

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РЕАЛИЗАЦИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

С.Н. Долматов, Т.С. Бабкина

Имитационное моделирование является современным инструментом, предназначенным для проведения анализа различных систем. Реализация моделей в области взаимодействия «продавец-покупатель» позволяет моделировать процессы принятия решения покупателем, прогнозировать время ожидания в очереди, обработки заявки и т.п. Методы моделирования позволяют повысить показатели бизнеса, уменьшить или спрогнозировать возможные риски. Средствами пакета AnyLogic построена модель реализации саженцев садовых культурных растений. Разработана дискретно-событийная модель, проведены эксперименты и сделаны выводы о влиянии различных параметров на выходной результат.

Ключевые слова: моделирование, посадочный материал, AnyLogic, система массового обслуживания.

Садово-парковое хозяйство, зеленые зоны населенных пунктов являются весомой частью привычной окружающей среды, в которой существует современный человек. Ориентация на урбанизацию, интенсивную промышленную застройку, типовые конструктивно-планировочные решения объектов жилья и инфраструктуры формирует образ жизни и среду обитания горожанина. В этой парадигме существует преимущественно человек – потребитель, на удовлетворение запросов которого работает индустрия потребления и развлечений, сбытовые сети ритейла и онлайн операторов. Творческие запросы человек реализует, посещая культурные и спортивные сооружения. Основное же назначение человека – активное преобразование окружающей среды в настоящее время в условиях мегаполисов труднореализуемо. Поэтому традиционно, с наступлением весны десятки тысяч горожан стремятся выехать на дачи. В условиях индивидуального садового или дачного участка человек может гармонично совместить собственные эстетические посылы в плане размеров, формы, назначения индивидуального дачного дома, а также относительно наполнения садового участка растениями, кустарниками и деревьями. Не стоит забывать и производительную роль человека, поскольку трудясь и отдыхая на дачном участке, всегда имеется возможность заготовки и консервирования полезных плодов, ягод. Таким образом, истосковавшись за долгие зимние месяцы об общении с природой, весной внезапно появляется огромное количество садоводов, страстно желающих приобрести всевозможный посадочный материал в виде саженцев и рассады.

Тенденции выращивания плодово-овощной продукции для собственного потребления соответствуют мировому тренду на потребление так называемой «органической продукции». Повышенное внимание

платежеспособных групп населения к качеству питания и экологичности продуктов активно развивает рынок органических продуктов. Евросоюз и США на сегодняшний момент являются странами-лидерами в области производства органической продукции без воздействия промышленных агроуходов, пестицидов, химических удобрений. Ряд программ этих стран стимулирует органическое производство и торговлю продуктами [1].

Как правило, реализация такого вида продукции, как посадочный материал, проводится на летних рынках временного действия. Обычно на открытую площадку рынка приезжает автомобиль - фургон, заполненный саженцами, ящиками с рассадой, цветами и всем тем разнообразным растительным миром, который так желает увидеть на своем участке современный дачник. История товарно-рыночных отношений содержит множество эпизодов за многовековую историю человека. Однако за последний десяток лет эти отношения изменились практически до неузнаваемости. Если раньше рядовым событием выглядела очередь в десяток человек у прилавка магазина, то сейчас при повсеместном распространении формата торговли в виде магазинов-супермаркетов, такая ситуация исчезающе редка и человек, увидев такую очередь, скорее откажется от покупок вовсе. Применение быстрых онлайн платежей, рациональная фасовка товаров, удобная упаковка, кассы самообслуживания формируют определенную культуру потребления, согласно которой человек не готов тратить более 15 минут на поход в магазин (истории про посещения торговых комплексов – как элемент развлекательной прогулки не входят в область исследования этой работы).

Эпидемия COVID в невероятной степени кратно увеличила объемы онлайн-торговли. Уже никого не удивляют покупатели, которые не ходят в ритейл магазины вовсе, получая товары и услуги дистанционно. С 2020 года в принципе изменились устоявшиеся столетиями технологии реализации услуг и товаров. На первое место выходит механизм совершенствования логистики, курьерской доставки, оперативной обработки, агрессивного онлайн продвижения. Высокие темпы роста требуют от продавца способности устанавливать и налаживать максимальное количество каналов связи с клиентами и продумывать разнообразные тактики для завоевания их лояльности [2].

