

MagProject у моделюванні та оптимізації планування виробничих процесів

Тарас Нагірний¹, Роман Кєлєц², Міхал Сонсядек³

¹ д. ф.-м. н., професор, Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України, вул. Дж. Дудаєва, 15, Львів, 79005, Україна; Зеленогурський університет, вул. проф. Шафрана, 4, Зелена Гура, 65-516, Польща, e-mail: tnaigirny@yahoo.com

² к. т. н., інж., Зеленогурський університет, вул. проф. Шафрана, 4, Зелена Гура, 65-516, Польща, e-mail: R.Kielec@iizp.uz.zgora.pl

³ магістр, інж., Зеленогурський університет, вул. проф. Шафрана, 4, Зелена Гура, 65-516, Польща, e-mail: M.Sasiadek@iizp.uz.zgora.pl

У роботі проаналізовано використання матриці залежності й еволюційного алгоритму у моделюванні й оптимізації планування проєкційно-виробничих процесів. Проведено порівняння двох методик, які реалізовано у програмах PSM і MagProject. Кожна з цих методик відрізняється від загальноживаних сіткових методів можливістю аналізу оптимізації процесів, які мають ітераційний характер. Показано, зокрема, що мінімізація кількості зворотних зв'язків не завжди приводить до оптимальної структури виробничого процесу.

Ключові слова: матриця залежності, еволюційні алгоритми, оптимізація, виробничі процеси.

Вступ. Довільний виробничий процес, у якому можна встановити залежності між окремими завданнями, можна подати у вигляді так званої матриці залежності. Планування процесу на основі матричної форми запису його структури полягає, насамперед, у декомпозиції процесу на окремі завдання та наступному поданні n завдань у вигляді матриці вимірності $n \times n$ [1, 2]. Матриця характеризується явним поданням усіх (прямих та зворотних) міжопераційних залежностей. На рис. 1 подано два типи загальноприйнятих матриць залежності. На рис. 1 а показано матрицю, в якій окремі завдання представлено у перших стрічці та стовбці [3]. Залежності між завданнями встановлюються наданням відповідній комірці значення з'єднання. При цьому прямі залежності відзначаються під головною діагоналлю, а зворотні — над нею. На рис. 1 б наведено іншу форму подання реалізації процесу [4]. У цьому випадку окремі завдання відзначаються на головній діагоналі, прямі залежності — над діагоналлю, а зворотні — під нею. У зв'язку з громіздкістю практичне використання матричного подання структури реального процесу є можливим винятково за їх комп'ютерного опрацювання. Тому інтенсивне використання матриці залежності до розв'язування різноманітних інженерних проблем припадає на 90-ті роки минулого століття.

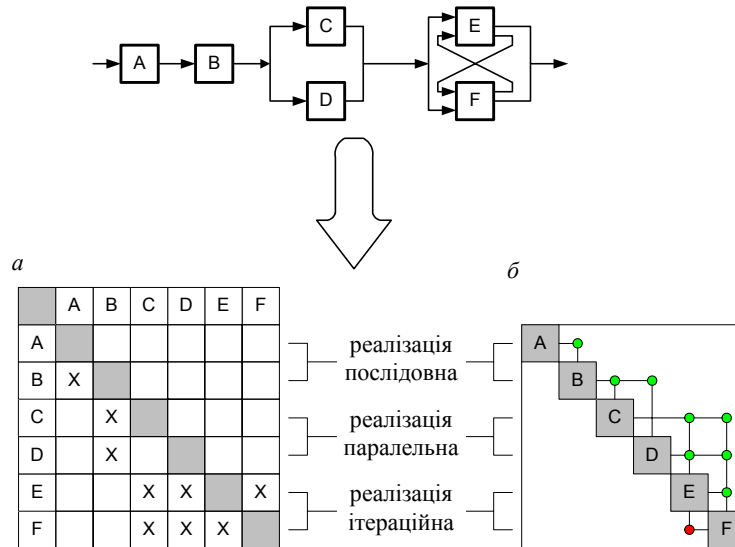


Рис. 1. Матричне подання ітераційних виробничих процесів

У даній роботі проведено порівняння популярної програми PSM (Problem Solving Matrix) та програми MagProject, опрацьованої Р. Келцем. Програма PSM на першому етапі формує матрицю, яка відповідає виробничому процесові, на цій основі шукає завдання з чітко визначеною черговістю, завдання, які можна виконати паралельно, а також блоки завдань, які реалізуються ітераційно. Наступний етап пов'язаний із встановленням черговості реалізації завдань в ітераційних блоках. Таким чином відбувається ідентифікація пріоритетної стежки реалізації завдань в ітераційному блоці. На основі статистичного аналізу встановлюється вага зв'язків між окремими завданнями ітераційного блоку. Завдання з найменшою вагою розміщується на початку ітераційного блоку. Після встановлення черговості реалізації завдань в ітераційному блоці пропонується кінцева структура реалізації процесу.

