

В.І. МЕЖУЄВ, д-р. техн. наук, доц., БДПУ, Бердянськ

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРЕДМЕТНО-ОРІЄНТОВАНОГО МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Наведена оцінка ефективності інформаційної технології предметно-орієнтованого математичного моделювання (IT DSMM). Доведено зменшення кількості операцій для побудови метамodelей у випадку застосування IT DSMM. Розв'язана оптимізаційна задача вибору найбільш ефективної інформаційної технології шляхом виділення та порівняння множини рис, наявних технологіям DSM, DSMM та UML.

Ключові слова: предметно-орієнтоване моделювання, предметно-орієнтоване математичне моделювання.

Вступ. Стаття присвячена оцінці ефективності інформаційної технології (IT) предметно-орієнтованого математичного моделювання (Domain-Specific Mathematical Modelling, DSMM). Довести ефективність нової інформаційної технології і відповідних інструментальних засобів можна лише шляхом порівняння з існуючими підходами. У даній статті IT DSMM порівнюється з технологією універсального моделювання, а саме, застосуванням уніфікованої мови моделювання UML (Unified Modelling Language), а також технологією предметно-орієнтованого моделювання (Domain-Specific Modelling, DSM). Наводяться розрахунки, що доводять зменшення кількості операцій та, відповідно, часу, необхідних для побудови метамodelей у випадку застосування IT DSMM. У другій частині статті розв'язується оптимізаційна задача вибору найбільш ефективної інформаційної технології шляхом виділення та порівняння множини рис, наявних технологіям DSM, DSMM та UML.

Аналіз останніх досліджень. Сутність предметно-орієнтованого моделювання полягає в тому, що використовувані у метамodelі поняття й операції безпосередньо відповідають модельованій предметній області (ПрО). У цьому і полягає відмінність *предметних* від *універсальних мов*, як то UML [1], EXPRESS-G [2], Merise [3], IDEF0, SADT [4] та ін., об'єкти яких відповідають поняттям мов програмування високого рівня (у випадку UML – об'єктної парадигми).

Кількість операцій (а отже, витраченого часу) для створення моделей ПрО за допомогою універсальних мов відповідна кількості операцій для безпосереднього написання програмного коду. Таким чином використання універсального підходу не приводить до підвищення ефективності розробки програмних систем (ПС) у порівнянні з традиційним способом програмування. Навпаки, відомий експерт у галузі DSM *Стив Келлі (Steve Kelly)* доводить, що

у випадку застосування UML процес створення ПС займає на 10-15% більше часу порівняно з безпосереднім написанням коду [5]. Це пов'язано з тим, що згенерований з UML моделей програмний код завжди потребує ручного управління. Необхідність синхронізації моделей і коду є одним із суттєвих недоліків UML. Таким чином, у випадку застосування універсальних мов моделювання можна говорити про підвищення наочності та структурованості процесів розробки, але ці речі не приводять безпосередньо до підвищення ефективності створення ПС.

При використанні ІТ предметно-орієнтованого моделювання підвищення ефективності створення ПС можна порівняти з переходом від асемблера до мов програмування високого рівня [6]. Як кожному поняттю мови програмування високого рівня відповідає множина команд на асемблері, так і кожному поняттю метамоделі відповідає множина команд мови програмування. Звідси випливає, що оцінити ефективність предметно-орієнтованої технології можна шляхом порівняння кількості операцій метамоделі з кількістю операцій відповідного програмного коду, що необхідні для реалізації окремої складової моделі Про у ПС. Зокрема, параметром ефективності може слугувати кількість операцій, що відповідає одній концепції метамоделі (типу або операції).

Як було показано у [7], введення додаткового рівня архітектури моделювання ІТ DSMM дозволяє підвищити ступінь структурної відповідності метамоделі модельованим Про. Це досягається розробкою специфічних для Про мета-метамodelей, тоді як в існуючій ІТ DSM метамоделі формуються в рамках деякої жорсткої мета-метамodelей, найчастіше основаної на графах (наприклад, GOPRR [8]). Такий підхід дозволяє підвищити компактність типів та відповідних структур даних.

