

## МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ОПИСАНИИ ВЛОЖЕННЫХ ПРОЦЕССОВ МНОГОЦЕЛЕВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИЛЕРСКОЙ СЕТИ

Солнцев А.А.

Снабжение запчастями и комплектующими является важнейшей частью дилерской сети предприятий автомобильной промышленности. Высокоэффективное решение этих вопросов в настоящее время возможно только при условии полной автоматизации основной производственной деятельности, позволяющей не только оптимизировать запасы, но и снизить расходы по хранению запасных частей, а также ускорить обслуживание конечных потребителей. При отсутствии налаженной информационной системы, обеспечивающей сбор и обработку статистической информации, организовать конкурентоспособную сеть обеспечения комплектующими в современных условиях практически невозможно.

Для российского рынка развитие региональной дилерской сети представляет особый интерес из-за обширных территорий страны. Развитие региональной дилерской сети компании-дистрибьютора способствует более широкому развитию рыночных отношений в российской экономике и усиливает эффект глобализации рынков.

Активная деятельность на российском рынке транснациональными компаниями рассматривается, прежде всего, как возможность дальнейшего экономического роста. Именно стремление к экономическому росту и увеличению прибыли является основным фактором, побуждающим иностранные компании к географической экспансии. Подобная стратегия роста соответствует одной из альтернатив роста в соответствии с матрицей «продукт-рынок»: расширение сферы действий на текущем рынке, развитие рынка, запуск нового продукта и диверсификация.

Для моделирования производственных процессов в дилерских сетях предлагается использование приближенных методов анализа, которые существенно расширяют возможности исследования аналитических моделей дилерских сетей. Среди них наибольшее практическое значение находят методы диффузионной аппроксимации и методы декомпозиции СеМО. Основной вопрос, возникающий при применении любого приближенного метода, связан с оценкой близости получаемых приближений к точным результатам.

Декомпозиционный подход базируется на аксиомах теории сложных систем. Предполагается, что если  $\Sigma_0$  подсистема системы  $\Sigma$  и  $\theta(\dots)$  - мера сложности, то  $\theta(\Sigma_0) \leq \theta(\Sigma)$ , т.е. подсистема не может быть более сложной, чем система в целом (иерархия). Если  $\Sigma = \Sigma_1 \geq \Sigma_2 \geq \dots \geq \Sigma_k$ , т.е.  $\Sigma$  является параллельным соединением подсистем  $\Sigma_i$ , то  $\theta(\Sigma) = \max_{1 \leq i \leq k} \theta(\Sigma_i)$ . Если  $\Sigma = \Sigma_1 + \Sigma_2 + \dots + \Sigma_k$ , т.е.  $\Sigma$  является последовательным соединением подсистем  $\Sigma_i$ , то  $\theta(\Sigma) \leq \theta(\Sigma_1) + \theta(\Sigma_2) + \dots + \theta(\Sigma_k)$ . Соединение с обратной связью

- если присутствует операция ОС © из подсистемы  $\Sigma_2$  в подсистему  $\Sigma_1$ , то  $\theta(\Sigma) \leq \theta(\Sigma_1) + \theta(\Sigma_2) + \theta(\Sigma_2 \odot \Sigma_1)$ . Перечисленные свойства сложной системы допускают возможность снижения ее видимой сложности путем объединения отдельных переменных в подсистемы.