Для оптимізації гармонограми виробничих процесів MagProject використовує спеціально опрацьований еволюційний алгоритм. Його основою є агрегація окремих завдань у різноманітні комбінації, серед яких вибираються варіанти, що допускають практичну реалізацію при оптимальних коштах та часі реалізації процесу. Докладний опис програми та еволюційного алгоритму подано в [5].

1. Оптимізація процесу виробництва нового продукту

Для порівняння результатів оптимізації виробництва нового продукту програмами PSM і MagProject використано приклад, представлений у [3]. Процес складається з 16 завдань (див. табл. 1), починаючи від часу встановлення попиту на продукт до готового продукту. Після декомпозиції процесу встановлено 50 зв'язків між окремими завданнями.

Окремі завдання процесу

№	Опис завдання	Ідентифікатор	Вхідна інформація
1	Projected New Technologies	PNT	-
2	Projected Trends In Customer	PTIC	PNT, PC
3	Product Concept	PC	CKB, PNT, CF, CFR, PE-P, NMF, PE-C, TTM-P, PTIC, PP, MPFTC, NCF, NSR, POP
4	Corporate Knowledge Base	CKB	-
5	Corporate Facilities	CF	-
6	Corporate Financial Resources	CFR	-
7	Time To Market - Projected	TTM-P	CKB, CF, CFR, PD, NMF, PC
8	Market Projection For This Concept	MPFTC	PE-P, TTM-P, PTIC, PP, PC
9	Product Design	PD	CKB, PNT, PC
10	Product Evaluation - Performance	PE-P	PD
11	Product Evaluation - Costs	PE-C	PD, NMF
12	Product Price	PP	PE-C, MPFTC
13	Projections Of Profits	POP	PE-C, TTM-P, PP, MPFTC
14	Needed Manufacturing Facilities	NMF	CF, PD, PC
15	Needed Supplier Relations	NSR	PD, PC
16	Needed Cash Flow	NCF	CFR, NMF, PE-C, TTM-P, PP, MPFTC

1.1 Реорганізація процесу програмою PSM. Початково ваги існуючих зв'язків між завданнями приймаються рівними нулеві. У матриці залежності виокремлено 32 прямих і 18 зворотних залежностей, що ілюструє рис. 2. На наступному кроці ідентифікується ітераційний блок. У розглядуваному випадку до нього входять усі завдання за винятком 1, 4, 5, 6.

Черговість реалізації окремих завдань у кінцевому варіанті суттєво залежить від реорганізації ітераційного блоку. У цьому блоці виокремлено головний ітераційний цикл, який складається із завдань 9-(PD), 14-(NMF), 11-(PE-C), 12-(PP), 8-(MPFTC), 13-(POP) і 3-(PC). Граф ітераційного циклу обігу інформації показано на рис. 2. На цьому рисунку опущено залежності від решти завдань.

Зазначимо, що поділ циклу визначається вибором завдання, яке буде виконуватися першочергово. На рис. 3 показано схему реорганізованого процесу.

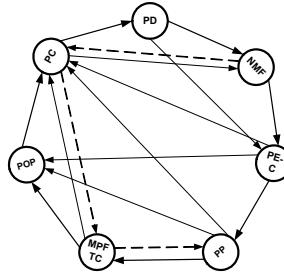


Рис. 2. Ітераційна петля процесу

	11	41	51	61	31	21	91	10	14	15	71	11	81	12	13	16
11 1 Projected New Technologies	■															
41 4 Corporate Knowledge Base		■														
51 5 Corporate Facilities			■													
61 6 Corporate Financial Resources				■												
31 3 Product Concept	0	0	0	0	■	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5
21 2 Projected Trends In Customer Needs	0				0	■										
91 9 Product Design	0	0			0		■									
101 10 Product Evaluation - Performance							0	■								
141 14 Needed Manufacturing Facilities			0		0				■							
151 15 Needed Supplier Relations					0		0			■						
71 7 Time To Market - Projected Schedule		0	0	0	0		0				■					
111 11 Product Evaluation - Costs							0	0				■				
81 8 Market Projection For This Concept					0	0	0			0			■	0		
121 12 Product Price											0	0		■		
131 13 Projections Of Profits										0	0	0	0		■	
161 16 Needed Cash Flow			0					0	0	0	0	0	0			■

Рис. 3. Реорганізована матриця реалізації процесу у програмі PSM

Бачимо, що у реорганізованій таким чином матриці процесу кількість зворотних зв'язків зменшено до 11.