Іншою перевагою метамodelей ІТ DSMM є можливість їх застосування для визначення методів розв'язання задач. Це неможливо в ІТ DSM, де побудовані у рамках метамodelей моделі Про є *дескриптивними*, а розробка методів (найчастіше, генераторів коду), потребує додаткового застосування мов програмування високого рівня. При цьому модель Про повинна бути пов'язана з операторами мов програмування за допомогою ще однієї додаткової мови, наприклад у MetaEdit+ це MERL (MetaEdit+ Reporting Language) [9].

Методи порівняння ефективності. Наведемо теоретичну оцінку кількості операцій, необхідних для визначення метамodelей. У загальному випадку, кількість операцій для побудови метамodelей визначається як сума операцій, що необхідна для визначення її алфавіту A , граматики G та методів M :

$$Q = Q_A + Q_G + Q_M \quad (1)$$

Розглянемо кількість операцій, яких потребує побудова метамodelей у випадках застосування ІТ DSMM (Q^{DSMM}) та ІТ DSM (Q^{DSM}) більш детально.

Зазначимо, що кількість операцій для побудови метамodelей залежить від специфіки Про, тобто її природи, структури, складності методів, що необ-

хідно створити, а також кваліфікації розробника метамоделі. Розглянемо випадок побудови метамodelей за допомогою ІТ DSM та ІТ DSMM для конкретної ПрО, що здійснюється одним і тим же розробником. Будемо вважати, що кількість операцій для визначення алфавіту та граматики метамodelей за допомогою ІТ DSM та ІТ DSMM є приблизно однаковою для даної ПрО. Тобто кількість операцій для визначення метамodelей є залежною лише від кількості операцій для розробки методів.

Кількість операцій для побудови методу залежить від алфавіту та граматики метамodelей (у випадку ІТ DSMM) та алфавіту та граматики мови програмування високого рівня (у випадку ІТ DSM). Але, якщо у випадку ІТ DSMM методи метамodelей будуються на основі алфавіту та граматики цієї ж метамodelей, то у випадку DSM методи будуються на основі зовнішньої до метамodelей мови програмування. Звідси випливає необхідність додаткових операцій для стикування розробленої у рамках метамodelей моделі ПрО з мовою програмування. Як ми зазначали раніше, таке «стикування» здійснюється у DSM за допомогою додаткової, найчастіше *скриптової, мови* (як то MERL).

Введемо відношення E кількості операцій, необхідних для побудови метамodelей за допомогою ІТ DSM – Q^{DSM} та для ІТ DSMM – Q^{DSMM} . З урахуванням висунутих раніше припущень, воно дорівнює відношенню кількості операцій, необхідних для розробки методів метамodelей, відповідно Q_M^{DSMM} та Q_M^{DSM} :

$$E = \frac{Q^{DSM}}{Q^{DSMM}} = \frac{Q_M^{DSM} + Q_I^{DSM}}{Q_M^{DSMM}} \quad (2)$$

У випадку застосування зовнішньої мови програмування мають місце додаткові операції Q_I^{DSM} , що викликані необхідністю розробки інтерфейсу між моделлю ПрО та мовою програмування. Ці інтерфейси включають роботу з моделлю ПрО як зовнішнім джерелом даних, доступ до значень атрибутів моделі та інше. З відношення $Q_M^{DSM} + Q_I^{DSM} > Q_M^{DSMM}$ випливає збільшення оперативності розробки метамodelей за допомогою ІТ DSMM порівняно з ІТ DSM. Кількість операцій для побудови метамodelей у DSM є завжди більшою чи рівною кількості операцій для побудови метамodelей в ІТ DSMM ($Q_M^{DSM} > Q_M^{DSMM}$).

