

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СКЛАДА С ПРИМЕНЕНИЕМ АГЕНТНОГО ПОДХОДА

Предложен и разработан теоретико-множественный аппарат описания моделей логистических бизнес-процессов предприятия в методологии ARIS eEPC и агентных имитационных моделей AnyLogic. Представлен алгоритм трансляции модели в нотации eEPC в агентную имитационную модель AnyLogic и поставлен эксперимент по трансляции модели в нотации eEPC в агентную имитационную модель AnyLogic.

Ключевые слова: eEPC, ARIS, агентное моделирование, имитационное моделирование, AnyLogic.

E.A. Lantsev, M.G. Dorrer

SIMULATION MODELING OF WAREHOUSE BUSINESS PROCESSES WITH THE USE OF AGENT-BASED APPROACH

The set-theoretic instrument for logistic business-process model description in ARIS eEPC methodology and AnyLogic agent-based simulation models is proposed and developed. The algorithm for translating the model in eEPC notation into AnyLogic agent-based simulation model is presented. The experiment of translating the model in eEPC notation into Anylogic agent-based simulation model is conducted.

Key words: eEPC, ARIS, agent-based modeling, simulation modeling, AnyLogic.

Исследование и прогнозирование поведения логистических систем на практике осуществляется посредством экономико-математического моделирования, т.е. описания логистических процессов в виде моделей [1].

В современной практике организационного управления широкое распространение получили графические модели бизнес-процессов. Этот класс методов организационной науки изначально был предназначен для решения проблем избыточной сложности описания и исследования систем. Однако исследование графической модели, даже выполненной в соответствии с правилами структурного подхода (ограниченный контекст, ограничение числа элементов на каждом уровне декомпозиции и т.п.), представляет значительную сложность. Данная проблема осознана, попытки ее решения предпринимаются разработчиками структурных методологий и соответствующих программных средств (следует упомянуть средства семантического и синтаксического анализа моделей в ARIS ToolSet, [2]). Вместе с тем существует давно известный и обладающий мощными аналитическими возможностями при исследовании дискретных систем аппарат имитационного моделирования бизнес-систем, описанных графическими моделями.

Имитационное моделирование является мощным инструментом исследования поведения реальных систем. Само по себе имитационное моделирование не решает оптимизационных задач, а скорее представляет собой технику оценки значений функциональных характеристик моделируемой системы, позволяя выявлять проблемные места в системе [3]. Имитационные модели широко применяются для прогнозирования поведения логистических систем, при проектировании и размещении предприятий, оптимизации существующих процессов, для обучения и тренировки персонала и т. д.

В настоящее время для моделирования и анализа бизнес-процессов используются различные подходы и средства. В первую очередь следует отметить методологии описания бизнес-процессов IDEF, ARIS, BPMN. При этом в этих программных продуктах зачастую присутствуют модули, обеспечивающие проведение имитационного эксперимента на построенных событийных моделях, – следует упомянуть об интеграции BPWin и Arena, ARIS Simulation. Отметим также, что для анализа бизнес-процессов могут применяться непосредственно программные продукты для имитационного моделирования – AnyLogic, GPSS и др.

Существующие разработки в области трансляции между формальным описанием бизнес-процессов и его имитационной моделью в основном нацелены на получение в конечном итоге дискретно-событийной имитационной модели. Агентные имитационные модели в этой области менее распространены, поскольку агентное моделирование как парадигма появилось относительно недавно, но стоит отметить, что в последнее время к агентному моделированию интерес увеличивается.

Цель данной статьи – предложить единый подход к получению агентной модели AnyLogic, моделирующей микроэкономическую систему (предприятие) на основе применяемых для бизнес-моделирования графических методологий.

Бизнес-процесс – связанная совокупность подпроцессов и/или бизнес-операций, и/или бизнес-функций, в ходе выполнения которой потребляются определенные ресурсы и создается продукт (вещественный или нематериальный результат человеческого труда: предмет, услуга, научное открытие, идея), представляющий ценность для потребителя [4].

Нотация ARIS eEPC расшифровывается как extended Event Driven Process Chain – расширенная нотация описания цепочки процесса [5], управляемого событиями, и предназначена для детального описания бизнес-процесса, отражает логику его выполнения. Бизнес-процесс в нотации eEPC представляет собой поток последовательно выполняемых работ, расположенных в порядке их выполнения.

