

Важно партнерство с медицинской наукой.

Литература:

1. Послание Президента РФ от 1 марта 2018 года о прорывном развитии и целевых ориентирах. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения 8.07.2023).
 2. Бирюков Н.С., Ириков В.А. Инструментарий прорывного развития и возможности его использования в первой очереди реализации единого плана развития страны в 2021-2024 годах. – Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021): Труды Четырнадцатой международной конференции. – М.: ИПУ РАН, 2021. – С. 103-112.
 3. Ириков В.А. Практические предложения по получению конечных результатов прорывного развития за 2-3 года. – М.: Первый Том, 2018. – 244 с.
-

Дмитриева М.Ю., Бутусов И.Д., Гоголадзе Ю.А.

Поддержка управления сложными социально-экономическими системами с применением методов ситуационного сценарного анализа

Аннотация: Рассматриваются методы сценарного моделирования, основанные на представлении модели ситуации в виде графа. Целью работы является исследование проблемы безопасного развития сложной системы, описанной в виде набора факторов и причинно-следственных связей. Критерий безопасности задается в численном виде как желаемая область изменения факторов модели при внесении определенных управляющих воздействий в виде импульсов в выбранные вершины графа. На основе этих критериев поставлена задача выявления уязвимостей и рисков управления.

Ключевые слова: безопасность, чрезвычайная ситуация, уязвимость, угроза, модель, управление, сценарий

Введение

Решение задач управления сложными системами, поведение которых зависит от множества,казалось бы, не плохо объединяемых аспектов (экономических, политических, информационных, социальных и т.п.) представляет собой довольно сложную проблему. Это обусловлено тем, что задачу приходится решать при наличии ряда неопределенностей и отсутствии адекватных точных числовых методов. Кроме того, зачастую отсутствуют фактографические данные об исследуемой ситуации и в подавляющем большинстве случаев приходится иметь дело с экспертными оценками. Тем не менее при исследовании подобных ситуаций востребованы методы математического моделирования, учитывающие и формализующие ряд соответствующих понятий и динамических имитационных моделей. Результатом исследования подобных моделей является спектр сценариев, представляющий собой последовательность событий, формируемых как отклик на внесенные управляющие воздействия в выбранные факторы и/или влекущие за собой изменения структуры взаимосвязей между факторами.

В работе приводится пример применения методов сценарного имитационного моделирования при проведении ситуационного прогнозного анализа подобного рода уязвимостей сложных систем.

1. Иерархия понятий проблемы уязвимости в сложных системах

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние региональной системы, при котором нарушаются условия безопасности. В результате возникновения чрезвычайной ситуации на объекте, на определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровья, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде. Чрезвычайная ситуация характеризуется выходом целевых параметров за границу допустимости.

Можно предложить следующие типы классификации ЧС.

По масштабам: межгосударственные; общегосударственные; региональные; местные; объектовые; технологические.

По времени, динамике развития и ликвидации последствий выделяют: стратегические ЧС, которые очень быстро приводят к катастрофическим последствиям большого масштаба; медленно развивающиеся ЧС; ЧС оперативного плана (аварии), последствия которых обычно носят локальный характер.

По виду нанесенного ущерба различают: с прямым и косвенным ущербом; представляющие угрозу жизни людей; приводящие к нарушению экологического равновесия; приводящие к уничтожению материальных ресурсов и т.п.

Решающую роль в проактивном управлении ЧС играет сценарное исследование объектов или ситуаций, результатом которого является выделение наиболее уязвимых факторов при реализации ряда альтернативных воздействий на систему, которые можно трактовать в качестве угроз штатному функционированию.

2. Методика анализа кризисных ситуаций

Методика сценарного анализа включает как традиционные этапы, так и шаги, связанные со спецификой сценарного исследования и лежащего в его основе имитационного моделирования. Таким образом, выделяются следующие этапы [1]:

- формулировка проблемы исследования;
- формирование сценарной модели сложной системы;
- определение и формализованное описание значимых для формирования сценария, а в последующем для принятия решений, событий;
- определить множество угроз, воздействие которых будет инициировать сиротствующий сценарий поведения СС и лягут в основу входных данных имитационного моделирования;
- разработать алгоритмы и программно реализовать расчет динамики значимых для принятия решений факторов модели;
- запустить программу вычислительного эксперимента, в соответствии сформированным множеством угроз;
- получить результаты вычислений в форме первых моментов времени, когда значимые факторы выходят из зоны безопасности фазового пространства модели;
- провести анализ полученных результатов и классифицировать факторы по степени уязвимости.