Наведемо оцінку кількості операцій, необхідних для застосування методів метамodelей для моделювання ПрО. ІТ DSMM збільшує ефективність застосування метамodelей не лише за рахунок підвищення структурної відповідності типів, але і збільшення *арності* відношень та операцій метамodelей. Наприклад, у випадку створення геометричної метамodelей, застосування правил граматики над типами *Сфера* та *Куб* є більш ефективним, ніж завдання даного правила над кожною точкою геометричної множини, що належить *Сфері* чи *Кубу*.

У випадку застосування бінарних операції над кожної точкою геометричної множини, правило граматики метамоделі має вид

$$\forall e_1 \in \text{Сфера} \wedge \forall e_2 \in \text{Куб} = \emptyset \quad (3)$$

Кількість операцій Q для обчислення (3) є пропорційною добутку кількості елементів (геометричних точок) множин *Сфера* та *Куб*

$$Q = O(|\text{Сфера}| |\text{Куб}|) \quad (4)$$

У той же час, при визначенні логічної операції « \wedge », що застосовна до типів *Сфера* та *Куб*, правило (3) приймає вид:

$$\text{Сфера} \wedge \text{Куб} = \emptyset \quad (5)$$

Порівняння правил (3) та (5) дозволяє здійснити висновок про збільшення ефективності застосування метамоделі завдяки предметній адаптації правил її граматики. У випадку (5) логічна операція « \wedge » виконується над геометричними множинами як цілим, тоді як правило (3) перевіряється для кожної точки окремо.

Значимо, що на рівні визначення мета-метамоделі реалізація подібного роду операцій потребує застосування типових операторів мов програмування як *for* й *if*, однак вони є прихованими для користувачів метамоделі. При використанні на рівні мета-метамоделі скомпільованих бібліотек функцій, ефективність застосування метамоделі визначається як відношення часу виконання скомпільованого коду порівняно з його інтерпретацією віртуальною машиною. Значимо також зменшення кількості операцій, необхідних для визначення граматики в ІТ DSMМ. Якщо специфікація граматики у DSM зводиться до визначення правил як бінарних відношень між символами метамоделі, у DSMМ є можливим задання граматики довільної *арності*. Крім того, підвищення ефективності ІТ DSMМ пов'язане з її реалізаційними засадами, а саме, створенням багатокористувальницьких інтерфейсів для організації роботи розподілених команд, включенням віртуальних машин у структуру інструментів DSMМ, що дозволяє змінювати метамоделі без їх перекомпіляції та інше. [10]

У роботі [10] була визначена функціональність інструментів DSMМ шляхом їх зіставлення з наявними класами програмних засобів. Було встановлено, що ІТ DSMМ містить у собі риси множини ІТ комп'ютерного моделювання ПрО. Специфіка даних ІТ істотно залежить від ПрО, що розглядаються, а також класів задач, які необхідно розв'язати. У той же час можна відібрати близькі за сутністю ІТ і виділити в них інваріанти властивостей та функціональності (наприклад, застосування універсальних або розробка предметно-орієнтованих мов, використання візуальних або текстових нотаций, здійснення концептуального або формального моделювання й інше).

Виділення й аналіз даних критеріїв дозволяє розв'язати оптимізаційну задачу прийняття рішення, метою якого є вибір найбільш ефективної ІТ та відповідних інструментальних засобів комп'ютерного моделювання ПрО. У даному розділі глави наведене розв'язання даної задачі *методом аналізу іс-*

пархій (MAI) [11]. MAI надає процедуру для декомпозиції визначаючих суть проблеми критеріїв із наступною їх обробкою шляхом попарних порівнянь, що дозволяє чисельно виразити пріоритетність критеріїв та, власне, знайти рішення. Таким чином, розв'язання проблеми методом MAI є процесом поетапного встановлення пріоритетів критеріїв експертами ПрО. При цьому критерії повинні охоплювати всі важливі характеристики проблеми, необхідні для її розв'язання.

