

Ситуационные центры – инструмент подготовки специалистов транспортной логистики

Фараонов А.В.

Аннотация — В статье предлагается методика подготовки специалиста для реакции на непредвиденные ситуации. Разрабатывается имитационная модель принятия оперативных решений на каждом шаге выбора маршрута. На основе теории нечетких множеств решается задача многокритериального выбора маршрутов доставки в условиях неопределенности. Из множества маршрутов специалист выбирает наилучшую альтернативу нового маршрута. Методом анализа иерархий экспертами оцениваются и анализируются возможные последствия действий специалистов.

Ключевые слова — Подготовка специалистов, транспортная логистика, ситуационная модель, имитационное моделирование, оперативное управление, нечеткий ситуационный подход, нечеткие ситуационные сети.

I. ВВЕДЕНИЕ

Поддержка решений с применением ситуационных центров показала высокую эффективность в реальной практике при реализации групповых экспертных процедур, построении стратегий и концепций [1-4]. 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» [5, 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 нечеткой ситуационной сети (НСС) [6-8]. Разработка и решение логистических задач маршрутизации, нахождение оптимальных маршрутов возникают в различных областях

транспортной логистики: доставка товаров от поставщика к клиенту, доставка сырья, запасных деталей и узлов на производство, курьерская и почтовая доставка, работа грузовых и экспедиторских операторов и т.д. Сформулирован целый класс задач, с ограничениями по времени (DVRPTW – dynamic vehicle routing problems with time windows), постоянно пополняющийся новыми задачами, учитывающими реальные ограничения, возникающие с развитием логистических процессов. Разработка и исследование транспортно-логистической системы с помощью имитационной модели позволяет оценить компетентность и уровень подготовки 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» [9-13]. Ситуационный шаг управления [6] представляется формулой:

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

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

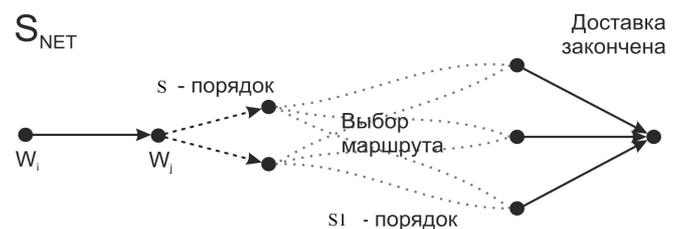


Рисунок 1. Оперативное управление доставкой грузов.

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.

Статья получена 1 марта 2015 г.

Фараонов А.В., заведующий лабораторией кафедры интермодальных перевозок и логистики, email: faraonov.a@mail.ru «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации» (ФГБОУ ВПО СПбГУ ГА).

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 нечёткой ситуационной сети [6,7] основывается на определении связного подграфа, содержащего некоторое начальное состояние сети w' , относительно которого ведётся поиск.

$$S'_{NET} = (W', A'), W' \subset W, w' \in W'$$

$$; A' \{a_{i,j} | w_i, w_j \in W'\}.$$

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 зафиксировать тенденции в подготовке специалиста, определить тип поведения специалиста, и соответственно разработать как коллективную, так и индивидуальную методику подготовки специалистов. Каждое действие оператора относится к одному из следующих классов: Q_1 — правильно, своевременно выполненное действие; Q_2 — невыполненные действия; Q_3 — неправильные действия; Q_4 — действия, выполненные с опозданием; Q_5 — действия, выполненные ранее необходимого; Q_6 — излишние действия; Q_7 — неоптимальные действия. Таким образом, производится оценка каждого действия (в том числе и невыполненного, необходимого).

Методика определяется следующей последовательностью действий. При возникновении «непредвиденной ситуации» в узле W_j – дальнейший маршрут определяется следующим образом. Определяется множество альтернативных (возможных) маршрутов доставки $M(j) = S_{NET} = \{S_{NET_1}, S_{NET_2}, \dots, S_{NET_b}, \dots, S_{NET_n}\}$. 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 ($M_{ij} \in [0; 1]; i = 1, m; j = 1, n$) [10-13].

