

## СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

А. В. Фараонов (Санкт-Петербург)

### Введение

Современные требования защиты от различных угроз выходят на первое место в системе квалификации специалистов, обусловлены возрастающей ролью ситуационных центров [1] как инструментов оценки подготовки специалистов и эффективности принятия решений. Ситуационный центр – наиболее целесообразная реализация подготовки специалистов, основанная на технологиях моделирования ситуации, поведения объектов и визуализации их деятельности, системы объективного контроля и оценивания деятельности специалиста. «Имитационное моделирование – это методология исследования сложных систем для понимания их функционирования и для принятия обоснованных решений. Имитационное моделирование необходимо любому человеку, принимающему ответственные решения» [2, стр. 17]. Ситуационный подход в принятии решений для транспортно-логистической системы предполагает, не только оценить возникшую ситуацию на маршруте, но и определить управляющие решения. Разработка моделей доставки грузов основана на представлении ситуационной модели в виде узлов графа, переходы которого соответствуют управляющим решениям. Такое представление получило название нечёткой ситуационной сети (НСС) [3, 4]. Главное направление повышения компетентности специалистов в логистике в нашей стране — это получение знаний и навыков в области принятия управленческих решений на операционном уровне, а также то, что стратегическим вопросам развития логистики уделяется меньше внимания по сравнению с европейскими предприятиями [5 (табл. П.1, стр. 7), 6].

### Постановка задачи

Разработка и исследование транспортно-логистической системы с помощью имитационной модели позволяет оценить компетентность специалиста, при принятии решений без вмешательства в работу реальной системы, растянуть или сжать время функционирования логистической системы, понять сложное взаимодействие элементов внутри системы, оценить степень влияния факторов и выявить «узкие места» [7,8]. Ситуационный шаг управления [3] представляется формулой:

$S_{NET} : S_j \xrightarrow{U_k} S1_j$ , где  $S_{NET}$  – выполнение опорного плана;  $S_j$  – текущая ситуация (узел  $W_i$ );  $S1_j$  – новая ситуация (узел  $W_j$ ; корректировка опорного плана);  $\xrightarrow{U_k}$  – выбор маршрута в «непредвиденной ситуации» – выбор модели доставки) (рис. 1).

Разработка и исследование моделей непредвиденной ситуации основана на представлении ситуационной модели в виде узлов графа, переходы которого соответствуют управляющим решениям.

Ситуационный шаг управления представляется формулой:

$$S_{NET} : S_j \xrightarrow{U_k} S1_j, \quad (1)$$

где  $S_{NET}$  – выполнение логистического процесса  $S_{NET}$  до непредвиденной (задаваемой экспертами) ситуации;  $S_j$  – текущая ситуация (узел  $W_i$ );  $S1_j$  – новая ситуация (узел  $W_j$ ; корректировка ситуации);  $\xrightarrow{U_k}$  – выбор маршрута в «непредвиденной ситуации» – выбор модели доставки).

