УДК 004.652
Ф 63

АНАЛІЗ ТА ВИБІР МОДЕЛЕЙ ДАНИХ ПРИ СТВОРЕННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

М. Т. Фісун, д-р техн. наук, проф.;
Є. О. Давиденко, викл.

Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв

Анотація. Досліджено особливості опису предметних сфер систем автоматизованого проектування засобами реляційної, об'єктної та багатовимірної моделей систем керування базами даних. На ілюстрованому прикладі опису елементарних геометричних фігур показано з використанням методу аналізу ієрархій переваги об'єктної моделі даних.
Ключові слова: система автоматизованого проектування, метод аналізу ієрархій, модель даних.

Аннотация. Исследованы особенности описания предметных сфер систем автоматизированного проектирования средствами реляционной, объектной и многомерной моделей систем управления базами данных. На иллюстрированном примере описания элементарных геометрических фигур показаны с использованием метода анализа иерархий преимущества объектной модели данных.
Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, метод анализа иерархий, модель данных.

Abstract. The features of description of the subject matters of computer-aided design systems by means of relational, object and multi-dimensional models of the control systems for data bases are studied. The illustrated example of description of elementary geometry shapes shows the advantages of the object data model using the method of hierarchy analysis.
Keywords: computer-aided design system, hierarchy analysis method, data model.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Автоматизація багатьох сфер людської діяльності базується на обробці, зберіганні і перетворенні великих обсягів інформації. Не є винятком і спеціалізовані програмні комплекси, до яких належать системи автоматизованого проектування (САПР) – складні й багатокомпонентні системи, процеси перетворення даних у яких різноманітні. Форма подання даних також може бути різною: у вигляді структурованих даних, графічних зображень, текстів тощо. Однією з важливих складових частин САПР є система керування базами даних (СКБД).

Основною специфікою баз даних САПР є зберігання та обробка геометричних даних зі складними взаємозв'язками. Тому вкрай важливо при цьому забезпечувати максимальну швидкодію роботи з такими даними. Як відомо, на цей час існують такі основні даталогічні моделі даних: ієрархічна, мережева, реляційна, багатовимірна та об'єктна [1].

На сьогодні не існує єдиного чітко визначеного способу вибору тієї чи іншої моделі даних, яка забезпечить високу ефективність розроблюваної САПР, тому дослідження в даному напрямку є *актуальними*.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Питанню вибору ефективної моделі даних для систем автоматизації (СА) присвячено порівняно небагато публікацій, найвідомішими серед яких є [1–3, 7]. До того ж основна частина цих публікацій розглядає порівняння реалізацій моделей даних, а не самі моделі даних.

На даний час реляційна модель є домінуючою [7]. Але вона не ефективна для зображення геометричних моделей [4, 5]. Протягом останніх років група Object Database Management Group (ODMG), яка була створена з метою визначення стандартів, необхідних для об'єктної моделі даних, почала позиціонувати об'єктну модель даних [9] як більш універсальну та практичну для проектування СА різного типу, в тому числі і САПР.

МЕТА СТАТТІ – аналіз та вибір моделі даних на логічному рівні для систем автоматизованого проектування за допомогою методу аналізу ієрархій.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для проведення дослідження спроектуємо просту ілюстративну двовимірну систему автоматизованого проектування «Simple CAD». Дана система працюватиме лише з певним набором елементарних об'єктів (кола, лінії, квадрати), з яких складаються більш складні об'єкти (рис. 1).

На діаграмі (див. рис. 1) наведено комплексний об'єкт (Image), що може складатися з певних примітивів – таких об'єктів, як квадрат (Rectangle), еліпс (Elipse), трикутник (Triangle), лінія (Line). Ці об'єкти мають певні властивості: заливку (Fill), контур (Outline), які у свою чергу теж мають властивості – колір (Color), прозорість (Opacity) і т. д. Як видно з діаграми, схема має досить високий рівень абстракції подання даних та складну систему наслідування.

Реляційне зображення моделі даних СА «Simple CAD». При реляційному моделюванні даної системи довелося відступити від ER-діаграми, що відображає предметну сферу даної СА. Тому вже на етапі моделювання (рис. 2) можна сказати, що такі критерії, як «простота розробки» та «адекватність предметній сфері», у даному випадку не забезпечуються на належному рівні.

