

7. Dubolazov A., Lukashevich N., Simakova Z., Temirgaliev E. THE METHOD OF CALCULATING THE NUMBER OF TRUCK STOPS В сборнике: E3S Web of Conferences 2019. С. 02057.

УДК 004.04

Мусихин Роман Геннадьевич
Musihin R.G.

musihin.rg@edu.spbstu.ru

Темиргалиев Егор Руанович
Temirgaliev E.R.

старший преподаватель

temirg_er@spbstu.ru

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – СЛЕДУЮЩИЙ ШАГ В ЦИФРОВИЗАЦИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

SIMULATION MODELING - THE NEXT STEP IN DIGITIZING SUPPLY CHAINS

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Высшая школа управления и бизнеса
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,
Graduate School of Business and Management

***Аннотация.** В работе показан способ повышения эффективности создания систем распределения готовой продукции с помощью современных цифровых платформ имитационного моделирования.*

***Abstract.** The work shows a way to increase the efficiency of creating distribution systems for finished products using modern digital simulation platforms.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование, агентное моделирование, системы распределения готовой продукции.*

***Key words:** simulation modeling, agent modeling, distribution systems of finished products.*

***Актуальность.** В современных условиях объемов и доступности информации конкурентное преимущество возможно получить за счет методов обработки и использования данной информации. С учетом стохастической природы многих данных, возникающих в бизнес-процессах, все более актуальным является использования инструментария имитационного моделирования.*

Цель исследования. Показать применимость использования инструментария имитационного моделирования для создания цепей распределения готовой продукции.

Задачи исследования. Определить при помощи построения имитационной модели места расположения распределительных хабов.

Результат исследования. В современном мире по мере роста процессов глобализации логистические системы стали гораздо большим, чем просто цепочками материальных потоков отдельно взятых компаний. Они предполагают сотрудничество не только между компаниями-партнёрами, но и между фирмами, которые также являются конкурентами. Эти процессы интеграции со временем набирают обороты и приводят к крупным производственным объединениям с многоуровневой логистической сетью. Как следствие, чтобы принять решение об изменении участка логистической цепи одного предприятия, приходится проводить анализ всего комплекса логистических цепочек различных предприятий для принятия оптимального решения. Сложность анализа таких систем возрастает в разы, а количество структурных элементов цепей поставок исчисляется сотнями и даже тысячами элементов.

Возникает необходимость построения моделей таких систем – путём исключения деталей, не имеющих отношения к рассматриваемой задаче в модели, оставляют лишь те свойства реального объекта моделирования, которые в данном случае являются существенными. Количество входных данных заметно уменьшается и анализ становится проще.

Введение в моделирование

В целом, можно сказать, что моделирование – это один из способов решения проблем, возникающих в реальном мире. Во многих случаях невозможно найти правильные решения, экспериментируя с реальными объектами. Внесение изменений может быть слишком дорогим, опасным или просто невозможным. В таких случаях рационально построить модель реальной системы - ее представление на основе выбранного языка моделирования с необходимым уровнем абстракции – масштабом детализации модели по сравнению с реальной системой.

Перед началом построения модели необходимо определить язык моделирования. Выбор зависит в первую очередь от моделируемого объекта или процесса. Выделяют три основных вида моделей:

- эвристические,
- натурные,
- математические.

Эвристические модели чаще всего используются для описания относительно простых объектов и процессов, которые не требуют

формализованного представления и могут быть основаны на образах, представлениях и ассоциациях в воображении человека.

Натурные модели напротив имеют физическую форму и чаще всего представляют собой копию реального объекта в масштабе, либо же копию натуральной величины с меньшим уровнем детализации. Чаще всего подобные модели используются при проектировании и строительстве различных объектов.

Математические модели широко распространены в бизнес-сообществе и являются неотъемлемой частью любой компании: аналитические модели и основанные на них схемы и графики, электронные таблицы, имитационные модели. Именно программные продукты, способные строить компьютерные модели реальных объектов и процессов стали активно развиваться в последние годы, вытесняя собой другие методы моделирования.

Под методом имитационного моделирования подразумевается общая основа для сопоставления реальной системы с ее моделью. На сегодняшний день существует три способа построения имитационных моделей:

- системная динамика;
- дискретно-событийное моделирование;
- агентное моделирование.

Моделирование объектов системной динамики выполняется с помощью численных методов, которые разделяют моделируемое время на дискретные интервалы длины dt и используют их в качестве единицы времени.

Системная динамика предполагает очень высокий уровень абстракции и позиционируется как метод стратегического моделирования. В моделях системной динамики отдельные элементы системы (люди, точки спроса, контрагенты и другие) никогда не появляются в качестве обособленных элементов системы. Они объединяются в группы, которые в свою очередь могут быть сегментированы по набору заданных параметров.

