

## СЕКЦІЯ 1

# МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ, ОПТИМІЗАЦІЇ І ТЕОРІЇ ІГОР

УДК 303.732.4:519.816

**Н.Д. Панкратова**, чл.-корр. НАНУ,  
д.т.н., проф.

**В.А. Панкратов**, мл.научн. сотр.  
Институт прикладного системного анализа  
Киевский политехнический институт  
им. Игоря Сикорского

## СТРАТЕГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

**Анотация.** Приводится стратегия моделирования сложных иерархических систем, которая базируется на математическом обеспечении методологий предвидения с целью создания альтернатив сценариев и когнитивного моделирования для построения сценариев развития желаемого будущего и путей их реализации. Методология когнитивного моделирования исследуемых систем построена на основании метамодели исследования, является совокупностью когнитивных моделей и методов: задания вершин и связей между ними с помощью нечетких множеств, анализа устойчивости путей и циклов, импульсного воздействия, связности, сложности, чувствительности системы, сценарного анализа для предвидения возможного развития ситуаций в системе и принятия решений.

**Ключевые слова:** предвидение, альтернативы сценариев, нечёткие когнитивные карты, моделирование, устойчивость, сценарии.

Актуальность направления исследований заключается в выявлении новых тенденций, трендов, стратегических научных направлений, технологических достижений и т.д., которые в краткосрочной или долгосрочной перспективе смогут оказать существенное влияние на экономическое, социальное, техническое развитие в будущем. Для решения поставленных задач становится целесообразным создание и интенсивное развитие современных концепций, моделей, подходов к объединению методологий предвидения и когнитивного моделирования с целью определения экономических перспектив научно-технических систем и путей их реализации. В данной работе предлагается использовать указанные методологии совместно: на первом этапе применять методологию предвидения и полученные результаты использовать в качестве исходных данных на втором этапе – для когнитивного моделирования. Такой синтез методологий позволяет предложить научно обоснованную стратегию реализации приоритетной альтернативы сценария развития сложных систем различной природы.

Отбор критических технологий и построение рациональных альтернатив сценариев развития стратегически важных предприятий, приоритетных отраслей промышленности и индустриального сектора государства целесообразно выполнять на основе проведения комплекса работ по предвидению. С этой целью в процессе реализации процедуры формирования альтернатив сценариев при решении задач предвидения возникает необходимость в привлечении методов экспертного оценивания, среди которых наиболее часто используемые методы SWOT анализа, методы Делфи и морфологического анализа [1]. Для построения сценариев относительно выбранных альтернатив привлекается когнитивное моделирование, что позволяет на основе предложенного математического аппарата с практической достоверностью получить обоснованный сценарий для принятия решения.

В данной работе предлагается для выявления критических технологий использовать метод SWOT анализа. С целью ранжирования полученных критических технологий и выявления наиболее приоритетных привлекается метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution). Метод многокритериального анализа (ранжирования) альтернатив TOPSIS помимо

оценки расстояния от рассматриваемой альтернативы до идеального решения позволяет учитывать и расстояние до наихудшего решения. Компромисс при выборе оптимальной альтернативы основан на том, что выбранное решение должно быть одновременно максимально близким к идеальному и наиболее удалено от наихудшего решения. Полученный рейтинг позволяет при построении когнитивной модели учитывать весовые характеристики критических технологий, являющиеся вершинами когнитивной карты.

Методология когнитивного моделирования сложных систем построена на основании метамодели исследования, является совокупностью когнитивных моделей (когнитивная карта, взвешенный ориентированный граф, функциональные графы и др.) и методов: анализа устойчивости путей и циклов, связности, сложности, чувствительности системы, сценарного анализа для предвидения возможного развития ситуаций в системе и принятия решений [1,2].

Согласно разработанный методике анализа на основе когнитивных карт [1] исследование изучаемой проблемы состоит из последовательности действий:

- первичная формулировка проблемной ситуации в исследуемой области и формирование первичной концептуальной схемы проблемы;
- структуризация знаний о проблемной ситуации посредством построения формальной знаковой когнитивной карты, с учетом многоаспектности исследуемых явлений и процессов, влияющих на направленность изменения проблемной ситуации;
- верификация знаковой когнитивной карты;
- выбор теоретической модели на основе анализа знаковой когнитивной карты, пригодной для анализа ситуации актуализации угрозы;
- моделирование ситуации актуализации угрозы с целью оценки её последствий.

В соответствии с приведенным сначала выполняется разработка когнитивной модели, что представляет циклический процесс. В процессе исследования сложных систем могут разрабатываться различные иерархические когнитивные модели, а также модели взаимодействия когнитивных моделей

$$I_G = \langle G_k, G_{k+1}, E_k \rangle, k \geq 2,$$

где  $I_G$  – иерархическая когнитивная карта, в которой  $G_k$  и  $G_{k+1}$  – когнитивные карты соответственно  $k$  и  $k+1$  уровней, некоторые вершины которых соединены дугами  $E_k$ . Если определены функционалы преобразования дуг, то имеет место иерархическая когнитивная модель. При этом учитывается, что в когнитивной модели матрица отношений  $A_{w_G}$  – это нечеткая квадратная матрица, строки и столбцы которой соответствуют вершинам графа  $G$ , заданным с помощью функций принадлежности, а их величины на пересечении строк и столбцов представляют суждение эксперта о взаимосвязи между вершинами. Если существует отношение между вершинами  $V_i$  и  $V_j$ , то имеем

$$A_{w_G} = [w_{ij(G)}], w_{ij} = w_{ij} \langle v_i, v_j \rangle (f) : [-1; 1] \rightarrow [0; 1]; i, j = \overline{1, n}$$

Если между вершинами  $V_i$  и  $V_j$  нет связи, то на их пересечениях стоят нули.

Для создания возможных сценариев развития сложной иерархической системы было выполнено импульсное моделирование развития ситуаций. В процессе исследования были проанализированы сценарии развития ситуаций при внесении возмущений как в единичные вершины, так и в совокупности вершин.

#### Литература

1. Горелова Г.В., Панкратова Н.Д. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования // Наукова думка. - 2015. – 464с.
2. Pankratov V. The creation of strategy for innovation development of socio-economic systems // International Journal. «Information technologies&knowledge». ITHEA. SOFIA, ,v.3,№ 1. – 2014. –P. 84-99.