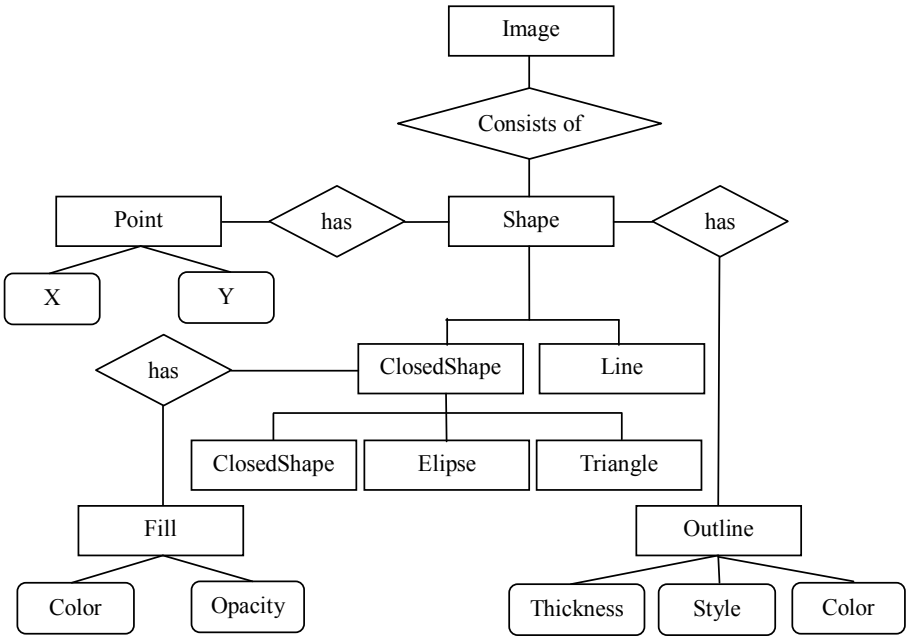

Рис. 1. ER-діаграма СА «Simple CAD»

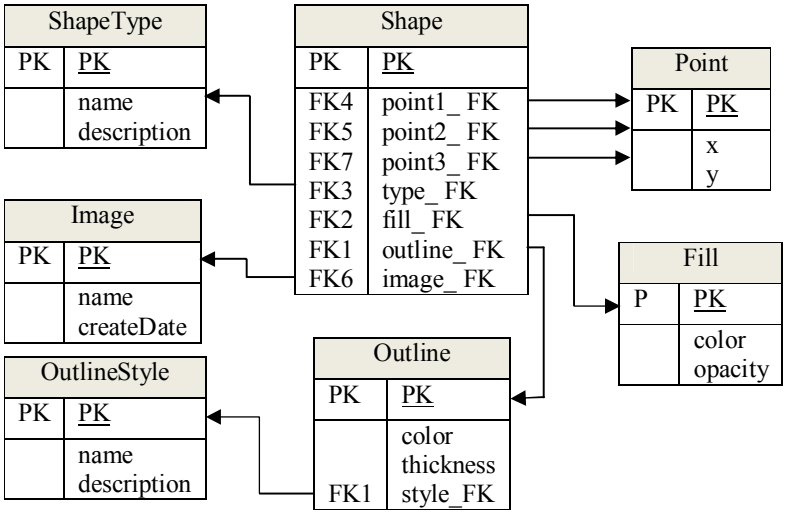

Рис. 2. Реляційне зображення даних СА «Simple CAD»

Основною таблицею на діаграмі є таблиця Shape, яка зберігає дані про прості фігури. У ній можуть зберігатися фігури різного типу, тобто таблиця зберігає властивості, що є спільними для різних примітивів. На рис. 3 наведено детальний опис кожної з таблиць реляційної моделі даної СА.

Через складні взаємозв'язки між об'єктами наведена реляційна модель даних недостатньо адекватно відображає предметну сферу даної СА.

Об'єктне зображення моделі даних СА «Simple CAD». Усі сутності СА «Simple CAD» досить легко зобразити з використанням об'єктної моделі даних.

Для цього виділяємо сутності з ER-діаграми (див. рис. 1) та проектуємо їх в об'єктному зображенні – у вигляді класів.

На UML-діаграмі класів (рис. 4) наведено результати об'єктного проектування.