Специалист проводит серии экспериментов по разработке алгоритмов, составлению имитационных моделей в различных средах:

- в среде «BusinessMap» («Деловая карта») (рис. 2). Программа Деловая карта предназначена для включения в базы данных технологий пространственных обработок и решения задач транспортной логистики - расчет оптимальных маршрутов для обработки заказов, калькуляция маршрутов, задач пространственных сортировок и пр.

Областью применения программы являются базы данных и приложения, включая базы данных на ACCESS, EXCEL, FOXPRO, DBASE, PARADOX, 1C[14].

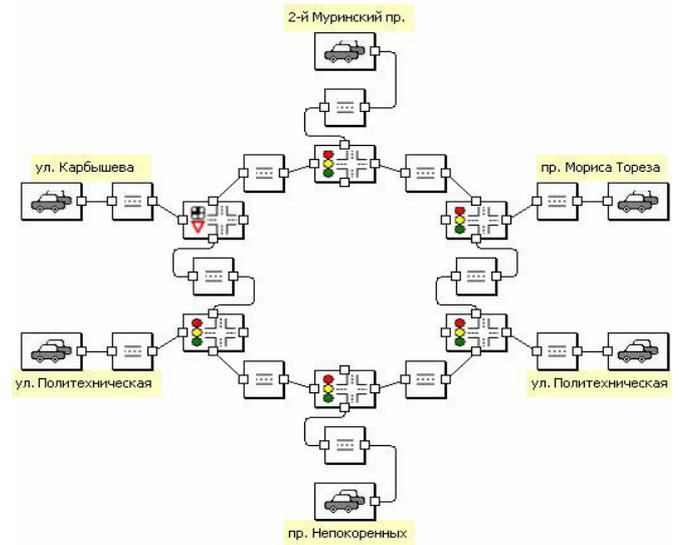


Рис.2. Общая схема ситуационной модели транспортной сети у склада фирмы «Нева-Лайн» на ул. Политехническая, дом 9.

- в среде AnyLogic. Специалист обучается оценивать возникшую ситуацию на маршруте и разрабатывает управляющие решения. Система AnyLogic [15] 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 широкого 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. 3).

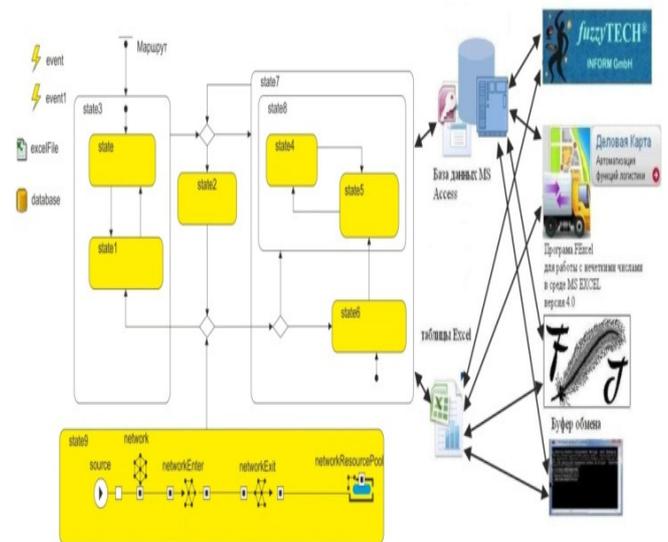


Рисунок 3. Обмен данными между элементами имитационной модели.

- среде ExtendSim8 [16]. Специалист обучается созданию и эксплуатации системы безопасности аэропорта (рис. 4,5).. 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.

