

---

**НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ  
МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ANYLOGIC 7****П.А. Лебедев, Белошапко Е.В.**

В докладе рассматриваются принципы разработки моделей в среде имитационного моделирования AnyLogic7 (а также наиболее ближайших версий 7.1, 7.2).

Цель разработчика «универсального» инструмента имитационного моделирования предоставить пользователю набор выразительных средств, соответствующих задачам решаемых на разных уровнях абстракции в широком наборе областей применения продукта. Моделирование должно быть доступно для специалистов прикладных областей, а результат (имитационная модель) должен быть понятен и прозрачен для ее пользователей.

В то же время естественные ограничения существующих подходов моделирования (системная динамика, агентное и дискретно-событийное моделирование) заставляют разработчика модели искать обходные пути для решения его задач имеющимися средствами и неизбежно приводят к созданию сложных, запутанных, нечитаемых конструкций. Разработчики с хорошими навыками программирования пытаются обойти ограничения за счет написания кода. Часто такое решение выливается в множество строк кода, где связи компонентов оказываются спрятанными. Подобные модели сложно поддерживать и приходится выкинуть, если разработчик покидает компанию. Недостатки и «ловушки» различных подходов моделирования описаны в статьях А. Борщева, Д. Каталевского, М. Пейч, К. Линч и др.

Разработчики инструментов имитационного моделирования, стремясь к расширению спектра пользователей продукта, часто выбирают самый очевидный путь развития продукта: разработку библиотек для прикладных областей, интеграцию со смежными инструментами, использование облачных и интернет технологий. Иными словами, добавление новых функциональных блоков, которые ускоряют процесс моделирования и улучшают точность и наглядность имитационной модели. Необходимо отметить, что при всей очевидной привлекательности этого подхода он усложняет инструмент, требует внимательного изучения пользователем документации и замедляет скорость обучения технике работы в продукте. Частично (но не в полном объеме) эту проблему решает интуитивно понятный интерфейс, наличие графических подсказок.

Разработчики инструмента AnyLogic попытались *фундаментально разрешить ряд ограничений существующих подходов и методов моделирования, предложив новую архитектуру имитационной модели.* AnyLogic изначально построен на возможности в рамках одной среды разработку объединять и комбинировать все часто используемые методы и подходы к моделированию. В версиях **AnyLogic 7** (7,1; 7,2 и последующих) можно не просто комбинировать парадигмы моделирования в одной модели, а органично интегрировать их, описывая поведение одного и того же объекта (ресурса, агента или пешехода и т.д). Давайте детально рассмотрим предлагаемый метод, который, по мнению разработчиков, качественно меняет процесс разработки модели:

### Слияние понятий Агент, Заявка, Ресурс

В AnyLogic 7 все активные объекты (потребители, оборудование, грузовики, проекты, товары, поезда, пешеходы и т.д.) – агенты, которые существуют в объединенной системе координат. Основным объектом main по умолчанию тоже является агентом и может служить средой для популяций агентов на его диаграмме.

- Заявки, ресурсы и агенты объединены в один объект.
- Заявки могут иметь индивидуальное поведение, независимое от их поведения в процессах.
- Агенты могут быть «погружены» в процессные диаграммы и «выведены» из них без использования кода.
- Элементы системной динамики легко могут быть использованы внутри и снаружи агентов и заявок.

В любой момент времени агент, живущий в некотором пространстве, может начать движение по диаграмме процесса или стать пешеходом, для того чтобы пройти через определенное помещение, где важную роль играет именно физическое пространство, и моделировать это с помощью простой задержки просто невозможно.

Графически «объединение понятий» представлено на рис. 1.

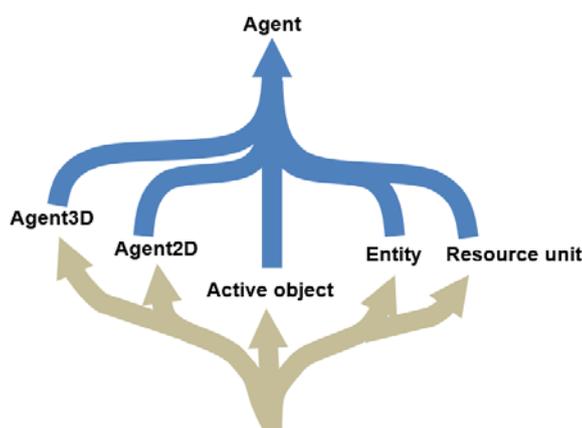


Рис. 1: схема объединения понятий Агент, Сущность, Ресурс, Активный объект.