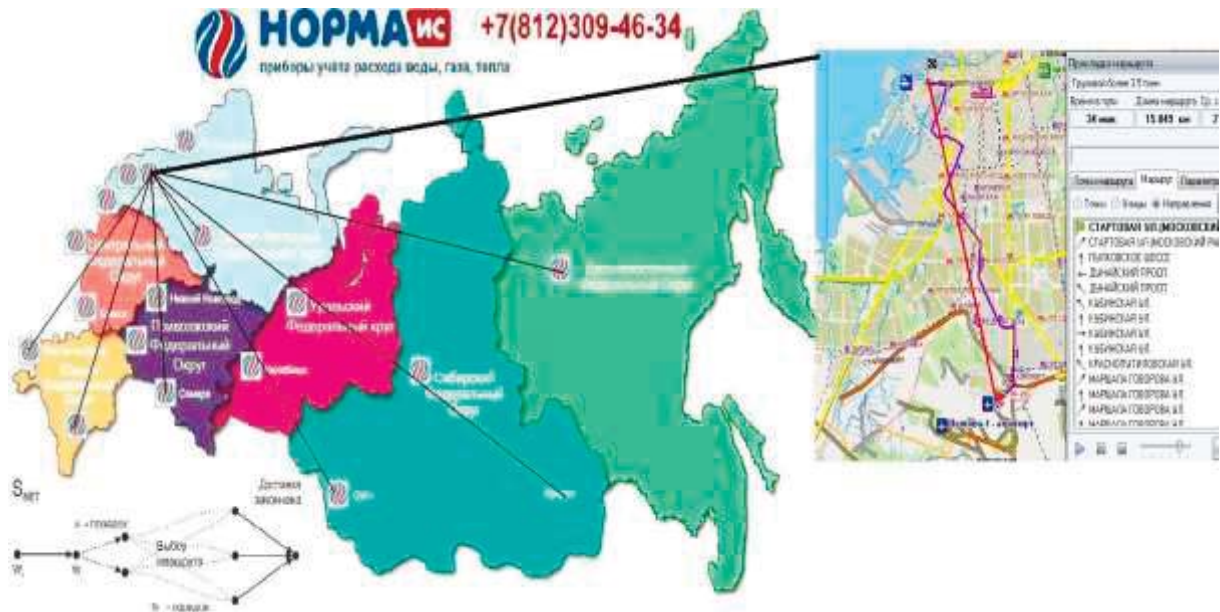


Рис. 1. Ситуационное управление в транспортной сети

Ситуационная сеть  $S_{NET}$  представлена в виде ориентированного графа  $S_{NET} = (W, A)$ , где  $W$  – множество узлов – состояний, а  $A$  – множество дуг-переходов между состояниями.

$$S_{NET} = (W, A); W = \{w_i | i = 1, \dots, N_w\}; A = \{a_{i,j} | i = 1, \dots, N_w; j = 1, \dots, N_w\} \quad (2)$$

Метод вывода по нечёткой ситуационной сети [2,3] основывается на определении связного подграфа, содержащего некоторое начальное состояние сети  $w'$ , относительно которого ведётся поиск.

$$S'_{NET} = (W', A'), W' \subset W, w' \in W'; A' \{a_{i,j} | w_i, w_j \in W'\} \quad (3)$$

Направленным нечетким графом  $S'_{NET} = (W', A')$  называется пара множеств, в которой  $W' \subset W, w' \in W'$  – множество вершин графа;  $A' \{a_{i,j} | w_i, w_j \in W'\}$ , – нечеткое множество направленных ребер графа, вершина  $w_i$  является началом,  $w_j$  – концом ребра  $w_i, w_j$ ;  $\mu_A < w_i, w_j >$  – значение функции принадлежности  $\mu_A$  для ребра  $w_i, w_j$ .

Вид подграфа  $S'_{NET}$  определяется типом конкретной ситуационной сети:

– для сетей, в дугах переходов которых отсутствует случайная составляющая,  $S'_{NET}$  обычно принимает вид цепи (выполнение опорного плана);

– для сетей, учитывающих случайные факторы при переходах,  $S'_{NET}$  ищется в виде дерева, соответствующего поливариантному сценарию управления (определяются варианты моделей).

Создание компьютерной модели логистической системы включает такие взаимосвязанные этапы, как содержательная постановка задачи; разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели; оценка адекватности модели и точности результатов моделирования; планирование экспериментов; принятие решений. Эти показатели не имеют четко очерченных оптимальных границ. Показатели дают возможность количественно оценить подготовку специалиста, определить тип поведения специалиста, и соответственно разработать как коллективную, так и индивидуальную методику подготовки специалистов.

Методика определяется следующей последовательностью действий. При возникновении «непредвиденной ситуации» в узле  $W_j$  – дальнейший маршрут определяется следующим образом [9,10]. Определяется множество альтернативных (возможных) маршрутов доставки  $\mu(j) = S_{NET} = \{S_{NET1}, S_{NET2}, \dots, S_{NETi}, \dots, S_{NETn}\}$ .