Выделим этапы проведения сценарного исследования поведения целевых факторов СС.

I. В качестве целей сценарного исследования можно указать следующие:

- исследование нежелательных поведений (сценариев) синергического развития;
- выделение безопасных сценариев развития СС и соответствующего множества управляющих воздействий;
- выделение множества управляющих воздействий (импульсов), противодействующих прогнозируемым ЧС в исследуемой СС;
- выделение области фазового пространства факторов сценарной модели, которую можно охарактеризовать как целевую область аттрактивного развития.

II. Этапы сценарного исследования:

- формирование базовой сценарной имитационной модели в виде графа, состоящего из множества факторов (вершин), характеризующих СС и причинно-следственные связи (дуг) между ними;
- формализация цели управления в виде выделенной области фазового пространства факторов сценарной модели;
- выделение факторов модели, которые могут подвергаться внешним воздействиям и определять точки входа (уязвимости) в структуру СС;
- вычисление динамики значимых факторов модели как реакции на внешние импульсные воздействия, имитирующие угрозы;
- анализ полученных результатов;
- выработка управляющих воздействий.

III. Построение общей модели поведения СС.

Группировка основных (базисных) факторов сценарной модели может проводиться по следующим признакам:

а) социальные факторы: социальные программы, уровень цен, занятость, межэтническая напряженность и т.п.;

б) экономические факторы: технологический прогресс, производительность труда, макроэкономический риск, инвестиции, бюджет, объем денежной массы, предприятия, участвующих в

российских и международных логистических сетях; динамика объема грузоперевозок; динамика развития транспортной сети и др.;

в) обобщенные экономические и социально-политические факторы, такие как: уровень жизни, социальная напряженность, занятость, здоровье, демография и т.п.

Общая модель региона и транспортных сетей представляет собой набор факторов развития СС (макропоказатели), а также связей между ними, определяющих специфику регионального состояния и развития. Результатом этапа является построение динамической сценарной модели развития региона.

IV. Определение целевых факторов и факторов, относящихся к сфере деятельности субъекта управления или нескольких субъектов управления, если реализуется групповое управление при решении отдельных задач в интересах достижения общей цели.

В качестве примера подобных целевых факторов можно указать, например, такие значимые социально-экономические показатели как: уровень жизни населения, степень доверия федеральной и региональной власти, уровень занятости, уровень рождаемости, уровень образования и др. В качестве цели сценарного моделирования можно определить достижение этими факторами определенного уровня и стабилизации динамики их значений в окрестности этого уровня в пределах некоторого временного интервала.

В качестве управляемых базисных факторов, которые могут быть подвергнуты изменениям (импульсам) выделим возможность изменения внешних факторов развития посредством изменения внешних связей. В качестве угрожаемых компонент могут быть рассмотрены изменения в структуре отношений между базовыми показателями развития, т.е. изменения матрицы смежности орграфа.

V. Определение и расчет характеристик развития СС.

В соответствии с целевыми установками исследования определяются реализуемые управленческие воздействия. Проводится расчет сценариев поведения сложных систем [2].

VI. Расчет и сравнительный анализ характеристик сценариев развития СС.

Описание характеристик сценария развития РСЭС, которые используются при сравнительном сценарном анализе, даны в [2].

Динамика развития факторов. Для моделирования процесса функционирования СС на орграфе оперирующая сторона располагает средствами регистрации значений мгновенного изменения значений $\delta I_j(\tau)$ параметров в j -й вершине графа, которые представляют собой возмущения или управления, реализованные в j -й вершине в момент времени τ , т.е. регистрировать k -шаговый импульсный процесс возмущений (ИПВ):

$$\delta \mathbf{Im}(t,k) = (\delta I_j(\tau) \quad 1 \leq j \leq n; \quad t \leq \tau \leq +k). \quad (1)$$

