

ИНСТРУМЕНТ АНАЛИТИКИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК ANYLOGISTIX: СОВМЕЩЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.Г. Егоров (Санкт-Петербург)

О задачах в управлении цепями поставок

Математическое моделирование и прогнозная аналитика широко используются при решении бизнес-задач в управлении цепями поставок (ЦП) [1]. Эти задачи условно можно разделить на несколько классов по уровню абстракции (уровню детальности создаваемой модели).

Примеры проблем высокого уровня абстракции: выбор географического расположения узлов цепи поставок (складов, заводов), организация материальных потоков между узлами и мастер-планирование (рис. 1). Такие модели учитывают минимум деталей и представляют систему в упрощенном виде.



Рис. 1. Соотношение уровней абстракции и количества бизнес-задач управления ЦП

Проблемы среднего уровня абстракции: определение политик пополнения запасов и снабжения, оптимизация парка ТС и маршрутов, анализ пропускной способности узлов сети и др. К используемым данным добавляются учет временного фактора, стохастики, реальных значений параметров, описываются процессы и логика работы ЦП.

Наконец, среди проблем низкого уровня абстракции – определение влияния внутренней логики работы узлов сети на общую её эффективность и, например, планирование производства. Здесь мы не только учитываем процессы на уровне ЦП, но и детально рассматриваем отдельные ее узлы – анализируем бизнес-процессы на заводах, складах [2].

Чем ниже уровень абстракции, тем больше потенциальных задач и возможностей возникает для аналитика. Это обусловлено повышением уровня детальности, когда при добавлении новых деталей в модель появляются дополнительные возможности для улучшения работы системы.

Проблемы разного рода требуют применения разных подходов при моделировании. О совмещении разных методов имитационного моделирования (ИМ) для более удобного отображения бизнес-систем в модели уже писалось [3]. Однако мы поговорим о том, что для решения комплексных задач управления ЦП удобнее не только совмещать разные методы ИМ, но и использовать аналитическую оптимизацию для решения проблем верхнего уровня абстракции.

Обзор программных средств для управления цепями поставок

Основные методы решения задач в области управления ЦП в сегодняшней бизнес-практике составляют три класса: математическое моделирование в таблицах, аналитическая оптимизация и имитационное моделирование.

Мы остановимся в своем рассмотрении на аналитической оптимизации и имитационном моделировании как на методах, позволяющих решать наибольший объем задач.

Аналитическая оптимизация

Под методами аналитической оптимизации мы понимаем программные решатели, использующие, помимо прочего, методы линейного программирования, целочисленного программирования и эвристические алгоритмы (примером может служить инструмент IBM ILOG CPLEX®). Эти методы применимы к задачам, которые могут быть описаны системой линейных уравнений. В основном это задачи верхнего и верхне-среднего уровня абстракции, о которых мы говорили выше: например, определение оптимального расположения складов, фабрик, задание потоков между ними и определение их параметров.

Аналитическая оптимизация хорошо справляется с задачами большой размерности – это ее главное преимущество. При этом аналитические модели не могут в полной мере описать реальную цепочку поставок, т.к. данный подход предполагает значительное количество упрощений и обобщений при моделировании ЦП. Например, предполагается, что все события в ЦП равномерно распределены внутри моделируемого периода (модель имеет дело с усредненными данными и не учитывает неравномерность происходящего в реальной жизни) [4].

Кроме того, за рамками рассмотрения данного подхода остаются неопределённость (случайные события, величины) и логика (правила работы ЦП).

В дополнение к этому, такие модели являются для пользователей «чёрным ящиком»: они лишь загружают в модель входные данные и получают результаты; у рядового пользователя нет понимания, как был получен результат. Часто сложно понять, что именно могло привести к недостижимому результату и где заключается ошибка в модели [2].

Имитационное моделирование

По своей природе ИМ учитывают динамику и специфическую логику работы системы, в отличие от аналитических методов. По сравнению с аналитическими моделями, ИМ добавляют для пользователя возможность наблюдать, как цепочка поставок работает в динамике. Пользователь может задать правила взаимодействия элементов ЦП и наблюдать динамику их взаимодействия – это позволяет понять причинно-следственные связи в работе системы, а также отследить причину ошибок и недостижимых результатов [4].

Кроме того, ИМ может и должна учитывать случайные события в системе и вариативность параметров, внося в модель меру неопределённости, присущую реальному миру [3].

Важно, что ИМ дает возможность описать ЦП с необходимым уровнем деталей, включая моделирование внутренних процессов узлов сети (процессы обработки грузов на складе, производственные процессы на заводе и др.). Это позволяет аналитику посмотреть на систему поставок в целом и лучше понять взаимосвязи между явлениями в системе [1].