На діаграмі класів зображено просту та інтуїтивно зрозумілу модель СА «Simple CAD». Об'єктом найвищого рівня в даній моделі є Image (Зображення), який складається з певної множини фігур. Об'єкт Shape (Фігура) має два типи фігур – ClosedShape (Замкнені фігури) та Line (Лінія). ClosedShape у свою чергу має також різні види замкнених фігур: прямокутник, еліпс, трикутник. Усі замкнені фігури мають властивість Fill (Заливку). Описані примітиви будуються на основі множини об'єктів Point (Точка).

Отже, у даному випадку об'єктна модель дозволяє досить просто та легко провести проектування на логічному рівні. Процес проектування дуже спрощується за рахунок однієї з особливостей об'єктної моделі – наслідування. Також досить зручним є те, що в базах об'єктного типу зберігаються не лише дані, а й методи роботи з цими даними. Наприклад, у класі Image є метод drawImage(), тобто об'єкт Image «знає», як себе відобразити.

Багатовимірне зображення моделі даних СА «Simple CAD». Як видно з рис. 5, багатовимірне зображення даних на логічному рівні зовсім не є адекватним відносно описаної предметної сфери. Використання багатовимірної моделі даних у цьому випадку значно ускладнює розуміння і процес розробки даної інформаційної системи (ІС).

На рис. 6 зображено тривимірний куб, де як факти використані кількості фігур, а як виміри – тип фігури, дата створення і тип контуру.

Застосування методу аналізу ієрархій Томаса Сааті для вибору моделі даних. Щоб прийняти рішення щодо вибору моделі даних, яка щонайкраще задовольнить усі критерії певної предметної сфери,

Таблиця Shape (Фігура)

Назва колонки	Опис колонки	Тип
PK	Унікальний ідентифікатор	int
Point1_FK	Зовнішній ключ	int
Point2_FK	Зовнішній ключ	int
Point3_FK	Зовнішній ключ	int
Type_FK	Зовнішній ключ	int
Fill_FK	Зовнішній ключ	int
Outline_FK	Зовнішній ключ	int
Image_FK	Зовнішній ключ	int

Таблиця ShapeType (Тип фігури)

Назва колонки	Опис колонки	Тип
PK	Унікальний ідентифікатор	int
Name	Назва	varchar
Description	Опис	varchar

Таблиця Point (Точка)

Назва колонки	Опис колонки	Тип
PK	Унікальний ідентифікатор	int
X	Координата X	double
Y	Координата Y	double

Таблиця Image (Зображення)

Назва колонки	Опис колонки	Тип
PK	Унікальний ідентифікатор	int
Name	Назва	varchar
CreateDate	Дата створення	date

Таблиця Fill (Заливка)

Назва колонки	Опис колонки	Тип
PK	Унікальний ідентифікатор	int
Color	Колір	int
Opacity	Прозорість	int

Таблиця Outline (Контур)

Назва колонки	Опис колонки	Тип
PK	Унікальний ідентифікатор	int
Color	Опис	int
Thickness	Товщина	int
Style_FK	Зовнішній ключ	int

Таблиця OutlineStyle (Стиль контуру)

Назва колонки	Опис колонки	Тип
PK	Унікальний ідентифікатор	int
Name	Назва	varchar
Description	Опис колонки	varchar

Рис. 3. Опис реляційних таблиць СА «Simple CAD»

використовуватимемо метод аналізу ієрархій (МАІ) – математичний інструмент системного підходу до складних проблем прийняття рішень [8]. Цей метод надає можливість особі, що приймає рішення (ОПР), в інтерактивному режимі знайти такий варіант (альтернативу), який найкращим чином узгоджується з розумінням суті проблеми та вимогами до її вирішення [6].

