

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2026-53-26-29>

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Раков Д.Л.¹, Барденхаген А.², Печейкина М.А.³, Тодоров В.Т.²

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия;*

²*Берлинский технический университет, Берлин, Германия;*

³*Московский энергетический институт, Москва, Россия*

Ключевые слова: усовершенствованный морфологический анализ, тенденции развития, сравнение методов, системный анализ, эвристические методы.

Аннотация. В статье рассмотрены направления развития методов морфологического анализа технических решений. Также приводится сравнение классического и улучшенного методов морфологического анализа по сравнению с эвристическими подходами, такими как мозговой штурм, синектика, теория решения изобретательских задач. Использование предложенного метода позволяет структурировать решаемую проблему, а также увеличить системность, полноту рассмотрения решений и сокращение их количества за счет кластеризации и использовании меры сходства.

MODERN TRENDS IN MORPHOLOGICAL ANALYSIS

Rakov D.L.¹, Bardenhagen A.², Pecheykina M.A.³, Todorov V.T.²

¹*Mechanical Engineering Research Institute of the RAS, Moscow, Russia;*

²*Technische Universität Berlin, Berlin, Germany;*

³*Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia*

Keywords: advanced morphological analysis, development trends, comparison of methods, system analysis, heuristic methods.

Abstract. The article discusses the issues of the morphological analysis methods development for engineering solutions. It also provides a comparison of classical and advanced method in comparison with heuristic approaches such as brainstorming, synectics and TRIZ. Using the proposed method allows you to structure the problem being solved, as well as increase the consistency, completeness of consideration of solutions and reduce their number due to clustering and the use of similarity measures.

Необходимость синтеза инновационных технических решений (ТР) для повышения конкурентоспособности продукции обеспечивает развитие методов поддержки инновационных процессов, в частности методов автоматизация инновационных процессов – CAI (Computer Aided Innovation) для расширения классических возможностей CAD/CAM/CAE [1]. Наибольшая неопределённость при поиске ТР существует на этапе разработки технического предложения и принятия решений и по мере развития проекта неопределённость уменьшается, и чем больше число рассматриваемых ТР, тем выше качество исследований, т.е. основой процесса проектирования является выбор и рассмотрение альтернативных ТР [2]. Одним из эффективных подходов является метод морфологического анализа (МА), базирующийся на построении морфологической таблицы, состоящей из

атрибутов P_i и альтернатив их выполнения P^j и последующая генерация морфологического множества решений (ММР) [3]. Так как ММР является счетным и конечным, то задача дискретной оптимизации сводится к комбинаторной и как следствие главным недостатком является комбинаторный взрыв – экспоненциальный рост числа ТР при достаточно большой размерности МТ. Как альтернатива классическому методу предложен усовершенствованный МА (рис. 1).

При использовании метода осуществляют синтез МТ (рис. 2,а), определяют систему и оценки критериев, и каждой альтернативы, выбирают опорные варианты и осуществляют генерацию (полную или частичную) некоторого множества вариантов из ММР, производят кластеризацию вариантов на основе меры сходства и синтез метрического пространства решений. На завершающем этапе проводят анализ кластеров и созданных ТР [4, 5] и выбирают наилучший вариант (рис. 2, б).

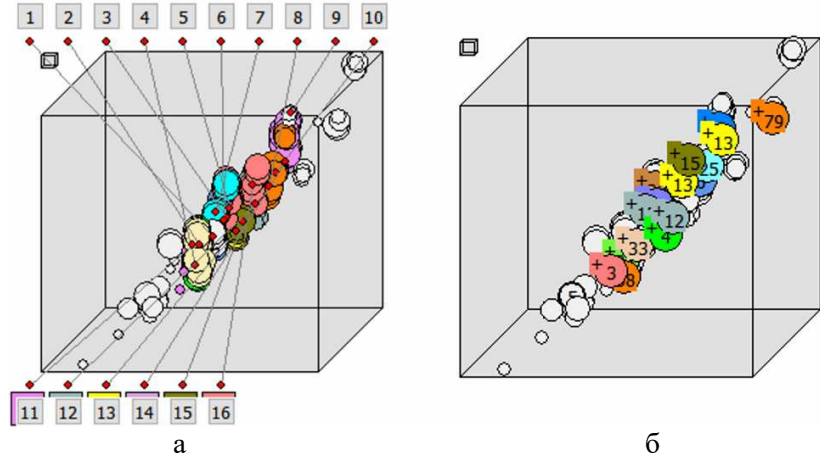


Рис. 1. Метрическое пространство ТР с кластерами (а) и числом ТР в кластерах (б)

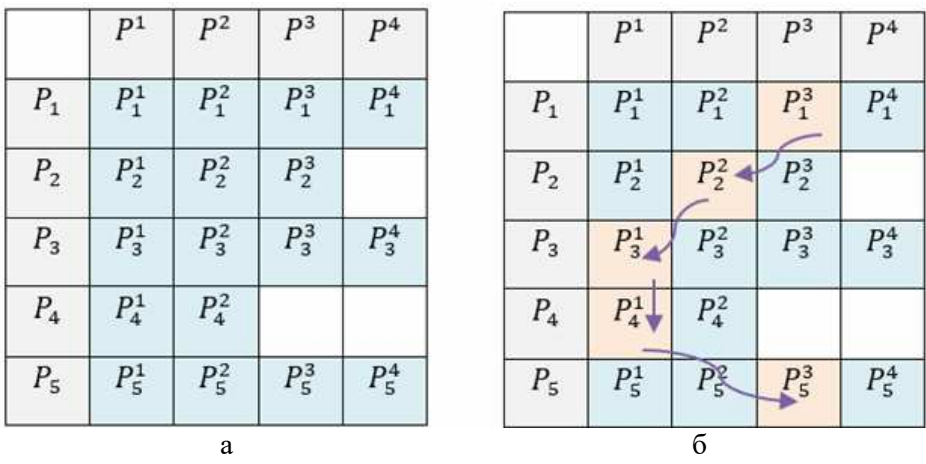


Рис. 2. Формирование МТ (а) и наилучшее ТР (б)