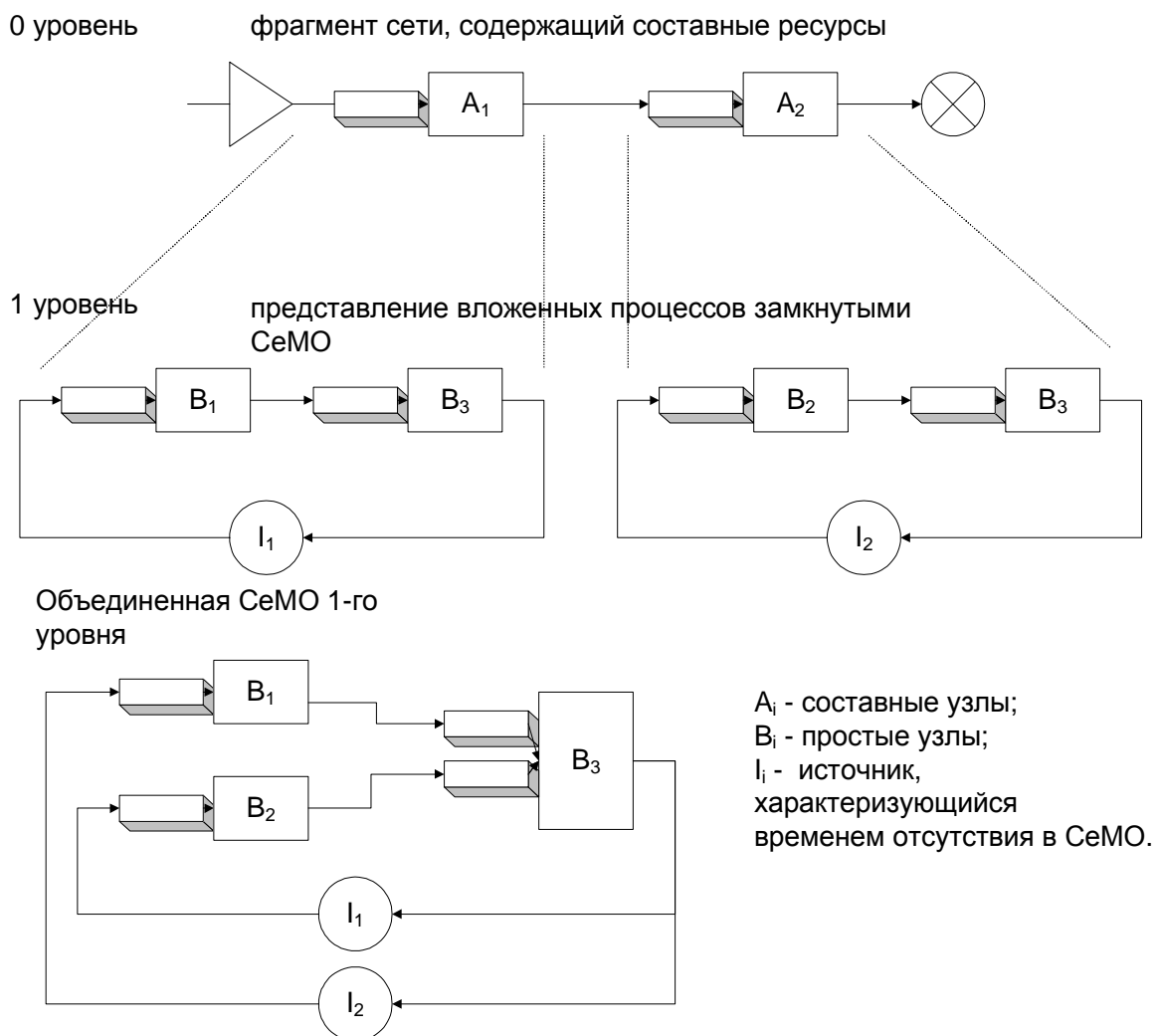
Имитационный метод также нашел широкое распространение в практике моделирования дилерских сетей. Общее определение имитационной модели можно дать в следующем виде. Пусть  $M_1$  и  $M_2$  - некоторые модели:  $M_1'$  - модель, полученная из модели  $M_1$  в результате применения гомоморфизма  $\Gamma_1$  и описывающая функционирование модели  $M_1$ ;  $M_2'$  - модель, полученная из модели  $M_2$  в результате применения гомоморфизма  $\Gamma_2$  и описывающая функционирование модели  $M_2$ . Пусть  $M_1'$  и  $M_2'$  изоморфны. Тогда будем считать, что  $M_1$  и  $M_2$  суть взаимно имитационные модели в отношении описания процесса функционирования. Таким образом, имитационное моделирование дилерских сетей предполагает получение процесса функционирования системы, который в свою очередь становится источником вычисления искомых характеристик. Имитационный метод моделирования имеет существенно меньшие ограничения на область применения в сравнении с аналитическими моделями и позволяет получить более достоверные оценки характеристик производительности моделируемой системы.