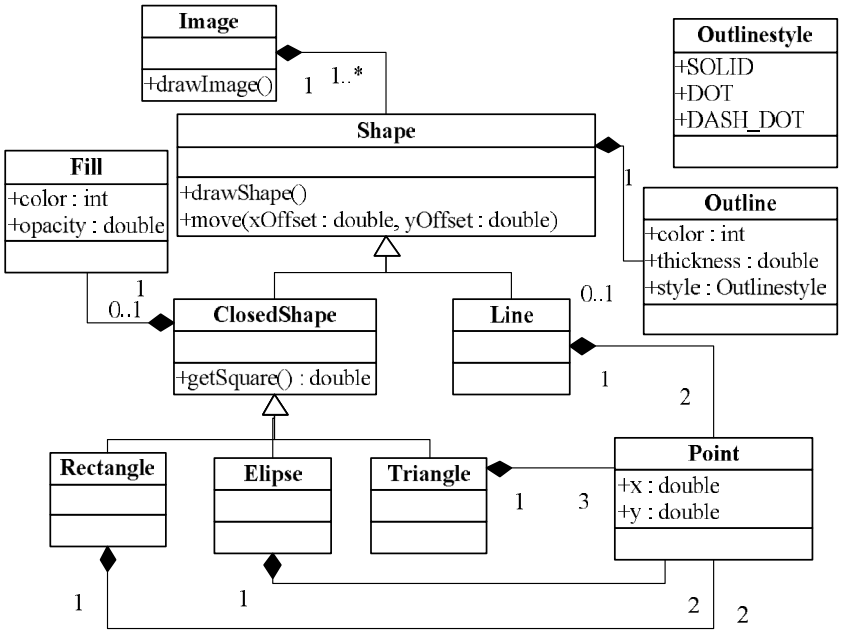

Рис. 4. Об'єктне зображення даних СА «Simple CAD»

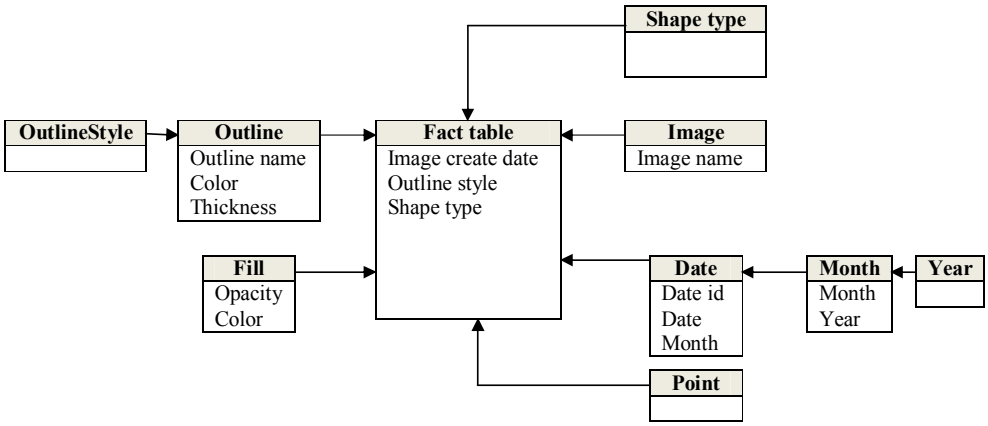

Рис. 5. Багатовимірне зображення даних СА «Simple CAD»

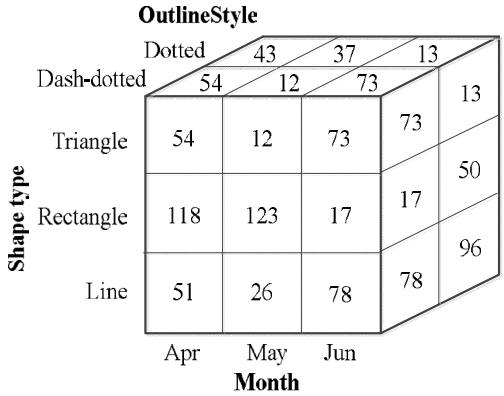

Рис. 6. Графічне зображення багатовимірної моделі у вигляді тривимірного куба

Перший крок МАІ полягає в декомпозиції та поданні задачі в ієрархічній формі. Вершина ієрархії – це мета, якої треба досягти в поставленій задачі. У нашому випадку це вибір моделі, яка щонайкраще відображатиме певну предметну сферу. На другому рівні ієрархії знаходяться критерії, що впливають на прийняття рішення. Найнижчий рівень ієрархії – перелік альтернатив (моделей зображення даних на логічному рівні).

Розглянемо більш детально критерії, які впливатимуть на рішення ОПР щодо вибору моделі даних для ІС:

- K_1: адекватність моделі предметній сфері;
- K_2: простота зображення даних;

- K_3: складність розробки;
- K_4: підтримка цілісності;
- K_5: відсутність надлишковості;
- K_6: адаптивність до змін предметної сфери;
- K_7: швидкість оновлення даних;
- K_8: швидкість вибірки даних.