В случае автофургона с рассадой и саженцами потребитель испытывает культурный шок – ему предлагают вернуться на тридцать лет назад. Покупатель вынужден взаимодействовать и общаться с продавцом, вокруг десяток таких желающих что-то купить, сотни зевак и прохожих, а еще мигает аварийной сигнализацией автомобиль, на котором покупатель приехал, и возможно неумело или с нарушениями припарковал его на тесной парковке летнего рынка. В этом случае может легко реализоваться сценарий недовольного покупателя, несовершенной покупки и испорченного настроения. Конечно, можно призывать к спокойствию, или посоветовать покупателю заняться медитацией, стоя в очереди, но гораздо лучше будет провести моделирование ситуации, оценить шансы удачной покупки, прогноза

времени обслуживания и предусмотреть меры по улучшению технологий продажи посадочного материала.

Цель работы. Методами имитационного моделирования оценить эффективность работы точки продаж посадочного материала. Целеполагание, предусматривает решения задачи формулирования граничных условий, определения числовых факторов поведения агента и построения имитационной модели.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являются эффективность работы точки по реализации посадочного материала. Методом исследования является анализ данных, метод аналогий, обобщения и систематизации, применение прикладного моделирования в пакете AnyLogic.

Имитационное моделирование различных областей жизни человека, производственных, технологических, логистических процессов является современной тенденцией, позволяющей повысить эффективность этих процессов. При моделировании реальных технологических или бизнес процессов имеется возможность определить узкие места и наметить меры по совершенствованию рассматриваемой системы. Моделирование предоставляет исследователю возможность решать многофункциональные задачи быстрее и проще, проводя эксперименты с аналогами реальных объектов [3].

Имитационное моделирование позволяет заменить физические эксперименты – виртуальными. С появлением современных программных средств и высокопроизводительных ЭВМ появилась возможность реализации моделей высокой степени детализации, приближенности к реально функционирующему объекту, при этом можно не проводить дорогостоящий и длительный физический эксперимент. Разработаны высокоэффективные пакеты программ, например AnyLogic [4,5] – комплекс, предназначенный для осуществления имитационного моделирования различных задач. Имитационное моделирование в среде AnyLogic производится в рамках трех основных направлений. Это агентное моделирование, системная динамика, а также классические дискретно-событийные модели. Для моделирования систем массового обслуживания чаще всего применяются дискретно-событийные модели. Объектом их применения являются логистические центры, терминалы, склады, аэропорты, пункты обслуживания. Модели системной динамики позволяют описывать динамическое развитие систем, например развитие спроса на услуги или товар, демографические явления прироста и упадка численности населения. Агентное моделирование позволяет формулировать модель как совокупность агентов, причем каждый агент наделяется свойствами, особенностями реакции при взаимодействии с другими агентами. В AnyLogic имеются развитые графические средства для конструирования моделей различного типа и интерпретации результатов, средства анимации, объектно-ориентированное программирование, имеет средства интеграции с ГИС-картами. AnyLogic позволяет, используя стандартные механизмы приложения и язык Java, строить и анализировать работу

различных моделей, в том числе и моделей технологических и бизнес процессов [6]. Говоря о развитии многоагентных моделей, особенно описывающих поведение людей, следует обратить внимание на возможность представления поведения агента-модели как конечного агента-автомата с памятью [7]. Для этого существующую модель можно представить для каждого агента в виде классической тройки «предпосылки – стремления – намерения» (belief–desire–intention, BDI) [8],

В рассматриваемой ситуации наличия точки реализации посадочного материала, имеет место быть система массового обслуживания, возникающая при реализации товара покупателям. Целью моделирования является прогнозирование времени на обслуживание покупателя, поскольку от этого во многом зависит поведение покупателя, т.е. есть вероятность, что после определенного времени ожидания в очереди человек просто уйдет, не совершив покупки.

Зададимся пороговым временем нахождения в очереди равным 10 минут. 10 минут – это время ожидания, которое весьма часто фигурирует в стандартах и нормативах на обслуживание клиентов. Смоделируем работу системы для двух вариантов:

Случай 1 — все прибывающие покупатели формируют единую очередь и ожидают первого освободившегося продавца;

Случай 2 — покупатели формируют две очереди, к каждому продавцу отдельно, причем вновь прибывший покупатель становится в очередь меньшего размера. Определим следующие показатели эффективности системы:

- среднее время ожидания покупателя в очереди;
- вероятность того, что покупатель провел в очереди не более 10 минут;
- средняя длина очереди; средняя занятость продавца.