Першим етапом MAI є декомпозиція проблеми у вигляді трьохрівневої ієрархії, починаючи з мети (вершина ієрархії), через критерії оцінювання до найнижчого рівня (переліку альтернатив).

Мета застосування MAI – із множини схожих за сутністю інформаційних технологій комп'ютерного моделювання ПрО вибрати ІТ, що забезпечує найкращі оцінки відповідно до MAI. Відібраними **альтернативами вибору** є наступні ІТ:

А 1. ІТ моделювання ПрО, що використовує універсальні мови (надалі ми будемо застосовувати скорочення - UML, хоча дані ІТ можуть ґрунтуватися на інших універсальних мовах).

А 2. ІТ предметно-орієнтованого моделювання (DSM).

А 3. ІТ предметно-орієнтованого математичного моделювання (DSMM).

У результаті роботи експертів була обрана множина критеріїв оцінювання властивостей інформаційних технологій комп'ютерного моделювання ПрО. Дані критерії були розбиті на кілька груп, що відбивають різні аспекти аналізованих ІТ (лінгвістичні, процесуальні, функціональні). Це було зроблено для відповідності сформульованому в [11] критерію погодженості суджень.

Критерії оцінювання розглянутих ІТ у лінгвістичному аспекті:

К 1. Можливість побудови й використання специфічної для ПрО мови моделювання (або ж предметної адаптації універсальної мови моделювання).

К 2. Можливість комбінувати граматики мов (зокрема, універсальних і предметно-орієнтованих, текстових і візуальних нотацій та інше).

К 3. Можливість побудови як концептуальних, так і формальних моделей.

К 4. Можливість не лише декларативного (тобто опису властивостей і поведінки об'єктів ПрО), але й імперативного моделювання ПрО (тобто визначення способу розв'язання задачі і процесу обчислення).

К 5. Відсутність трансформації понять при переході між етапами моделювання (специфікація → дизайн, дизайн → код і тому подібне).

Критерії, які визначають часові параметри ефективності застосування ІТ:

К 1. Швидкість побудови моделі.

К 2. Швидкість розробки метамоделі (або ж предметної адаптації універсальної мови моделювання).

К 3. Швидкість зміни моделі у відповідь на запити.

К 4. Швидкість переходу між етапами діяльності (від вимог до архітектури, від архітектури до реалізації та інше).

К 5. Тривалість етапу навчання мові моделювання.

Критерії, що характеризують функціональність засобів моделювання:

К 1. Можливість визначення способу розв'язання класу задач (на рівні метамоделі).

К 2. Наявність бібліотек стандартних функцій (API), а також заздалегідь визначених методів розв'язання задач.

К 3. Можливість моделювання й організації специфічних для Про процесів.

К 4. Інтеграція різних етапів діяльності з розробки системи (висування вимог, формулювання специфікацій, архітектурне моделювання та інше).

К 5. Можливість перевірки (валідації) побудованої моделі.

На другому етапі МАІ особами, що приймають рішення (ОПР), були побудовані матриці для порівняння відносної важливості критеріїв з метою встановлення їх пріоритетів. Оцінка критеріїв при їх попарному порівнянні припускала відповідь на питання: який з них більш важливий (має більший вплив)? При цьому кожному суб'єктивному судженню (виходячи з досвіду експерта) була дана кількісна оцінка. Таким чином, кожним експертом були отримані три таблиці порівнянь розміром 5×5 . Методика заповнення таких таблиць наведена в [11]. Оскільки елемент $A_{i=j}$ перебуває у відносній байдужності до самого себе, всі елементи головної діагоналі матриць A попарних порівнянь мають значення, що дорівнюють одиниці.

Загальна кількість попарних порівнянь, здійснених для кожної таблиці, дорівнює $n \times (n-1) / 2$. Для скорочення об'єму статті буде наведена таблиця порівнянь і розрахунки тільки для лінгвістичного аспекту ІТ (див. табл. 1).

