ТОПОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗАТОР ТЕХНОЛОГІЧНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПАРАЛЕЛЬНОГО МОДЕЛЮЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Святний В.А., Бондарева К.С.
Кафедра ЕОМ ДонНТУ
svjatnyj@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Svjatnyj V.A., Bondareva E.S. Topological analyzer of technologically oriented parallel simulation environment. *There is considered the method of topological analyzer building in this article. Topological analyzer and its implementation by means of object-oriented approach are described.*

Вступ

Технологічні процеси сучасного хімічного виробництва являють собою складні динамічні системи, дослідження яких з метою рішення задач оптимального керування можливо лише методами моделювання [1]. У технологічно орієнтованому паралельному моделюючому середовищі (ТОПМС) передбачений ряд підсистем [2], що забезпечують побудову паралельних моделей технологічних процесів і виробництв. У підсистемі діалогу однією з найважливіших задач є представлення технологічних схем і їхній топологічний аналіз. У статті представлений топологічний аналізатор, що формує інформацію про схему хіміко-технологічного процесу, необхідну для рішення основних задач побудови паралельної моделі.

Декомпозиція технологічних схем

Технологічна схема (ТС) складається з умовних позначок апаратів, установок, з'єднаних між собою відповідно до технології виробництва. Кожен блок ТС характеризується входами та виходами (рис.1).

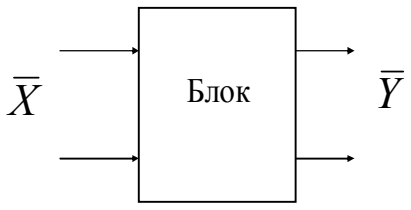

Рис.1 - Блок ТС.

Вхід являє собою деяке абстрактне представлення матеріального потоку, що підлягає динамічному перетворенню в елементі ТС. Вихід являє собою деяке абстрактне представлення матеріального потоку, одержуваного в результаті динамічних процесів, що відбуваються усередині елемента ТС. Основна функція ТС - дати наочне представлення про керовану складну динамічну систему (СДС) по фізично несуперечливих зв'язках входів і виходів. Істотною особливістю ТС є їхня здатність до декомпозиції при більш детальному вивченні елементів і до агрегації при побудові складних схем з раніше вивчених елементів [3,4]. При побудові топологічного аналізатора використовується ця особливість ТС.

У стратегії декомпозиції (рис.2) передбачається чотири рівні ієрархії [4].

На першому рівні (рівень предметної області) технологічна схема представляє взаємодію між блоками, кожен з яких є досить складним технологічним апаратом (реактор, дистиляційна колона і т. ін.):

$\widetilde{B}_i = (B_1,...,B_p)$, де p - число блоків у ТС.

Взаємодія між блоками описується матрицею зв'язків ТС (МЗТС), структура якої показана на рис.3.

На другому і третьому рівні проводиться більш детальна декомпозиція блоків ТС. На другому рівні в кожнім блоці маємо m підсистем:

$$\widetilde{C}_{ij} = (C_{i1},...,C_{im}) \qquad j = (1,\ldots, m),$$

де i – номер блока в ТС; m – число підсистем в i-ому блоці ТС.

Загальна кількість підсистем на другому рівні ієрархії з урахуванням підсистем C_{ij} усіх блоків B_i дорівнює:

$$C = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{m} C_j = \sum_{j=1}^{p} m_j$$

На третьому рівні в кожнім C_{ij} елементі блоку B_i маємо n підсистем:

$$\widetilde{D}_{ijk} = (D_{ij1},...,D_{ijn}) \qquad k = (1,\ldots, n),$$

де i – номер блока в ТС; j – номер підсистеми в B_i блоці; n – число підсистем в j-ому блоці C_{ij}.

