

УДК 658.011.56

К. И. Замятин, кандидат технических наук, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

А. П. Кузнецов, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

КОМБИНАТОРНЫЙ АЛГОРИТМ СИНТЕЗА ВАРИАНТОВ СТРУКТУР-СТРАТЕГИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Рассматривается комбинаторный алгоритм синтеза вариантов технологического обеспечения структур-стратегий производственных систем машиностроения. Разработанный алгоритм может быть использован при модернизации производственных систем, а также при смене номенклатурной модели предприятия.

Ключевые слова: производственная система, вариант структуры-стратегии, модель синтеза.

На сегодняшний день машиностроение включает в себя более 20 подотраслей, при этом в объеме выпуска машиностроительной продукции 27,4 % приходится на автомобилестроение, 12,3 % – на электротехнику и приборостроение, 10,3 % – на тяжелое, энергетическое и транспортное машиностроение, 6 % – на химическое и нефтехимическое машиностроение, 2,4 % – на машиностроение для легкой и пищевой промышленности, 2,1 % – на строительно-дорожное машиностроение, 1,9 % – на станкоинструментальную промышленность, 1,8 % – на тракторное и сельскохозяйственное машиностроение, свыше 35 % – на оборонные и другие подотрасли [1, 2].

По данным Росстата за 2008 г., средний возраст оборудования машиностроительных предприятий России составляет более 20 лет, доля оборудования старше 20 лет превышает 40 %, при этом моральный и физический износ станков достиг критического уровня 65-70 % [1, 2]. Выбывание основных фондов происходит с темпом 1,5-2,5 % в год, тогда как годовой темп обновления технологической базы не превышает 0,1-0,5 %. Все это говорит о том, что машиностроительная отрасль нуждается в эффективной модернизации, повышающей рентабельность предприятий, увеличивающей уровень инновационности продукции и ее потребительских свойств. По мнению российских и зарубежных экспертов, любая модернизация машиностроительных предприятий должна сочетать в себе эффективную замену старого оборудования с внедрением современных принципов и подходов в организации и управлении производством [1, 2].

Разработанный комбинаторный алгоритм является основой модуля синтеза вариантов структур-стратегий и является составной частью автоматизированной системы поддержки принятия решений при модернизации производственных систем машиностроения.

Алгоритм может быть использован при модернизации производственных систем машиностроения в условиях штучного и мелкосерийного производст-

ва, а также при смене номенклатурной модели предприятия и обеспечивает синтез вариантов технологического и информационного обеспечения производственных систем в автоматизированном режиме.

В качестве входных данных алгоритм использует множество A' , содержащее набор параметров технологического оборудования, обеспечивающего выполнение технологических операций для производства заданной номенклатуры [3, 4, 5]:

$$A' = \left[a_1, a_2, \dots, a_n \mid a_i \in A, \text{ при } \bigwedge_{j=1}^4 f_j(X) = 1 \right], \quad (1)$$

$$a_i = \langle p_i^a, p_c^a, p_m^a, p_w^a, p_p^a, p_d^a \rangle, \quad (2)$$

где p_i^a – конечное множество типов оборудования; p_c^a – признак наличия ЧПУ; p_m^a – максимальный размер заготовки; p_w^a – вес станка; p_p^a – класс точности оборудования; p_d^a – множество технологических операций, выполняемых на оборудовании; p_d^a – стоимость оборудования; X – подмножество параметров технологического оборудования, на которых функция может принимать единичное или нулевое значение; f_i – функция принадлежности для элементов подмножеств; A' – логическая функция, определенная в терминах алгебры логики:

$$f_i = \bigvee_{j=1}^n \phi_j(x_j), \quad (3)$$

где ϕ_j – дизъюнктивный терм, принимающий единичное значение на наборе высказываний x_j в случае, если каждое высказывание принимает истинное значение.

Множество A' получено путем последовательного уточнения множества A параметров технологического обеспечения в зависимости от множества D параметров оборудования, полученного путем декомпозиции детали до конструктивно-технологических элементов [3, 8]. Примером множества A' является фрагмент множества, показанного в таблице.

