:2001. Ця задача має два боки. По-перше, це — зрозуміла всім проблема підготовки (навчання) студентів для приведення їх у відповідність вимогам, що висуваються для фахівців (наприклад, бакалаврів) певної спеціальності. Вирішення цієї проблеми не є тривіальним, але йому присвячено доволі багато досліджень з питань адаптивного навчання тощо. По-друге, необхідно коректно сформулювати критерії, за якими можна буде проконтролювати цю відповідність вимогам (чи самі ці вимоги). В самому простому випадку ця проблема може зводитись до вибору переліку дисциплін, які слід винести на державний (бакалаврський) іспит. Це — одне із завдань управління і зазвичай вирішується завідувачем кафедри. Вибір дисциплін можна здійснити за допомогою застосування відповідної ІМ. Потрібно зазначити, що при розгляді будь-якої ПрО необхідно відштовхуватися від того, що всі об'єкти, які вивчаються, описуються суб'єктивно, з точки зору того спеціаліста, котрий дає характеристику досліджуваній предметній області. Тому при описі інформаційної моделі важливо зменшити степінь суб'єктивізму [2].

Розглянемо один з підходів до побудови формального опису вибраної ПрО. Представимо ПрО в вигляді набору об'єктів, що відражають певні поняття, тобто обумовимо сутність цих об'єктів. При цьому розрізняють ім'я сутності, як множину або набір об'єктів, і екземпляр сутності — конкретний елемент цього набору. Кожну сутність характеризують її основні властивості, які називають атрибутами сутності. Таким чином, сутність — це множина об'єктів, які володіють однаковим набором атрибутів, а формальний опис екземпляра сутності є множиною елементів даних, які відповідають конкретним значенням його атрибутів [3]. Скористаємось теорією множин та теорією графів в якості математичного апарату.

В зазначеній вище задачі подібна модель має бути створена не на рівні об'єктів [2], а на рівні певних екземплярів одного чи декількох об'єктів. Зв'язки між елементами такої моделі описуватимуть відношення між екземплярами об'єкта чи об'єктів, а не між об'єктами-абстракціями, як в звичайних інформаційних моделях [2, 3]. Операції маніпулювання моделлю також повинні бути пристосовані до роботи з екземплярами об'єкта. Отже, в рамках дослідження понять даної ПрО необхідно виділити рівень об'єкта “дисципліна” та рівень екземплярів цього об'єкта. Об'єкт “дисципліна” — це частина реального світу, яка оточена багатьма іншими об'єктами, наприклад, об'єктом “викладач”, “студент” та ін. Однак тепер моделювання ПрО здійснюється на рівні екземплярів, тобто модель ПрО будується на підставі конкретних дисциплін. До того ж, розрізняють зовнішні зв'язки ПрО — це зв'язки об'єкта “дисципліна” з іншими об'єктами, та внутрішні зв'язки в межах ПрО — зв'язки між екземплярами.

В деяких випадках ПрО можна розшарувати: в конкретний момент часу в ПрО “бере участь” деяка підмножина екземплярів об'єкта. Наприклад, дисципліни циклу підготовки бакалаврів, спеціалістів чи магістрів. Така підмножина по аналогії із шаром ПрО будемо називати шаром екземплярів об'єкта. Якщо використовувати термінологію об'єктно-орієнтованого підходу то “дисципліна” — це об'єкт суперкласу, а шар включає екземпляри об'єкта того чи іншого підкласу. В свою чергу в кожному шарі об'єкту можна виділити підмножини екземплярів, що володіють деякою характеристикою (характеристиками).

Зазначимо також, що має місце перетин шарів об'єкта. Це можливо тоді, коли в ПрО розглядається взаємодія між об'єктами. Наприклад, розглянемо зовнішні зв'язки об'єкта “дисципліна” з об'єктом “викладач” на рівні певних зв'язків між екземплярами цих об'єктів. Один викладач може читати дисципліни циклів підготовки бакалаврів, спеціалістів чи магістрів, а отже дисципліни, що належать різним шарам.