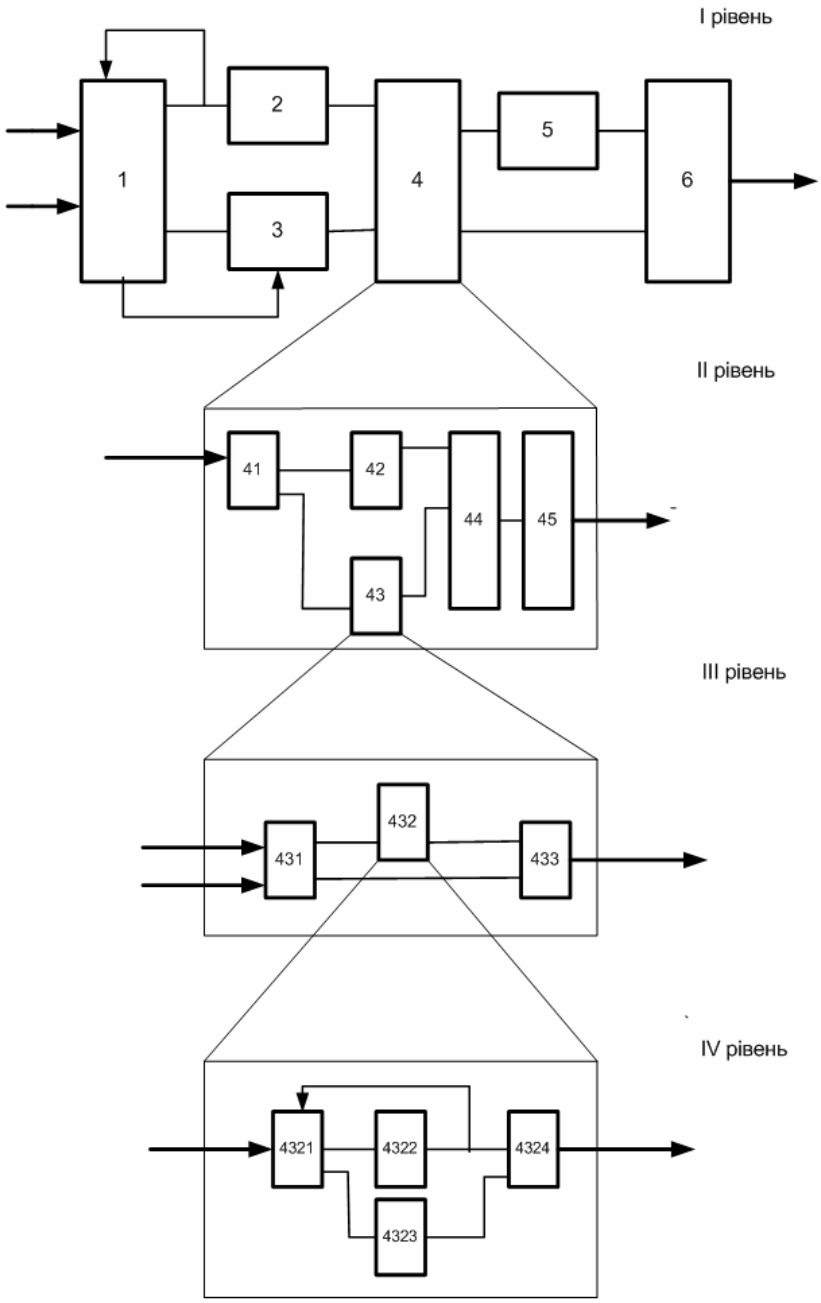

Рис.2. Рівні декомпозиції

Загальна кількість підсистем на третьому рівні ієрархії дорівнює:

$$D = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} D_k = \sum_{i=1}^{p} \sum_{k=1}^{m} n_k$$

На четвертому рівні ієрархії елементи підсистем розділяються на елементи, що далі вже неподільні. Для цих елементів виводяться рівняння, що описують взаємодію та перетворення речовин.