Каждый маршрут характеризуется параметрами (критериями), -  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m\}$  (например, пропускная способность, расстояние, время доставки). Выбор модели доставки грузов  $m_{ij}$  отражает уровень соответствия  $i$ -го маршрута доставки требованиям по  $j$ -му параметру ( $m_{ij} \in [0; 1]; i = 1, m; j = 1, n$ ).

1. Модель максиминной свертки (ММС). Наилучшим считается маршрут при минимальных недостатках по всем параметрам.

2. Модель абсолютного решения (МАР). Задается минимально допустимое значение  $\mu_{ij} \min$  для каждого параметра  $Y$ . Выбирается маршрут, с параметрами не хуже заданных.

3. Модель основного параметра (МОП). Решение производится по шагам. На каждом шаге выбирается основной параметр, и поиск наилучшего решения ведется только по нему.

4. Модель компромиссного параметра (МКП). Логист выбирает параметры по уровню их важности и определяет влияние каждого параметра на выбор маршрута.

5. Модель эталонного сравнения (МЭС). Имеется оптимальное решение на основе компромиссной модели, при этом учитываются ограничения на значения параметров. Определяется эталонный вариант маршрута доставки груза  $X_0$ . Параметры этого варианта принимаются как минимально допустимые значения параметров  $\mu_{ij} \min$ . Каждый вариант маршрута множества  $X$  сравнивается с эталонным  $X_0$ .

Разрабатывается имитационная модель принятия оперативных решений при возникновении непредвиденной ситуации на маршруте, корректировке опорного плана и выборе нового маршрута доставки (рис. 2) в среде редактора AnyLogic, анализ модели происходит в среде исполнения [9,10] – среда ExtendSim8 [11].

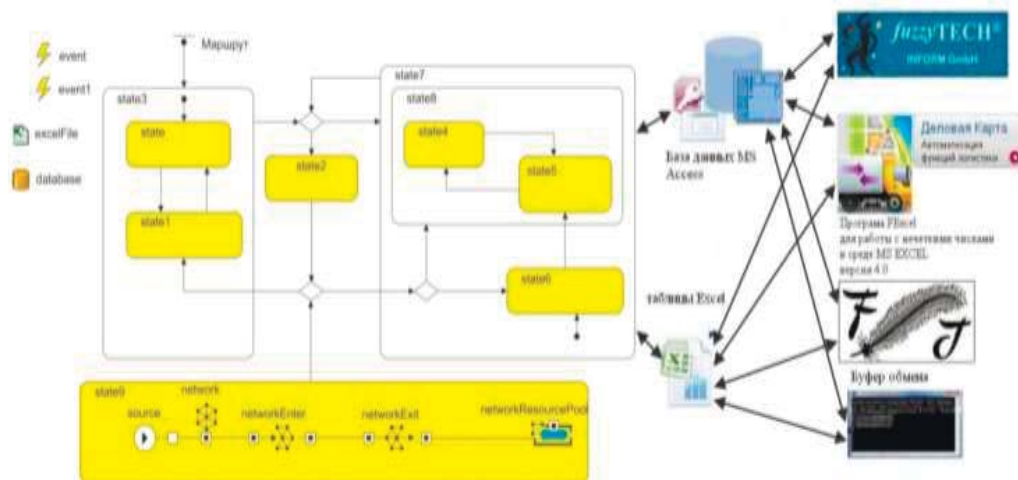


Рис. 2. Обмен данными между элементами имитационной модели

Оператор обучается созданию и эксплуатации системы безопасности аэропорта. Инструмент имитационного моделирования нового поколения, это расширение продукта Extend® фирмы ImagineThat, основанный на результатах, полученных в теории моделирования и в информационных технологиях за последнее десятилетие, поддерживает на единой платформе существующие подходы дискретно-событийного и непрерывного моделирования (блок-схемы процессов, системную динамику, агентное моделирование, карты состояний, системы уравнений и т.д.). Объектно-ориентированный подход, предлагаемый ExtendSim 8, облегчает итеративное поэтапное построение больших моделей. ExtendSim 8-модели создаются из заранее подготовленных блоков (рис. 3,4).