Модель в нотации eEPC (extended Event Driven Process chain) определим как [6]

$$G = \{X, V\},$$

где X – непустое множество объектов модели (вершин графа);
 V – непустое множество дуг V_n и ребер V_r , таких, что $V = V_n \cup V_r$.
Объекты модели (вершины графа):

$$X = \{S, F, D, I, P, R\},$$

где S – множество объектов типа «событие»;
 F – множество объектов типа «функция»;
 D – множество объектов типа «документ» и «информационный носитель»;
 I – множество объектов типа «должность», «организационная единица»;
 P – множество объектов типа «продукт/услуга»;
 R – множество объектов типа «правило» XOR, OR, AND, задающих логику ветвления/слияния бизнес-процесса.

Агентная модель в AnyLogic реализуется с помощью базового объекта – активного объекта. Активный объект имеет параметры, переменные, которые можно считать памятью агента, стейтчарты выражают поведение: состояния объекта и изменение состояний под воздействием событий и условий.

Определим агентную модель AnyLogic как

$$ABM = \{E, A\},$$

где E – множество объектов составляющих окружение агента;
 A – множество агентов (активных объектов).
Множество объектов E , составляющих окружение агента, определим как

$$E = \{Tm, Var, Ds\},$$

где Tm – множество таймеров;
 Var – множество переменных;
 Ds – множество таблиц для сохранения статистических данных о работе модели и синхронизации.
Множество агентов A определим как

$$A = \{Sch, Par, Var, Fn\},$$

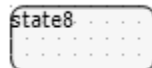
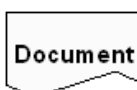
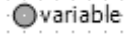
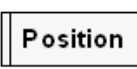
где Sch – непустое множество стейтчартов;
 Par – множество параметров агента;
 Fn – множество функций агента.
Множество стейтчартов Sch определим как

$$Sch = \{Bc, St, Tm\},$$

где Bc – непустое множество указателей начального состояния;
 St – непустое множество состояний;
 Tm – множество переходов.
Перевод графических элементов модели в нотации eEPC в агентную имитационную модель AnyLogic производится согласно таблице 1.

Таблица 1

Описание соответствия объектов модели нотации eEPC и элементов агентной имитационной модели на языке AnyLogic

Объект модели вEPC	Графическое обозначение	Соответствующий элемент AnyLogic	Описание элемента AnyLogic
1	2	3	4
Функция (Function) $F \in X \in G$		Состояние (State) $St \in SCh \in AeABM$ 	Простое состояние стейтчарта
Начальное событие (Event) $S_s \in SCh \in G$		Таймер (Timer) $Tme \in E \in AeABM$ 	Наступление начальных событий определяется таймером по заданному расписанию
Событие (Event) $S_m, S_r \in SCh \in G$		Переход (Transition) $Tme \in SCh \in AeABM$ 	Переход из гиперсостояния стейтчарта в простое состояние
Количественные ресурсы			
Документ, Информационный носитель (Document) $De \in X \in G$		Переменная (Variable) $Var \in E \in AeABM$ 	Переменные, используются для моделирования изменяющихся характеристик и для хранения результатов моделирования. Изменение количественных ресурсов происходит в состоянии стейтчарта
Продукт/ Услуга (Product/ Service) $Pe \in X \in G$			
Ресурсы мощности			
Должность (Position) $I_{pos} \in E \in X \in G$		Класс активного объекта (Active Object) $AeABM$ 	Поведение активного объекта описывается с помощью стейтчарта
Организационная единица (Organizational unit) $I_{org} \in E \in X \in G$			
Правила ветвления			
Правило ИЛИ (OR rule) $R_{or} \in R \in X \in G$		Переход (Transition) $Tme \in SCh \in AeABM$ 	При переходе из простого состояния стейтчарта в гиперсостояние, в методе перехода «Action» на языке Java программируется логика перехода к следующему состоянию: вычисляются вероятности наступления событий, происходит генерация заявки для ее передачи агентам на обработку
Правило исключающего ИЛИ (XOR rule) $R_{xor} \in R \in X \in G$			
Правило И (AND rule) $R_{and} \in R \in X \in G$			

В качестве примера перевода рассмотрим модель бизнес-процесса «Размещение товара на складе», описанного в нотации eEPC (рис. 1).