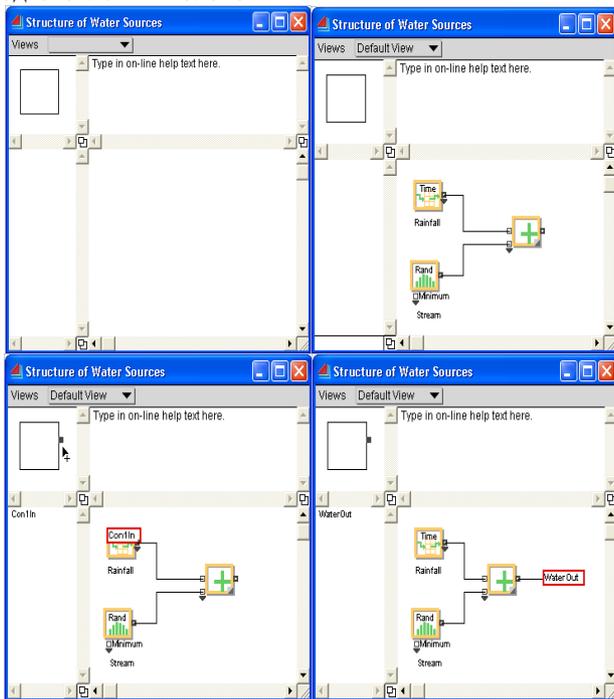


Рис. 4. Этапы разработки имитационной модели.

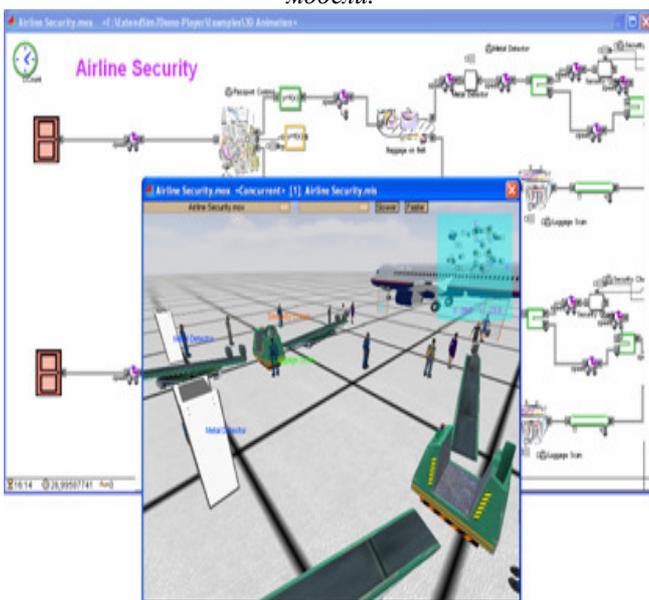


Рис.5. Реализации имитационной модели "Авиационная безопасность" в 3D.

Многокритериальный выбор на основе метода анализа иерархий. Метод анализа иерархий предполагает математическую обработку экспертных оценок на основе матричных вычислений и аддитивной свертки критериев [17–18]. В методе анализа иерархий иерархия является основным способом представления структуры принятия решений. Основное назначение иерархии — структуризация сложной проблемы для количественной оценки вариантов. Например, для иерархии на рис. 6 находятся приоритеты альтернатив нижнего уровня (вероятные новые маршруты) по каждому критерию второго уровня (частные критерии: длина, время в пути, марка автомобиля, состояние дороги, время суток), которые в свою очередь используются для синтеза приоритетов альтернатив по главному критерию (новый маршрут). Первым этапом в решении задач принятия решений является декомпозиция проблемы через определение ее компонент и отношений между ними, т. е. построение иерархии задачи принятия решений. Общие рекомендации могут быть следующими: основные цели устанавливаются в вершине иерархии, подцели — непосредственно ниже, силы, влияющие на подцели — еще ниже. На самом нижнем уровне иерархии следует располагать возможные исходы (альтернативы, сценарии и т. д.).

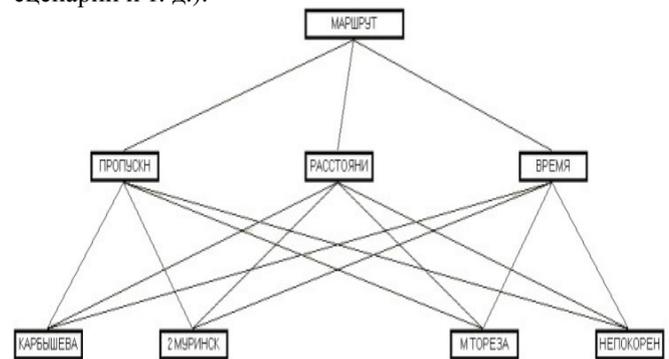


Рис. 6. Выбор нового маршрута методом анализа иерархий.