При этом, естественно, при разработке модели нужно тщательно подбирать уровень деталей, необходимый для решения задачи, т.к. слишком много деталей может привести к медленной работе имитации. Также из-за большого количества деталей время разработки имитационных моделей может значительно превышать время для разработки аналитических моделей.

Недостатком имитационного метода видится тот факт, что оптимизация имитационных моделей кардинально отличается от аналитической оптимизации. Оптимизация больших моделей может занять значительное время из-за длительного времени каждого прогона модели.

ИМ при моделировании ЦП можно использовать на любом уровне абстракции, но наиболее удобно это делать на среднем и низком уровнях, когда надо отразить большее количество деталей. Например, при определении политик формирования запасов, анализе рисков (здесь играет роль учет стохастики), оценке вместимости склада и др.

Разумным видится использование каждого из двух методов для решения своего класса задач. При этом аналитическое моделирование помогает аналитику составить план работы ЦП, а ИМ помогает понять, как именно должна работать цепь поставок в деталях.

Стоит отметить, что чем более компания старается внедрить методы lean-управления, тем больше становится потребность в использовании имитационного моделирования.

anyLogistix – инструмент аналитики цепей поставок

Поскольку для управления ЦП аналитическое и имитационное моделирование удобно использовать вместе, целесообразным выглядит создание ПО, которое совмещало бы в себе эти возможности. Компания AnyLogic воплотила эту идею в инструменте anyLogistix (ALX).



Рис. 2. Методы моделирования и оптимизации anyLogistix

anyLogistix использует аналитическую оптимизацию от IBM ILOG CPLEX и возможности имитационного моделирования среды AnyLogic (рис. 2). anyLogistix представляет собой программу для аналитиков цепей поставок с дружественным интерфейсом, который позволяет быстро строить модели ЦП. Пользователь задает данные через таблицы (возможен импорт), настраивает эксперименты и отображение результатов; при этом навыки программирования не требуются.

Отличие anyLogistix от аналогов в том, что это полностью расширяемый инструмент. Можно отразить в модели любое нестандартное поведение: при необходимости пользователь может расширять модель ALX с помощью AnyLogic и Java, что предоставляет возможности в моделировании, ограниченные лишь временем и навыками. Более того, с помощью интеграции с AnyLogic можно моделировать внутренние процессы узлов сети: например, производственные процессы на заводе.

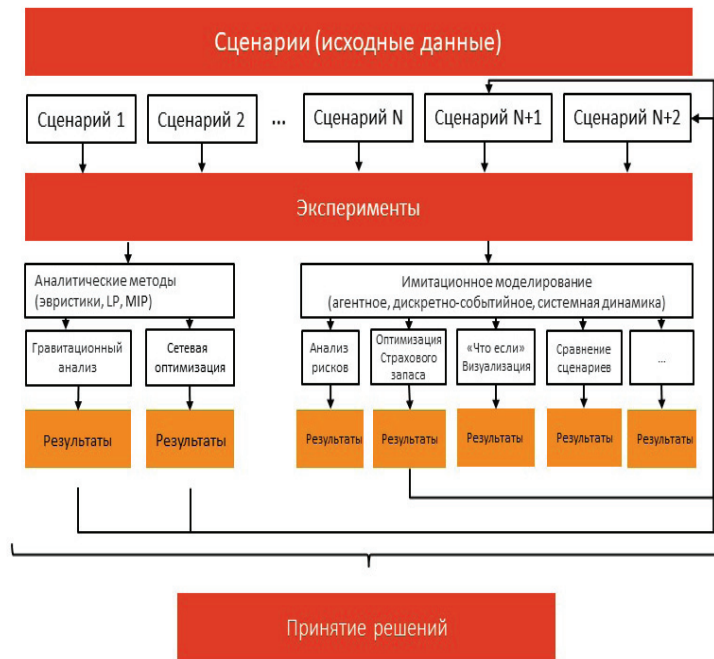


Рис. 3. Возможная схема работы с anyLogistix

Схема работы с anyLogistix выглядит следующим образом: с наборами исходных данных, или сценариями, по порядку могут проводиться различные эксперименты, как аналитические, так и имитационные (рис. 3). Результаты каждого эксперимента могут быть сконvertированы в новый сценарий для новых экспериментов. Это позволяет поступательно двигаться от высокоуровневых задач (расположение складов) к более низкоуровневым (политики снабжения); от аналитических моделей – к имитационным.

ALX предоставляет визуализацию модели на ГИС, которая позволяет наблюдать за работой системы в динамике и визуально валидировать модель (рис. 4).