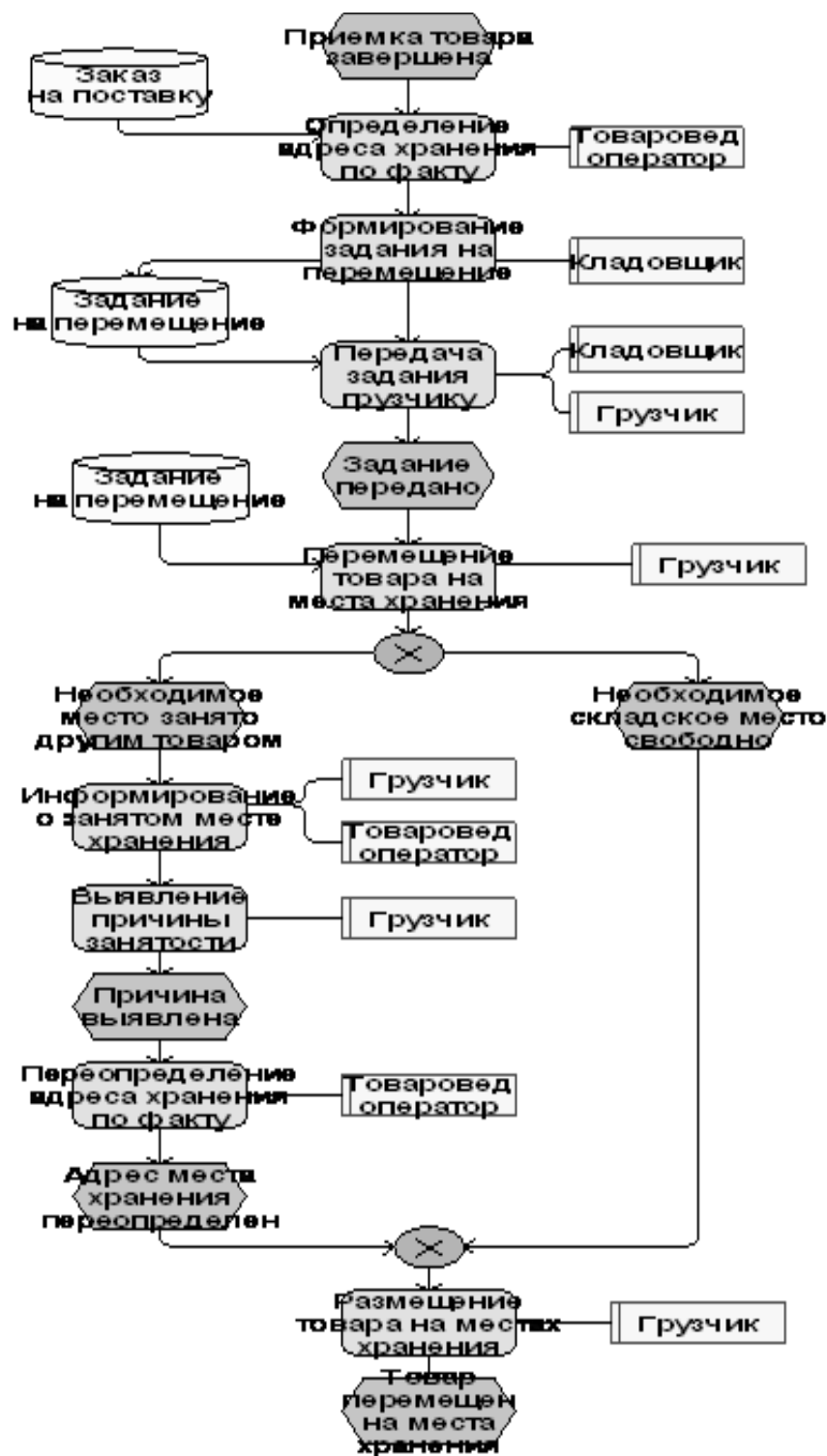


Рис. 1. Размещение товара на складе

Определим численные характеристики объектов модели eEPC, необходимые для имитационного моделирования (табл. 2–4).

