DOI: 10.18411/vntr2022-166-2

УДК 621.01

АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА СТАДИИ ПРЕДЭСКИЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© Ольга Евгеньевна Митряева[1], Марина Анатольевна Печейкина[1], Дмитрий Леонидович Раков[2]

[1]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия

rdl@mail.ru

Аннотация. *В статье рассматривается создание информационной среды для поддержки принятия решений при создании технических систем на стадии предэскизного проектирования. Особое место в жизненном цикле систем играет этап принятия концептуального решения с последующей оценкой. В статье рассматривается применение морфологического подхода для анализа, синтеза и прогнозирования инновационных решений. Морфологическое представление позволяет четко определить и структурировать информацию, сформировать и оценить морфологический набор возможных вариантов. Новизна метода заключается в использовании морфологического подхода и кластерного анализа для оценки и отбора. К преимуществам подхода относится относительная простота оценки генерируемых вариантов и выбора. В результате применения метода удалось значительно сократить время на анализ вариантов и принятие решения. Предлагаемый подход значительно повышает производительность процесса анализа, синтеза и принятия решений.*

Ключевые слова: *технологические решения, предэскизное проектирование, морфологический подход.*

ALGORITHM OF ENGINEERING DECISION MAKING AT THE PRE-DESIGN STAGE

© O.E. Mitryaeva[1], M.A. Pecheikina[1], D.L. Rakov[2]

[1]National research University "MEI", Moscow, Russia

[2]Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of RAS, Moscow, Russia

rdl@mail.ru

Abstract. *The article deals with the creation of an information environment to support decision-making in the creation of technical systems at the pre-design stage. A special place in the life cycle of systems is played by the stage of conceptual decision-making with subsequent evaluation. The paper considers the application of morphological approach for analysis, synthesis and prediction of innovative solutions. Morphological representation allows clearly defining and structuring*

information, forming and evaluating a morphological set of possible options. The novelty of the method lies in the use of the morphological approach and cluster analysis for evaluation and selection. The advantages of the approach include the relative simplicity of the generated options evaluation and selection. As a result of using the method, it was possible to significantly reduce the time for analyzing options and making a decision. The proposed approach significantly increases the productivity of the analysis, synthesis and decision-making process.
Keywords: *technological solutions, pre-design, morphological approach.*

Введение. Необходимость создания инновационных решений вызывает интерес разработчиков к различным методам поддержки инновационных процессов, а именно к компьютерным системам поддержки инноваций CAI (Computer Aided Innovation) [1,2]. Использование CAI может расширить возможности традиционных CAD/CAM систем [3]. В настоящее время особенно актуальным является создание конкурентоспособной продукции на основе инновационных технических решений (ТР). Одной из основных характеристик является адаптивность синтезированных ТР и способность динамически реагировать на изменяющиеся условия внешней среды. В этой связи особое значение приобретает задача генерации решений, воплощающих новейшие научно-технические достижения и открытия, обладающих высокими технико-экономическими показателями. Это предопределило необходимость использования системного анализа.
Наибольшая неопределенность при синтезе ТР существует на этапе разработки эскизного проекта и принятия решения. По мере развития проекта, неопределенность уменьшается [4]. Однако влияние принимаемых решений максимально на этапе предэскизного проектирования [5]. Чем больше вариантов ТР проанализировано, тем выше качество исследования и уверенность в достижении требований и целей проекта. По этой причине выбор и рассмотрение альтернатив является основной задачей процесса проектирования [4,6].

Морфологический анализ. Морфологический анализ [7-11], основанный на построении морфологической матрицы (ММ), генерации возможных альтернатив и последующем выборе наилучшего решения из всего сгенерированного набора комбинаций эффективно применяется для синтеза и оценки ТР. Главная задача заключается в синтезе морфологического множества решений, т.е. синтеза- описаний всех возможных ТР данной проблемы
Морфологический анализ основан на комбинаторике ном. Специальная процедура систематического сочетания понятий (терминов) была введена еще Р. Луллием. Его "Логическая машина" позволяла получать путем объединения исходных понятий более сложные понятия и суждения. Современный морфологический анализ развивается с 1942 года. Это дата публикации первой работы швейцарского астрофизика Ф.Цвикки по морфологическому анализу реактивных двигателей с описанием его метода "морфологического ящика" и построения морфологических матриц [12].В настоящее время морфологический подход наиболее широко используется в Германии и Швеции. Общество немецких инженеров разработало два свода правил для инженеров VDI 2221 “Методы создания и конструирования ТС и продуктов” и VDI 2222 «Методы конструирования:

методическое развитие технических принципов», в которых рекомендуется использование морфологических подходов для поиска новых ТР [13,14].