Определение функции принадлежности для выбора ситуационной модели доставки грузов на основе нечетких множеств в среде FuzzyTECH. Наиболее перспективными методами принятия решений в слабоструктурированных проблемных областях являются, методы, основанные на теории нечетких множеств. Одним из таких методов является метод анализа альтернатив (принятие решений в условиях неопределенности) [19-21]. Программа FuzzyTECH [20] позволяет оперировать лингвистическими переменными и создавать для них продукционные правила вывода. В интерактивном режиме программы FuzzyTECH можно не только видеть значение конечного результата $M(j)$, но и следить за промежуточными операциями. Данная возможность необходима при внесении новых переменных и правил в процедуру определения альтернативного маршрута. Демонстрация промежуточных результатов контролирует перенос правил нечеткого вывода в программу. Например, для определения альтернативного маршрута от склада на ул. Политехническая, дом 9 запишем лингвистические переменные и создадим для них продукционные правила вывода (рис. 7). Определяем (Marshrut) с тремя термами:

«high», «middle» и «low» при трех входных переменных пропускная способность (Psposobnost), расстояние (Rastoynie) и время доставки (Time), получим набор правил. Специалист для каждой переменной (Рис.7) вводит вручную степень принадлежности к соответствующим термам. Полученные значения обрабатываются в соответствии с правилами, и в таблице в правой части (Рис. 7) отображается истинность правила в виде черного прямоугольника. Прямоугольник, закрашенный полностью, показывает на истинность, равную 1, прямоугольник не закрашенный — на истинность, равную 0. Промежуточным значениям соответствует прямоугольник, закрашенный частично. Отображение истинности правила позволяет следить за ошибками при переносе правил в программу, а также за влиянием каждого из правил на конечный результат.

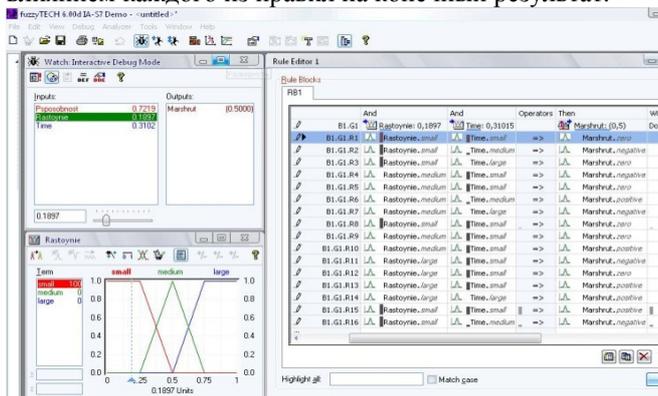


Рис.7. Интерактивный режим программы FuzzyTech.

Методы формализации экспертной информации при выборе ситуационной модели. Обзор работ, посвященных исследованию способов формализации экспертной информации при принятии решений [10-13,20,21], позволяет выделить в качестве удобного инструмента для представления знаний эксперта нечеткие множества. Можно выделить в качестве основных несколько представленных ниже математических постановок задач принятия решений на основе теории нечетких множеств.

Модель максиминной свертки (ММС). Наилучшим считается маршрут при минимальных недостатках по всем параметрам. Маршрут 1- ул. Карбышева, Маршрут 2 - 2-ой Мурунский пр., Маршрут 3- пр. Мориса Гореза, Маршрут 4-пр. Непокоренных.

| X-маршруты | Y-параметры (критерии) | | | $\mu_{ij} \min$ – минимальное значение по параметрам на каждом маршруте |
|------------|------------------------|------------|----------------|---|
| | Пропускная способность | Расстояние | Время доставки | |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 | 0,1 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 | 0,2 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 0,4 |

Выбирается маршрут, где будет максимальное значение параметра из всех минимальных значений, т.е.:

| | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-------|
| Маршрут 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 0,4 – |
|------------------|-----|-----|-----|-------|

Недостатки модели: маршрут, имеющий высокие оценки по некоторым параметрам и низкую оценку, хотя бы по одному, оценивается в конечном итоге, как вариант с низким уровнем качества. **Преимущества:** 1) алгоритм решения очень прост; 2) при использовании модели требуется минимальный объем входной

информации; 3) использование модели всегда дает решение.

