

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Г.А. Поллак, А.Г. Палей (Челябинск)

В сложных слабоструктурированных системах ограничена возможность применения традиционных методов поиска оптимального решения, поскольку слабоструктурированные задачи сочетают в себе как количественные, так и качественные зависимости [1].

В таких системах при принятии решений по управлению возникают ситуации, когда причины и возможные способы корректировки нежелательной ситуации неясны, а последствия неэффективного управленческого решения сложно оценить. Одним из путей исследования процессов в слабоструктурированных системах является использование имитационных моделей.

С точки зрения компьютерной реализации имитационное моделирование – это комплексный метод исследования сложных систем, который включает в себя построение концептуальных, математических и программных моделей. Иными словами, это построение цифрового аналога реального процесса, с помощью которого в виртуальном пространстве можно неоднократно провести целенаправленные имитационные эксперименты различного характера.

В работе предлагается использовать когнитивные карты для построения имитационной модели сложной слабоструктурированной системы.

Предварительный анализ проблемы и ее структуризация

На предприятии ПАО «Челябинский трубопрокатный завод (ЧТПЗ)» фактическое время согласования сделки составляет в среднем 10-15 дней, что в 2 раза превышает сроки, установленные регламентом, что составляет 35% времени выполнения заказа. Большие задержки оказывают существенное влияние на общее время исполнения заказа.

Согласование сделки – один из основных этапов процесса прохождения заказа. Под сделкой в данной статье подразумевается обращение потенциального покупателя, зарегистрированное в корпоративной информационной системе, с целью предоставления информации о возможности и сроках поставки, содержащее данные о технических требованиях, сортаменте продукции, количестве, дополнительных требованиях, условиях поставки и оплаты, а также цене.

Необходимо установить причины, которые оказывают существенное влияние на время согласования сделки, и найти оптимальное решение по их устранению.

В результате анализа предметной области было выявлено, что в процессе согласования сделки участвует 6 служб завода (рис. 1): менеджеры, отдел загрузки производства (ОЗП), технический отдел (ТО), отдел планирования производства (ОПП), отдел цен (ОЦ), управление закупки металла (ОЗМ).

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

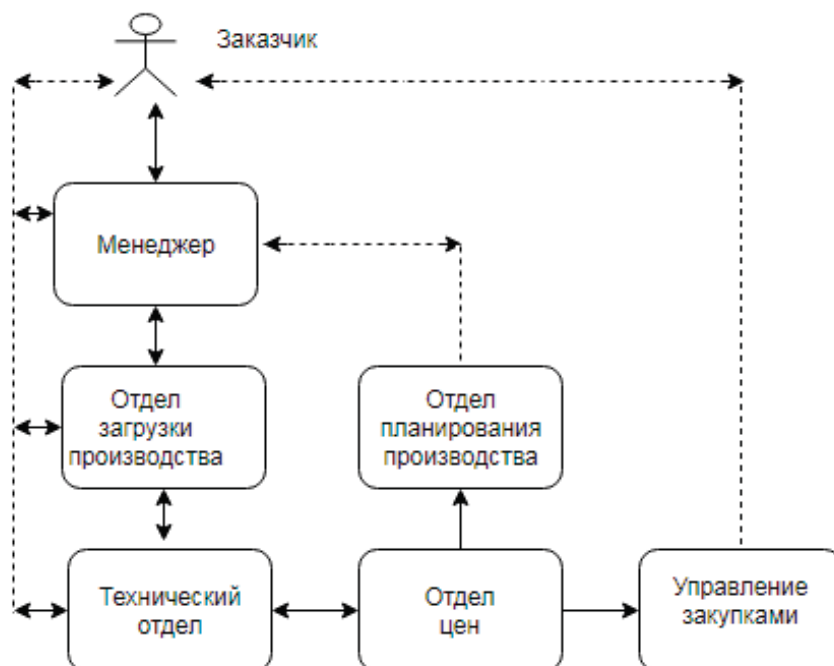


Рис. 1. Структурная схема прохождения сделки через отделы. Сплошные линии обозначают траекторию обязательного движения по согласованию/корректировке позиции сделки. Пунктирные линии соответствуют возможным направлениям пересылки позиции сделки между отделами и/или заказчиком

Запросы от клиентов поступают к менеджеру с интервалами, распределенными по закону, близкому к экспоненциальному со средним значением $t_{\text{пост}}$ минут. Далее заявка направляется на проверку и согласование в другой отдел согласно схеме, представленной на рис. 1. Время выполнения каждой операции T_{M1} , T_{M2} , T_{M3} , T_{Ozp1} , T_{Ozp2} , T_{Ozp3} , T_{To} , $T_{Oпп}$, $T_{Oц1}$, $T_{Oц2}$, $T_{ну}$, $T_{Oзм}$ соответствует нормативам, указанным в регламенте. Вероятности наступления тех или иных событий q_1, \dots, q_n вычислены, исходя из реальных данных и экспертной оценки.