Морфологический подход при выборе решений. Для поиска перспективных вариантов технических решений по финишной обработке лопаток газотурбинных двигателей разработана морфологическая матрица. Ее размерность, соответствующая существенным признакам, была установлена с помощью экспертных оценок. В первую очередь были выделены 13 признаков и вариантов, существенных для внешнего вида технической системы.

Для сокращения количества анализируемых альтернатив были введены критерии экспертных оценок. Впоследствии каждой альтернативе был присвоен балл по каждому критерию. В результате было сгенерировано 16 000 вариантов, из которых 130 были отобраны для дальнейшей кластеризации (рис.1) [15]. Исследование проводилось с помощью программного обеспечения Okkam [16]. Эксперты выбрали девять критериев и их весовые коэффициенты. Впоследствии были оценены атрибуты и отельные опции.

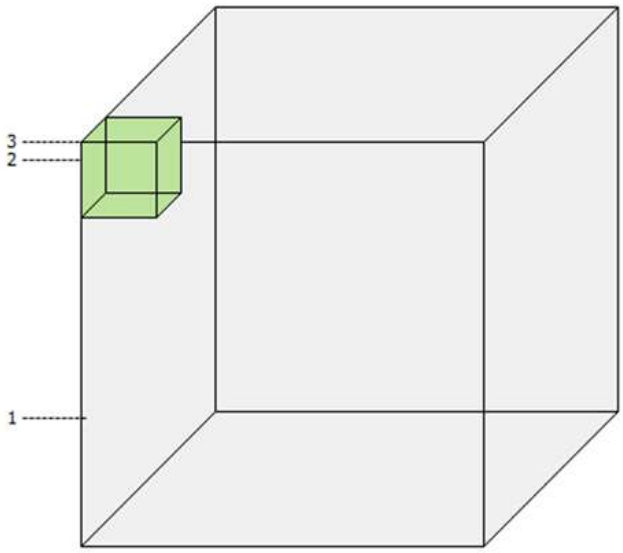


Рис.1. Корреляция между морфологическим набором вариантов (1), сгенерированными вариантами (2) и отобранными вариантами (3)

Затем была проведена генерация вариантов с их оценкой и отбором, в результате чего был получен набор вариантов для дальнейшего анализа (рис.2). Затем проведена кластеризация вариантов с использованием заданной меры сходства. Для окончательного анализа было отобрано 130 сгенерированных рациональных вариантов, сгруппированных в 17 кластеров (рис.3). После кластеризации вариантов, окончательные наборы вариантов из морфологической матрицы были проанализированы для оптимизации и экспериментальных исследований.

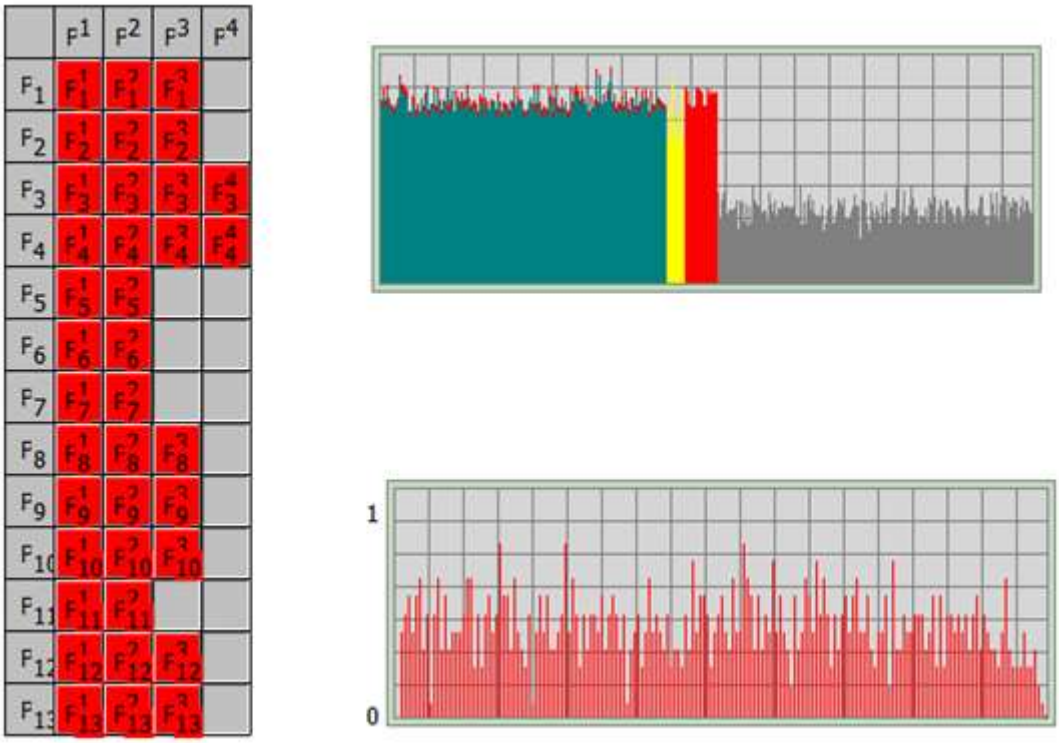


Рис.2. Морфологическая матрица и генерация вариантов (справа)