Модель абсолютного решения (МАР).

Задается минимально допустимое значение $\mu_{ij} \min$ для каждого параметра $Y \mu_{ij} \min = \{0,7; 0,6; 0,8\}$. Выбирается маршрут, с параметрами не хуже заданных (выделены подходящие).

| X-маршруты | Y-параметры (критерии) | | |
|-----------------|------------------------|------------|----------------|
| | Пропускная способность | Расстояние | Время доставки |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| $\mu_{ij} \min$ | 0,7 | 0,6 | 0,8 |

При этих условиях ни один маршрут не выбирается, т.к. не удовлетворяет требованиям. Тогда сначала смягчаем требования к параметрам $\mu_{ij} \min = \{0,5; 0,4; 0,6\}$ и разрабатываем новые варианты отбора. Смягчаем требования к $\mu_{ij} \min$ получаем:

| X-маршруты | Y-параметры (критерии) | | |
|-----------------|------------------------|------------|----------------|
| | Пропускная способность | Расстояние | Время доставки |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| *** 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| $\mu_{ij} \min$ | 0,5 | 0,4 | 0,6 |

В результате смягчения требования к $\mu_{ij} \min$ получаем решение, удовлетворяющее заявленным требованиям:

| | | | |
|-------|-----|-----|-----|
| *** 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
|-------|-----|-----|-----|

Модель основного параметра (МОП).

Решение производится по шагам. На каждом шаге выбирается основной параметр, и поиск наилучшего решения ведется только по нему. В данном решении предполагается рассмотрение параметров по важности, поэтому решение производится по столбцам.

| X-маршруты | Y-параметры (критерии) | | |
|-----------------|----------------------------|----------------|--------------------|
| | Пропускная способность (3) | Расстояние (2) | Время доставки (1) |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| $\mu_{ij} \min$ | 0,4 | 0,3 | 0,5 |

Первым по важности рассматриваем параметр «Время доставки», тогда:

| Маршруты | Время доставки ¹ |
|-----------------|-----------------------------|
| 1 | 0,5 |
| 2 | 0,8 |
| 3 | 0,4 |
| 4 | 0,6 |
| $\mu_{ij} \min$ | 0,5 |

Далее приступаем к рассмотрению еще менее важного критерия, например «Расстояние»:

| Маршруты | Расстояние ² |
|-----------------|-------------------------|
| 1 | 0,6 |
| 2 | 0,2 |
| 3 | 0,5 |
| 4 | 0,4 |
| $\mu_{ij} \min$ | 0,3 |

Далее приступаем к рассмотрению критерия «Пропускная способность», т.е. рассматриваем первый столбец:

| Маршруты | Пропускная способность ³ |
|-----------------|-------------------------------------|
| 1 | 0,1 |
| 2 | 0,7 |
| 3 | 0,3 |
| 4 | 0,9 |
| $\mu_{ij} \min$ | 0,4 |

Получаем, что наиболее подходящим является 4 маршрут:

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
|---|-----|-----|-----|

Преимущества: 1) учитывается уровень важности параметров; 2) специалист может корректировать ограничения на значения параметров непосредственно на каждом шаге, что ускоряет процесс решения. **Недостатки:** при завышенных требованиях ни один из маршрутов не может быть выбран как наилучший.

Модель компромиссного параметра (МКП).

Специалист выбирает параметры по уровню их важности и определяет влияние каждого параметра на выбор маршрута. В данной модели используется интегральный параметр, получаемый в результате свертывания частных параметров. Специалист выставляет оценку уровня важности частных параметров в баллах от 10 до 100- $W = \{w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_m\}$. Затем проводится нормализация выставленных уровней важности и определяется степень влияния каждого параметра на общее решение- $\gamma_j = w_j / \sum w_j$ – проверяем, выполняется ли нормализующее условие: $\sum \gamma = 1$. Интегральный параметр наилучшего маршрута определяется как средневзвешенный уровень соответствия i-го варианта всем частным параметрам- $f_i = \sum (\mu_{ij} \square \gamma_{ij})$.