Сравнение классического МА, усовершенствованного МА и основных эвристических методов поиска технических решений – мозгового штурма,

синектики, теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) приведены на рисунке 3, и используются следующие сокращения И – Интуитивный, Д – Дискурсивный, ЧЯ – «Черный Ящик», БЯ – «Белый Ящик», Т – Творчество, С – Системность, С-Скорость применения (в соответствующей строке), К – Квалификация пользователей). Значками «+» обозначается степень соответствия различных методов рассматриваемым свойствам. В таблице 1 кратко рассматриваются преимущества и недостатки сравниваемых методов.

Основные свойства метода	Мозговой шторм	Синектика	ТРИЗ	МА	Основные свойства метода
Интуитивный	И ⁺⁺⁺	И ⁺⁺⁺	Д ⁺⁺⁺ И ⁺⁺	Д ⁺⁺⁺ И ⁺	Дискурсивный
Модель «Черного Ящика»	ЧЯ ⁺⁺⁺	ЧЯ ⁺⁺⁺	БЯ ⁺⁺⁺ ЧЯ ⁺	БЯ ⁺⁺⁺	Модель «Белого Ящика»
Творчество	Т ⁺⁺⁺	Т ⁺⁺⁺	Т ⁺⁺⁺	Т ⁺⁺	
Системность	С ⁺	С ⁺	С ⁺⁺	С ⁺⁺⁺	
Скорость применения	С ⁺⁺⁺	С ⁺⁺	С ⁺	С ⁺⁺	
Квалификация пользователей	К ⁺	К ⁺⁺	К ⁺⁺⁺	К ⁺⁺	

Рис. 2. Сравнение методов поиска технических решений

Табл. 1. Преимущества и недостатки основных методов поиска ТР

Метод	Преимущества	Недостатки
Мозговой шторм	Быстрая генерация идей, использование группового взаимодействия	Необъективный процесс, возможность поверхностных представлений
Синектика	Преодоление инерции мышления, новые идеи из смежных областей	Сложность организации и управления, требования высокого уровня креативности и подготовки участников
Морфологический анализ	Системность, полнота рассмотрения ТР, обнаружение новых, неочевидных сочетаний	Комбинаторный взрыв, требует анализа большого числа ТР
Усовершенствованный морфологический анализ	Системность, полнота рассмотрения ТР, сокращение количества ТР за счет кластеризации и использовании меры сходства	Проблема комбинаторного взрыва решена, но остается субъективность при выборе и оценке критериев и альтернатив
ТРИЗ	Направленный поиск, прогнозирование, высокая эффективность, прогнозирование развития ТС	Требования к квалификации участников, сложность обучения, формализм, навыки и практика использования метода.

Основной целью разработанного улучшенного МА является расширение числа вариантов ТР, синтез ММР, их кластеризация и отбор в метрическом пространства решений. В работе приводится сравнение классического и улучшенного методов МА и их сравнение с наиболее распространенными эвристическими подходами, такими как мозговой штурм, синектика, ТРИЗ. Можно также отметить, что предложенный подход упорядочивает и структурирует задачу принятия решения и тем самым снижается фактор неопределенности и увеличивается обоснованность принятия решений, что позволяет повысить качество разрабатываемых инженерных систем.

Финансирование. Работа выполнена за счет средств Государственного задания, код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией) FFGU-2026-0022.

Список литературы / References

1. Husig S., Kohn S. Computer Aided Innovation – state of the art from a new product development perspective // Computers in Industry. 2009, vol. 60(8), pp. 551-62.
2. Kendal S., Creen M. An Introduction to Knowledge Engineering. – London: Springer, 2007.
3. Zwicky F. Discovery, Invention Research – Through the Morphological Approach. – Toronto: The Macmillan Company, 1969. – 276 p.
4. Rakov D., Timoshina A. Structure synthesis of prospective technical systems // Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2010, vol. 25, iss. 2, pp. 4-10.
5. Todorov V.T., Rakov D., Bardenhagen A. Enhancement Opportunities for Conceptual Design in Aerospace Based on the Advanced Morphological Approach // Aerospace. 2022, vol. 9, no. 2, p. 78.

Раков Дмитрий Леонидович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Rakov Dmitry Leonidovich – candidate of technical sciences, senior staff scientist
Барденхаген Андреас – доктор, профессор института аэронавтики и астронавтики	Bardenhagen Andreas – doctor, professor of the Institute of aeronautics and astronautics
Печейкина Марина Анатольевна – старший преподаватель	Pecheykina Marina Anatolievna – senior lecturer
Тодоров Владислав Тихомиров – докторант института аэронавтики и астронавтики	Todorov Vladislav Tihomirov – ph.d. student, institute of aeronautics and astronautics
rdl@mail.ru	

Received 28.04.2026