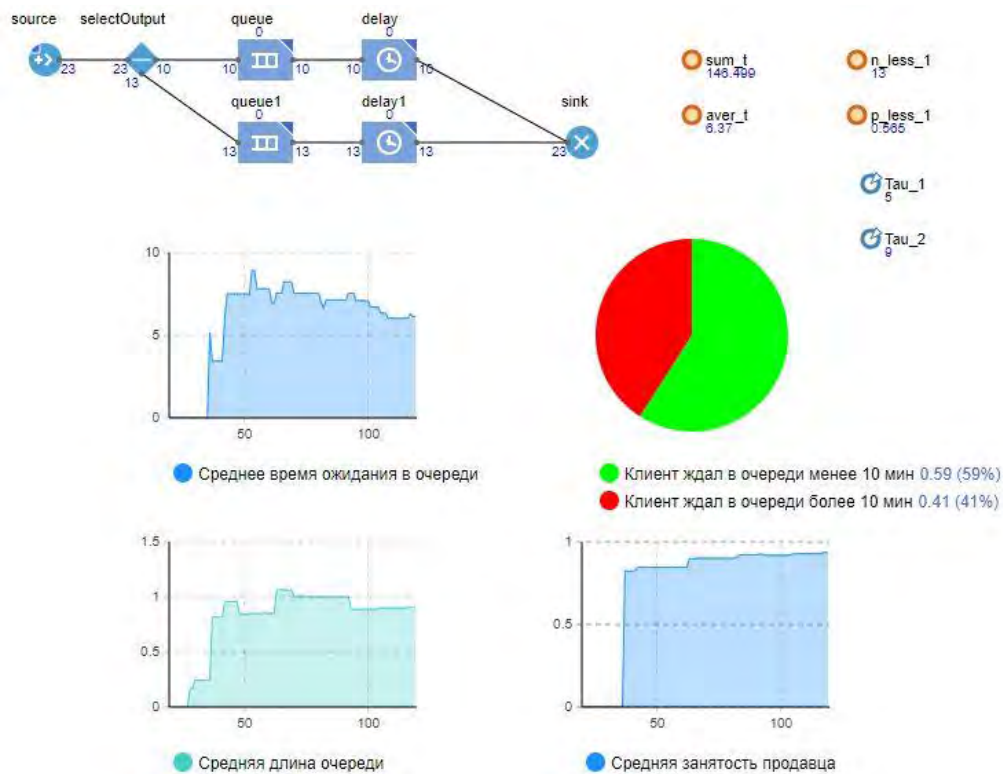
Зададимся следующими условиями: время между приходами покупателей – случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону с мат. ожиданием τ_1 мин;

длительность обслуживания – случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону с мат. ожиданием τ_2 мин.

Соберем диаграмму процесса из базовых блоков source, queue, delay и sink системы AnyLogic, перенеся их из палитры «Библиотека моделирования процессов» на страницу модели Main. Создадим агент Client с параметрами t_{in} и t_{out} (момент постановки агента в очередь и момент его выхода из очереди). Из лесой части окна палитра «Агент» перенесем на рабочее поле страницы модели Main четыре элемента «переменная» и два элемента «параметр». Имена переменных:

- sum_t (тип double) – суммарное время ожидания клиентов в очереди;
- aver_t (тип double) – среднее время ожидания клиентов в очереди;
- n_less_1 (тип double) – число клиентов, которые ожидали в очереди менее 10 минут;
- p_less_1 (тип double) – доля клиентов, которые ожидали в очереди менее 10 минут.

Представим характеристики системы с помощью графиков. Наглядный вид моделей показан на рис. 1,2.



Затем был проведен эксперимент типа VarParameters с варьируемыми свойствами. Зададимся число прогонов модели - 1000, время работы

модели принято 600 минут. В виде интерфейса были вынесены параметры Aver_t, P_less_1, Aver_queue_size, Aver_utilization (рис. 3).



Рис. 3. Панель эксперимента VarParameters

В качестве варьируемого параметра задавалась время прибытия покупателя (от 4 до 11 минут с шагом 1 минута), время обслуживания зафиксировано – 10 минут. Результаты расчетов представлены в таблице. Примечание – в скобках показана величина для модели по рис. 2, без скобок – по рис. 1.