Результаты фотографии рабочего дня сотрудников, занятых в оформлении сделок, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Среднее время нахождения позиции сделки в отделах

Отдел (ЧТПЗ)	Среднее время, дни
Менеджеры	5,5
Отдел загрузки производства (ОЗП)	0,8
Отдел подготовки производства (ОПП)	0,5
Отдел ценообразования (ОЦ)	0,2
Техническое бюро (ТБ)	4,5
Управление закупки сырьевых ресурсов	3,9

Количество сотрудников, в каждом отделе соответствует фактическим ресурсам предприятия.

Если позиция согласована и имеет контрольную цену (КЦ), то процесс согласования завершается.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Если необходимо согласовать некоторые уточнения с заказчиком, то сделка возвращается к менеджеру. В случае отрицательного ответа, позиция сделки аннулируется. Иначе она направляется на корректировку и повторный круг согласования.

Для каждой группы клиентов установлен регламент времени согласования сделки (табл.2).

Таблица 2. Время согласования сделок для разных типов клиентов

Категория клиентов	Длительность согласования, дни	
	Мин	Макс
Тип 1	1,9	7,9
Тип 2	2,1	9,1

Таким образом, при поступлении заказа от клиента, происходит согласование каждой позиции сделки для определения возможности производства. При этом каждая позиция может неоднократно пересылаться между отделами для корректировки и повторного согласования.

Когнитивное моделирование

Результатом этого этапа является когнитивная карта [1, 5] функционирования слабоструктурированной системы, которая отражает субъективное представление исследуемой проблемы, связанной с функционированием системы.

Когнитивная модель – это субъективная модель ситуации (процесса), отражающая знания эксперта о законах ее развития. Формальная модель диаграммы процесса в нотации BPMN (BusinessProcessModelandNotation) [3], приведена на рис. 2. Процесс согласования позиции каждой отдельной сделки является динамическим и заранее не определен, поэтому предлагается использовать диаграмму, в которой связи между объектами имеют вероятностный характер.

На связях между объектами процесса (рис. 2), показаны субъективные оценки вероятности пересылки позиции сделки между отделами и/или заказчиком. Значения вероятностей получены либо экспертным путем, либо вычислены, исходя из фотографии рабочего дня менеджеров, занятых оформлением сделки.

Значения этих вероятностей затем уточняются в процессе обучения модели.

Имитационное моделирование

Анализ карты (рис. 2) показывает, что процесс согласования сделки следует представить в виде стохастической многофазной многоканальной системы массового обслуживания замкнутого типа с неограниченной входной емкостью.

Имитационная модель (рис. 3) построена с использованием инструмента моделирования AnyLogic версии 8.4. При построении модели использовалась дискретно-событийная библиотека среды, которая предполагает представление моделируемой системы в виде процесса, то есть последовательности операций, выполняемых агентами [2, 4].