Состояния в операторных графах системы определяют соотношения: $\mathbf{z}(t)=\mathbf{z}(t-1)+\mathbf{Im}(t)$ при $t=1, 2, \dots$ или $\mathbf{Im}(t)=A(t-1)\mathbf{Im}(t-1)+\delta \mathbf{Im}(t)$ при $t=1, 2, \dots$ Здесь $\mathbf{z}(0)=\mathbf{z}^{(0)}$ – начальное, $\mathbf{z}(t)$ – текущее состояния системы; $\mathbf{z}(t-1)$ – расширенное состояние системы в момент времени $t-1$; $A(t-1)$ – матрица смежности в момент времени $t-1$; $\mathbf{Im}(t-1)$ – импульс, накопленный к моменту времени $(t-1)$, $\mathbf{Im}(0)=\delta \mathbf{Im}(0)$ – начальный импульс; $\delta \mathbf{Im}(t)$ – импульс в момент времени $t=1, 2, \dots$

В рамках модели «Угроза-НШС» [1,2] границы допустимости зададим для вектора целевых элементов $\mathbf{\delta a}=\{\delta_i, i \in Na \subseteq N\}$ из множества целевых элементов Na . Рассогласование между ЦРФ \mathbf{a} и текущим расширенным состоянием ОТС $\mathbf{z}(t)$ задается в виде условий:

$\rho(\mathbf{z}(t)-\mathbf{a}) \leq \delta$ при $t=1, 2, \dots$, где ρ – заданная метрика. В частности, при задании границ допустимости $\delta(t)=\{\delta_i(t), i \in N\}$ при $t=1, 2, \dots$, по каждому элементу системы временные границы стойкости системы по отношению к импульсным возмущениям должны удовлетворять условиям: $|z_i(t)-a_i| \leq \delta_i(t)$ при $t=1, 2, \dots, i \in N$.

Выход величины значения параметра $z_j(t)$ за рамки условия $\mathbf{z}(t) \in Q(\mathbf{z}(t), t)$ при $t \in \Delta$ характеризует его i -элементную стойкость при реализации угрозы в i -м элементе. Для характеристики $T_{ij}^{(\gamma)}(t_0)$ – «первый момент выхода значения параметра x_j за границу стойкости при реализации угрозы в i -м элементе» может быть построена матрица T -шаговых угроз, то есть времени возникновения ЧС в элементе $x_j \in X$ при реализации угрозы $\gamma \in \Gamma^{(y,\alpha)}$ в i -элементе в момент времени t_0 .

Потенциально-опасный объект – это вершина графа (целевая вершина), в которой значение параметра выходит за допустимые границы целевого режима функционирования, в результате чего она является источником реальной угрозы для всей системы.

Источник ЧС для сложной системы моделирует импульс $\delta\mathbf{Im}(\tau)$ (мгновенное изменение значений параметров), реализованный в момент времени τ .

В настоящей работе целью сценарного анализа является изучение функционирования системы под воздействием возмущений путем построения сценариев поведения системы и последующего их анализа по характеристике «*T*-шаговая угроза».

Как показано в [3], результат возмущения $\mathbf{F}(\delta\mathbf{Im}(t,k), t)$ процесса реализации угроз $\delta\mathbf{Im}(t,k)$ момент времени t может быть рассчитан в соответствии с теоремой.

Результат возмущения ЦРФ СС в момент времени t , соответствующий импульсному процессу $\delta\mathbf{Im}(t,k)$, равен

$$\mathbf{F}(\delta\mathbf{Im}(t,k), t) = \sum_{\tau=0}^t (A)^{t-\tau} \delta\mathbf{I}(\tau). \quad (2)$$

Аналитический расчет времени выхода вектора состояния системы за границы допустимости при известном возмущении в соответствии с этим результатом представляется проблематичным, поэтому необходимо проведение вычислительного эксперимента на основе сценарного имитационного моделирования.

Литература:

1. Кононов Д.А., Лепе Н.Л., Пономарев Р.О. Управление чрезвычайными ситуациями в региональных системах методами ситуационного анализа // Вестник РГГУ. Серия «Управление». – 2016. – № 4 (6). – С. 58-70.
2. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством. – М.: Наука, 2015. – 542 с.
3. Шульц В.Л., Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шелков А.Б., Чернов И.В. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем. Книга 1 / в 2-х книгах. – М.: Наука, 2012. – 304 с.