

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОГРУЗО-РАЗГРУЗОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ

В.О. Сумятина, Д.О. Шкляев (Санкт-Петербург)

Исследование проблем, имеющих место в процессе развития теории и практики логистики, осуществляется с учетом применения системного подхода и современных интеллектуальных технологий, таких как имитационное моделирование. Наряду с другими, особенно важна такая подсистема логистики, как транспортная логистика. Функционал транспортной логистики активно используется в самых различных отраслях экономики. Например, вертикально интегрированные нефтяные компании создают сложные цепи поставок, между звеньями которых используются методы и средства логистики транспортировки, для доставки нефти от месторождения на заводы, где происходит нефтепереработка, затем – отгрузка, и впоследствии – для перевозки и слива различных нефтепродуктов многочисленным потребителям в Российской Федерации и за рубежом.

Актуальность выбранной темы научной работы обусловлена необходимостью изучения различного программного обеспечения (далее – ПО), которое сопровождает выше названные логистические бизнес-процессы.

Целью данной научной работы является сравнительный анализ таких подходов в имитационном моделировании, как агентное моделирование и системная динамика, применительно к логистическим процессам, а именно процессу слива-налива нефтепродуктов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать ПО, которое может быть использовано при моделировании логистических процессов;
- разработать принципы построения модели для процесса слива-налива нефтепродуктов в среде AnyLogic.

Объектом исследования являются подходы к имитационному моделированию (агентное моделирование и системная динамика).

Предметом исследования является программное обеспечение, которое может быть использовано при моделировании различных процессов, например, логистических.

Современные исследования утверждают, что лица, принимающие решения, действуют в условиях сложной и быстроменяющейся окружающей среды, для которой характерно то, что:

- необходимо принимать несколько решений для достижения поставленной цели, каждое из которых рассматривается в контексте остальных решений;
- принимаемые решения не являются независимыми; каждое следующее решение ограничено последствиями ранее принятых решений и в свою очередь накладывает ограничения на следующие решения;
- среда принятия решений изменяется сама по себе, а также вследствие принимаемых решений;
- решения принимаются в реальном времени.

Основы исследований по принятию решений в динамической среде были заложены японским исследователем М. Тодом. Далее свой вклад в данную область внесли А. Рапопорт, Д. Стерман и пр., а в конце 1970-х – начале 1980-х гг. многие исследования в области принятия решений стали проводиться на основе экспериментов в рамках статичных систем. Однако, со временем выводы таких исследований были подвергнуты критике и возникла необходимость в проведении экспериментов в области принятия решений в динамических системах. Появились исследования, в которых испытуемые должны были принимать решения в экспериментальных системах, включавших в себя обратную связь, эффекты запаздывания во времени и нелинейное поведение. Это стало возможным благодаря использованию компьютерных имитационных моделей[3].

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

В настоящее время все большее распространение получает так называемая «экономика сложности», опровергающая тезис о стремлении к максимизации полезности при принятии решении человеком, как экономическим агентом. Например, Г. Саймон считал, что при принятии решений человек стремится принять наиболее удовлетворительное решение, которое даст средний результат[4].

Представление об экономике как о сложной адаптивной системе создает необходимость поиска и внедрения новой методологии, позволяющей моделировать процессы. Поведение системы образуется из взаимосвязей множества агентов, каждый из которых обладает определенными особенностями поведения.

Одно из наиболее полных определений агентов представили Ч. Макал и М. Норт, согласно которому агенты должны обладать следующими характеристиками:

- агент идентифицируем, т.е. обладает набором свойственных ему характеристик и принципов, определяющих его поведение и процесс принятия решений; автономен и может принимать решения с учетом взаимодействия с другими агентами, при этом действуя независимо;
- у агента есть определенная цель, оказывающая влияние на его поведение;
- агент самообучаем [2].

Еще одним подходом к моделированию является системная динамика.