1.2. Реорганізація процесу програмою MagProject. У цьому випадку потрібно окреслити кількість окремих завдань, залежність між ними, а також час реалізації кожного завдання.

Реорганізована структура процесу складається з 12 зворотних зв'язків. Час реалізації завдань дорівнює 71 умовній одиниці, з яких 55 одиниць відповідають за реалізацію зворотних зв'язків.

Графи, що відповідають реалізації розглядуваного процесу, показано на рис. 5. На графах не відображено зворотних зв'язків у зв'язку з їх очевидністю. Для розглянутих випадків процеси реалізуються у 8 послідовних етапах.

Згідно з MagProject процес розпочинається паралельним виконанням завдань PE-P, CFR, СКВ, PNT і CF. Зазначимо, що завдання PP може бути виконане вже після завдання PE-C, однак у зв'язку з наявністю зворотного зв'язку із завданням MPFTC доцільно, щоб вони виконувалися паралельно. Оптимальна структура процесу згідно MagProject характеризується 12 зворотними зв'язками, що на 1

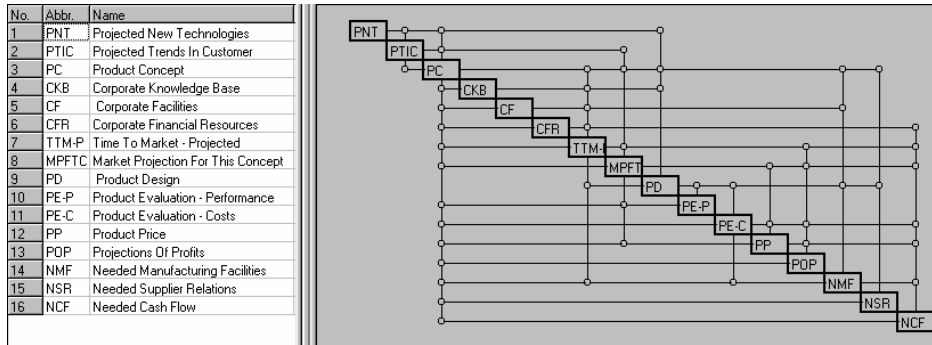


Рис. 4. Подання процесу програмою MagProject

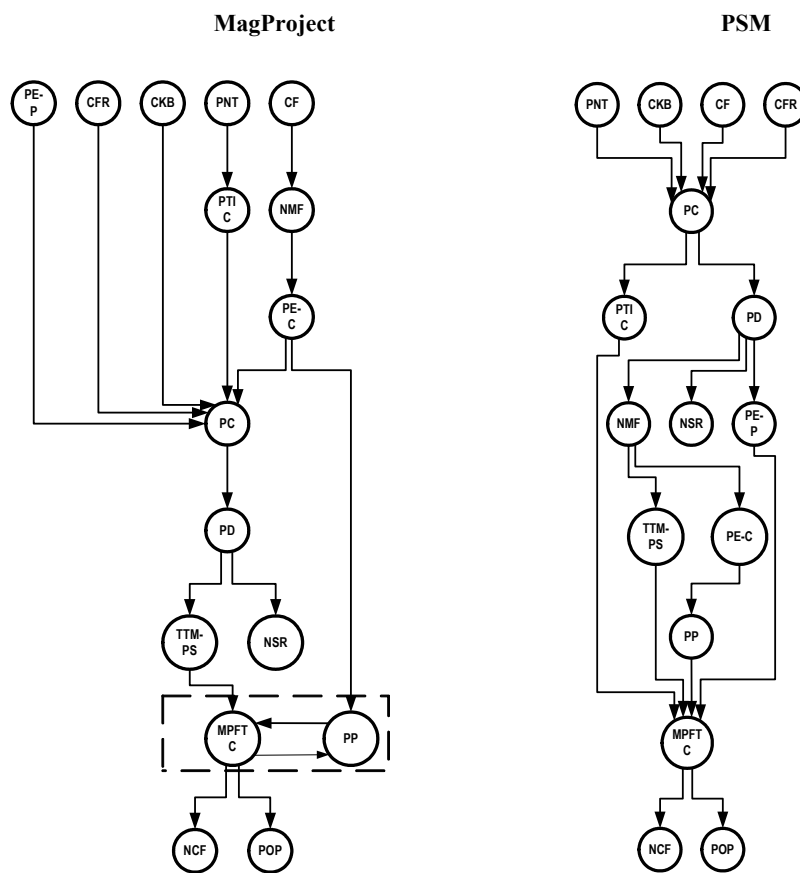


Рис. 5. Графи процесу після оптимізації

більше порівняно з PSM. Разом із тим, час реалізації оптимального процесу згідно MagProject дорівнює 71 умовним одиницям, тоді як згідно PSM — 92 одиницям. Це спростовує базове положення PSM, яке ґрунтується на мінімізації кількості зворотних зв'язків. Зменшення тривалості реалізації виробничого процесу MagProject порівняно з оптимальним часом, отриманим на основі PSM, становить майже 23 %. Зазначимо також, що застосування MagProject до планування реальних виробничих процесів [6, 7] дало змогу суттєво зменшити час, а відповідно і кошти на їх реалізацію.

Висновки. Вибір структури реалізації виробничого процесу залежить від значної кількості параметрів, які окреслюються виробничими можливостями підприємства. У процесі вибору знаряддя для оптимізації структури процесу визначальними є дані, які є у нашому розпорядженні. Якщо відомими є лише зв'язки між окремими завданнями процесу, то доцільно використовувати програму PSM. Якщо ж можна оцінити кошти, які необхідні на виконання окремих завдань, або час їх реалізації, тоді рекомендується обирати MagProject, який дає змогу оптимізувати структуру процесу з точки зору вибраних критеріїв.

Мінімізація кількості зворотних зв'язків не завжди приводить до оптимальної структури виробничого процесу.

Зазначимо також, що опрацьований еволюційний алгоритм є особливо ефективний у випадку існування ітераційних підпроцесів. Оптимальна структура процесу спрощує контроль над потоком інформації, яка є необхідною для реалізації окремих завдань.

Література