Для создания новых типов заявок, ресурсов, пешеходов используется единый мастер создания популяций агентов. С его помощью быстро задаются основные параметры популяции и среды, в которой эти агенты будут жить. AnyLogic7 поддерживает графическое наследование. Разработчик модели может создать базового агента Транспортное Средство и наследовать от него других агентов: Автобус, Грузовик, Машина.

### Единое пространство

Часто разработчики моделей используют в своих проектах несколько библиотек и методов моделирования. Так, например, пешеходы соседствуют с поездами при моделировании станций метро и вокзалов, а агенты – с элементами процессных диаграмм в большинстве логистических и производственных задач. Принимая во

внимание эту особенность, разработчики AnyLogic объединили все пространства, где «живут» объекты, в одно. Все элементы - пешеходы, транспорт, грузы, здания, поезда, оборудование и т.д. - теперь взаимодействуют в едином 3D-пространстве.

Задание пространства в AnyLogic происходит с помощью готовых блоков: путь, зона, препятствие, узел и т.д. Специальные элементы разметки созданы для конвейеров, складских стеллажей, ж/д путей и стрелок. Любой путь может также задавать место заявок для блоков диаграммы процесса (Delay, Queue, etc). При соединении хотя бы двух элементов разметки пространства они автоматически объединяются в сеть, по которой может перемещаться объект.

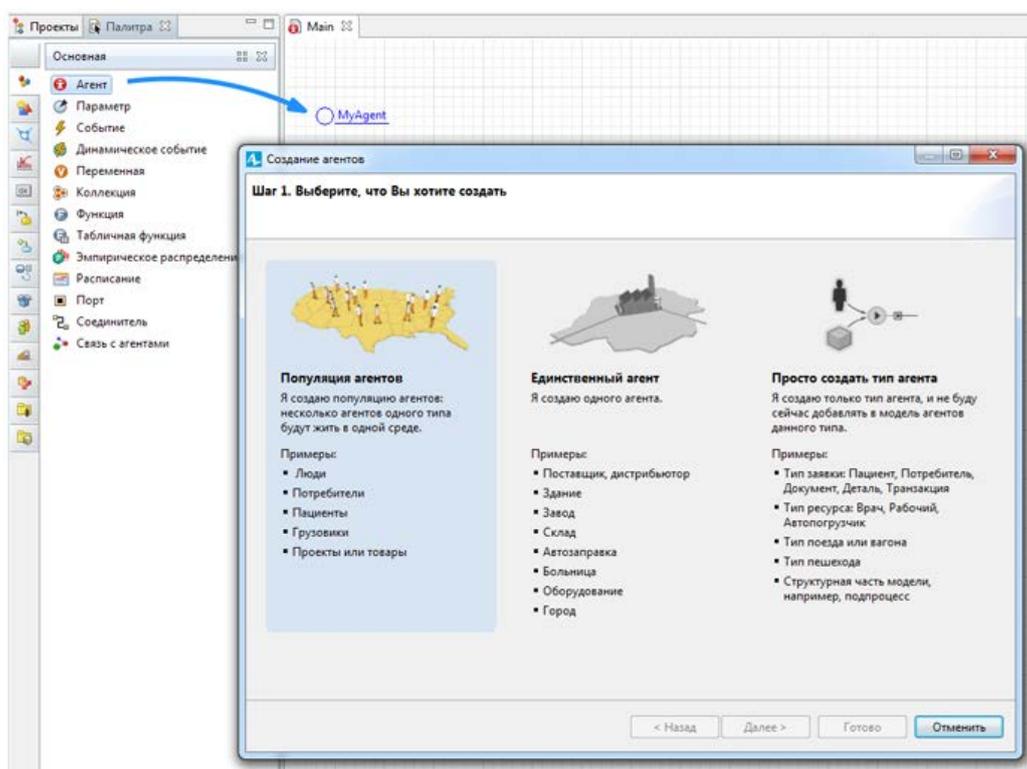


Рис. 2: мастер создания Агентов в AnyLogic 7

Новые способы построения транспортных сетей позволяют проще и эффективнее моделировать большие системы, например, крупные складские центры, в которых имитируется каждый стеллаж.

