

# ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КАК СПОСОБ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

**А.В. Фараонов**

*БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова*

Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

E-mail: [faraonov.a@mail.ru](mailto:faraonov.a@mail.ru)

**Ключевые слова:** Подготовка специалистов, ситуационная модель, нечеткие ситуационные сети.

**Аннотация:** Подготовка специалистов, основанная на моделировании непредвиденной ситуации на маршруте, выборе нового маршрута доставки, обучении необходимым квалификационным навыкам и принятия решений на основе имитационного моделирования транспортно-логистических систем, моделируемых в среде AnyLogic, ExtendSim8 и «Business Map». Решается задача многокритериального выбора маршрутов доставки в условиях неопределенности, основанных на теории нечетких множеств.

## 1. Введение

Процесс принятия управленческих решений во многом основан на интуиции, опыте, менталитете менеджеров и, безусловно, не может быть полностью формализован [1]. Задача поиска оптимальных путей в направленных графах является весьма актуальной в рамках проблематики управления сложными системами и поддержки принятия решений [2]. При этом специфика предметной области обуславливает дополнительные требования, а именно наличие нечеткости (неопределенности) исходной информации и многокритериальный характер оценки процессов управления и принятия решений. В статье [3] рассматриваются эвристические методы принятия решений в различных задачах дискретной оптимизации. В статьях [4, 5] авторы предлагают уделять больше внимания методологии, моделям и методам оптимизации параметров цепей поставок, и принятию решений для эффективного управления логистической инфраструктурой с целью снижения издержек в логистических системах.

## 2. Ситуационное управление выбора маршрута

### 2.1. 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» [6, 7].

Ситуационный шаг управления (рис. 1) представляется формулой:

$$S_{NET} : S_j \xrightarrow{U_k} S1_j,$$

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  $W_j$ );  $\xrightarrow{U_k}$  – выбор маршрута в «непредвиденной ситуации» – выбор модели доставки).

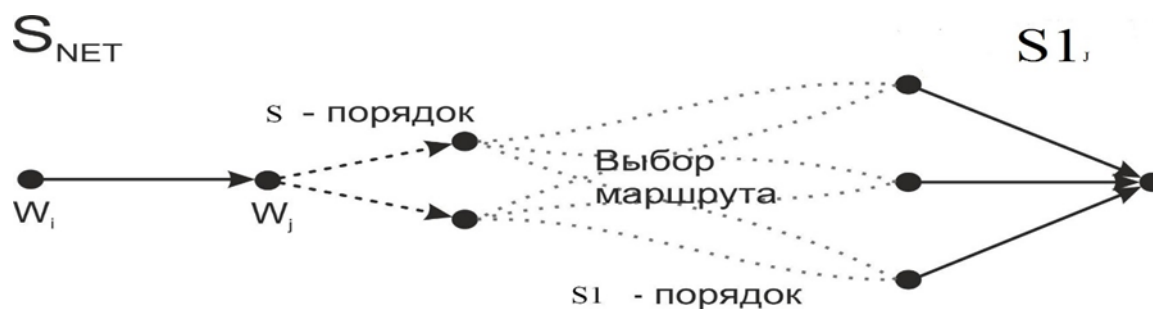


Рис. 1. Ситуационный шаг управления.

Для «непредвиденной ситуации» требуется не просто идентифицировать ситуацию и соответствующее ей множество управляющих решений, но и определить рациональные пути достижения целей планирования и оперативного управления выбора маршрута доставки, для чего необходимо определить возможные последствия управляющих решений на несколько шагов вперед. Задачи оперативного управления выбора маршрута доставки требуют привлечения дополнительных методов, среди которых хорошо себя зарекомендовали методы, основанные на представлении совокупности типовых состояний системы в виде узлов графа, переходы которого соответствуют управляющим решениям. 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.

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

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

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

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 [6, 7]. 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  $\mu_{ij}$  отражает уровень соответствия  $i$ -го маршрута доставки требованиям по  $j$ -му параметру ( $\mu_{ij} \in [0; 1]$ ;  $i = 1, m$ ;  $j = 1, n$ ).

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

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

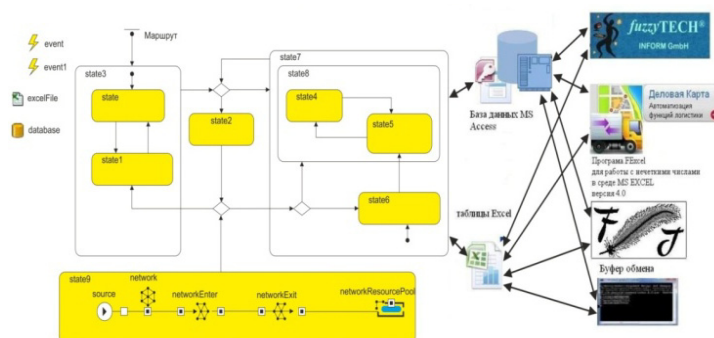
**3. Модель основного параметра (МОП).** Решение производится по шагам. На каждом шаге выбирается основной параметр, и поиск наилучшего решения ведется только по нему.