Наконец, ALX позволяет собирать детальную статистику о работе ЦП (использовать стандартную или задавать свою).

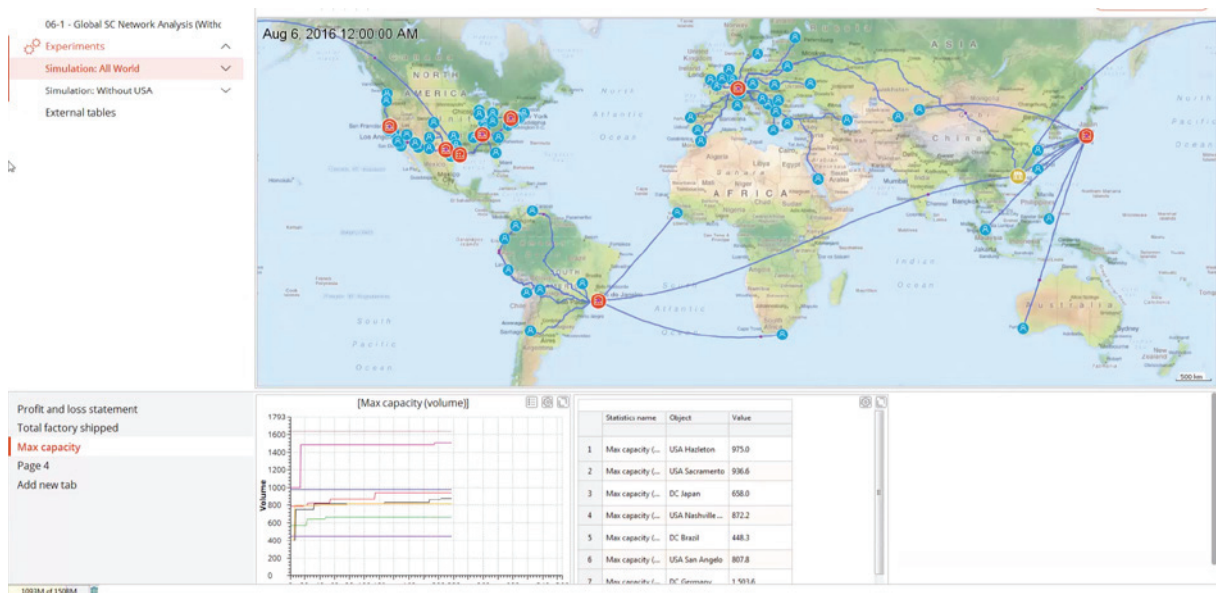


Рис. 4. Скриншот интерфейса anyLogistix

Первая версия anyLogistix появилась в конце 2015 года, с тех пор уже появилась бесплатная версия для образовательных целей (www.anylogistix.ru/personal-learning-edition/), а также обучающая книга (www.anylogistix.ru/resources/books/alx-textbook/). Существует несколько удачных кейсов коммерческого внедрения программы в России и в мире [6].

Выводы

Аналитикам цепей поставок требуется использовать как инструменты аналитической оптимизации, так и имитационное моделирование. До недавнего времени ощущалась острая нехватка инструмента, который бы в полной мере предоставлял возможности обоих подходов под единым интерфейсом.

Эти потребности удовлетворяет инструмент anyLogistix, созданный специально для аналитиков ЦП. Кроме того, anyLogistix полностью интегрирован с инструментом ИМ AnyLogic, что дает аналитику полную гибкость в отражении реальных процессов в модели. Узнать больше о программе можно на сайте www.anylogistix.ru.

Литература

1. **Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B.** Literature review on disruption recovery in the supply chain // *International Journal of Production Research*. 2017. Vol. 55. Issue 20.
2. **Попков Т.** Семинар по anyLogistix в Москве. Теоретическая часть и презентация ПО. URL: https://www.youtube.com/watch?v=kDEu_-4qayw
3. **Борщёв А.** Как строить простые, красивые и полезные модели сложных систем. // Материалы конф. «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД. Казань, 2013.
4. **Ivanov D.** Simulation-based single vs dual sourcing analysis in the supply chain with consideration of capacity disruptions, Big Data and demand patterns // *International Journal of Integrated Supply Management*. 2017. Vol. 11(1).
5. Сайт anyLogistix. URL: www.anylogistix.ru.
6. Кейсы применения anyLogistix на сайте ПО. URL: www.anylogistix.ru/case-studies
7. **Ivanov D., Sokolov B., Solovyeva I., Dolgui A., Ferry Jie.** Dynamic Recovery Policies for Time-Critical Supply Chains under Conditions of Ripple Effect // *International Journal of Production Research* on 13.03.2016.