Модель, построенная с использованием дискретно-событийного моделирования, задается графически как блок-схема процесса, где блоки отражают операции или события, происходящие в системе. Блок-схема обычно начинается с «входных» блоков, которые генерируют объекты и внедряют их в процесс, и заканчивается «выходными» блоками, которые удаляют объекты из модели.

Диаграмма этого типа знакома миру как диаграмма состояний. Относительная простота и доступность данного типа моделирования является одной из причин, по которой дискретное моделирование

событий стало наиболее успешным методом, используемым непосредственно на предприятиях.

Агентное моделирование предлагает моделлеру еще один способ взглянуть на систему. Довольно часто из-за масштабов и сложности рассматриваемой системы становится невозможно понять, как ведет себя система в целом, каковы ключевые переменные и зависимости между ними, определить все процессы, протекающие между объектами системы. При этом специалист, моделирующий систему, может иметь некоторое представление о каждом объекте системы в отдельности. Благодаря имитационному моделированию появляется возможность построения модели по принципу снизу вверх, выделяя отдельные объекты (агенты) системы и определяя их поведение. Таким образом, связывая агенты друг с другом и позволяя им взаимодействовать или же помещая их в среду, которая может иметь свою собственную динамику, моделируется поведение системы в целом. Стандартных языков для агентного моделирования не существует.

Выбор метода должен основываться на моделируемой системе и цели моделирования, хотя зачастую на его выбор сильнее влияют внешние факторы или доступный набор инструментов создателя модели.

Рассмотрим, казалось бы, довольно тривиальную задачу определения месторасположения хабов - распределительных центров в сложной логистической структуре на базе трёх автомобилестроительных предприятий-партнёров на территории Российской Федерации. В логистическую структуру данного объединения входит четыре автомобилестроительных завода и около тысячи направлений доставки.

В обычной ситуации было бы логично обратиться к уже проверенному методу определения центра тяжести системы распределения. Данный метод — это быстрый подход, позволяющий получить математически оптимальный ответ. Обычно, когда решаемая проблема является относительно простой, то есть, когда требуется найти только одно оптимальное местоположение склада в существующей логистической цепи, данный метод можно считать оптимальным. Это связано с тем, что нахождение оптимального ответа в этом сценарии не требует нескольких итераций, которые занимают много времени. Для применения данного метода необходимо нанести на карту района обслуживания координатные оси и найти координаты точек, в которых размещены потребители материального потока. Координаты центра тяжести грузовых потоков, в которых может быть размещен склад, определяются по формулам:

$$X_{\text{склад}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma p_i X_i}{\sum_{i=1}^n \Gamma p_i},$$

$$Y_{\text{склад}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma p_i Y_i}{\sum_{i=1}^n \Gamma p_i},$$

где Γp_i – грузооборот i -го потребителя,
 X_i, Y_i – координаты i -го потребителя,
 n – количество потребителей.

На практике, метод определения центра тяжести обычно применяется в электронных таблицах с использованием координат точек спроса на карте в сочетании с данными формулами для расчета оптимальных координат местоположения складских мощностей.

Однако, данный метод имеет свои недостатки – возрастающую трудоёмкость по мере увеличения масштаба рассматриваемой логистической цепи и невозможность определения сразу нескольких местоположений распределительных центров, что критично, учитывая размеры нашей страны.

Учитывая масштаб реальной системы, оптимальным решением может стать построение модели логистической сети на основе агентного подхода, специально заточенного под моделирование больших многоуровневых систем благодаря возможностям одновременного генерирования большого количества объектов, их состояний, действий между ними, и инструментам отображения объектов и результатов модели в 2D и 3D пространстве.

Одним из наиболее популярных и интуитивно понятных в использовании программных продуктов в сфере имитационного моделирования логистических сетей является программное обеспечение anyLogistix. Именно с помощью данного инструмента мы попытаемся решить поставленную задачу.

Определение местоположения хабов

В anyLogistix все действия над моделью осуществляются при помощи экспериментов. Раздел GFA позволяет проводить два типа экспериментов:

- GFA experiment – аналог классического метода определения центра тяжести, использующий данные по объёмам спроса различных клиентов и расстояния по прямой до них;

- GFA with roads experiment – усовершенствованный метод определения местоположения склада на основе классического метода определения центра тяжести. Однако, вместо прямых расстояний до клиентов данный метод использует данные о реальных дорогах на основе геоинформационных карт. Таким образом, увеличивается точность данного метода, а также нивелируется один из его основных недостатков – необходимость вручную определять точное местоположение склада, в

зависимости от существующей инфраструктуры. Так как оригинальный метод определения центра тяжести использует прямые расстояния до городов доставки, найденные координаты местоположения склада могут оказаться в любой точке на карте – на горе, по среди леса, на озере и так далее. AnyLogistix исправляет этот недостаток в эксперименте GFA with roads.