Таблица 2

Численные характеристики функций для имитационной модели

Функция	Время выполнения, мин	Использование ресурсов, количество единиц
Определение адреса хранения по факту	5	Товаровед-оператор – 1
Формирование задания на перемещение	1	Кладовщик – 1
Передача задания грузчику	5	Кладовщик – 1
Перемещение товара на места хранения	15	Грузчик – 1
Информирование о занятом месте хранения	1	Грузчик – 1
Выявление причины занятости складского места	5	Грузчик – 1
Переопределение адреса хранения по факту	2	Товаровед-оператор – 1
Размещение товара на местах хранения	20	Грузчик – 1

Таблица 3

Количество единиц ресурсов мощности для имитационной модели

Ресурс	Количество единиц ресурсов
Кладовщик	2
Грузчик	10
Товаровед-оператор	3

Таблица 4

Вероятности наступления событий в правиле ветвления XOR

Событие	Вероятность наступления
Необходимое складское место свободно	0,90
Необходимое место занято другим товаром	0,10

Созданная агентная имитационная модель AnyLogic на основе модели eEPC представлена на рисунках 2, 3. Для верификации полученной агентной имитационной модели AnyLogic сравним ее выходные данные с выходными данными имитационной модели встроенного в ARIS ToolSet имитатора ARIS Simulation.