Системная динамика представляет собой методологию изучения и моделирования систем, которые характеризуются циклами обратных связей в сложных взаимных причинных зависимостях их параметров.

Данный подход к моделированию был разработан Дж. Форрестером в 1950-х годах. Процессы, которые происходят в реальном мире, в системной динамике характеризуются терминами накопителей (stocks), потоками между данными накопителями (flows) и информацией, которая определяет величину данных потоков[5].

Системная динамика абстрагируется от отдельных объектов и событий и предполагает «агрегатный» подход на процессы.

В системной динамике моделирование - это множество взаимодействующих положительных и отрицательных обратных связей и задержек, причем структура системы предопределяет ее поведение. То есть после того, как модель построена, возможно применить симуляцию числовых показателей, которая в виде графика или таблицы представит поведение системы.

Основными преимуществами агентного моделирования по сравнению с системной динамикой являются:

- моделирование поведения каждого из агентов, соответственно, получение неусредненных результатов;
- возможность адаптации (модификация структуры модели с целью более эффективного действия в окружающей среде);
- наличие механизма формирования цели и механизма взаимодействия (коммуникации и кооперации) агентов.

Основным недостатком агентного моделирования по сравнению с системной динамикой является то, что зачастую сложно разработать детальную агентную модель, в которой учитывались бы все причинно-следственные связи, влияющие на решение агента[4].

Ниже представлена сравнительная таблица (табл. 1) двух подходов к имитационному моделированию.

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

Таблица 1 – Сравнительная характеристика подходов к имитационному моделированию [4]

Параметр	Системная динамика	Агентное моделирование
Базовый элемент модели	Петля обратной связи	Агент
Область анализа	Структура системы	Правила поведения агента
Уровень моделирования	Макроуровень	Микроуровень
Направление моделирования	Сверху вниз	Снизу вверх
Время	Непрерывное	Дискретное
Аппарат в основе моделирования	Математика (дифференциально-интегральные уравнения)	Логика (поведение)

В настоящее время существует большое количество программ, в которых возможно проводить имитационное моделирование. Одной из данных программ является продукт AnyLogic.

AnyLogic –инструмент, который охватывает основные направления моделирования: системную динамику, агентное моделирование и пр.

Базовая концепция AnyLogic заключается в том, что модель описывается набором взаимодействующих и параллельно функционирующих активностей, где активный объект имеет своё собственное функционирование и взаимодействие с окружением. «Активные объекты могут динамически порождаться и исчезать в соответствии с законами функционирования системы» [6].

Графическая среда моделирования AnyLogic способна поддерживать следующие процессы:

- проектирование;
- разработка;
- документирование модели;
- выполнение компьютерных экспериментов с моделью.

Существует несколько этапов построения модели. Данные этапы представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Этапы моделирования

№	Название этапа	Результат
1.	Анализ системы	Понимание функционирования системы, ее структуры, протекающих в ней процессов.
2.	Формулировка цели моделирования системы	Составление перечня задач, которые необходимо решить с помощью будущей модели, в т.ч. список входных и выходных параметров модели, исходных данных и критериев завершенности будущего исследования.
3.	Разработка концептуальной структуры модели	Структура модели и её существенных процессов, список допущений, описание управляющей логики для подсистем.
4.	Реализация модели в среде моделирования	Реализованные подсистемы со свойственным поведением, их параметры и переменные, реализованная логика и связи подсистем.
5.	Реализация анимационного представления модели	Анимационное представление модели.
6.	Проверка корректности реализации модели	Верификация корректного отображения процессов реальной системы модели для дальнейшего анализа.
7.	Калибровка модели	Фиксация значений параметров, коэффициентов уравнений и распределений случайных величин, отражающих те ситуации, для анализа которых модель будет использоваться.
8.	Планирование и проведение компьютерного эксперимента	Результаты моделирования – графики, таблицы, решающие поставленные задачи.

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

В связи с тем, что поведение каждого из участников процесса погрузочно-разгрузочных операций с нефтепродуктами, является уникальным, для целей построения модели выбрано агентное моделирование в среде AnyLogic.