| X- маршруты | Y- параметры (критерии) | | |
|--------------|-------------------------|------------|----------------|
| | Пропускная способность | Расстояние | Время доставки |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| Баллы w_j | 80 | 20 | 100 |
| Доля влияния | 0,4 | 0,1 | 0,5 |

Определяем долю влияния каждого параметра на общее решение:

$$W_1 = 80 / (80+20+100) = 0,4; W_2 = 20 / (80+20+100) = 0,1; W_3 = 100 / (80+20+100) = 0,5$$

Рассчитаем интегральный параметр качества для предложенных вариантов доставки:

$$f_1 = 0,1*0,4+0,6*0,1+0,5*0,5 = 0,35; f_2 = 0,7*0,4+0,2*0,1+0,8*0,5 = 0,7;$$

$$f_3 = 0,3*0,4+0,5*0,1+0,4*0,5 = 0,37; f_4 = 0,9*0,4+0,4*0,1+0,6*0,5 = 0,75$$

Оптимальное решение – это вариант с максимальным интегральным параметром f_{\max} .

Недостатки: высокое значение интегрального параметра не гарантирует того, что данный вариант маршрута полностью соответствует всем выдвинутым требованиям. Низкое значение одного из параметров

может быть компенсировано высоким значением более значимого параметра.

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 . Если качества X_i -го варианта не хуже эталонного X_0 по всем параметрам, то для него рассчитывается интегральный параметр f_i . Определяются минимально допустимые значения параметров. Сравниваются предложенные варианты доставки с эталоном. Выбираются варианты не хуже эталонного (выделены жирным шрифтом).

| X-маршруты | Y- параметры (критерии) | | |
|---------------|-------------------------|------------|----------------|
| | Пропускная способность | Расстояние | Время доставки |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| X_0 -эталон | 0,3 | 0,4 | 0,4 |

Определим оценки уровня важности параметров w_j :

| X-маршруты | Y- параметры (критерии) | | |
|---------------|-------------------------|------------|----------------|
| | Пропускная способность | Расстояние | Время доставки |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| X_0 -эталон | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| w_j | 25 | 40 | 60 |

Рассчитаем долю влияния параметров на конечное решение:

| X-маршруты | Y- параметры (критерии) | | |
|---------------|-------------------------|------------|----------------|
| | Пропускная способность | Расстояние | Время доставки |
| 1 | 0,1 | 0,6 | 0,5 |
| 2 | 0,7 | 0,2 | 0,8 |
| 3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 |
| 4 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| X_0 -эталон | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| w_j | 25 | 40 | 60 |
| γ_j | 0,2 | 0,32 | 0,48 |

Проверяется выполнение нормировочного условия ($\sum \gamma_j = 1$). Затем рассчитывается интегральный параметр для выбранных вариантов: $f_3 = 0,3*0,2+0,5*0,32+0,4*0,48 = 0,412$;

$f_4 = 0,9*0,2+0,4*0,32+0,6*0,48 = 0,596$ (этот вариант лучше). **Недостаток модели:** требуется большой объем входной информации.

Результаты исследований для случая ситуационной модели транспортной сети у склада фирмы «Нева-Лайн» на ул. Политехническая, дом 9 приведены на рис.8.

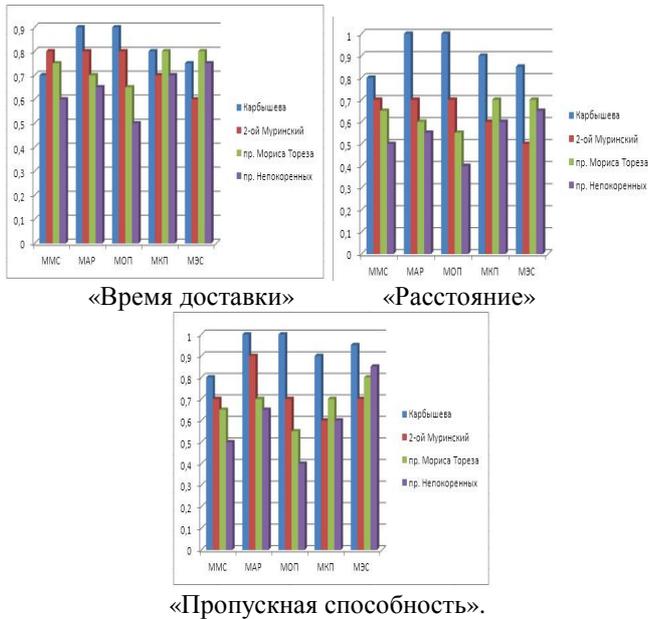


Рис.8 Результаты сравнения по критериям.