- [1] Mazur L., Shi-Jie Chen, Sasiadek M., Kielec R., Semik W. Project task coordination using Design Structure Matrix and Genetic Algorithm // Portland International Conference on Management of Engineering and Technology — PICMET '05: Proceedings Technology Management: A unifying discipline for melting the boundaries. Portland, USA, 2005.
- [2] Rohatyński R., Kielec R. Artificial Evolution in Design Process Optimization, Computer Integrated Manufacturing // International Conference on Zakopane, CIM-2001.
- [3] Steward D. V. The Design Structure Systems: A Method for Managing the Design of Complex Systems // IEEE Transactions on Engineering Management. Aug. 1981.
- [4] Rogers James. L. Reducing Design Cycle Time and Cost Through Process Resequencing. // International Conf. On Engineering Design, ICED 97, Tampere 1997.
- [5] Kielec R., Metoda planowania procesów projektowo-konstrukcyjnych z uwzględnieniem sprzężeń zwrotnych // Rozprawa doktorska, Zielona Góra 2003.
- [6] Rohatyński R., Kielec R., Sasiadek M. Implementation of the dependency matrix in the assembly process planning // Computer integrated manufacturing: advanced design and management, Warszawa: Wydaw. Naukowo-Techniczne, 2003.
- [7] Rohatyński R., Kielec R., Sasiadek M. Implementation of matrix method and evolution algorithm for reorganization of design processes. Engineering Design in integrated Product Development — EDIPROD 2002: third international seminar and workshop. Zielona Góra-Łagów, Polska, 2002. — Zielona Góra: Redakcja WNT UZ, 2002.

MagProject in Modeling and Optimization of Manufacturing Processes Planning

Taras Nahirnyj, Roman Kielec, Mikhal Sasiadek

The paper presents the application of dependency matrix and evolution algorithm in the problems of modeling and optimization of design and manufacturing processes planning. Comparison of methods which are used in programs PSM and MagProject is carried out. Both methods differ from widely used network methods by possibility of analysis and optimization of iterative processes. It is shown that feedback quantity minimization not always yields optimal structure of manufacturing process.

MagProject в моделировании и оптимизации планирования производственных процессов

Тарас Нагирный, Роман Келец, Михал Сонсядек

В работе представлено использование матрицы зависимости и эволюционного алгоритма в задачах моделирования и оптимизации планирования проектно-производственных процессов. Выполнено сравнение двух методик, которые реализованы в программах PSM и MagProject. Каждая из этих методик отличается от широко используемых сеточных методов возможностью анализа и оптимизации процессов, имеющих итерационный характер. Показано, в частности, что минимизация количества обратных связей не всегда приводит к оптимальной структуре производственного процесса.

Отримано 09.11.06