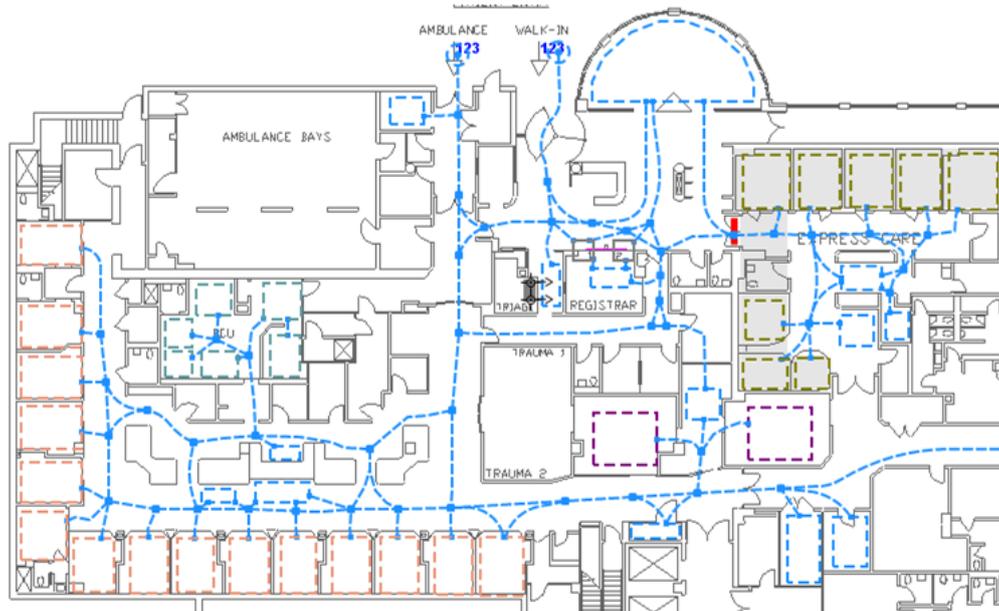


Рис. 3: пример разметки модели в AnyLogic 7

### ГИС-пространство

При разработке модели с картой ГИС пользователю доступны все данные, которые хранятся в карте, доступной онлайн (например, Open Street Map): города, регионы, дорожные сети, такие типы объектов как больницы, школы, автобусные остановки и тому подобное. Пользователь может размещать агентов в определенных точках на карте и задавать их движение по существующим маршрутам и дорогам.

Все действия не требуют навыков программирования и написания кода, операции выполняются с помощью графического интерфейса за пару минут.