Примеры эскиза агентного моделирования работы автозаправочной станции с четырьмя колонками, осуществляющих заправку автомобилей тремя видами топлив, представлены на рис. 1 и 2.

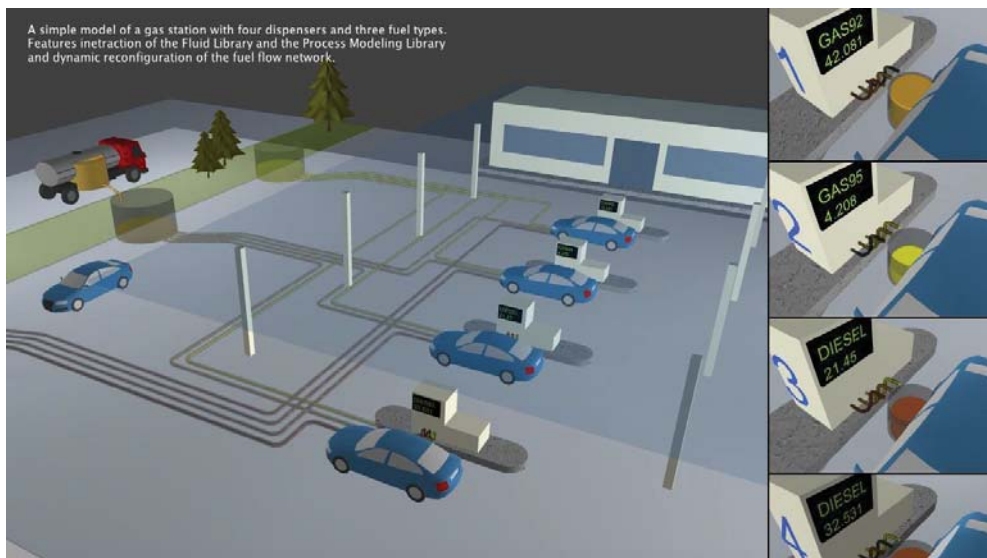


Рис. 1 – Визуальное изображение работы АЗС в ПОAnyLogic

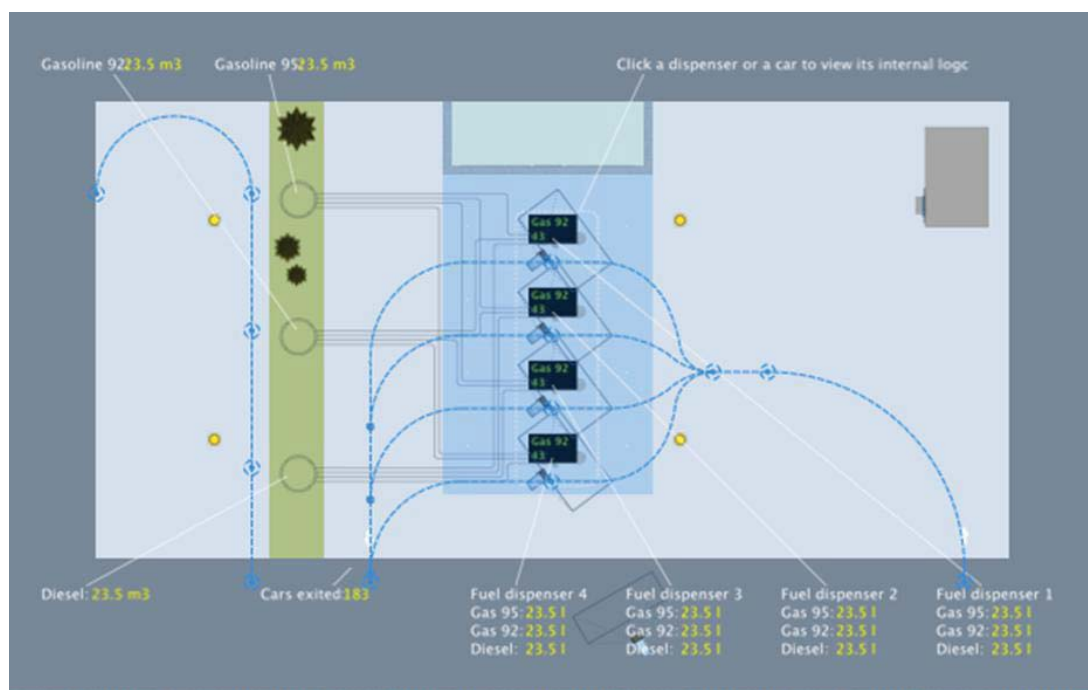


Рис. 2 – Структура имитационной модели работы АЗС в ПО AnyLogic

Агентами в вышеназванной модели являются:

1. Легковые автомобили, которые приезжают для заправки нефтепродукта;
2. Бензовозы, которые приезжают для слива нефтепродукта;
3. Колонки, которые отгружают нефтепродукт в легковые автомобили.

Экологические инициативы российских нефтяных компаний в сфере корпоративной социальной ответственности предусматривают реализацию топлив, оказывающих менее негативное влияние на окружающую среду. Современные автозаправочные станции осуществляют

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

заправку транспортных средств в том числе сжиженным углеводородным газом (пропан, бутан и их смеси), который используется в качестве альтернативного топлива для заправки автомобилей. «Использование газомоторного топлива в настоящее время очень актуально, ведь ежегодно отечественным автопарком, состоящим из более 34 млн единиц транспортных средств, вместе с отработавшими газами выбрасывается 14 млн тонн вредных веществ. А это составляет 40% от общих промышленных выбросов в атмосферу» [8].

В этой связи, к существующей модели был добавлен резервуар LPG (Liquefied petroleum gas), то есть резервуар, в который поступает сжиженный углеводородный газ, впоследствии направляемый в колонки как дополнительный четвертый вид топлива (к существующим АИ-92, АИ-95, Дизель) (см. рис. 3).