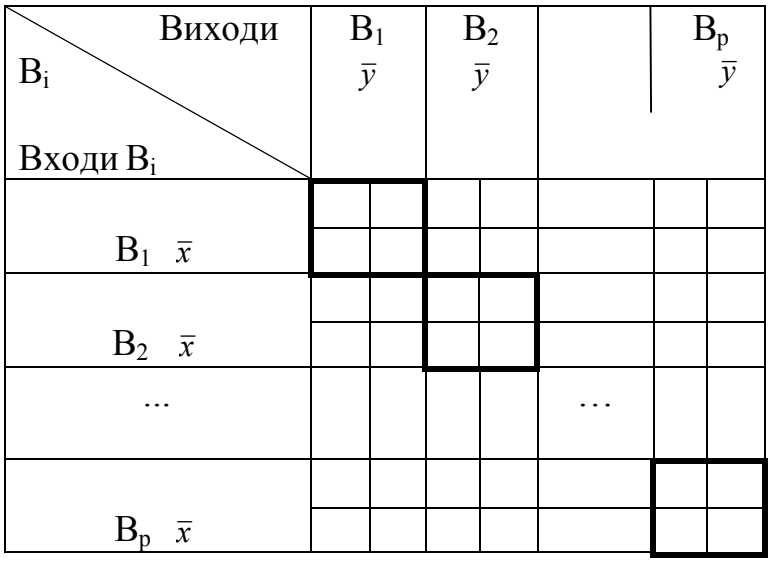

Рис.3 - Матриця зв’язків ТС.

Таким чином, в кожному елементі D_{ijk} підсистеми C_{ij} блока B_i маємо r підсистем:

$$\widetilde{F}_{ijkl} = (F_{ijk1},...,F_{ijkr}) \qquad l = (1,..., r),$$

де i – номер блока в ТС; j – номер підсистеми C_{ij} в B_i блоці; k – номер елемента D_{ijk} в підсистемі C_{ij}; r – число підсистем в k-му блоці D_{ijk}.

Загальна кількість підсистем на четвертому рівні ієрархії дорівнює:

$$F = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{r} F_l = \sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{m}\sum_{l=1}^{n} r_l$$

На кожнім рівні ієрархії складається матриця зв'язків для кожної з підсистем (МЗПС) у рамках блоків матриці МЗТС, до якої вони відносяться. У підсумку складається загальна матриця зв'язків, структура якої показана на рис.4.

Імплементація топологічного аналізатора

Імплементація топологічного аналізатора здійснена з використанням об’єктно-орієнтованого підходу, що дозволяє створювати наочні моделі як сукупність об'єктів, що абстрактно відображають фізичні сутності компонентів моделюючої системи, а також реалізують математичні операції, необхідні для рішення систем рівнянь [5]. ОО- підхід надає широкі можливості імплементації на основі об’єктно-технологічного представлення структури компонентів ТС та опису їх поведінки рівняннями та математичними співвідношеннями. Саме цей фактор був узятий за основу при постановці задачі і імплементації топологічного аналізатора. Кожен елемент технологічної схеми хіміко-технологічного

процесу розглядається як об'єкт. Дана об'єктно-орієнтована архітектура модуля описана з використанням стандарту UML, що дозволяє побачити в єдності її структуру, а також дає можливість провести специфікацію її елементів [6].

