

О РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА

Гинис Л.А.

Гинис Лариса Александровна – кандидат педагогических наук, доцент,
кафедра информационных измерительных технологий и систем,
Южный федеральный университет, г. Таганрог

Аннотация: предлагается комплекс моделей для проведения процедуры прогнозирования развития сложного объекта на примере социально-экономической системы. С целью формирования пространства оптимистических, нейтральных и пессимистических сценариев на четких и нечетких когнитивных картах применяется импульсное моделирование.

Ключевые слова: методика, прогнозирование, сложный объект, импульсное моделирование.

УДК 004.94 : 519.876

В основу предлагаемой методики прогнозирования сложного объекта положена современная теория детерминизма, опирающаяся на известный принцип, согласно которому изучение и управление объектом в будущем определяется характеристиками и условиями его существования в прошлом. Под сложным объектом мы будем понимать социально-экономическую систему (СЭС), для которой характерно динамическая природа большинства процессов, поэтому следует вспомнить и о квазистационарном подходе к прогнозированию, фундаментом которого является ключевая концепция классической политэкономии Адама Смита.

Из известных шести этапов проведения процедуры прогнозирования: постановка цели (определение управленческой задачи), формирование информационной базы, анализ объекта прогнозирования, выбор методов прогнозирования, проверка достоверности (верификация) результатов прогнозирования. Наша цель – описать методику для разработки собственно прогноза развития (ситуации) объекта, что является пятым этапом. Разработать пространство сценариев и определить обоснованные и эффективные управляющие решения с целью устойчивого развития СЭС.

Для описания такого сложного объекта предлагается использовать когнитивную теоретико-множественную метамодель, в основе которой лежат иерархические четкие и нечеткие когнитивные карты, подробно описанной в [1]. Для изучения влияния изменения параметров вершин, а также учета влияния контуров обратной связи, пользуются правилом импульсного процесса, который устанавливает, как отклонения одной или нескольких переменных распространяются за некоторое время по системе, при этом согласно [2-4] различают.

Модель для отслеживания распространения возрастающих импульсных воздействий, в том случае, когда активированное импульсное воздействие усиливается при переходе от одного элемента системы к другому:

$$w_i(t+1) = w_i(t) \prod_{j=1}^{\deg v_i} \varepsilon_{ji} \text{imp}_j(t) \quad (1)$$

Модель для отслеживания распространения затухающих импульсных воздействий, в том случае, когда активированное импульсное воздействие ослабевает при переходе от одного элемента системы к другому:

$$w_i(t+1) = w_i(t) \prod_{j=1}^{\deg v_i} (1 - \varepsilon_{ji} \text{imp}_j(t)) \quad (2)$$

где $\text{imp}_j(t)$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ – внешнее импульсное воздействие; ε_{ij} – вес дуги; w_i – показатель состояния концепта (вершины). Предлагается ввести силу причинно-следственной связи, которая может быть как постоянной величиной, так и переменной во времени. Известно, что чем она больше, тем сильнее изменение значения концепта-причины влияет на значение концепта-следствия.

Модели (1) и (2) применимы на четких когнитивных картах. При построении модели СЭС или отдельных ее подсистем в виде нечеткой когнитивной карты предлагается предварительно проводить вычисления ценности вершин по [5]:

$$A_i^t = f\left(k_1 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n A_j^{t-1} W_{ji} + k_2 A_i^{t-1}\right) \quad (3),$$

где $A_i \in [0, 1]$ – некоторое число, назначаемое экспертом, которое вводится для каждой вершины V_i и представляет собой ценность этой вершины; $W_{ij} \in [-1, 1]$ – вес дуги, f - пороговая функция, в качестве

которой можно использовать, например, униполярную сигмоидальную функцию: $f(x) = 1/(1+e^{-\lambda x})$, где $\lambda > 0$ определяет крутизну непрерывной функции f . Если же природа концепта отрицательна, то используется функция - гиперболический тангенс $f(x) = \tanh(x)$ [5].