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

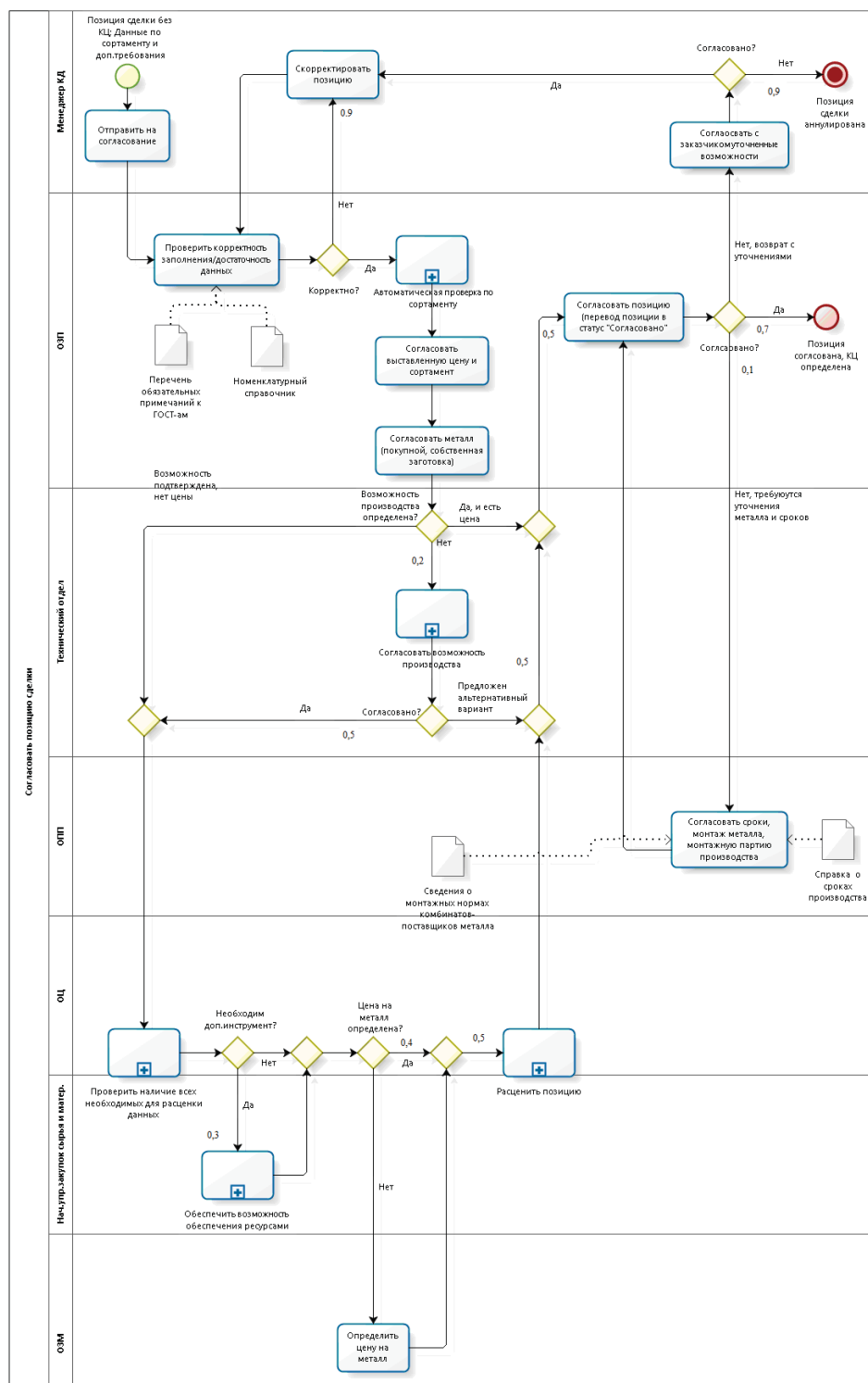


Рис. 2. Когнитивная карта процесса согласования сделки (диаграмма BPMN)
 Модель в AnyLogic задается графически в виде последовательности блоков, каждый из которых представляет отдельный фактор, отображенный на когнитивной карте.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Схема согласования | Исходные данные | Результаты

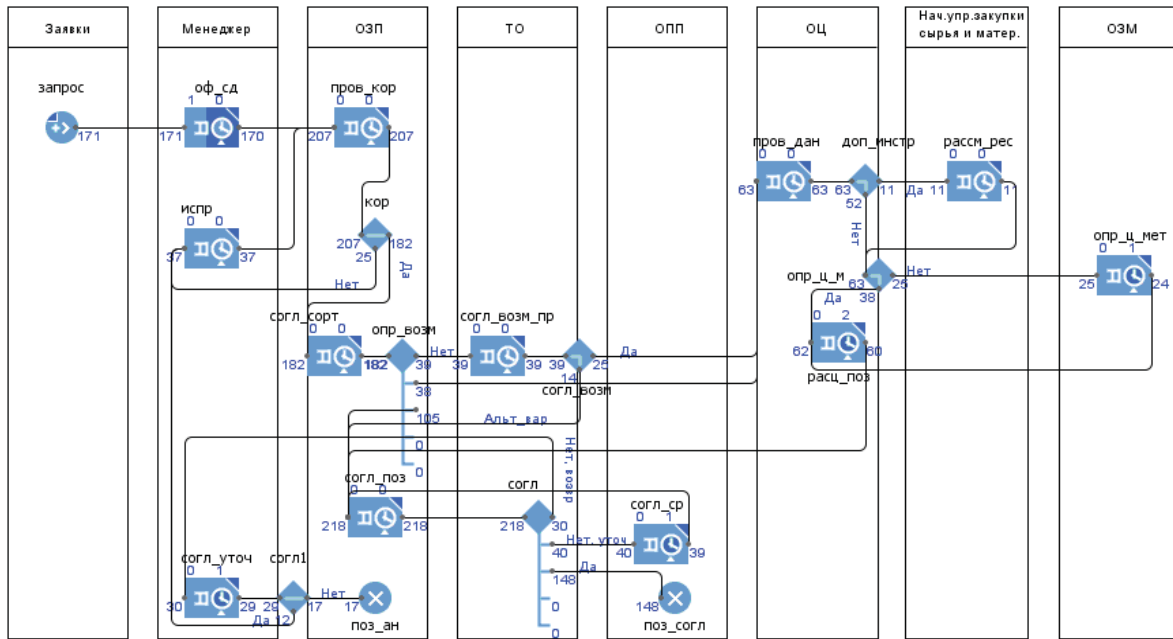


Рис. 3. Имитационная модель

Адекватность модели проверялась на имитационном эксперименте с данными, определяемыми регламентом. В процессе эксперимента модель обучалась путем подбора значений вероятностей пересылки позиций сделки между отделами для получения среднего времени согласования, близкого к соответствующим регламентным параметрам.