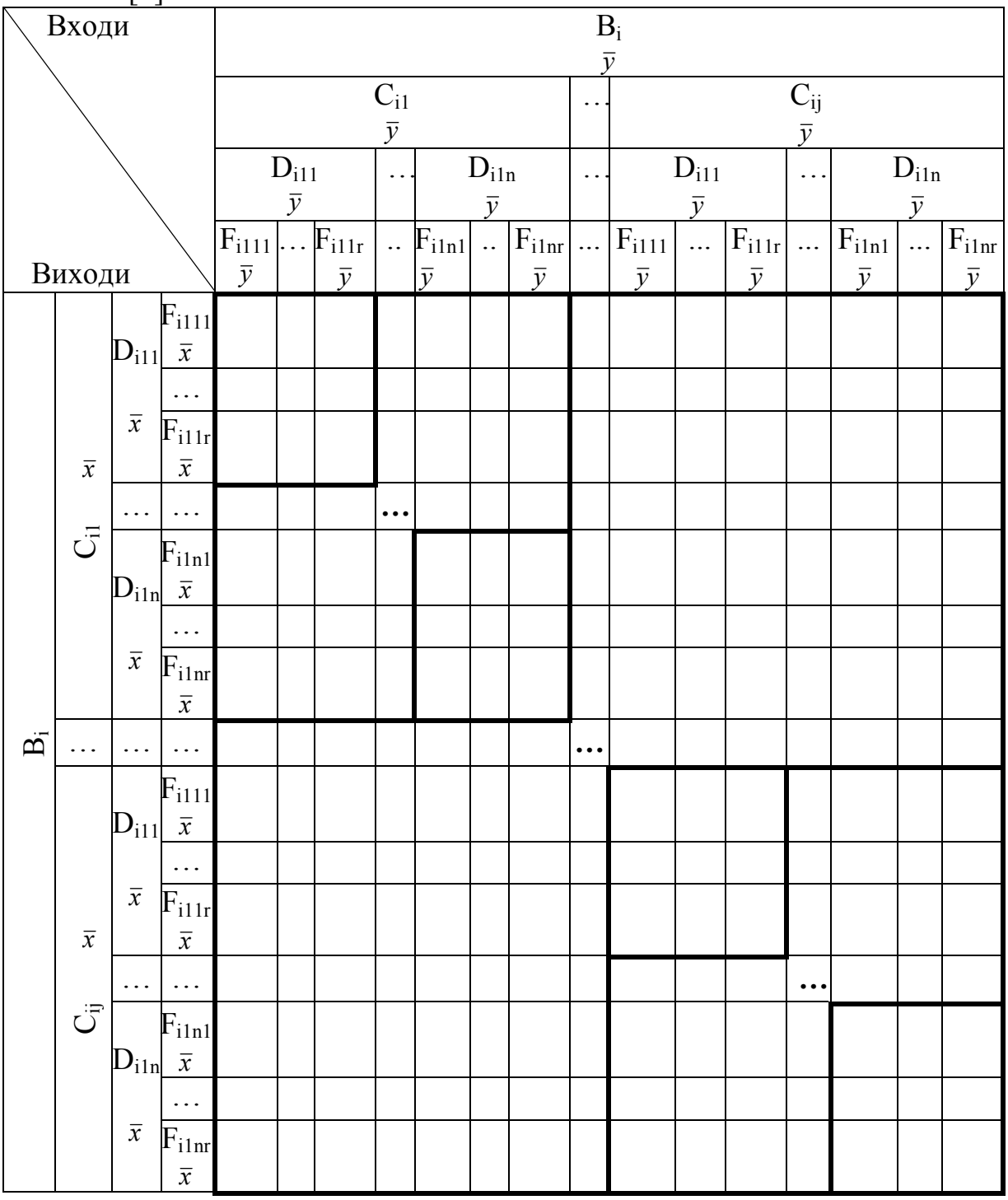

Рис.4 - Загальна матриця зв'язків ТС.

На рис.5 приведена діаграма класів програми топологічного аналізатора.