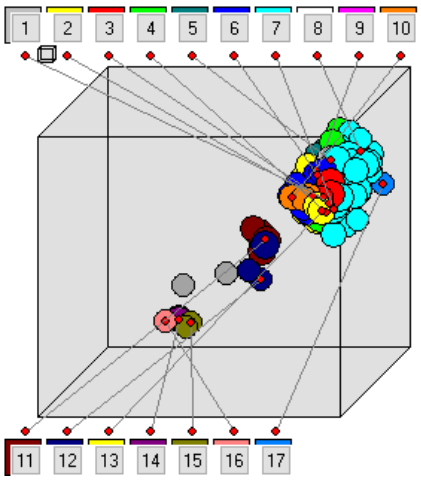
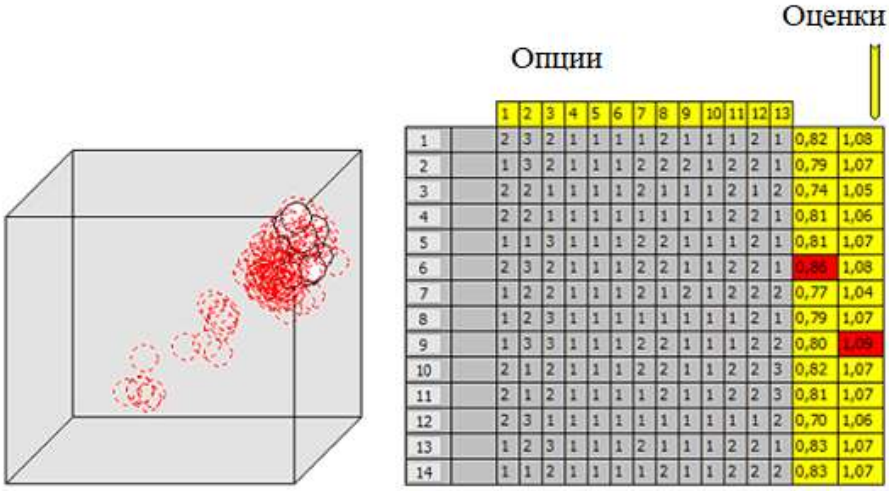


Рис.3. Расположение кластеров в морфологическом поле решений (скриншот)

Расчеты показали, что среди всех кластеров кластеры 8 и 17 имеют самые высокие оценки (значение целевой функции). Данные кластеры и были исследованы (рис. 4).



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1		2	3	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	0,82	1,08
2		1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	0,79	1,07
3		2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	0,74	1,05
4		2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	0,81	1,06
5		1	1	3	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	0,81	1,07
6		2	3	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	0,86	1,08
7		1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	0,77	1,04
8		1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0,79	1,07
9		1	3	3	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	0,80	1,09
10		2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3	0,82	1,07
11		2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	3	0,81	1,07
12		2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0,70	1,06
13		1	2	3	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	0,83	1,07
14		1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	0,83	1,07

Рис.4. Расположение кластера 8 в морфологическом поле решений (скриншот)

Анализ ММ показал, что большинство кластеров, не содержащих эталонных вариантов, имеют более низкие средние оценки целевой функции, чем кластеры, включающие опорные варианты. В результате было выбрано несколько конкурирующих растворов, синтезированных на основе морфологического анализа (рис.5).