Результати порівняння моделей. Здійснимо обчислення вектору пріоритетів для матриці попарних порівнянь. Для оцінки компонентів вектору пріоритетів було обчислене середнє геометричне для кожного рядка матриці A за формулою:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n a_{ik}} \quad (6)$$

Отриманий за формулою (6) стовпець чисел був нормалізований діленням кожного числа b_i на суму всіх чисел стовпця, у результаті чого були отримані значення компонентів вектору локальних пріоритетів (7).

$$x_i = b_i / B, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

$$\text{де } B = \sum_{i=1}^n b_i.$$

Для всіх матриць попарних порівнянь також була оцінена похибка обчислень за формулою (8):

$$\delta_x = \left| 1 - \sum_{i=1}^n x_i \right| \times 100\%. \quad (8)$$

Таблиця 1 Матриця попарних порівнянь для лінгвістичного аспекту ІТ

Критерій		K1	K2	K3	K4	K5	Се-ред. геом.	Ва-га
Можливість побудови й використання специфічної для ПрО мови моделювання.	K1	1	3	7	5	5	2,18	0,37
Можливість комбінувати граматики мов.	K2	1/3	1	7	5	3	1,55	0,26
Можливість побудови концептуальних і формальних моделей	K3	1/7	1/7	1	1/3	1/3	0,46	0,08
Можливість декларативного й імперативного моделювання.	K4	1/5	1/5	3	1	3	0,88	0,15
Відсутність трансформації понять при переході між етапами моделювання.	K5	1/5	1/3	3	1/3	1	0,71	0,12
Сума							5,78	0,98
Похибка обчислень								0,02

Здійснимо аналіз результатів етапу обчислення вектору пріоритетів для матриці попарних порівнянь другого рівня. Отримані значення компонентів x_i вектору локальних пріоритетів дають можливість ранжувати критерії відповідно до оцінок ОПП за убуванням отриманих ваг.

1. Можливість створення й використання специфічної для ПрО мови моделювання (вага - 0,3767).
2. Можливість комбінувати граматики мов (вага - 0,2685).
3. Можливість декларативного й імперативного моделювання (вага - 0,1515).
4. Відсутність трансформації понять при переході між етапами моделювання (вага - 0,1227)
5. Можливість побудови концептуальних і формальних моделей (вага - 0,0804).

Відзначимо, що значенням критерію, який одержав найнижчу оцінку («Можливість побудови концептуальних і формальних моделей»), не можна знехтувати, тому що його вага становить 8% від сумарної ваги всіх критеріїв. Побудуємо матрицю попарних порівнянь третього рівня. Для кожного критерію були проведені попарні порівняння альтернатив і відповідно до формул (6), (7) був здійснений синтез локальних пріоритетів. У таблиці 2 наведені

попарні порівняння альтернатив за критерієм К1 «Можливість побудови й використання специфічної для ПрО мови моделювання».

Таблиця 2 Матриця попарних порівнянь за критерієм «Можливість побудови й використання специфічної для ПрО мови моделювання»

Альтернатива		A1	A2	A3	Се-ред. геом.	Вага (сред. геом. /сум.)
ІТ, що використовують універсальні мови (UML).	A1	1	1/7	1/9	0,59	0,18
ІТ предметно-орієнтованого моделювання (DSM).	A2	7	1	1	1,27	0,40
ІТ предметно-орієнтованого математичного моделювання (DSMM).	A3	9	1	1	1,31	0,41
Сума					3,17	0,99
Похибка обчислень						0,01

Виходячи із проведених розрахунків, альтернатива А3 «ІТ предметно-орієнтованого математичного моделювання» посіла перше місце (вага 0,4129) за критерієм «Можливість побудови й використання специфічної для ПрО мови моделювання». Аналогічні розрахунки були також проведені для інших критеріїв.

Здійснимо синтез глобальних пріоритетів ІТ моделювання ПрО.