За аналогією з [4] припустимо: нехай X — деякий об'єкт, який можна розшарувати, тоді $X = \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_n\}$, де n — кількість шарів. Шар, у свою чергу, складається з підмножин $x_i = \{x_{i1}, \dots, x_{ip}\}$, де p — кількість підмножин. Підмножини містять елементарні складові — екземпляри:

$$x_{ip} = \{h_1, h_2, \dots, h_k\},$$

де h_k — визначення к екземпляра підмножини хір.

Поняття характерних та інтегрованих представників справедливі і на рівні екземплярів об'єкта. В цьому випадку вони виділяються із підмножин. Об'єкт описується сукупністю шарів, які містять підмножини. Підмножиною шару (ПМШ) назвемо структурну частину шару, якій характерні ті ж властивості, що й шару, і до якої належать екземпляри, що мають схожі властивості чи задовольняють певному критерію. Характерні представники — екземпляри ПМШ, що володіють чітко вираженими властивостями, що характеризують цей шар. Інтегровані представники — екземпляри ПМШ, які володіють атрибутами, що характеризують одну або декілька ПМШ, тобто поєднують в собі властивості, характерні різним ПМШ.

Повернемося до досліджуваної Про. Як вже було сказано, при моделюванні Про виділяють шари та підмножини сутності, які мають однакові риси. У кожній ПМШ можна виділити елементи (екземпляри сутності), які ділять на характерних представників і інтегрованих, тобто таких, котрі можна віднести до різних підмножин. Навчальний процес базується на певній програмі, по якій вивчаються ті або інші дисципліни. У ВУЗах передбачена підготовка студентів по програмі бакалаврів, спеціалістів та магістрів. Всі дисципліни спеціальності “Економічна кібернетика” в межах кожної з програм умовно можна розділити на три напрями: економічні, інформаційні, математичні. Розглянемо шар “Бакалавр”. Дана універсальна множина U , що складається з трьох підмножин X_1, X_2, X_3 (напрями), які в свою чергу містять елементарні складові (дисципліни).

В процесі розбиття дисциплін на підмножини виявлено ряд дисциплін, котрі можна віднести до декількох напрямів одночасно. Отже:

X_1 — підмножина економічних дисциплін, з яких виділяють характерні представники шару (наприклад, економіка підприємств) та дисциплін, які містять елементи економічних (інтегровані представники шару, наприклад, економетрія).

X_2 — підмножина математичних дисциплін, з яких виділяють характерні представники шару (наприклад, вища математика) та дисциплін, які містять елементи математичних (інтегровані представники шару, наприклад, дослідження операцій).

X_3 — підмножина інформаційних дисциплін, з яких виділяють характерні представники шару (наприклад, комп'ютерні мережі) та дисциплін, які містять елементи інформаційних (інтегровані представники шару, наприклад, імітаційне моделювання).

Проілюструємо універсальну множину U , що складається з підмножин X_1, X_2, X_3 , за допомогою діаграми Ейлера-Венна (рис. 1).

Як бачимо після розбиття множини U утворилось вісім неперетинних класів. Виразимо ці класи через операції перетину та доповнення.

1. $X_1 \cap X_2 \cap X_3$, 5. $X_1 \cap \bar{X}_2 \cap \bar{X}_3$,
2. $X_1 \cap X_2 \cap \bar{X}_3$, 6. $\bar{X}_1 \cap X_2 \cap \bar{X}_3$,
3. $X_1 \cap \bar{X}_2 \cap X_3$, 7. $\bar{X}_1 \cap \bar{X}_2 \cap X_3$,
4. $\bar{X}_1 \cap X_2 \cap X_3$, 8. $\bar{X}_1 \cap \bar{X}_2 \cap \bar{X}_3$.