Таким чином, визначивши мету й альтернативи та сформувавши критерії, отримаємо найпростішу ієрархію у три рівні: мета, критерії, альтернативи.

На рис. 7 наведено ієрархічну структуру зображення завдання по визначенню найкращої моделі даних для певної предметної сфери.

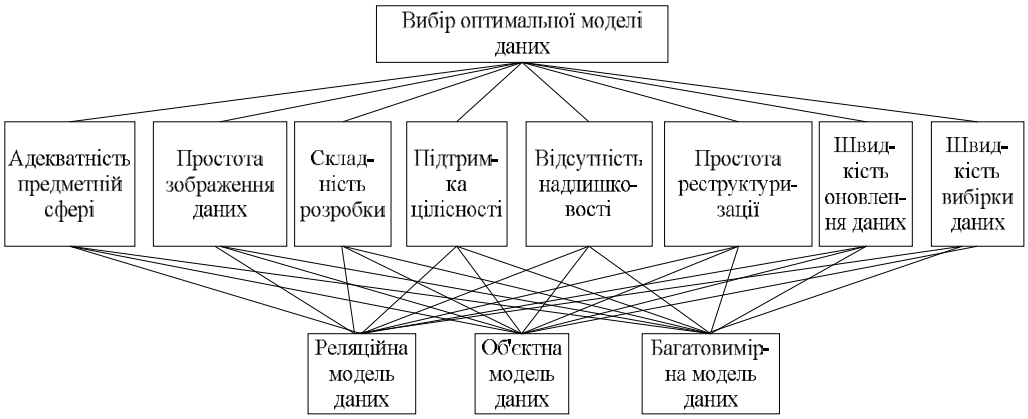

Рис. 7. Ієрархія МАІ

У табл. 1 наведено числові оцінки матриці попарних порівнянь для критеріїв, що описані вище.

Таблиця 1. **Числові оцінки матриці попарних порівнянь критеріїв**

Критерії	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
K_1	1	2	5	3	6	4	4	4
K_2	1/2	1	3	2	5	3	2	2
K_3	1/5	1/3	1	1/2	3	1/2	1/3	1/3
K_4	1/3	1/2	2	1	4	2	2	2
K_5	1/6	1/5	1/3	1/4	1	1/4	1/5	1/5
K_6	1/4	1/3	2	1/2	4	1	1/3	1/3
K_7	1/4	1/2	3	1/2	5	3	1	1
K_8	1/4	1/2	3	1/2	5	3	1	1

Отримуємо нормалізований власний вектор матриці попарних порівнянь.

Нормалізований власний вектор

Адекватність предметній сфері	0,315 (1)
Простота зображення даних	0,183 (2)
Складність розробки	0,051 (6)
Підтримка цілісності	0,133 (3)
Відсутність надлишковості	0,027 (7)
Адаптивність до змін предметної сфери	0,066 (5)
Швидкість оновлення даних	0,112 (4)
Швидкість вибірки даних	0,112 (4)

Власне значення матриці попарних порівнянь $\lambda_{max} = 8{,}435$. Тоді індекс узгодженості

$$ІУ = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{8{,}435 - 8}{8-1} = 0{,}063.$$

Як видно, найбільшу вагу для даного типу СА мають критерії «адекватність предметній сфері» та «простота зображення даних». Для САПР дуже важливо, щоб структура даних мала явно виражені сутності предметної області та їх взаємозв'язки, тобто модель даних має бути максимально наближеною до предметної сфери. Адже цей напрям впливатиме на інші критерії, зокрема швидкість розробки, швидкість виконання запитів та адаптивність до змін предметної сфери. Також БД для САПР повинні забезпечувати високу швидкість вибірки окремих записів, додавання і заміну даних зі збереженням цілісності даних. Саме цілісність даних – необхідна умова достовірності одержуваних у САПР результатів.

Відношення узгодженості (ВУ) суджень

$$ВУ = \frac{ІУ}{M(ІУ)} = 0{,}044 \ (4{,}4\ \%),$$

що задовольняє рекомендовану вимогу [6], згідно з якою даний показник не повинен перевищувати 10 %, тобто судження є однорідними та логічними.