Для поддержки управленческих решений при оперативном управлении дилерской сетью в работе предлагается использование методов ситуационного анализа. При этом ситуационная сеть имеет три уровня управления. Первый уровень связан с выбором управляющих решений относительно оценки системных ресурсов. Суть управления состоит в следующем: любое выбранное управляющее решение не может повлечь за собой снижение системного ресурса ниже некоторой критической величины. Другими словами, управление заключается в выборе решения, которое позволяет системе перейти в более благоприятное, в определенном смысле, состояние (например, с более высоким уровнем ресурсов). Второй уровень ситуационной сети позволяет оценить управляющие решения относительно исходов (результатов) их реализации, а также последовательности управлений относительно выбранной цели. Данный уровень определяет управление по конечной цели. Третий уровень ситуационной сети позволяет осуществить анализ программных алгоритмов реализации управляющих решений и, как и первый уровень определяет управление, но относительно вычислительных ресурсов информационной системы. Так как любая реализация управляющего решения влечет изменение, как системного ресурса, так и результатов деятельности, то осуществляется переход на первый уровень сети, связанный с выбором следующего управляющего решения и оценкой системного ресурса. Показано, что ситуационный анализ позволяет получить конструктивные решения по реализации бизнес-процессов (БП) дилерской сети, которые непосредственно связаны как с финансовыми операциями, так и с процессами поставки комплектующих.

В плане расширения функциональных возможностей модели БП движения комплектующих предлагается декомпозиционный подход, где элементами декомпозиции являются уровни описания БП, а также уровни вложенности,

представляющие собой совокупность описаний процессов обслуживания заявок, поступающих из узлов предшествующего верхнего уровня. Узлы верхнего уровня, раскрывающиеся в виде некоторой вложенной структуры на нижнем уровне. Представление процессов обслуживания в составном узле замкнутыми сетями показано на рисунке 1.

В декомпозиционном подходе принимаются следующие допущения: корреляция между величинами, описывающими взаимосвязь элементов декомпозиции, отсутствует, т.е. предполагается, что потоки заявок  $x_i^q(t)$  не зависят друг от друга, времена обслуживания  $B_i^q(t)$  так же независимы между собой; распределения случайных величин  $x_i^q(t)$  и  $B_i^q(t)$ , аппроксимируются какой-либо функцией распределения.



**Рисунок 1 - Формирование вложенного уровня в виде замкнутых сетей**

Расчет интерфейсных переменных производится по следующей схеме:

1. Последовательный расчет, начиная с верхнего уровня, интенсивностей потоков заявок, поступающих от составных ресурсов верхнего  $k$ -го уровня ( $k=0, \dots, Q-1$ ) во вложенные процессы  $(k+1)$ -го уровня с учетом перераспределения типов заявок

$$\lambda_{l_{k+1}} = \sum_{(l_k, j) \in \pi(l_{k+1})} \lambda(l_k, j), \quad (1)$$

где  $\lambda_{l_{k+1}}$  - суммарная интенсивность входного потока заявок  $l$ -го типа во вложенный процесс  $(k+1)$ -го уровня

$$\pi(l_{k+1}) = \{(l_k, j) : l_k \in L_k, j \in I_{l_k}, \alpha_k[(l_k, j)] = l_{k+1}\}, \quad (2)$$

где:  $\lambda(l_k, j)$  - интенсивность потока заявок  $l$ -го типа к  $j$ -му ресурсу  $k$ -го уровня;  $L_k$  - множество индексов типов заявок уровня  $k$ ;  $I_{l_k}$  - множество индексов составных узлов обслуживания заявок  $l$ -го типа уровня  $k$ .

2. Последовательно, начиная с нижнего уровня  $Q$ , в котором отсутствуют составные узлы обслуживания и могут быть определены непосредственно функции распределения времен (ФРВ) обслуживания во всех ресурсах, рассчитывается с помощью того или иного метода анализа сетевых моделей параметры времен пребывания на данном уровне вложенности.

3. Полученные времена пребывания подставляются в качестве параметров ФРВ обслуживания в ресурсах более высокого уровня, при этом используется основное соотношение межуровневого интерфейса, вытекающее из свойства вложенности:

$$T_i^{k+1}(t) = B_i^k(t), \quad k = Q, \dots, 1, \quad (3)$$

где:  $T_i^{k+1}(t)$  - среднее время пребывания заявок  $l$ -го типа в соответствующем вложенном процессе  $(k+1)$ -го уровня;  $B_i^k(t)$  - среднее время обслуживания заявок  $l$ -го типа в ресурсе  $k$ -го уровня.