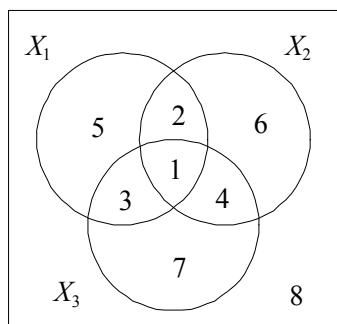


Рис. 1. Розбиття множини U на класи

5, 6, 7 — класи, що складаються з елементів, серед яких можна виділити характерних представників ППрО.

1, 2, 3, 4 — класи, що складаються з елементів, які є інтегрованими представниками ППрО.

8 — ряд дисциплін, що не входять до жодного з напрямів і не розглядаються, наприклад, гуманітарні.

Враховуючи той факт, що між дисциплінами як одного, так і різних напрямів існують взаємозв'язки, потрібно дати їм формальний опис. Використовуючи теорію графів, взаємодію між екземплярами можна визначити множиною ребер $F = \{f_1, \dots, f_j, \dots, f_m\}$, де m — кількість фактів взаємодії між екземплярами ПрО. В теорії графів кожне ребро чи дуга відображає взаємодію двох елементів, тому для кожного $f_j \in F$ припустимо використовувати наступну відповідність $f_j = (x_h, x_g)$, де x_h і x_g — це

екземпляри, між якими визначена відповідність f_j [2].

Базуючись на введених визначеннях екземпляра і відношення між екземплярами, можна визначити предметну область як $G = (X, F)$, де X — це множина екземплярів, F — відповідність, що відображає множину екземплярів X саму на себе.

Згідно з введеними позначеннями на математичній мові описання представимо граф ПрО “Навчальний процес”:

$$G_{\text{ПрО}} = (X_{\text{ПрО}}, F_{\text{ПрО}}),$$

де $X_{\text{ПрО}} = \{x_C, x_H, x_M, x_E, x_I\}$,

$$F_{\text{ПрО}} = \{(x_C, x_H), (x_H, x_E), (x_H, x_I), (x_H, x_M)\},$$

x_C — вершина дерева, корінь — спеціальність,

x_H — напрям,

x_E, x_M, x_I — різновидності напрямку: економіка, математика, інформатика відповідно.

Зобразимо графічно в вигляді неорієнтованого графу-дерева ПрО, як це показано на рис. 2.

Далі доцільно буде побудувати графи підмножин (економічних (Е), інформаційних (І), математичних (М)) кожного шару: “Бакалавр”, “Спеціаліст” та “Магістр”. Важливо пам'ятати про дисципліни, що мають властивості декількох напрямів, їх потрібно включити в кожен з підмножин. А звідси випливає вимога використання ідентичних позначень для екземплярів різних підсистем, задля уникнення проблеми дублювання при злитті графів [2]. Покажемо логіку побудови на прикладі графу напрямку математика шару “Бакалавр” рис. 3.

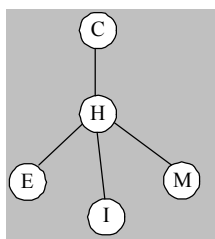


Рис. 2. Загальна структура предметної області “Навчальний процес” на різних екземплярів об'єкта “дисципліна”, спеціальність “Економічна кібернетика”

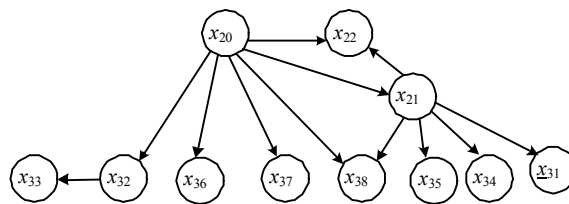


Рис. 3. Геометричне представлення графа напрямку математика шару “Бакалавр”

В аналітичному представленні граф має вигляд:

$$G_{\text{М(БАК)}} = (X_{\text{М(БАК)}}, F_{\text{М(БАК)}}),$$

де $X_{\text{М(БАК)}} = \{x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{31}, x_{32}, \dots, x_{38}\}$,

$$F_{M(\text{БАК})} = \left\{ (x_{20}, x_{21}), (x_{20}, x_{22}), (x_{20}, x_{32}), (x_{20}, x_{36}), (x_{20}, x_{37}), (x_{20}, x_{38}), \right. \\ \left. (x_{21}, x_{22}), (x_{21}, x_{31}), (x_{21}, x_{34}), (x_{21}, x_{35}), (x_{21}, x_{38}), (x_{32}, x_{33}), \right\}$$