У таблиці 3 надані вихідні дані для розрахунку значень компонент вектору глобальних пріоритетів, що були отримані на попередніх етапах МАІ.

Для розрахунку глобальних пріоритетів ІТ у таблиці 2 локальні пріоритети альтернатив були розташовані відповідно до кожного критерію; кожен стовпець векторів альтернатив був помножений на пріоритет відповідного критерію, а результати були додані вздовж кожного рядку:

$$V^{M_j} = \sum_{i=1}^n x_i \times z_i^{M_j}. \quad (9)$$

Результати обчислень за формулою (9) можна трактувати як значення функції корисності для кожної з альтернатив. На першому місці виявилася ІТ предметно-орієнтованого математичного моделювання, що випередила найближчого сусіда «ІТ предметно-орієнтованого моделювання» на $(0,4726 - 0,3410) \times 100\% = 13,16\%$ (у лінгвістичному аспекті розгляду).

Таблиця 3 Розрахунок глобальних пріоритетів (лінгвістичний аспект)

Критерій		K1	K2	K3	K4	K5	Глоб. пріор.
Альтернатива		0,38	0,26	0,08	0,15	0,12	
ІТ моделювання, що використовують універсальні мови (UML).	A1	0,18	0,23	0,18	0,18	0,18	0,19
ІТ предметно-орієнтованого моделювання (DSM).	A2	0,40	0,23	0,34	0,31	0,41	0,34
ІТ предметно-орієнтованого мат. моделювання (DSMM).	A3	0,41	0,54	0,47	0,54	0,41	0,47
Сума							1,00
Похибка обчислень							0,00

На рис. 1 наведена діаграма порівняння ІТ моделювання ПрО у лінгвістичному аспекті.

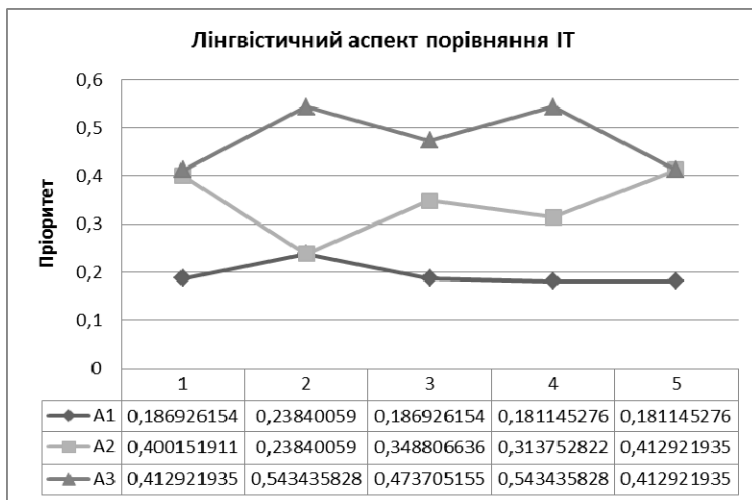


Рис.1. – Діаграма порівняння ІТ комп'ютерного моделювання ПрО.

Перспективи подальших досліджень. У наступних роботах нами будуть розглянуті методи розробки метамоделей як особливих логіко-алгебраїчних систем, як розвиток результатів, отриманих в [12].

Висновки. Наведена теоретична оцінка ефективності ІТ та інструментальних засобів DSMM. ІТ DSMM порівняна з технологіями універсального та предметно-орієнтованого моделювання DSM. Підвищення ефективності створення ПС з використанням ІТ предметно-орієнтованого моделювання пов'язане з тим, що кожному поняттю метамоделі відповідає множина команд мови програмування. Доведено, що кількість операцій для побудови