Источником заявок во вложенном процессе являются составные ресурсы соседнего более высокого уровня. Если отсутствует требование единственности источников требований во вложенные уровни, то вложенные модели представляются разомкнутыми сетями.

При этом совместно с моделями ситуационного анализа предложенный вложенный подход позволяет построить конструктивную методику принятия решений по планированию производственной деятельности дилерской сети.

Основой адаптации для систем данного класса является процесс накопления, анализа и использования информации с целью повышения достоверности определения состояния объекта управления. Система способна адаптироваться к внешней среде в соответствии с обобщённым критерием главной задачи системы поддержки принятия решений (СППР) производственного планирования. В статье предлагается методика, которая включает следующие этапы:

1. На этапе формулировки задачи определяется главная цель и назначение настраиваемой системы.
2. Определяются производственные БП, задействованные в системе.
3. Определяются множества параметров производственных БП, в т.ч.: группы учитываемых показателей качества.
4. Задаётся структура целей системы.

5. Определяется главная задача. В БМ СУ идентифицируются сильный и слабые критерии данной задачи в соответствии с главной целью и множествами заданных параметров производственных БП.

6. Определяются параметры координации (управляющие параметры по отношению к задачам нижнего уровня), отражающиеся в сильных и/или слабых критериях задач нижнего уровня.

7. В БМ в соответствии с подцелями и множествами заданных параметров идентифицируются критерии задач нижнего уровня.

8. Для многокритериальных задач нижнего уровня выбирается один из методов поиска наилучшего решения.

9. Для всех задач задаются области определения управляющих переменных: непрерывные, целочисленные, смешанно-целочисленные. Таким образом, определяются типы используемых задач и выбираются соответствующие алгоритмы оптимизации.

10. Проводится идентификация параметров и ограничений для всех решаемых задач в соответствии с классификаторами нормативной информации, учётных систем и требованиями ЛПП: кондиции по качеству, число компонентов, нормы ввода компонентов, себестоимости комплектующих по видам, коэффициенты значимости критериев и др.

11. Настраиваются параметры выделяемых вычислительных ресурсов.

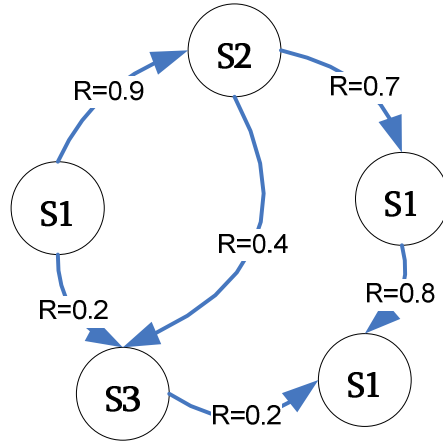
Этапы 1÷3 данной методики применяются только на стадии создания и внедрения системы на предприятии, этапы 4÷9 – при внедрении и эксплуатации по мере накопления знаний о функционировании СУ, изменения внешних условий или бизнес-стратегии компании. Этапы 10÷11 могут повторяться регулярно в зависимости от изменения качества поступающего сырья, спроса на продукцию, ценовых флуктуаций, а также требований ЛПП к расчётам.

Сущность методики управления поставками сводится к интеграционному планированию, которое имеет три важных аспекта. Первый аспект это функциональная интеграция, включающая решения о снабжении, производстве и распространении как внутри дилерской сети, так и между ее представителями и поставщиками.

При этом нечеткая ситуационная сеть представляет собой граф, вершины которого описывают состояния объекта, а ребра – управляющие воздействия.

Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_l\}$  - перечень решаемых задач или совокупность этапов решения некоторой задачи. Пусть  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  - множество признаков, описывающих состояния объекта управления, а  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$  - множество состояний объекта управления. Пусть  $\xi_\Phi : X \times Y \rightarrow [0, 1]$  - функция принадлежности нечеткого бинарного отношения  $\Phi$ , причем  $\xi_\Phi(x_k, y_j)$  интерпретируется как степень важности признака  $y_j$ : при реализации этапа  $x_k$ . Пусть  $\mu_\Gamma : Y \times S \rightarrow [0, 1]$  - функция принадлежности нечеткого бинарного отношения  $\Gamma$ , причем  $\mu_\Gamma(y_j, s_i)$  определяет степень принадлежности признака  $y_j$  состоянию  $s_i$ . Отношения  $\Phi$  и  $\Gamma$  можно

представить в матричной форме. На основе сформированных стратегий и зон состояний можно построить фрагмент нечеткой ситуационной сети (рисунок 2), который определяет переходы из текущего состояния в состояние, являющееся тактически целевым.



**Рисунок 2 - Фрагмент нечеткой ситуационной сети выбора целевых состояний**

Процедура выбора рациональных альтернатив включает следующие шаги:

1. Строится нечеткое отношение  $Q$  как пересечение исходных отношений  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n$  с

$$\mu_{Q_1}(s_{i+1}, s_{i+k}) = \min(\mu_1(s_{i+1}, s_{i+k}), \dots, \mu_n(s_{i+1}, s_{i+k})), \quad (4)$$

и определяется нечеткое подмножество недоминируемых альтернатив во множестве

$$(S_2, \mu_{Q_1}) : \mu_{Q_2}^{H.d.}(s_{i+k}) = 1 - \sup_{s \in S} [\mu_{Q_2}(s_{i+1}, s_{i+k}), \mu_{Q_1}(s_{i+k}, s_{i+1})]. \quad (5)$$

2. Строится нечеткое отношение  $Q_2$  (свертка отношений) с

$$\mu_{Q_2}(s_{i+1}, s_{i+k}) = \sum_{j=1}^n \lambda_j \mu_j(s_{i+1}, s_{i+k}), \text{ где } 0 \leq \lambda_j \leq 1, \quad (6)$$

и определяется нечеткое подмножество недоминируемых альтернатив на множестве

$$(S_2, \mu_{Q_2}) : \mu_{Q_2}^{H.d.}(s_{i+1}) = 1 - \sup_{s \in S} [\mu_{Q_2}(s_{i+k}, s_{i+1}) - \mu_{Q_2}(s_{i+1}, s_{i+k})]. \quad (7)$$

Определяется пересечение множеств  $\mu_{Q_1}^{H.d.}$  и  $\mu_{Q_2}^{H.d.}$ . Рациональным считается выбор альтернативы из множества

$$S_2^{H.d.} = \{s_{i+1} / s_{i+1} \in S_2, \mu_{Q_2}^{H.d.}(s_{i+1}) = \sup_s \mu(s_{i+1}^1)\}. \quad (8)$$

Предложенные модели и алгоритмы выбора управляющих решений при управлении поставками на основе ситуационной сети позволяют осуществлять поиск как тактических, так и стратегических решений, и организовать целенаправленный поиск соответствующих управленческих мероприятий.

В результате предлагаются модели нечеткого ситуационного анализа деятельности дилерской сети. Предлагается алгоритм адаптации СППР, в соответствии с которой адаптация моделей и алгоритмов для последующего использования в системе управления дилерской сетью, который представляет собой последовательность операций по настройке системы в соответствии со спецификой производственных бизнес-процессов, целей и бизнес-стратегий компании, а также структурой возмущений внешней среды.

### **Список информационных источников**

- [1] Методы и модели формирования адаптивных пользовательских интерфейсов в системах поддержки управленческих решений / Москвичев Е.С., Тимофеев П.А., Сатышев С.Н., Солнцев А.А. // Вестник МАДИ, вып. 1 (28). – М.: МАДИ, 2012. – С. 114-119.
- [2] Основные принципы формирования системы поддержки управленческой деятельности / Солнцев А.А., Приходько М.В., Зайцев Д.В., Васильев Д.А. // Модели и методы управления сложными техническими системами: сб. науч. тр. МАДИ. – М.: МАДИ, 2010. – С. 41-49.
- [3] Методы и модели управления сложными наукоемкими системами / Солнцев А.А. // Методы описания и моделирования бизнес-процессов и технологий в промышленности, строительстве и образовании: сб. науч. тр. МАДИ № 3/47. – М.: МАДИ, 2010. – С. 87-91.