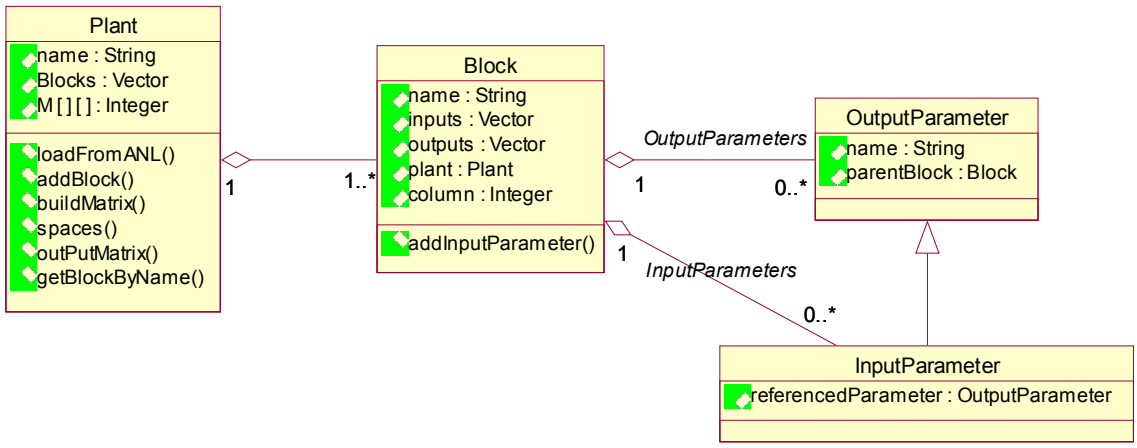

Рис. 5 - Діаграма класів програми топологічного аналізатора.

На діаграмі між класами реалізоване відношення агрегації. Таким чином, ідея полягає в тім, що графічно на діаграмі класів показана логічна реалізація об'єктно-технологічного опису схеми процесу. Властивість агрегування в даному випадку реалізує концепцію, коли технологічний процес як виробництво (клас Plant) складається з множини блоків (клас Block), а кожен блок має множини входів (клас InputParameter) і виходів (клас OutputParameter). При цьому множина блоків є екземплярами класу Plant, а множина входів і виходів блоку є екземплярами класу Block. Клас Plant і клас Block мають списки операцій, що реалізують задачу побудови топологічного аналізатора. На рис.6 показана діаграма випадків використання для класу Plant. Тут же приведені коментарі до кожної операції класу.

На рис.7 надано фрагмент алгоритму побудови матриці зв’язків технологічної схеми в нотифікації VHDL.

Таким чином, ОО-підхід пропонує просту структурну організацію програми, що зберігає суттєві зв'язки між абстракціями предметної області, абстракціями мови і засобами опису моделі.

Програмний модуль реалізований мовою Java і результатом його роботи є перший рівень декомпозиції ТС - формування файлу матриці МЗТС.

Топологічний аналізатор був випробуваний на прикладі виробництва оцтової кислоти, технологічна схема якої представлена у виді .anl-файлу, де описаний кожен блок технологічної схеми і блоки, з якими він з'єднаний.

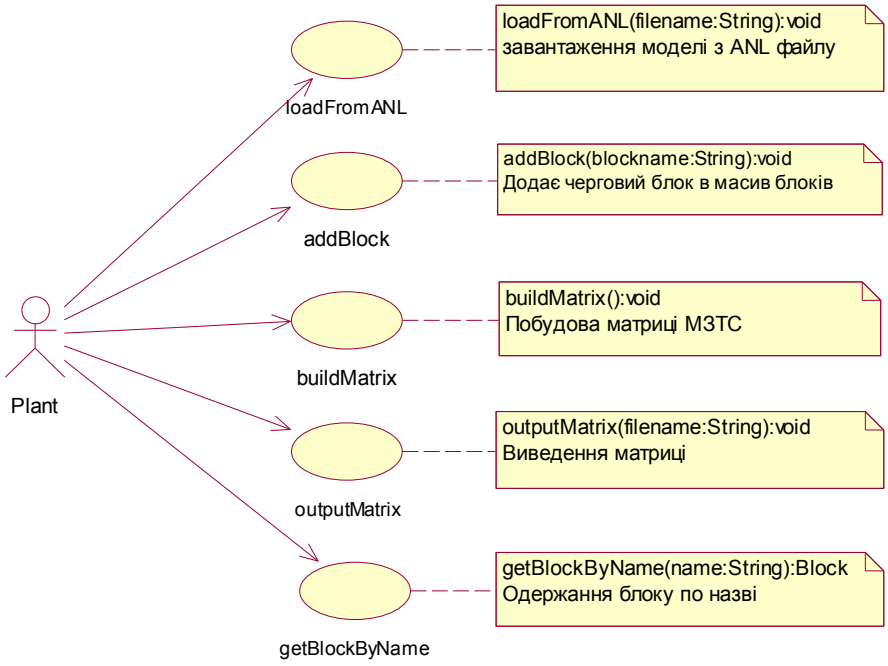

Рис.6 - Діаграма випадків використання для класу Plant.