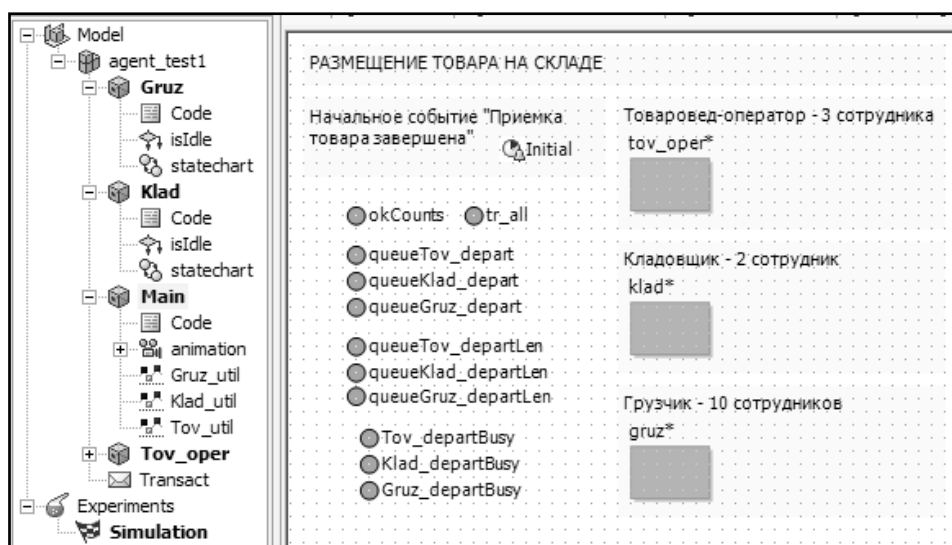


Рис. 2. Активные объекты и их окружение в агентной имитационной модели AnyLogic

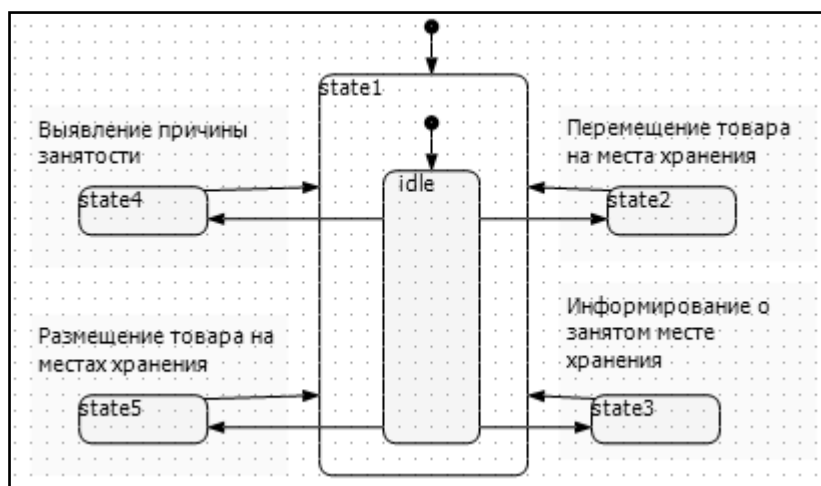


Рис. 3. Пример стейтчарта для программирования поведения агента

Сравним выходные данные по использованию ресурсов мощности после имитации в системах AnyLogic и ARIS Simulation за одинаковый модельный промежуток времени (8 модельных часов) и с одинаковыми входными данными после одинакового количества экспериментов – всего проводилось 10 экспериментальных прогонов моделей в каждой из систем AnyLogic и ARIS Simulation (табл. 5–7).

Таблица 5

Статистика по использованию ресурсов мощности полученная с помощью AnyLogic для агентной имитационной модели, %

Ресурс	Номер эксперимента										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Товаровед-оператор	100	99	100	99	100	99	100	99	100	99	99,50
Кладовщик	99	98	99	99	98	99	99	99	99	98	98,70
Грузчик	91	93	88	92	91	90	87	92	91	93	90,80

Таблица 6

Статистика по использованию ресурсов мощности полученная с помощью ARIS Simulation, %

Ресурс	Номер эксперимента										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Товаровед-оператор	99	99	98	99	99	99	99	99	98	99	98,80
Кладовщик	99	98	99	98	98	99	98	98	99	98	98,40
Грузчик	92	91	93	93	92	93	93	91	93	92	92,30

Таблица 7

Сводные усредненные данные по использованию ресурсов мощности, %

Ресурс	ARIS Simulation	AnyLogic
Кладовщик	98,80	99,50
Грузчик	98,40	98,70
Товаровед-оператор	92,30	90,80

Таким образом, сравнивая сводные данные по использованию ресурсов мощности (см. табл. 7), полученные для одной и той же преобразованной модели eEPC, делаем вывод, что имитационная модель ARIS Simulation и модель AnyLogic, полученная посредством перевода по предложенному алгоритму, показывают близкие результаты.

Следовательно, разработанная в соответствии с предложенной методикой имитационная модель обладает прогностической способностью, не уступающей традиционным имитационным моделям.

Литература

1. Толуев Ю.И., Планковский С.И. Моделирование и симуляция логистических систем: курс лекций для высш. техн. учеб. заведений. – Киев, 2009. – 85 с.
2. Клебанов Б.И., Чернышев Е.Н. Методические указания к лабораторным работам по CASE-пакету ARIS Toolset. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2002.
3. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
4. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 240 с.
5. Шеер А.В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. – М.: Весть-МетаТехнология, 1999. – 182 с.
6. Доррер М.Г., Ланцев Е.А., Шаргаева А.И. Событийный анализ бизнес процессов в нотации eEPC // Тр. XV Междунар. ЭМ-конф. по эвентологической математике и смежным вопросам / СФУ, НИИППБ, КГТЭИ. – Красноярск, 2011. – С. 89–96.



УДК 330.15

А.А. Иванов, Т.Ф. Яричина

ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ КАНСКОГО РАЙОНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)

В статье представлен метод оценки достаточности природных ресурсов территории для целей обеспечения ее продовольственной безопасности. Проведена оценка достаточности природных ресурсов Канского района для целей обеспечения его продовольственной безопасности.

Ключевые слова: природные ресурсы, продовольственная безопасность, территория, физическая доступность, достаточность, метод оценки почвенных ресурсов.

A.A. Ivanov, T.F. Jarychyna

THE NATURAL RESOURCE SUFFICIENCY ASSESSMENT FOR ENSURING THE TERRITORY FOOD SECURITY (ON THE EXAMPLE OF THE KRASNOYARSK KRAI KANSK REGION)

The method of the natural resource sufficiency assessment on the territory for ensuring its food security is presented in the article. The assessment of the natural resource sufficiency of the Kansk region for ensuring its food security is conducted.

Key words: natural resources, food security, territory, physical accessibility, sufficiency, soil resource assessment method.

Введение. В настоящее время перед агропромышленным комплексом страны стоит задача достижения продовольственной безопасности России до 2020 года. Продовольственная безопасность населения территории считается обеспеченной, если для каждого ее жителя гарантирована физическая доступность рационального набора продуктов питания. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности [1]