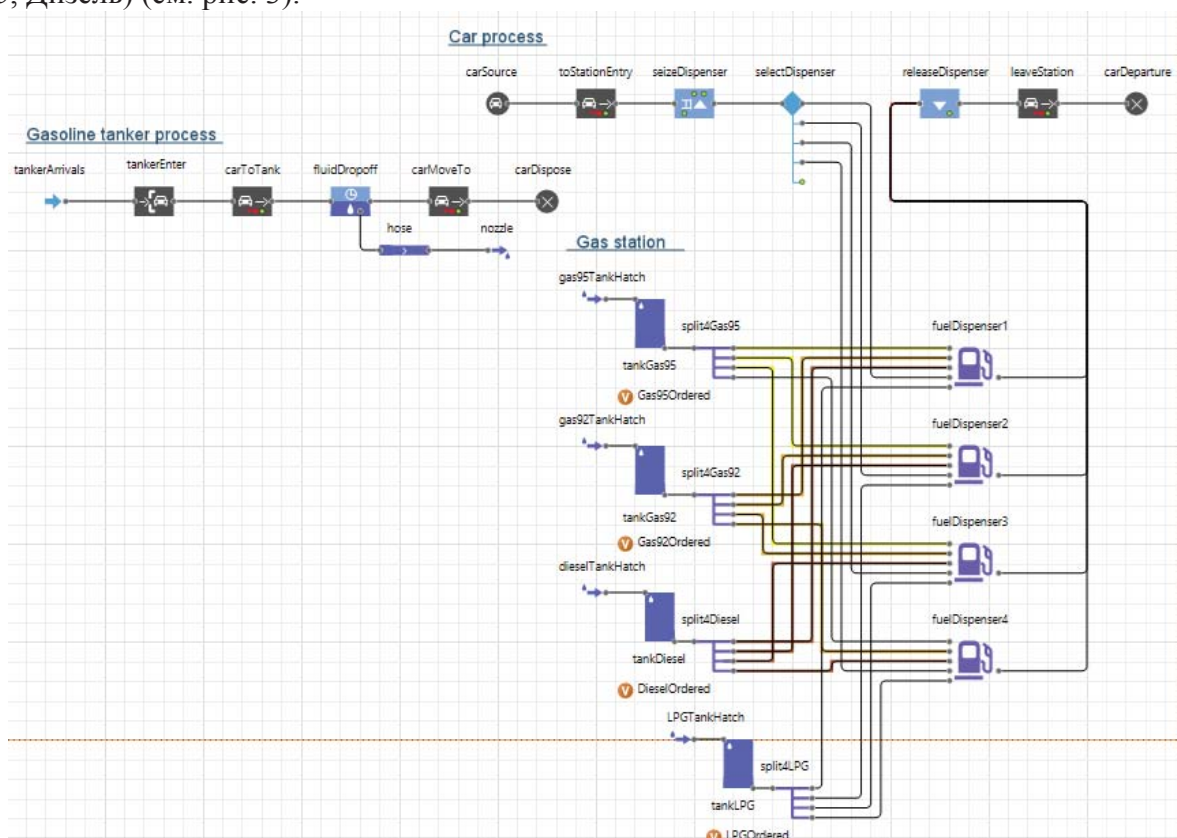


Рис. 3 – Поточковая диаграмма в среде разработки AnyLogic

Производственная цепочка берет свое начало с резервуаров, наполняемых бензовозами конкретными топливными продуктами. По условию, данные резервуары наполняются тогда, когда уровень содержимого падает до минимальной отметки 3 м³ (объект «tankerArrivals»). Подсоединив сливное устройство к приемному резервуару соответствующим видом топлива, бензовоз сливает нефтепродукты («fluidDropoff») в резервуар. Впоследствии нефтепродукты поступают в колонки во время заправки легковых автомобилей. Схема работы колонки представлена на рис. 4.