Далі наведемо нормалізовані оцінки вектора пріоритету моделей даних за вказаними вище критеріями (табл. 2).

Таблиця 2. **Нормалізований власний вектор**

Модель даних	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
Реляційна	0,149	0,243	0,176	0,743	0,357	0,207	0,137	0,123
Об'єктна	0,785	0,701	0,763	0,194	0,589	0,735	0,346	0,324
Багатовимірна	0,066	0,056	0,061	0,063	0,054	0,058	0,517	0,553

Остаточний вибір моделі здійснюється на основі результатів лінійної згортки критеріїв по кожній з моделей і вибору найбільшого значення (табл. 3).

Таблиця 3. **Лінійна згортка критеріїв по кожній з моделей**

Модель даних	Критерії								Підсумкові пріоритети
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	
	Числове значення вектора пріоритету								
	0,315	0,183	0,051	0,133	0,027	0,066	0,112	0,112	
Реляційна	0,149	0,243	0,176	0,743	0,357	0,207	0,137	0,123	**0,255**
Об'єктна	**0,785**	**0,701**	**0,763**	**0,194**	**0,589**	**0,735**	**0,346**	**0,324**	**0,580**
Багатовимірна	0,066	0,056	0,061	0,063	0,054	0,058	0,517	0,553	**0,168**

У ході дослідження було визначено, що для систем автоматизованого проектування найкраще використовувати об'єктну модель даних. Адже вона показала добрі показники щодо тих критеріїв, які забезпечують ефективність САПР: адаптивності до змін предметної сфери, адекватності предметній сфері, швидкості виконання запитів, простоти зображення даних та підтримки цілісності даних.

ВИСНОВКИ

Об'єктна модель даних добре працює з різнорідними даними, що мають складну структуру та взаємозв'язки, і в залежності від складності даних може перевершувати інші моделі даних за продуктивністю та зручністю реалізації.

Щодо застосування багатовимірної моделі даних, то за своїми показниками вона взагалі не підходить до використання в системах такого типу, адже виходить дуже громіздкою і неінтуїтивною, через це виникають складнощі з розробкою, внесенням змін до системи та ін.

У типовому додатку, побудованому на використанні реляційної моделі, значна кількість часу витрачається на зв'язування таблиць та об'єктів між собою. Також існують різні проблеми, пов'язані з неповною сумісністю типів даних. При використанні ж об'єктної моделі дана проблема повністю відпадає.

Крім указаних переваг, треба зазначити, що звичайно додатки пишуться об'єктно-орієнтованими мовами програмування, а використання об'єктної моделі даних спрощує технологію розробки програмного забезпечення в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] **Когаловский, М. Р.** Абстракции и модели в системах баз данных [Електронний ресурс] / М. Р. Когаловский // СУБД. – 1998. – № 4, 5. – С. 7. – Режим доступу: http://www.osp.ru/dbms/1998/04_05/07.htm.

[2] **Когаловский, М. Р.** Архитектура механизмов отображения данных в многоуровневых СУБД [Текст] / М. Р. Когаловский // Техника реализации многоуровневых систем управления базами данных. – М. : ЦЭМИ АН СССР, 1982. – С. 3–19.

[3] **Кодд, Е. Ф.** Реляционная модель данных для больших совместно используемых банков данных [Текст] / Е. Ф. Кодд // СУБД. – 1995. – № 1. – С. 145–160.

[4] **Коннолли, Т.** Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика [Текст] / Т. Коннолли, К. Бегг, А. Страчан. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2001. – 1120 с.

[5] **Норенков, И. П.** Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И. П. Норенков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.

[6] **Саати, Т. Л.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1989. – 316 с.

[7] **Шаров, А. А.** Системы и модели [Текст] / А. А. Шаров, Ю. А. Шрейдер. – М. : Радио и связь, 1982. – 152 с.

[8] CODASYL DBTG Report [Text]. – New York : ACM, 1969. – 191 p.

[9] **Codd, E. F.** A relational model of data for large shared data banks [Text] / E. F. Codd // Comm. ACM. – 1970. – Vol. 13, № 6. – P. 377–387.

© М. Т. Фісун, Є. О. Давиденко

Надійшла до редколегії 12.03.13
Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. І. І. Коваленко