Исходные данные о логистической сети могут вноситься как в самом программном обеспечении, так и с помощью баз данных, что значительно облегчает процесс при работе с такими массивами данных.

Пожалуй, основной сложностью использования традиционного метода определения центра тяжести для больших логистических сетей является необходимость поиска координат точек спроса. AnyLogistix нивелирует эту проблему при помощи геоинформационных карт – моделлеру достаточно указать наименования населённых пунктов в исходных данных модели и задать им условие автоопределения местоположения, чтобы они автоматически отобразились в нужном месте на карте, подключённой к программному обеспечению. Таким образом, модель тут же получает наглядное представление на динамичной геоинформационной карте.

В местах расположения точек спроса при этом автоматически будут созданы агенты – структурные элементы модели, имеющие свои модели поведения, основанные на диаграммах состояний (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Пример диаграммы состояний агента точки спроса

Так, приведённая в примере диаграмма состояний отображает действия, происходящие с агентом (или состояний, в которых он прибывает) в процессе доставки требуемой ему продукции. Так, входной блок «IncomingShipment» означает, что продукция, ранее запрошенная агентом, была отправлена ему с производства. Агенту при этом присваивается состояние ожидания. Время в дороге при этом отражается следующим блоком «IncomingShipmentProcessing», по сути являющимся временным лагом длиной в количество времени, необходимого для доставки. По прибытии груза на территорию агента-заказчика, состояние агента меняется в блоке «processingAtGates», отражающего процедуру заезда транспортного средства на территорию агента-заказчика. За этим следует процесс разгрузки в блоке «unloadShipment», после которого транспортное средство может быть отправлено либо обратно в точку отправления, либо к другому агенту-заказчику для разгрузки остатка товара. В диаграмме состояний это отражается ветвлением

«isFinalDestination» с возможными вариантами «disposeShipment» и «sendShipmentToNextDestination».

Каждый агент модели основан на таких диаграммах состояний, посредством которых моделируются его свойства в реальной системе. Как было сказано ранее, anyLogistix позволяет определить сразу несколько местоположений распределительных центров. В данном примере мы рассмотрим два таких центра. Необходимое количество указывается перед запуском модели графе «Number of sites».

После ввода всех данных можно запустить модель (см. рисунок 2).



Рисунок 2 – Результаты эксперимента с поиском двух местоположений хабов

AnyLogistix определил два оптимальных местоположения хабов и отобразил их на карте. Помимо этого, он отразил маршруты до агенто-заказчиков, обслуживаемых данными хабами. Всё это сделало модель более наглядной и одновременно более точной благодаря использованию данных о реальных дорогах из геоинформационных карт.

На сегодняшний день традиционные методы представления моделей реальных систем всё меньше соответствуют вызовам и задачам, возникающим в логистике. Таблицы и схемы становятся громоздкими, аналитические методы представления требуют серьёзных трудозатрат и специальных навыков в том числе от заказчиков модели. Неудивительно, что на этом фоне инструменты имитационного моделирования кажутся крайне перспективной технологией – с одной стороны, они имеют широкий функционал для построения моделей даже очень сложных многоуровневых логистических систем, с другой, интерфейс данных продуктов стал проще и интуитивно понятней для конечного пользователя – логиста. Таким образом, имитационное моделирование перестало быть привилегией людей с техническим образованием, а стало полноценным инструментом современного логиста.

Вывод. Вполне возможно, что уже совсем скоро имитационное моделирование станет неотъемлемым инструментом большинства специалистов по логистике. Конечно, до конца заменить опыт, знания и

креативные идеи сотрудников подобные программы не смогут, но точно станут важным шагом в цифровизации цепей поставок.

ЛИТЕРАТУРА::

1. Боев В.Д. Имитационное моделирование систем : учеб. пособие для прикладного бакалавриата / В. Д. Боев. М. : Издательство Юрайт, 2019. 253 с.
2. Лимановская О.В., Алферьева Т.И. Моделирование производственных процессов в AnyLogic 8.1 : лабораторный практикум. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. 136 с.
3. Логистика: интегрированная цепь поставок / Доналд Дж. Бауэрсокс, Дэйвид Дж. Клосс. – Москва: Олимп-Бизнес, 2017. – 635 с.
4. Dubolazov A., Lukashevich N., Simakova Z., Temirgaliev E. The method of calculating the number of truck stops В сборнике: E3S Web of Conferences 2019. С. 02057.
5. Логистика: интеграция и оптимизация логистических бизнес–процессов в целях поставок / В. В. Дыбская [и др.]. – Москва: Эксмо, 2014. – 939 с.
6. Pyin I.V., Piashenko O.Yu., Makov K.M., Frolov K.V. Developing a reference model of the information system architecture of high-tech enterprises Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2015. № 5 (228). С. 97-107.
7. Логистика / В.П. Мельников, А.Г. Схирладзе, А.К. Антонюк. - М.: Юрайт, 2014. - 288 с.