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.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Райков А. Н. Новая парадигма развития ситуационных центров//«Системный анализ в науке и образовании» Выпуск№1, 2010, стр. 1-9.
2. А. Н. Потапов, В. В. Черников. Системный анализ модели организации тренажной подготовки операторов сложных эрготехнических систем//Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2012, № 1, с. 28-34.
3. Дозорцев В. М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: Синтег, 2009.
4. Дозорцев В. М. Методики компьютерного тренинга операторов – ключевой элемент тренажерных систем (современные тенденции)//Автоматизация промышленности.№7, 2011, с.3-9.
5. Р.М. Юсупов. Национальное общество имитационного моделирования России – начало пути// CAD/CAM/CAEObserver #2 (70) / 2012.
6. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986.

7. 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.
8. Ю. В. Ведерников, В. В. Сафронов. Метод многокритериального ранжирования сложных систем при различных видах неопределенности исходных данных //Информационноуправляющие системы, № 3, 2008, с. 32-38.
9. Палагин Ю.И., Мочалов А.И., Тимонин А.В. Математическое моделирование и расчет характеристик трехмодальных транспортно-терминальных сетей// М., Прикладная информатика. 2013, №2. С.18-27.
10. Фараонов А.В. Ситуационные центры как инструмент оценки подготовки специалистов и эффективности принятия решения. //Современные информационные технологии и ИТ-образование / Сборник избранных трудов IX Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ. РУ, 2014. – 957 с. – 978-5-9556-0165-6 / С.752-761.
11. Фараонов А.В. Разработка ситуационной модели задачи маршрутизации при необходимости изменения опорного плана на основе нечеткой ситуационной сети.// В кн.: XII Всероссийское совещание по проблемам управления. ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды [Электронный ресурс]. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014..С. 5101-5113.
12. Фараонов А.В. Ситуационная модель выбора маршрута доставки.//Журнал «Прикладная информатика», №2(44), 2013. С.113-126.
13. Фараонов А.В. Ситуационная модель выбора маршрута доставки при необходимости изменения опорного плана на основе нечетких множеств.// ВИНТИ, Журнал ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление, №12-2012.С.25-30.
14. Официальный сайт разработчика ООО «Фирма «ИНГИТ», «Деловая карта»- www.ingit.ru.
15. Сайт: <http://www.anylogic.ru/>.
16. Сайт: <http://www.extendsim.com/index.html>, <http://imaginethatinc.com/pages/demo.html>
17. Абакаров А. Ш., Сушков Ю. А. Программная система для выделения наилучшей альтернативы из множества имеющихся альтернатив. (MPRIORITY). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612330 от 08 сентября 2005. (23.03.11 Наука и образование. Двухэтапная процедура отбора перспективных альтернатив на базе табличного метода и метода анализа иерархий.)
18. Абакаров А. Ш., Иванов А. Ю., Сушков Ю. А. Об одном подходе к управлению персоналом фирмы // Приложение к научно-производственному журналу «Дизайн и производство мебели». 2005. № 3 (8).
19. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика — 2000.
20. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTech. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — С. 739.
21. Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. — 184 с.

Situational centers – a tool of training specialists of transport logistics

Faraonov A.V.

Abstract - The paper proposes a technique of preparation of the expert to respond to unforeseen situations. Developed simulation model of operational decisions at each step of the route selection. Based on the theory of fuzzy sets to solve the problem of multi-criteria choice of delivery routes in the face of uncertainty. Of the many routes specialist selects the best alternative to a new route. The analytic hierarchy process experts assessed and analyzed the consequences of action specialists.

Keywords - Training, transport logistics, situational model, simulation, operational management, fuzzy situational approach, fuzzy situational network