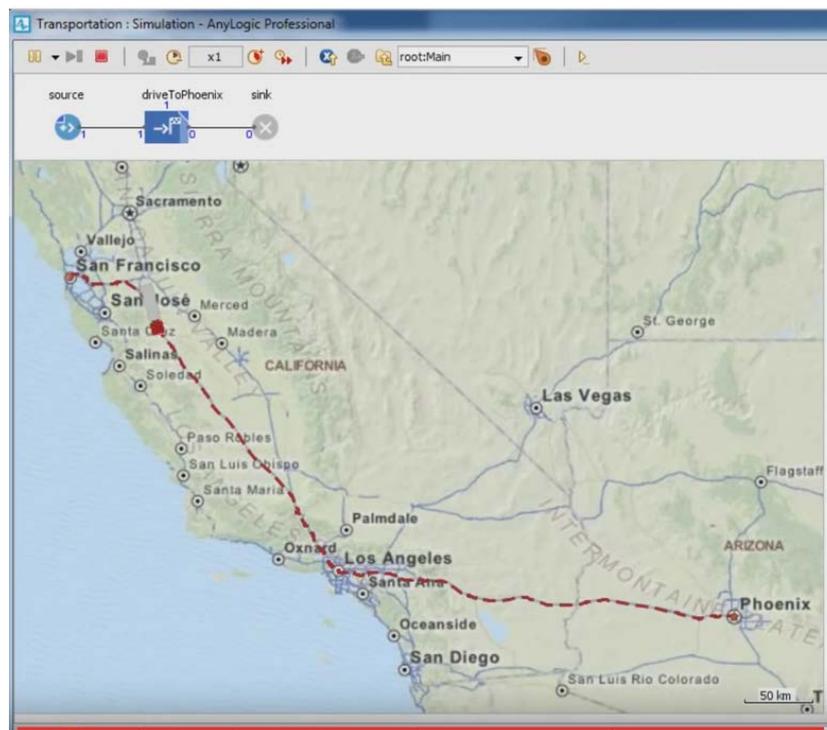


Рис.4: пример модели автомобильных перевозок с заданием маршрута с помощью ГИС карты.

### **Встроенная база данных**

Встроенная база данных – необходимый инструмент в создании больших моделей. С ее помощью пользователь может считывать/импортировать входные данные и параметры моделируемых объектов, записывать результаты экспериментов. Базу можно экспортировать вместе с моделью и, как и модель, использовать на любых устройствах.

Неполный набор функций, которые может исполнять база данных:

- Считывать значения параметров и задавать конфигурацию экспериментов.
- Параметризовать популяции агентов.
- Задавать частоту прибытия заявок в процессных моделях.
- Импортировать данные из других БД или таблиц Excel и хранить их в доступной форме.
- Записывать логи диаграмм процессов, переходов в диаграммах состояний, пересылки сообщений.
- Отслеживать использование ресурсов, время обработки заявок и движения.
- Сохранять и экспортировать статистику, наборы данных и любые виды логов.

Наличие такого инструмента как база данных - важное условие для скорого моделирования системы с большим объемом параметров: например, склада с широким спектром номенклатуры, социальной системы с агентами, наделенными разными свойствами и «биографией».

### **Интерфейс.**

В AnyLogic 7 вся динамика модели вынесена в визуальные формы описания (если таковые вообще поддерживаются), а код оставлен для вычислений, не имеющий временной семантики. Например, чтобы связать логический объект (элемент Queue или Delay) с графическим объектом (path, node, area), нужно всего лишь кликнуть на него в графическом редакторе.

Кроме того, чтобы не отвлекать внимание пользователя от выполняемой задачи, из рабочего пространства AnyLogic убраны большие панели с подписями элементов. На первый план выведены иконки для групп элементов. Места для элементов в палитрах стало больше, и теперь они сгруппированы в разворачивающиеся списки. В палитрах содержатся все необходимые элементы, чтобы пользователю как можно реже приходилось переходить с палитры на палитру. При наведении курсором на иконку группы элементов появляются всплывающие подсказки для всего списка.

### **Выводы.**

Современные инструменты имитационного моделирования должны предлагать пользователю способы организации и взаимодействия с данными, которые минимизируют использование кода в модели, делают технологию доступной специалистам в конечных областях применения. Очевидными нишами для реализации этого подхода являются добавление новых библиотек, графическое задание элементов, интеграция с другими системами. Внедряя все перечисленные подходы, разработчики

AnyLogic 7 предлагают новую архитектуру имитационной модели, где все активные объекты (в т.ч. те, чье поведение описывается блоками дискретно-событийных диаграмм) обладают свойствами агента.

**Литература:**

1. Борщев А.В. Как строить простые, красивые и полезные модели сложных систем. Пленарный доклад. ИММОД 2013. Казань.
2. Каталевский Д.Ю. Системная динамика и агентное моделирование: необходимость комбинированного подхода. [Электронный ресурс] [www.sysdynamics.ru/system/files/5/original/Katalevsky\\_article\\_agents\\_SD.pdf](http://www.sysdynamics.ru/system/files/5/original/Katalevsky_article_agents_SD.pdf)
3. C. Lynch, J Padilla, S. Diallo, J. Sokolowski, C. Banks, Old Dominion University. A multi-paradigm modelling framework for modelling and simulating problem situations. Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference.
4. Mark Paich. Using Simulation tools for strategic decision making. PricewaterhouseCoopers Technology Forecast 2010, Issue 1. [Электронный ресурс] <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/winter2010/interview-mark-paich.html>