

# Построение математических моделей имитационных систем в сельхоз индустрии и взаимного финансирования капитального ремонта многоквартирных домов

Токарева Е.В., Костюк К.И.

*Алтайский государственный университет, г. Барнаул  
yadvig@yandex.ru, kristinamus@mail.ru*

## Аннотация

В данной статье рассмотрено имитационное моделирование сельскохозяйственной индустрии и систем взаимного финансирования капитального ремонта многоквартирных домов. Предложены различные варианты моделирования имитационной модели искусственного интеллекта реализуемой системы. Для построения модели выбран многоподходный инструмент имитационного моделирования AnyLogic. Для реализации возможностей моделирования задач сложных адаптивных систем при множестве агентов – среда NetLogo.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, адаптивные системы, AnyLogic.

В современных условиях вопросы исследования процессов формирования спроса и предложения на некоторые товары или услуги, являются основными при оптимизации торговой деятельности. Одним из инструментов маркетингового исследования таких рынков являются мультиагентные модели. Агентно-ориентированное моделирование позволяет смоделировать систему максимально приближенную к реальности, учитывая сценарное поведение агентов. Однако рынок представляет собой большую динамическую систему взаимодействующих элементов, варьирующих свои свойства и поведение в рыночной среде в условиях неопределенности и риска в зависимости от поведения и состояния других элементов, а так же общего состояния среды.

С помощью агентно-ориентированной имитации реализуется возможность моделирования задач сложных адаптивных систем при множестве агентов. Такой метод хорошо объясняет механизм возникновения оптимального поведения сложной мультиагентной системы. На каждом шаге описываются состояния взаимодействия агентов и учитываются их индивидуальные характеристики. Кроме того на характер их взаимодействия могут влиять качество, экологичность, уровень обслуживания и стоимость предоставленных товаров, или услуг.

Имитационная модель позволяет рассмотреть сценарии поведения агентов сельскохозяйственной индустрии. Для анализа ценовой ситуации на рынке сельхозпродукции разработана мультиагентная имитационная модель в среде NetLogo, описывающая рыночный торг между производителями и потребителями сельхозпродукции. Достижение равновесия в модели реализовано в виде итеративной процедуры [1].

Рассматривается рынок однородной продукции, при пространственной рассредоточенности участников, которые формирующее множество локальных рынков. Спецификой моделируемого товарного рынка является государственное регулирование в форме субсидирования или налогообложения на единицу производства продукции. В результате имитационного эксперимента, в программной среде NetLogo выполнен анализ эффективности производителей различных масштабов деятельности и в различных модификациях, при государственном регулировании [2].

Тактика представления и оценки рыночной ситуации позволяет спрогнозировать вероятный успех получения максимальной выгоды от представляемого блага. Имитационная модель так же реализуется при многоаспектном моделировании системы взаимного финансирования капитального ремонта (КР) многоквартирных домов (МКД). Данная модель затрагивает многие аспекты: собственно моделирование в нотациях системная динамика и агентное моделирование, подключение к реальным данным в онлайн режиме – вывод модели системы на уровень цифрового двойника реальной системы, а также проведение экспериментов с обучением, например, применение нейронных сетей для выявления скрытых закономерностей в большом объеме данных системы КР МКД.

Основное уравнение системы КР МКД:

$$\frac{dR(t)}{dt} = V(t) + p(t) + i(t) + S(t) + r(t) - K(t) - O(t) - P(t),$$

где  $R(t)$  – состояние счета Регионального оператора,

$V(t)$  – ежемесячные взносы собственников помещений в МКД,

$p(t)$  – пени по неисполненным обязательствам,

$i(t)$  – начисленные банком проценты за пользование средствами на счёте регионального оператора,

$S(t)$  – средства, пришедшие со спецсчетов при переходе к накоплениям на счёте регионального оператора,

$r(t)$  – перечисления от подрядных организаций в случаях ненадлежащего исполнения договоров,

$K(t)$  – суммы, направленные на погашение кредитов и займов регионального оператора,

$O(t)$  – перечисление ранее внесённых сумм со счета регионального оператора на спецсчета отдельных МКД, перешедших к системе накоплений на отдельных спецсчетах,

$P(t)$  – перечисленные подрядным организациям суммы на строительно-монтажные работы, разработку документации.

При этом величина  $P(t)$  средств потраченных непосредственно на работы по проведению КР МКД

$P(t) = F(V(t), K(t), i(t))$  – некоторая функция, зависящая от ежемесячных взносов, выплат по кредитным обязательствам и сохраненным средствам на счёте регионального оператора. Это требование обеспечения финансовой устойчивости регионального оператора [3].

Как показывают отчеты региональных операторов (разных регионов РФ) при ежегодной и даже ежеквартальной актуализации программы обнаруживаются МКД, выходящие из программы КР МКД в связи с аварийностью. Это означает исключение из системы перечисленных ранее средств региональному оператору. Формально можно включить эти суммы как перечисление на спецсчета, в обоих случаях перечисленные средства уже не включаются в общую копилку регионального оператора. Вошедшие в текущем году в эксплуатацию МКД, выбравшие способ накопления на счете регионального оператора также формально можно считать как пришедшие со спецсчетов. По таким МКД высок риск выхода из самостоятельных накоплений, т.к. достаточно долгий период проведения КР не потребуются, и для них наоборот, высок риск при взаимном (в данном случае одностороннем) беспроцентном займе внутри системы КР МКД в нормативный эксплуатационный период.

Имитационная модель с цифровым двойником системы капитального ремонта многоквартирных домов (МКД) разрабатывается в среде AnyLogic [4]. Состояние программы КР МКД – актуализированные списки МКД, по которым ведутся и планируются в текущем году работы по проведению КР получают через подключение к оперативным

данным цифрового двойника системы КР МКД. Имитационный эксперимент по будущим годам проводится на основе актуализации с помощью нейронных сетей. AnyLogic позволяет создать виртуальную среду для обучения и тестирования искусственного интеллекта. Нейросети работая с большими данными обнаруживают скрытые закономерности. Среда AnyLogic позволяет сгенерировать неограниченное количество релевантных выверенных входных данных для обучения с учителем [5]. В имитационном эксперименте прогоняются сценарии, не происходившие в реальности, и на них также можно обучаться. Такое обучение позволяет получать новое состояние программы.

По истечении текущего периода обучающая и тестовая выборки становятся независимыми и тогда можно получить несмещённую оценку (по тестовой выборке) качества построенной модели.

## Список литературы

1. Костюк. К.И., Понькина Е.В. Исследование модели доуполии Хотеллинга на плоскости в условиях субсидирования // МАК-2017: “Математики - Алтайскому краю”: сборник трудов всероссийской конференции по математике. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2017. — С. 176–177.
2. Костюк. К.И. Исследование эффектов субсидирования производства на товарном рынке при пространственной рассредоточенности участников // Изв. Алт. гос. ун-та. — 2019. — Т. 1(105).
3. Богарова Е.В., Оскорбин Н.М., Пронь С.П. Математическая и имитационная модели системы взаимного финансирования КР МКД // Труды семинара по геометрии и математическому моделированию: сб. ст. — Вып. 2. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2016. — С. 4–7.
4. Токарева Е.В. Построение нейронных сетей для оценки временного интервала проведения работ по капитальному ремонту многоквартирных домов // МАК: “Математики - Алтайскому краю”: сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2019. — С. 173–175.
5. Пронь С.П., Семенов С.П., Ташкин А.О., Токарева Е.В. Агентноориентированные имитационные модели для реальных городских процессов // МАК: “Математики - Алтайскому краю”: сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2019. — С. 169–173.