

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Барденхаген А., Печейкина М.А., Раков Д.Л.

Ключевые слова: киберфизические системы, морфологический подход, структурный синтез, жизненный цикл, классификация систем.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы поиска методов и средств для повышения эффективности синтеза новых киберфизических систем. Цель состоит в том, чтобы синтезировать новые системы с возможностью адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды, гибкой перестройкой алгоритмов управления на всех этапах жизненного цикла. Наиболее полно удовлетворяют данным требованиям киберфизические системы. В статье рассматриваются возможности применения морфологических подходов для синтеза киберфизических систем. Использование морфологического подхода позволит повысить обоснованность принимаемых решений на всех этапах жизненного цикла исследуемых систем.

POSSIBILITIES OF CREATING CYBER-PHYSICAL SYSTEMS BASED ON THE MORPHOLOGICAL APPROACH

Bardenhagen A., Pecheykina M.A., Rakov D.L.

Keywords: cyber-physical systems, morphological approach, structural synthesis, life cycle, classification of systems.

Abstract. The article discussed search for methods and tools to improve the efficiency of the new cyber-physical systems synthesis. The goal is to new systems synthesize with the ability to adapt to changing environmental conditions, flexible adjustment of control algorithms at all stages of the life cycle. Most fully meet these requirements cyber-physical systems. The article considers the possibilities of applying morphological approaches to the synthesis of cyber-physical systems. The use of the morphological approach will increase the validity of decisions made at all stages of the life cycle of the systems under study.

Эволюционное совершенствование технических систем предопределило использование новых принципов использования элементов структур, адаптивных алгоритмов управления, взаимодействия со внешней средой, учета социальных аспектов. Киберфизические системы (КФС) представляют собой неразрывный симбиоз технических и компьютерных средств. В данных технологиях применяют инновационные технические средства, алгоритмы и методы, служащие, например, для распознавания образов, выстраивания линии поведения, прогнозирования и непрерывного мониторинга окружающей среды. Средства активно взаимодействуют с окружающей средой и располагают возможностями адаптации и обучению как реакцией на изменения внешних и внутренних факторов [1].

Множество методов синтеза КФС является подмножеством общего множества методов систем и соответственно они должны рассматриваться с позиций системного подхода. Для комплексного анализа построена общая классификационная таблица систем (табл. 1). Таблица построена на основе классификационных признаков. В связи со спецификой КФС были выделены опции, характеризующие данное подмножество.

Табл. 1. Общая классификация систем (КФС выделены цветом)

	Признаки классификации	Опция 1	Опция 2	Опция 3
1	Происхождение	естественные	искусственные (реальные и абстрактные)	смешанные
2	Взаимодействию с внешней средой	закрытые	открытые	
3	Сложность	простые	сложные	
4	Характер функций	специализированные	многофункциональные (универсальные)	
5	Развитие	стабильные	Развивающиеся (самоорганизующиеся)	
6	Организованность	хорошо организованные	плохо организованные (диффузные)	
7	Сложность поведения	автоматические	самоорганизующиеся	адаптивные
8	Характер связи между элементами	детерминированные	сстохастические	
9	Структура управления	централизованное	децентрализованное	
10	Назначение	производящие	управляющие	обслуживающие
11	Управление	программное	регулируемое	адаптивное
12	По объективности существования	материальные	абстрактные	
13	Задание целей	цели задаются извне	цели формируются внутри	комбинированное
14	Способ управления	внешнее управление	самоуправляемые	комбинированное
15	По характеру развития	статические	динамические	

Произошло значительное сокращение числа возможных комбинаций. Создание классификационной таблицы позволило повысить точность идентификации КФС. Таким образом, информация упорядочена, и это позволило сузить область исследований.