Для дослідження топологічного аналізатора був обраний файл "bcanlage.anl", у якому зазначена топологія виробництва оцтової кислоти. Дослідження показали, що розроблений топологічний аналізатор формує загальну матрицю МЗТС. Розмірність матриці складає 217×74.

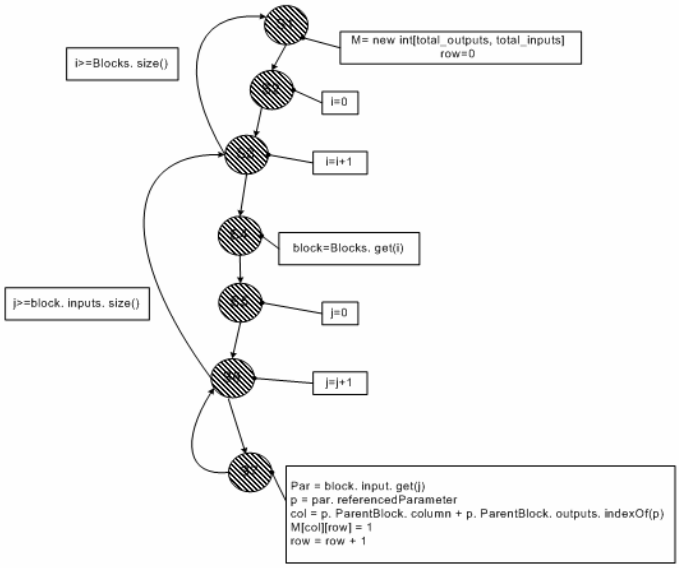

Рис.7 - Фрагмент алгоритму побудови МЗТС у нотифікації VHDL.

Висновки

Топологічний аналізатор хіміко-технологічного процесу, запропонований у даній статті, дозволяє безпомилково і швидко формувати матрицю, що описує зв'язки між блоками технологічної схеми. Дана матриця може бути використана надалі як для генерування рівнянь, так і при розрахунках балансування завантаження, а також при обміні даними. Імплементацію аналізатора виконано на основі об'єктно-орієнтованого підходу, що забезпечує подальші розробки технологічного орієнтованого паралельного моделюючого середовища.

Література

1. В.А.Святний. Проблеми паралельного моделювання складних динамічних систем. - Наукові праці ДонДТУ, серія ІКОТ, вип. 6, Донецьк, 1999, с. 6-14.
2. Verfahrenstechnisch orientierte parallele Simulationsumgebung: ein Entwicklungskonzept. Interner Bericht, DonNTU - Max-Planck-Institut Dynamik komplexer technischer Systeme, 2003.
3. J.Borchardt. Newton-type decomposition methods in large-scale dynamic process simulation. Computers and Chemical engineering, 2003. Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics, Berlin, Germany, p. 951-961.
4. E.D.Gilles. Netzwerktheorie verfahrenstechnischer Prozesse. Chemie Ingenieur Technik (69), Weinheim 1997, S. 53-65.
5. Г.Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++, 2-е изд. / Пер. с англ. - М.:"Издательство Бином", СПб.: "Невский диалект", 2000г. – 560 с.
6. Booch, Grady; Rumbaugh, James; Jacobson, Ivar. The Unified Modeling Language User Guide. Reading, MA. Addison Wesley Longman, Inc., 1999, p. 75-121.

Дата надходження до редколегії: 1.12.2003 р.