де математичні дисципліни: x_{20} — вища математика, x_{21} — теорія вірогідності і математична статистика, x_{22} — дискретний аналіз, ... й так далі. Дисципліни, які можна одночасно віднести до декількох напрямів: x_{31} — економетрія (Е І М), x_{32} — дослідження операцій (Е І М), x_{33} — економічна кібернетика (Е І М), x_{34} — імітаційне моделювання (Е І М), x_{35} — теорія випадкових процесів (Е І М), x_{36} — моделювання економіки (Е М), x_{37} — прогнозування (Е М), x_{38} — економічний ризик (Е М).

Дисципліни зв'язані по такому принципу: перш, ніж вивчати дискретний аналіз (x_{22}) чи економетрію (x_{31}), потрібно прослухати курс вищої математики (x_{20}).

Таке представлення екземплярів шару та зв'язків між ними дає змогу визначити характерних представників кожної ПМШ. У випадку математичної підмножини це x_{20} та x_{21} .

За допомогою теоретико-множинних операцій над графами можна далі проводити моделювання ПрО. Зокрема, застосувавши операцію об'єднання до побудованих графів кожної з підмножин, получимо опис шару "Бакалавр", що складається з дисциплін, які вивчаються для здачі бакалаврського екзамену (шар "Бакалавр" описаний графом $G_{\text{БАК}}$ рис. 4).

Для збільшення повноти інформації про аналізовану ПрО, доречно буде розглянути дисципліни, що вивчають спеціалісти (шар "Спеціаліст" описаний графом $G_{\text{СПЕЦ}}$) і магістри (шар "Магістр" описаний графом $G_{\text{МАГ}}$) та зв'язки між екземплярами всередині цих шарів в межах однієї та різних підмножин, назвемо такі зв'язки горизонтальними. Взаємодію цих дисциплін з екземплярами графу $G_{\text{БАК}}$, можна показати через трьохмірне інформаційне представлення реального світу (рис. 4) [1].

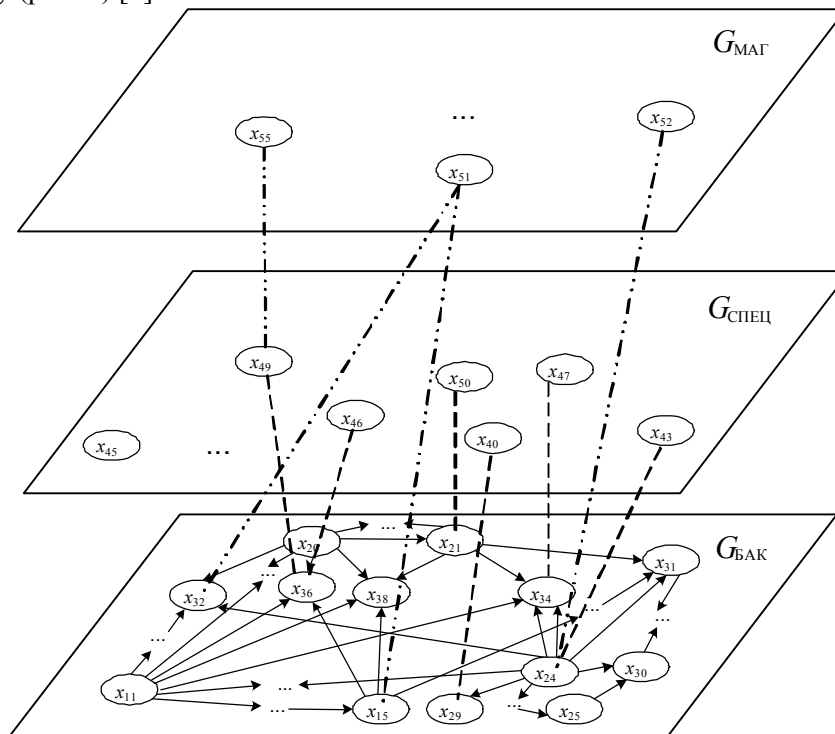


Рис. 4. Трьохмірне інформаційне представлення ПрО "Навчальний процес" на рівні екземплярів об'єкта "дисципліна"