Проектирование на основе математических моделей является мощным методом синтеза киберфизических систем, но слишком часто в литературе предполагается использование методологии без ссылки на сам процесс проектирования, вместо этого уделяется внимание отдельным этапам, таких как моделирование, синтез программного обеспечения, верификация и т.п. Задачи моделирования киберфизических систем являются трудноформализуемыми. Это справедливо, как для отдельных технических и технологических систем, так и для их групп.

Для решения данных задач могут использоваться как интуитивные, так и дискурсивные подходы. К интуитивным подходам относятся мозговой штурм,

синектика, ТРИЗ и ряд других. Сложность использования интуитивных подходах состоит в принципиальной невозможности получения устойчивых, повторяющихся результатов.

В противовес к интуитивным методам существует группа дискурсивных или алгоритмических методов поиска новых технических решений и прогнозирования их развития. Наиболее часто в этой группе используются морфологические методы [2-5]. Эти методы могут быть формализованы и их компьютеризирование позволит получить устойчивые результаты. К основным преимуществам использования морфологических подходов можно отнести следующие.

– Повышение креативности при синтезе КФС. Предложенный подход позволяет быстро генерировать морфологическое множество решений и выбирать наилучшее.

– Повышение эффективности разрабатываемых решений и продуктов. Они ускоряют обработку и распространение информации, позволяют оперативно модифицировать исходные данные и их распространять. Также сокращается время поиска информации.

– Повышение компетенции. При использовании морфологии можно отследить логику выбора тех или иных решений. За счет этого инновационный процесс становится более понятным и легким.

В заключении можно сделать вывод о том, что киберфизические системы следует рассматривать как эволюционный шаг в развитии общей теории систем и системного анализа. Использование теории систем позволит достичь многих преимуществ при создании, управлении и эксплуатации КФС. Использование морфологического подхода позволит повысить обоснованность принимаемых решений на всех этапах жизненного цикла исследуемых систем.

Список литературы / References

1. Derler P., Lee E.A. and Sangiovanni Vincentelli A. Modeling Cyber-Physical Systems // Proceedings of the IEEE. Vol. 100. No. 1. P. 13-28.
2. Zwicky F. Discovery, Invention Research - Through the Morphological Approach. Toronto: The Macmillan Company. 1969.
3. Zwicky F., Wilson A., & (eds). New Methods of Thought and Procedure: Contributions. Berlin: Springer. 1967.
4. Rakov D.L., Sukhorukov R.Y., Pecheykina M.A. Choosing and evaluating fabrication processes by means of a computer-aided innovation support system based on the morphological approach // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2019. Vol. 48, № 2. P. 173-178.
4. Раков Д.Л., Сухоруков Р.Ю., Печейкина М.А. Выбор и оценка технологических процессов при помощи автоматизированной системы поддержки инноваций на базе морфологического подхода // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2019. №2. С. 91-98

5. Bardenhagen A., Rakov D. Advanced morphological approach in aerospace design during conceptual stage // Facta Universitatis. Series: Mechanical Engineering. 2019. Vol. 17, № 3. P. 321-332.

<p>Барденхаген Andreas – доктор наук, профессор, заведующий кафедрой проектирования летательных аппаратов и прочности Института аэронавтики и астронавтики, Берлинского технического университета, Берлин, Германия, andreas.bardenhagen@tu-berlin.de</p>	<p>Bardenhagen Andreas – doctor of sciences, professor, Head of Department of Aircraft Design and Aerostructures, Institute of Aeronautics and Astronautics, Technische Universität Berlin, Berlin, Germany, andreas.bardenhagen@tu-berlin.de</p>
<p>Печейкина Марина Анатольевна – старший преподаватель, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия, marina.pecheykina@mail.ru</p>	<p>Pecheykina Marina Anatolievna – senior lecturer, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia, marina.pecheykina@mail.ru</p>
<p>Раков Дмитрий Леонидович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), Москва, Россия, rdl@mail.ru</p>	<p>Rakov Dmitry Leonidovich – candidate of technical sciences, senior staff scientist, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN), Moscow, Russia, rdl@mail.ru</p>

Received 05.02.2021