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

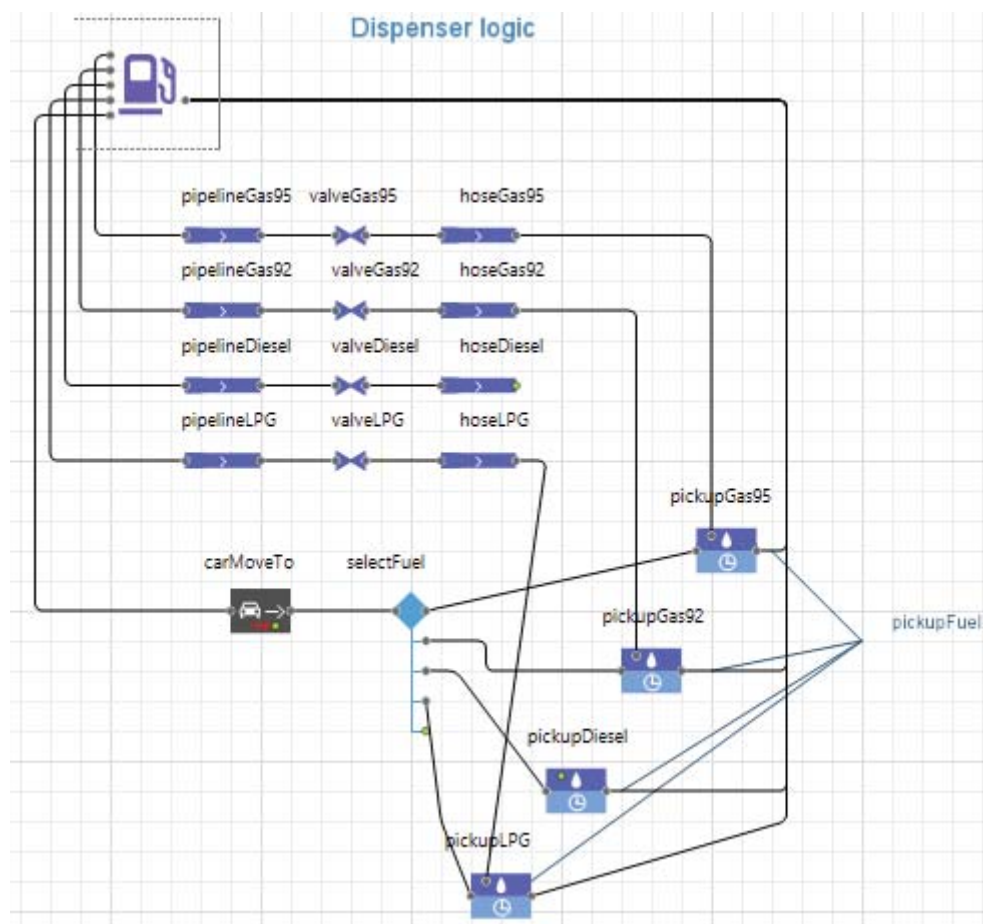


Рис. 4 – Детализация потоковой диаграммы в части работы колонки («fuelDispenser»)

При заправке водитель заезжает на площадку АЗС, подъезжает к одной из колонок («seizeDispencer»), выбирает вид топлива («selectDispenser»), заправляет легковой автомобиль и уезжает с площадки. Объект «pickup[Fuel]» в момент наполнения полного бака автоматически прекращает процедуру налива топлива в легковой автомобиль.

Таким образом, в настоящее время для целей моделирования процессов (например, логистических) могут быть использованы такие виды имитационного моделирования, как агентное моделирование и системная динамика. Агентное моделирование предполагает разработку модели поведения каждого из агентов. Системная динамика же абстрагируется от отдельных объектов и событий и предполагает «агрегатный» подход на процессы.

В заключение отметим, что результатами исследования стали:

- Краткая теоретическая справка об истории и понятии моделирования;
- Сравнительная характеристика подходов к имитационному моделированию;
- Проанализированное ПО, которое может быть использовано при моделировании логистических процессов;
- Эскиз модели агентного моделирования работы АЗС;
- Разработанный принцип построения модели для процесса слива-налива нефтепродуктов в среде AnyLogic.

В связи с тем, что в текущей работе представлена только часть цепочки поставок топлива от НПЗ до конечного потребителя, в дальнейших работах авторов текущей работы возможно представить эскиз разработанной модели по отгрузке нефтепродуктов с НПЗ.

Литература

1. Боев В.Д., Кирик Д.И., Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование: пособие для курсового и дипломного проектирования. – СПб.: ВАС, 2011. – 348 с.

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

2. Григорьева, А.Н., Лисин, Е.М., Стриелковски, В. Применение агентного подхода для моделирования экономического поведения энерготрейдеров на оптовом рынке электрической энергии. – СПб.: СПбУТУиЭ, журнал «Экономика и управление», №1 (87), 2013. – 103-108 с.
3. Каталевский, Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. / Д.Ю. Каталевский. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 496 с., ил.
4. Каталевский, Д.Ю. Системная динамика и агентное моделирование: необходимость комбинированного подхода. / Д. Ю. Каталевский, МРА, к.э.н, МГУ. – Interactive Labs of Any Logic.
5. Скородумов, П.В. Моделирование экономических систем с помощью аппарата сетей Петри. – РАН: Институт социально-экономического развития территорий РАН, журнал «Экономические и социальные перемены», №4 (34), 2014. – 267 с.
6. Эльберг, М.С., Цыганков, Н.С. Имитационное моделирование: учебное пособие. / М.С. Эльберг, Н.С. Цыганков. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. — 128 с. — ISBN 978-5-7638-3648-6
7. AnyLogic. Официальный сайт ПО. [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://www.anylogic.ru>.
8. Газпром. Информаторий [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.gazprominfo.ru/articles/liquefied-petroleum/>.