**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  $\mu_{ijmin}$ . Каждый вариант маршрута множества  $X$  сравнивается с эталонным  $X_0$ .

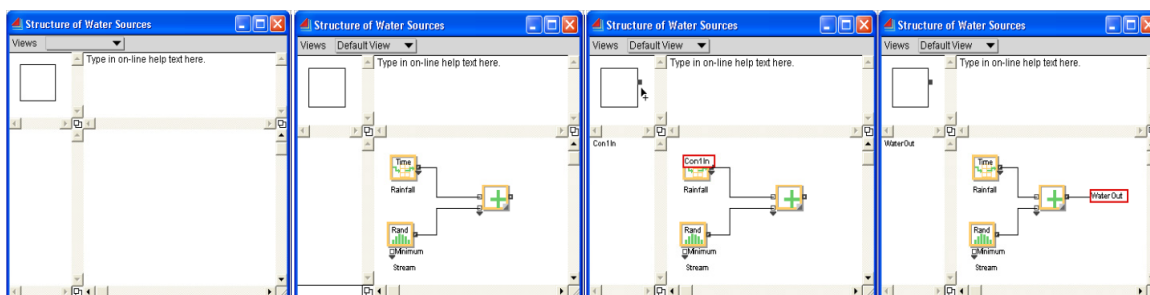
Разрабатывается имитационная модель принятия оперативных решений при возникновении непредвиденной ситуации на маршруте, корректировке опорного плана и выборе нового маршрута доставки (рис. 2) в среде редактора AnyLogic, анализ модели происходит в среде исполнения [8, 9].

Оператор обучается оценивать возникшую ситуацию на маршруте и разрабатывает управляющие решения. Система AnyLogic [9] поддерживает три технологии создания имитационных моделей: процессно-ориентированный (дискретно-событийный), системно-динамический и агентный, а также любую их комбинацию. Графический интерфейс AnyLogic, инструменты и библиотеки позволяют быстро создавать модели для широко спектра задач от моделирования производства, логистики, бизнес-процессов до стратегических моделей развития компании и рынков. AnyLogic стал корпоративным стандартом на бизнес-моделирование во многих транснациональных компаниях, широко используется в образовании. Разработка модели выполняется в среде редактора AnyLogic, анализ модели происходит в среде исполнения (рис. 2).



**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 [10], 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 ExtendSim8, облегчает итеративное поэтапное построение больших моделей. ExtendSim8-модели создаются из заранее подготовленных блоков (рис. 3, 4).



**Рис. 3.** Этапы разработки имитационной модели.



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

### 3. Заключение

В результате проделанной работы в фирме «Нева-Лайн», разработана имитационная модель принятия оперативных решений при возникновении непредвиденной ситуации на маршруте, корректировке опорного плана и выборе нового маршрута доставки, 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. Методом анализа иерархий экспертами оцениваются и анализируются возможные последствия действий специалистов, квалификацию, компетентность специалистов без вмешательства в работу реальной системы.

### Список литературы

1. Ерусалимский В.М., Иода Е.В. Нечеткие соответствия как способ принятия решений в условиях неопределенности // Социально-экономические явления и процессы. 2009. № 3 (015). С. 13-15.
2. Голубев И.В. Поиск оптимальных путей в направленных нечетких графах. СМПО НИЦ ВА ВПВО ВС РФ. 2006.
3. Мельников Б.Ф., Сайфуллина Е.Ф. Применение мультиэвристического подхода для случайной генерации графа с заданным вектором степеней // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2013. № 3 (27). С. 70-83.
4. Серова Е.Г., Лукинский В.С. Методы и инструменты интеллектуального анализа данных в цифровой логистике и управлении цепями поставок Methods and Tools of Intelligent Data Analysis for Digital Lo-

- gistics and Supply Chain Management // Логистика и управление цепями поставок. 2018. № 4(87). С. 73-80.
5. Lukinskiy Val., Lukinsky Vl. Designing the analytical base for optimal allocation of stocks in supply chains // Transport and Telecommunication. 2018. Vol. 19. No. 4. P. 346-355.
  6. Фараонов А.В. Принятие решений в условиях неопределенности как способ подготовки специалистов транспортной логистики // Современные информационные технологии и ИТ-образование 2015. Т. 2, № 11. С. 499-505.
  7. Фараонов А.В. Принятие решений в условиях неопределенности как способ подготовки специалистов // Международный научно-практический симпозиум «Безопасность космических полетов», Санкт-Петербург, 24-27 сентября 2018.
  8. [www.ingit.ru](http://www.ingit.ru). Официальный сайт разработчика ООО «Фирма «ИНТИТ», «Деловая карта».
  9. <http://www.anylogic.ru>. Экс Джей Текнолджис», [www.xjtek.ru](http://www.xjtek.ru).
  10. <http://www.extendsim.com/index.html>, <http://imaginethatinc.com/pages/demo.html>