В общем случае, для четких когнитивных карт, модель прогнозирования СЭС путем импульсного процесса можно описать следующей матричной формулой:

$$V(t) = V_{ucx} + (I + A + A^2 + A^3 + A^4 \dots + A^t)^T P(0), \quad (4)$$

где I – единичная матрица размером $n \times n$; A – матрица смежности орграфа (четкая когнитивная карта) размером $n \times n$.

А для нечетких когнитивных карт –

$$V(t) = V(ucx) + (I \vee N \vee N^2 \vee N^3 \vee N^4 \vee \dots \vee N^t)^T \& P(0), \quad (5)$$

где N – матрица достижимости нечеткого орграфа.

Для разработки предполагаемых управленческих решений и описания изменений состояния СЭС, разрабатывается пространство пессимистических, нейтральных и оптимистических сценариев, рис.1. Решением поставленной задачи является подмножество альтернатив, отобранных из сценариев, которые приближают систему к целевому состоянию.

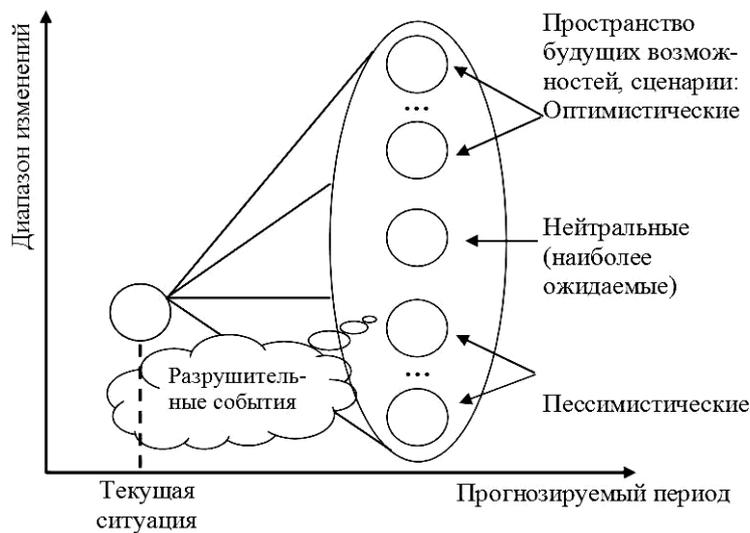


Рис. 1. Модель сценариев

Таким образом, применение моделей импульсного моделирования на четких и нечетких когнитивных картах позволяет формально построить пространство сценариев для прогнозирования развития или траектории движения исследуемой системы.

Предположим, что построена нечеткая когнитивная карта, как модель подсистемы комплексной безопасности СЭС, рис. 2, где V1: правовая, V2: безопасность в условиях чрезвычайных ситуаций, V3: информационная, V4: техногенная, V5: экологическая, V6: демографическая, V7: продовольственная, V8: финансовая составляющие комплексной безопасности СЭС.

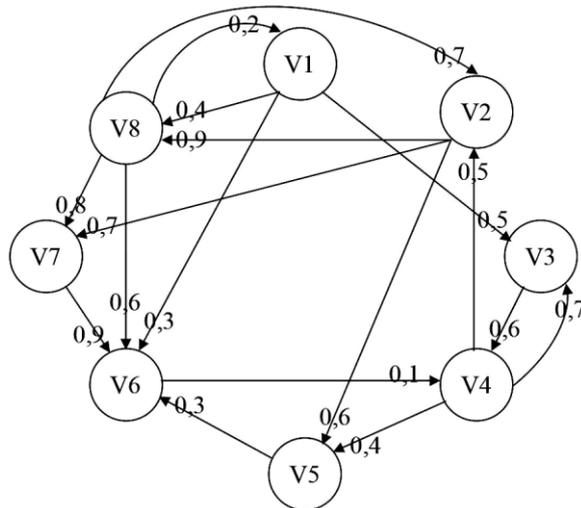


Рис. 2. Модель комплексной безопасности ЭЭС

Теоретически существует достаточно большое количество многовариантных комбинаций импульсов, поэтому был разработан план вычислительного эксперимента в соответствии с экспертным анализом реальной действительности, фрагмент плана приведен в таблице 1.