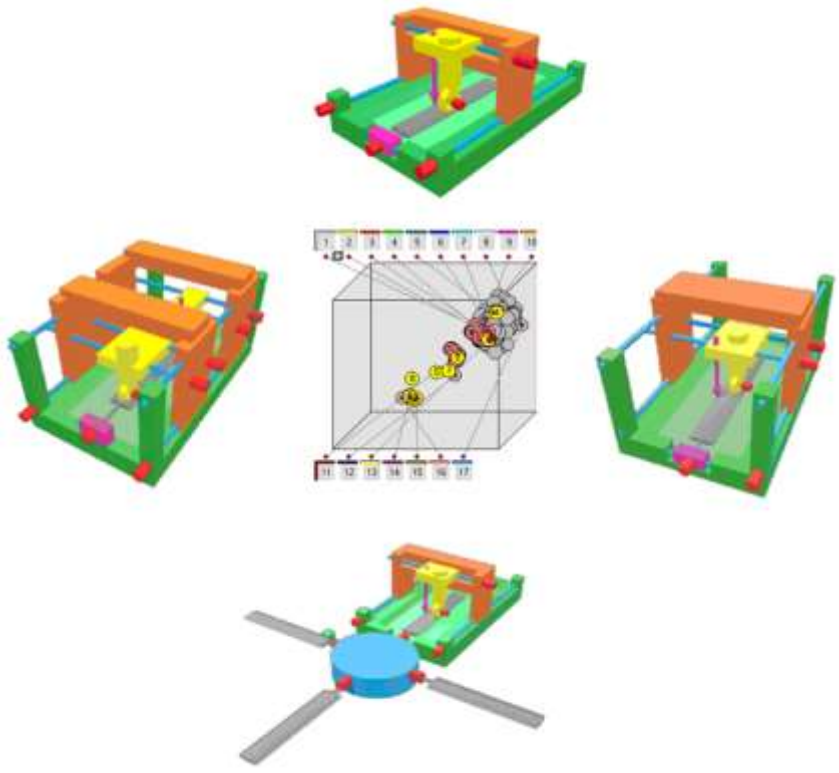


Рис. 5. Рассматриваемые ТР

Выводы. В работе рассматривается применение морфологического подхода для анализа и синтеза инновационных решений для производственного инжиниринга. Морфологическое представление дает возможность четко определить и структурировать информацию и выбрать рациональный набор вариантов. Задача подхода видится в синтезе морфологического пространства решений. Предлагаемый подход устраняет недостатки классических морфологических методов. К преимуществам этого подхода относится относительная простота оценки сгенерированных вариантов и вариантов выбора. Таким образом, удалось значительно сократить время на анализ вариантов и принятие решения. Можно сделать вывод, что предлагаемый метод значительно повышает производительность процесса анализа, синтеза и принятия решений.

Список литературы

1. Husig S, Kohn S. Computer Aided Innovation - state of the art from a new product development perspective// Computers in Industry. – 2009. - 60 (8). – P. 551-62.
2. Kohn S, Husig S. Development of an empirical based categorization scheme for CAI software// Int. J. of Computer Applications in Technology. – 2007. - 30 (2). - P. 33-46.
3. Werner D, Weidlich C, Guenther R, Blaurock B, Joerg E. Engineers' CAx education—it's not only CAD// Comput. Aided Des. – 2004. - 36(14). - P. 1439–1450.
4. Bardenhagen A, Rakov D. Analysis and Synthesis of Aircraft Configurations during Conceptual Design using an Advanced Morphological Approach. Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress. - Darmstadt, Germany, 2019.
5. Chakrabarti A, Bligh T. An approach to functional synthesis of solutions in mechanical conceptual design. In: Part I: Introduction and Knowledge Representation Engineering Design Centre. UK Research in Engineering Design. - Department of Engineering, University of Cambridge, 1999, P. 127–141.
6. Kendal S, Creen M. An Introduction to Knowledge Engineering. London: Springer, 2007.
7. Одрин В.М. Метод морфологического анализа технических систем. - М.: ВНИИПИ, 1989. - 309 с.
8. Ritchey T. Problem Structuring using Computer-Aided Morphological Analysis// Journal of the Operational Research Society (JORS). – 2006. - Vol. 57, No. 7.
9. Раков Д.Л., Синёв А.В. Параллельное проектирование на этапах структурного синтеза и параметрической оптимизации при формировании облика новых технических систем// Проблемы машиностроения и автоматизации. - 2011. - № 4. - С. 99-102.
10. Раков Д.Л. Прямые и обратные задачи структурного синтеза при поиске новых технических решений// Информационные технологии в проектировании и производстве. - 2007. - № 2. - С. 42-49.
11. Pecheikina M. A., Rakov D. L., Sukhorukov R. Yu. Structural Synthesis and the Search for New Engineering Solutions in the Conceptual Design Phase// Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. - Vol. 49, No. 8. - P. 61–68.
12. Zwicky F. Morphology of aerial propulsion// Helvetica Physica Acta. – 1948. – Vol. XXI. – Heft 5. – P. 299–340.
13. VDI 2221. Systematic approach to the development and design of technical systems and products. - Beuth Verlag, 1993.
14. VDI 2222. Part 1. Methodic development of solution principles. - Beuth Verlag, 1997.

15. Kondrat'ev, I M, Rakov D L, Advanced morphological approach to finding novel solutions for automated finishing of GTE blades// Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. – 2019. - 032021.
16. Rakov D. Okkam - Advanced Morphological Approach as Method for Computer Aided Innovation (CAI). MATEC Web of Conferences, ICMTMTE, 2019.

Дата поступления: 26 июля 2022 г.