Отже, з рисунку 4 видно, що побудова інформаційної моделі дозволила побачити характерні та інтегровані представники шару ($G_{\text{БАК}}$). Наприклад,

x_{15} — дисципліна "Економічний аналіз", характерний представник підмножини "Економіка" шару "Бакалавр",

x_{20} — дисципліна "Вища математика", характерний представник підмножини "Математика" шару "Бакалавр",

x_{24} — дисципліна “Операційні системи”, характерний представник підмножини “Інформатика” шару “Бакалавр”,

x_{38} — дисципліна “Економічний ризик”, інтегрований представник шару “Бакалавр”, володіє атрибутами, що характеризують підмножини “Економіка”, “Математика”, “Інформатика”.

Між екземплярами шарів $G_{\text{БАК}}$ та $G_{\text{СПЕЦ}}$, $G_{\text{МАГ}}$ існують вертикальні зв’язки:

x_{45} — дисципліна “Методи відображення інформації”, характерний представник підмножини “Інформатика” шару $G_{\text{СПЕЦ}}$, зв’язок з $G_{\text{БАК}}$ відсутній.

x_{49} — дисципліна “Моделювання економічної динаміки” (Е М), представник шару $G_{\text{СПЕЦ}}$, володіє атрибутами, що характеризують підмножини “Економіка”, “Математика”, екземпляр має вертикальні зв’язки з дисципліною x_{36} (моделювання економіки) шар $G_{\text{БАК}}$ та дисципліною x_{55} (математичне моделювання та оптимізація в наукових дослідженнях) шар $G_{\text{МАГ}}$.

x_{51} — дисципліна “Логістика”, характерний представник підмножини “Економіка” шару $G_{\text{МАГ}}$, має вертикальні зв’язки з дисциплінами x_{15} та x_{32} (дослідження операцій, інтегрований представник шару $G_{\text{БАК}}$, володіє атрибутами, що характеризують підмножини “Економіка”, “Математика”, “Інформатика”).

Отже, застосування методики побудови інформаційної моделі предметної області дозволяє представляти реальні об’єкти досліджуваної ПрО, а також екземпляри цих об’єктів і взаємозв’язки між ними. Подальше маніпулювання побудованою ІМ за допомогою математичних операцій дає змогу проводити аналіз. А далі на основі аналізу вирішити управлінські задачі. Це було показано на досліджуваній ПрО “Навчальний процес” на рівні екземплярів об’єкта “дисципліна”, де було вирішено питання вибору дисциплін на іспит.

1. Література

1. Малахов Е.В. Представление объектов во множестве предметных областей // Восточный европейский журнал передовых технологий. — Харьков: 2006. — Вып. 2.
2. Малахов Е.В. Проблемы использования метаданных в целях преобразования предметных областей / Малахов Е.В., Добровольская Т.В. // Холодильная техника и технологии. — Одесса: ОДАХ, 2005. — Вып. 6(98). — С. 112 — 116.
3. Малахов Е.В. Основы проектирования баз данных: Навч. посібник для студ. вищих навч. закладів. — Одеса: Наука і техніка, 2006. — С. 17 — 25.
4. Малахов Е.В. Оценка степени адекватности баз данных как информационных моделей предметных областей // Тр. Одес. политехн. ун-та: Научный и производственно-практ. сборник по техническим и естественным наукам. Одесса, 2004. — Вып. 1(21). — С. 82 — 86.

Надійшла до редакції 15 червня 2006 р.