Фрагмент множества A' , используемого при синтезе вариантов структур-стратегий ПС

Наименование	Тип	Цена, тыс. р.
6Т13	Вертикальный фрезерный	1220000
6К12	Вертикальный фрезерный	1420543
ВМ-127	Вертикальный фрезерный	836000
ГФ2171Р	Фрезерный с ЧПУ	1700000
6ДМ83ШФ2	Фрезерный с ЧПУ	1956381
6Т13Ф3	Фрезерный с ЧПУ	1100000
МН25Н-01	Сверлильный	127000
2Т140	Сверлильный	335000
2Н150	Сверлильный	150000

В зависимости от типа оборудования все элементы множества A' подлежат группировке в m упорядоченных множеств $t_i \in T$, при этом каждое такое множество содержит станки, относящиеся к одной и той же группе технологического оборудования. В этом случае количество вариантов структур-стратегий ПС машиностроения будет равно сумме комбинаторных конфигураций, полученных сочетанием всех элементов ранее сформированных множеств (рис. 1).

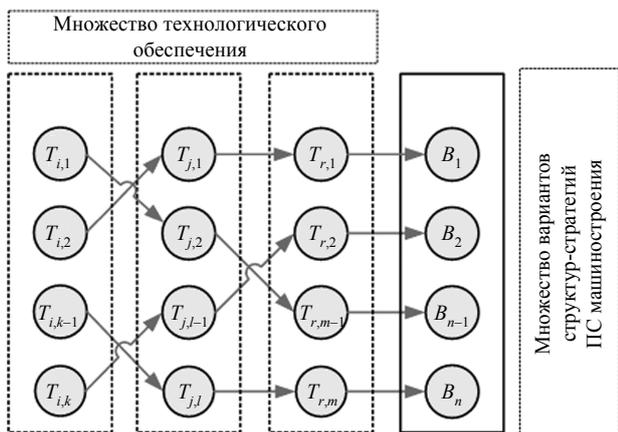


Рис. 1. Синтез вариантов структур-стратегий ПС машиностроения

Таким образом, на данном этапе может быть сформировано множество B вариантов структур-стратегий ПС машиностроения, имеющее вид, показанный ниже:

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_{n-1}, b_n\}, \tag{4}$$

$$b_i = \bigcap t_{k,l}, \tag{5}$$

где $t_{k,j}$ – комбинаторные конфигурации элементов k и j множества T :

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_{m-1}, t_m\}, \tag{6}$$

$$t_i = \{a_j \in A' | \text{тип оборудования}\}. \tag{7}$$

Учитывая, что в сформированные варианты структур-стратегий ПС машиностроения войдет оборудование разной ценовой категории, необходимо осуществить отсечение вариантов, не удовлетворяющих финансово-экономическим потребностям

предприятия. Для выполнения такого отсечения может быть использована теория нечетких множеств, при этом все варианты структур-стратегий ПС машиностроения ранжируются в зависимости от их стоимости и объединяются в нечеткое множество \tilde{E} , каждый элемент которого представляет собой вариант структуры-стратегии, нормализованный в соответствии с теорией нечетких множеств [5, 7, 8, 9]:

$$\tilde{E} = [\{b_1 | \mu_E(b_1)\}, \{b_2 | \mu_E(b_2)\}, \dots, \{b_i | \mu_E(b_i)\}], \tag{8}$$

при этом $\mu_E(x_i)$ – характеристическая функция принадлежности элемента $b_i \in Ba_i$ к множеству \tilde{E}_i . Учитывая, что нечеткое множество может иметь максимальную величину равную 1, функция принадлежности $0 < \mu_E(x_i) \leq 1$ может иметь следующий вид:

$$\mu_E(b_i) = 1 - \frac{C_i}{C_{\max}}, \tag{9}$$

где C_i – суммарная стоимость оборудования, входящего в i -й вариант структуры-стратегии; C_{\max} – максимальная стоимость варианта структуры-стратегии ПС машиностроения.

Определим α -срез нечеткого множества \tilde{E} как $\alpha = 1 - \frac{C_n}{C_{\max}}$, где C_n – максимальная стоимость варианта структуры-стратегии, которую предприятие готово реализовать; C_{\max} – максимальная стоимость синтезированного варианта структуры-стратегии ПС машиностроения.

Задание α -среза нечеткого множества \tilde{E} на определенном уровне позволит отсечь множество вариантов, реализация которых не может быть осуществлена по финансовым причинам, при этом в множество допустимых решений войдут все элементы множества A' , для которых выполняется правило $\mu_E(x_i) \geq \alpha$. Например, $C_n = 2500000$, а $C_m = 3711924$, тогда $\alpha = 0,326$. Множество \tilde{E} содержит 27 вариантов структур-стратегий ПС машиностроения. С учетом заданных ограничений будет отобрано 5 вариантов, для которых $\mu_E(x_i) > 0,326$ (рис. 2).