метамоделі метамоделі у DSM є завжди більшою чи рівною кількістю операцій для побудови метамоделі за допомогою IT DSMM. Це випливає з того факту, що DSM потребує застосування зовнішньої мови програмування і тому мають місце додаткові операції, викликані необхідністю розробки інтерфейсу між моделлю Про та мовою програмування. Виділені близькі за сутністю до DSMM IT комп'ютерного моделювання Про та визначені критерії їх порівняння. Дані критерії були розбиті на кілька груп, що відбивають лінгвістичні, процесуальні, та функціональні аспекти аналізованих IT. Методом аналізу ієрархій розв'язана оптимізаційна задача прийняття рішення, метою якого є вибір найбільш ефективної інформаційної технології. Найкращі оцінки відповідно до MAI та оцінок експертів має IT DSMM (порівняно з DSM та технологіями, що основані на універсальних мовах).

Список літератури: 1. Буч Грейди. UML. Классика CS. 2-е изд. / Грейди Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон. - СПб.: Питер, 2006. - 736 с. 2. Schenck Douglas A. Information Modeling the EXPRESS Way / Douglas A. Schenck and Peter R. Wilson. - Oxford University. Press, 1993. - 416 p. 3. Avison D. MERISE: A European Methodology for Developing Information Systems / D. Avison // European Journal of Information Systems. - Jan. 1991, p. 183-191. 4. Marca David A. IDEF0 and SADT: A Modeler's Guide / David A. Marca, Clement L. McGowan. - OpenProcess, Inc. -2005. - 392 p. 5. Блог Стів Келлі. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу. - <http://www.metacase.com/blogs/stevek/blogView> 6. DSM forum. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу. - <http://www.dsmforum.org/why.html> 7. Межуєв В.І. Архітектура комплексних інструментальних засобів предметно-орієнтованого математичного моделювання / Віталій Іванович Межуєв // Математичне моделювання. Інформаційні технології. АСУ. - Випуск 18 (987). - Х.: ХНУ, 2011. - С. 61-69. 8. Steven Kelly. Domain-Specific Modeling: Enabling Full Code Generation / Steven Kelly and Juha-Pekka Tolvanen. - Wiley-IEEE Computer Society Pr. - 2008. - 427 p. 9. MERL - MetaEdit+ Reporting Language. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу. - http://www.metacase.com/support/45/manuals/mwb/Mw-5_3.html 10. Межуєв В.І. Аналіз інформаційної технології предметно-орієнтованого математичного моделювання / Віталій Іванович Межуєв // Вісник Хмельницького національного університету. - № 2 (177). - Хмельницький: ХНУ, 2011. - 138-143. 11. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. / Т. Саати, К. Кернс - М.: Радио и связь, 1991. - 224 с. 12. Межуєв В.І. Інформаційна технологія розробки комплексних інструментальних засобів предметно-орієнтованого математичного моделювання // Автореф. дис. доктора технічних наук. - Одеса: ОНПУ, 2012. - 36 с.

Надійшла до редколегії 17.01.2013

УДК 004.434

Оцінка ефективності інформаційної технології предметно-орієнтованого математичного моделювання / В. І. Межуєв // Вісник НТУ «ХП». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. - Харків: НТУ «ХП», 2013. - №5 (979). - С. 167-176. Бібліогр.: 10 назв.

Приведена оцінка ефективності інформаційної технології предметно-орієнтованого математичного моделювання (IT DSMM). Доказано уменьшение количества операций необходимых для построения метамodelей в случае применения IT DSMM. Решена оптимизационная задача выбора наиболее эффективной информационной технологии путем выделения и сравнения множества черт, присущих технологиям DSM, DSMM и UML.

Ключевые слова: предметно-ориентированное моделирование, предметно-ориентированное математическое моделирование.

The evaluation of effectiveness of the Information Technology of Domain-Specific Mathematical Modeling (IT DSMM) is given. The reduction of amount of operations needed for development of metamodels in the case of using IT DSMM is proven. The optimization task of choosing the most effective information technology by selection and comparison of the multiple features inherent to the DSM, DSMM and UML technologies is solved.

Key words: domain-specific modeling, domain-specific mathematical modeling.