В ходе имитационного эксперимента с фактическими данными было определено, что операция «Проверить корректность заполнения/ достаточность данных» выполняется неоднократно и требует наибольшее время для выполнения, что нарушает временной регламент.

Данную операцию выполняет отдел загрузки производства, который имеет максимальную загруженность и большое количество необработанных, просроченных сделок. Можно сделать вывод о том, что этот блок является «узким» местом всего технологического процесса оформления сделки. Были сформулированы и предложены мероприятия по автоматизации этих операций.

Выполнен эксперимент по максимизации количества согласованных сделок и определены параметры модели, соответствующие этому значению.

Полученные оптимальные оценки использовались для проведения эксперимента по максимизации количества согласованных сделок (рис. 4).

Сравнение результатов проведенных экспериментов показано в таблице 3.

Таблица 3. Результаты экспериментов

Параметры	Регламент	Хронометраж рабочего дня	Оптимизация
Среднее время согласования, дни	5	10	6
Количество согласованных сделок	148	32	84

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

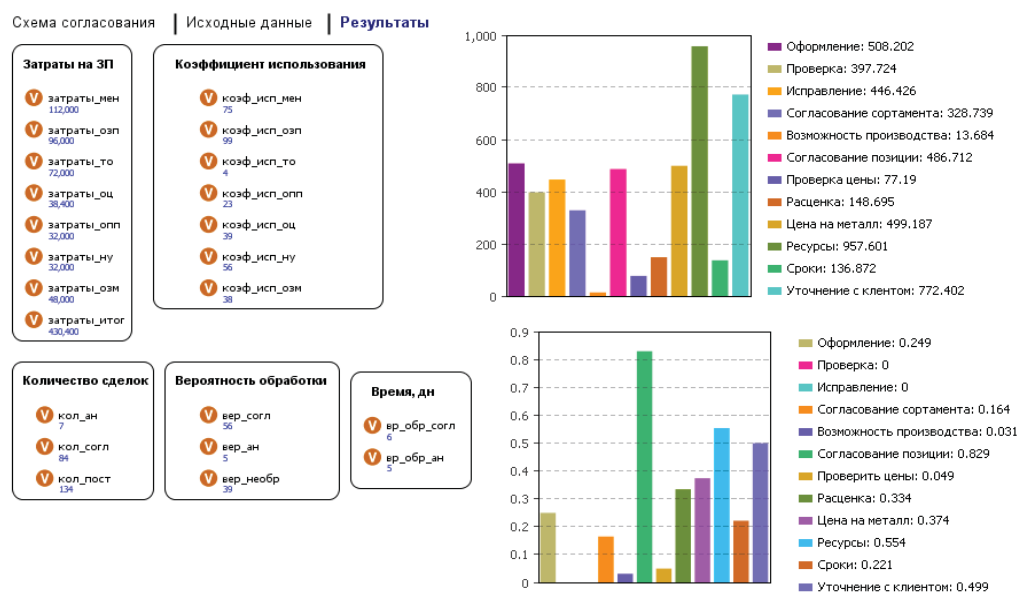


Рис. 4. Результаты эксперимента с оптимальными исходными данными

Выводы

Предложенный подход к моделированию и анализу слабоструктурированной системы позволяет разработать ее формальную имитационную модель, которая может быть использована для оптимизации организации исследуемого процесса.

Реализация оптимального варианта исследуемого процесса (согласования сделок на промышленном предприятии) позволит увеличить количество согласованных сделок в 3 раза и уменьшить длительность согласования сделок по сравнению с фактической на 40%.

Литература

1. Авдеева, З.К. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) / З.К. Авдеева, С.В. Коврига, В.С. Макаренко // Управление большими системами. – 2007. Вып. 6. – С. 26–39.
2. Каталевский, Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие. / Д.Ю. Каталевский. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015.
3. Новикова, Т.Б. Диаграмма BUSINESSPROCESSMODELANDNOTATION в социальных и экономических системах / Т.Б. Новикова // Международный журнал экспериментального образования. – 2017. – № 1. – С. 66–69.
4. Палей, А.Г. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsimi AnyLogic: учебное пособие / А.Г. Палей, Г.А. Поллак. – Санкт-Петербург: изд-во «Лань», 2019. – 208 с.
5. Palei, A.G. Building Models of Economic Systems Using Cognitive Methods./ A.G. Palei, G.A. Pollak, N.V. Kalashnikova, E.A. Konova // Innovation management and education excellence through vision 2020: Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference (IBIMA). – Milan: 2018. – С. 4062– 4070.