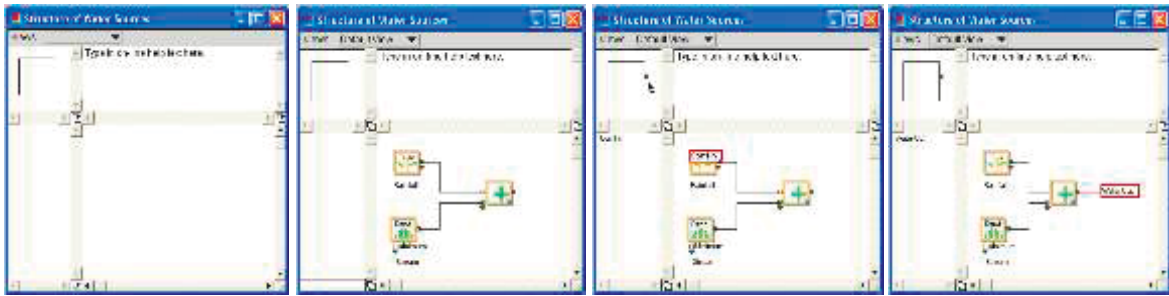


Рис. 3. Этапы разработки имитационной модели



Рис. 4. Реализации имитационной модели «Авиационная безопасность» в 3D

### Выводы

Разработана имитационная модель принятия оперативных решений специалистом при возникновении непредвиденной ситуации, корректировке ситуации и выборе нового продолжения работы логистической системы, обучении необходимым квалификационным навыкам и принятия решений на основе имитационного моделирования транспортно-логистических систем, моделируемых в среде AnyLogic, ExtendSim8 и «Business Map».

Алгоритм состоит из взаимосвязанных этапов, таких как содержательная постановка задачи, разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели, оценка адекватности модели и точности результатов моделирования, планирование экспериментов; принятие решений, что позволяет проверить и оценить квалификацию специалистов по времени решения логистической системы  $S_{NET}: S_j \xrightarrow{U_k} S1_j$ .

### Литература

1. Райков А.Н. Новая парадигма развития ситуационных центров // «Системный анализ в науке и образовании», выпуск №1, 2010. Стр. 1-9.
2. Р.М. Юсупов. Национальное общество имитационного моделирования России – начало пути // Журнал CAD/CAM/CAE Observer, #2 (70) / 2012.
3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986.
4. В.В. Борисов, М.М. Зернов. Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети // Искусственный интеллект и принятие решений, Институт системного анализа РАН, ISSN 2071-8594,1/2009. Стр. 17-30.

5. **Лукинский В.С.** Логистика и управление цепями поставок: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. М.: Издательство Юрайт, 2016. 359 с. Серия: Бакалавр. Академический курс.
6. **Lukinskiy V., Lukinsky V.** Formation of failure models for the evaluation of the reliability of supply chains // transport and telecommunication. 2015. vol.16. no. 1. p. 40-47.
7. **Фараонов А.В.** Принятие решений в условиях неопределенности как способ подготовки специалистов транспортной логистики // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т. 2 (№ 11), 2015. 614 с. (ISSN 2411-1473). С.499-505.
8. **Фараонов А.В.** Ситуационные центры – инструмент подготовки специалистов транспортной логистики // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 Vol. 3, No. 4, 2015. Стр. 1-7.
9. <http://www.anylogic.ru>. Экс Джей Текнолджис», [www.xjtek.ru](http://www.xjtek.ru).
10. [www.ingit.ru](http://www.ingit.ru). Официальный сайт «Фирма «ИНТИТ», «Деловая карта».
11. [http:// Extend®](http://Extend®) фирмы ImagineThat/.