Таблица 1. Фрагмент плана вычислительного эксперимента

Сценарий	Импульс	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	$q_8=+1$								+1
2	...			+1				+1	
3	$q_1=+1$				+1				
...	...				-1		+1		

На рисунке 3а) и 3б) приведена графическая интерпретация развития подсистемы, в результате импульсного моделирования.

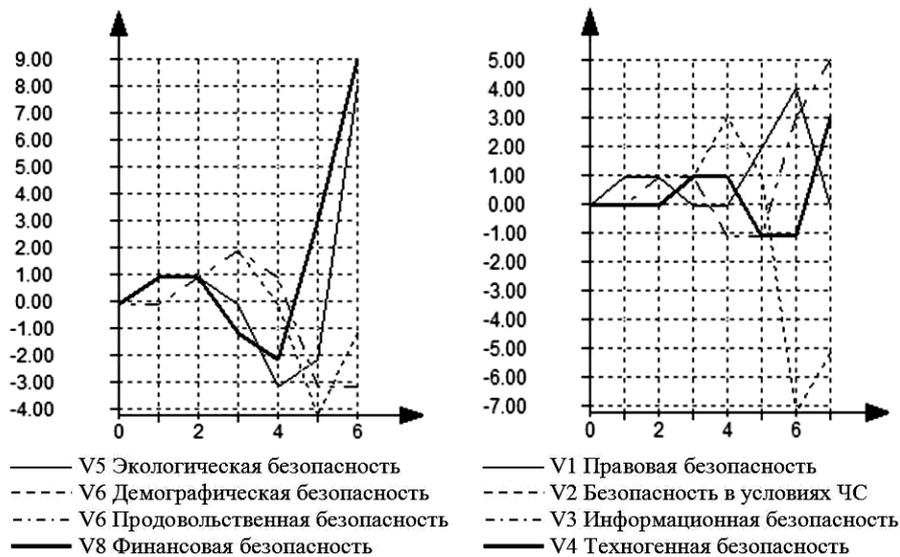


Рис. 3 а) и б). Результаты импульсного моделирования по сценарию 1 и 3

Начало моделирования – это значение ноль для всех параметров концептов (вершин). На оси абсцисс откладываются такты моделирования, на оси ординат – величины импульсов, генерируемые в вершинах под воздействием анализируемых возмущающих воздействий. Как видно из рисунков, сценарий 1 не является удачным, на первых двух тактах наблюдается небольшое улучшение, к такту 4 видно падение показателей в анализируемых вершинах, а затем крайне резкий рост. Применение сценария 3 позволяет сделать предварительный вывод, что усиление техногенной безопасности может рассматриваться как инструмент, способный противостоять рискам от информационных и чрезвычайных ситуаций.

Комплекс моделей (1)-(5) положен в основу предлагаемой методики для проведения процедуры прогнозирования развития сложного объекта с целью определения эффективных путей развития системы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-01-00412.

Список литературы

1. *Ginis L.A., Gorelova G.V., Kolodenkova A.E.* Cognitive and simulation modeling of development of regional economy system // International Journal of Economics and Financial Issues, 2016. Vol. 6. № 5S. Pp. 97-103.
2. *Кочкаров А.А., Салтагаров М.Б.* Когнитивное моделирование региональных социально-экономических систем // Управление большими системами, 2007. Вып. 16. С. 137-145.
3. *Кульба В.В., Шульц В.Л., Шелков А.Б., Чернов И.В., Кононов Д.А., Сомов Д.С.* Управление безопасностью и живучестью объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта на основе индикаторного подхода // Теоретическая и прикладная экономика, 2013. № 2. С. 1–107.
4. *Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков В.В., Чернов И.В.* Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством. М.: Наука, 2015. 542 с.
5. *Chrysostomos D, Stylios C., Groumpos P.P.* Fuzzy cognitive map in modeling supervisory control systems // Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2000. V. 8. Issue 2. Pp. 83-98.