Таким образом, может быть синтезировано множество вариантов технологического обеспечения структур-стратегий ПС машиностроения, каждый из которых характеризуется определенными технико-экономическими показателями. Учитывая, что такое множество может содержать сотни вариантов модернизации ПС, должны быть выбраны факторы, значимо влияющие на эффективность ПС, а также разработан некий критерий, который позволит сузить синтезированное множество и сформировать выходное множество, содержащее несколько десятков вариантов технологического обеспечения структур-стратегий.

В целом разработанный алгоритм в составе автоматизированной системы решает актуальную научную проблему, имеющую существенное теоретиче-

ское и прикладное значение, заключающееся в выборе технологического и информационного обеспечения современных производственных систем машиностроения на этапах принятия решения об их модернизации и дальнейшем техническом развитии.

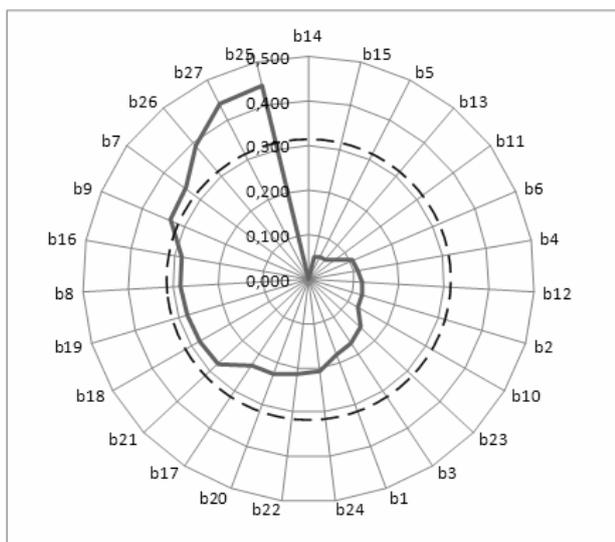


Рис. 2. Выбор вариантов, отвечающих финансово-экономическим потребностям предприятия

Исследование разработанного алгоритма на ряде предприятий Уральского региона обеспечило повышение технико-экономических показателей синтезированных вариантов ПС на 20-25 % по сравнению с вариантами, полученными при помощи традиционных методик модернизации, что позволяет судить о высокой эффективности модели.

Библиографические ссылки

1. Станкостроение в России: состояние, тенденции, перспективы / Портал машиностроения. – URL: http://www.mashportal.ru/machinery_russia-15488.aspx
2. Концепция формирования государственной комплексной программы развития машиностроения России / Союз машиностроителей России. – URL: <http://www.soyuzmash.ru/informcenter/concept/concept.htm>
3. Замятин К. И., Кузнецов А. П. Выбор технологических элементов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Известия Самарского науч. центра РАН. – Самара, 2009. – С. 292–295.
4. Якимович Б. А., Коришунов А. И., Кузнецов А. П. Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур-стратегий производственных систем машиностроения : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007. – 280 с.
5. Теория сложности / Ю. С. Шарин [и др.]. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1999. – 132 с.
6. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств : пер. с фр. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с. : ил.
7. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети : учеб. пособие. – М. : Изд-во физико-математической литературы, 2001. – 224 с.
8. Замятин К. И. Разработка автоматизированной системы выбора технологического и информационного обеспечения структур-стратегий производственных систем машиностроения : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2010.
9. Barborák Oto-Červeňanský, Jaroslav-Božek, Pavol-Mihok, Jozef-Rybanský, Rudolf-Tóthová Mária. Numeric expression of the quality of production technology // Annals of DAAAM and Proceedings of DAAAM Symposium. – ISSN 1726-9679. – Vol. 19. – No. 1. – Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19th International DAAAM Symposium «Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Next Generation of Intelligent Systems and Solutions», 22-25th October 2008, Trnava, Slovakia. – Viedeň : DAAAM International Vienna, 2008. – ISBN 978-3-901509-68-1. – S. 0075–0076.

K. I. Zamyatin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Votkinsk branch
A. P. Kuznetsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Combinatorial Synthesis Algorithm of Structure-Strategy Variants for Engineering Industrial Systems

The paper provides a combinatorial algorithm of variants synthesis for manufacturing support of structure-strategies of engineering industrial systems. The developed algorithm can be used in industrial system upgrading and when altering the enterprise model of production range.

Key words: manufacturing system, structure-strategy variant, synthesis model.