Результаты работы модели

Время прибытия покупателя, каждые мин	Aver_t (время ожидания в очереди), мин	P_less_1(вероятность быть обслуженным менее чем за 10 минут)	Aver_queue_size (длина очереди)	Aver_utilization (занятость продавца)
4	66 (46)	0,15 (0,16)	17 (6,4)	0,96 (0,95)
5	30,5 (25,2)	0,34 (0,69)	6,3 (2,2)	0,89 (0,88)
6	15,1 (7,2)	0,55 (0,38)	2,6 (0,77)	0,79 (0,9)
7	8,5 (8,3)	0,71 (0,69)	1,28 (0,65)	0,69 (0,72)
8	5,5 (7,6)	0,8 (0,77)	0,77 (0,63)	0,61 (0,79)
9	3,8 (4,7)	0,86 (0,8)	0,45 0,36)	0,54 (0,69)
10	2,8 (7,2)	0,89 (0,7)	0,3 (0,49)	0,48 (0,69)
11	2,3 (3,8)	0,9 (0,86)	0,22 (0,28)	0,44 (0,66)

Анализируя данные, полученные в результате работы модели, можно сделать вывод о том, что скорость обслуживания клиентов при работе по реализации саженцев зависит от интенсивности прибытия покупателей и типа очереди ожидания. Вероятность обслуживания быстрее 10 минут в случае двух очередей выше. Время ожидания для одной общей очереди сначала больше, но после некоторого порогового значения интенсивности прибытия покупателей (через 7 минут) становится меньше времени для двух очередей. Длина очереди, что очевидно при реализации модели 2 меньше, чем для случая распределения всех покупателей в одну очередь. Наличие модели позволяет задавать дополнительные условия, связанные с работой точки продажи, поведением и мотивацией покупателя, прочими условиями.

Вывод. Применение методов имитационного моделирования, в частности агентного моделирования позволять каждый агент определенными свойствами, индивидуальным поведением. Модель позволяет варьировать исходные данные в широких пределах и фиксировать полученные изменения, добиваясь соответствия желаемым результатам, в интересах минимизации затрат, снижения времени ожидания заявки, повышения эффективности процесса реализации посадочного материала.

Список литературы

1. ФАО. Обзор развития органического сельского хозяйства в Европе и Центральной Азии. Будапешт, 2021. DOI: 10.4060/cb0890ru.
2. Герасименко В.В. Развитие рынка платформ e-Commerce в России: структура, экспансия, тренды // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика, 2021. 21(2). Р. 33 – 48.
3. Евдокимова, С.А. Имитационное моделирование процесса рассмотрения обращений граждан / С.А. Евдокимова, Д.Н. Драгина // Моделирование систем и процессов. 2018. Т. 11, № 3. С. 15-24.
4. AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru> (дата обращения: 10.12.2024).
5. Григорьев И. AnyLogic за три дня: практическое пособие по имитационному моделированию, 2016. 202 с.
6. Долматов, С. Н. Компьютерная симуляция в среде AnyLogic работы мобильной рубительной машины на лесосеке / С. Н. Долматов, Т. С. Бабкина // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 2(62). С. 95-102. DOI: 10.18324/2077-5415-2024-2-95-102. EDN BAOYJQ.
7. Бабкин, Э.А. Моделирование динамики онлайн-дискуссий в сети Интернет с использованием многоагентных систем / Э.А. Бабкин, Т.С. Бабкина, Б.И. Улитин // Бизнес-информатика. 2018. № 2(44). С. 17-29. EDN OVNFGP.
8. Sklar E. Software review: NetLogo, a multi-agent simulation environment // Artificial Life. 2007. Vol. 13. No. 2. P. 1–9.

Долматов Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, pinaskus@mail.ru, Россия, Красноярск, Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,

Бабкина Татьяна Сергеевна, ст. преподаватель, tbabkina@hse.ru Россия. Нижний Новгород, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

APPLICATION OF SIMULATION MODELLING TO INCREASE THE EFFICIENCY OF
THE PROCESS OF IMPLEMENTING PLANTING MATERIAL

S.N. Dolmatov, T.S. Babkina

Simulation modeling is a modern tool designed to analyze various systems. The implementation of models in the field of seller-buyer interaction allows you to simulate the buyer's decision-making processes, predict the waiting time in line, application processing, etc. Modeling methods allow you to improve business performance, reduce or predict possible risks. In this work, a model for the sale of seedlings of garden crops was built using the AnyLogic package. A discrete-event model was described, experiments were conducted and conclusions were made about the influence of various parameters on the output result.

Key words: modeling, planting material, AnyLogic, mass service system.

Dolmatov Sergey Nikolaevich, candidate of technical sciences, docent, pinaskus@mail.ru, Russia, Krasnoyarsk, Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev,

Babkina Tatiana Sergeevna, senior lecturer, tbabkina@hse.ru, Russia. Nizhny Novgorod, National Research University "Higher School of Economics"