

**ВЕРИФИКАЦИЯ АГЕНТНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ANYLOGIC С  
ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА  
ПРОЦЕССОВ (PROCESS MINING)****Е.А. Ланцев (Красноярск)**

Под верификацией будем понимать определение правильности преобразования концептуальной модели в имитационную модель. Концептуальная модель в нашем случае – описание логики взаимодействия агентов между собой и окружением. Концептуальная модель в рамках данного исследования является операционной моделью процесса, например, выполненная в нотации ePC, агентные имитационные модели создаются в среде AnyLogic [1].

Основными методами верификации имитационных моделей являются [2]:

1. Написание и отладка моделирующих программ по модулям, постепенно повышая уровень детализации;
2. Структурный разбор – коллективная разработка и проверка модели;
3. Проверка и документирование модели лицом, не участвующим в разработке модели;
4. Трассировка модели – состояние системы выводится на экран и сравнивается с вычисленным вручную;
5. Прогон модели при упрощающих допущениях, для которых легко могут быть вычислены характеристики системы;
6. Просмотр анимации имитационной модели.

Следует отметить, что во многих агентных моделях необходимо использование программного кода для задания логики поведения агента. Что усложняет верификацию таких моделей, поскольку логика работы зачастую не очевидна. Также необходим сравнительно быстрый способ верификации моделей с анализом большого количества данных в результате длительных прогонов имитационной модели.

Разработки по использованию методов интеллектуального анализа процессов (Processmining) [3] для верификации агентных имитационных моделей или же генерации журнала событий в процессе работы агентных моделей в открытой печати не обнаружено. В данной статье рассматривается методика для верификации агентных имитационных моделей с применением технологии интеллектуального анализа процессов (Processmining), которая является расширением метода трассировки. Расширение заключается в автоматизации построения схемы работы имитационной модели на основе данных ее трассировки (журнала событий).

Основные этапы предлагаемой методики:

1. Настройка агентной имитационной модели AnyLogic для генерации журнала.
2. Генерация журнала работы АИМ
3. Создание журнала событий в формате MXML с помощью специализированных программ (например, XESame).
4. Восстановление структуры модели на основе журнала событий.
5. Создание матриц смежности для сравнения операций и исполнителей для операций для исходной и восстановленной модели.
6. Сравнение полученных матриц смежности.

Вначале необходимо настроить модель таким образом, чтобы в процессе ее работы создавался журнал работы модели, например, в текстовом файле с разделителями CSV (Comma-Separated Values – значения отдельных колонок разделяются запятой), в который записываются данные о работе имитационной модели (табл. 1). Этого можно достигнуть,

например, с помощью расширения модели программным кодом на Java, записывающим данные в файл.

Первые три поля файла (CASEID, TASK, TIME) обязательно должны быть заполнены для последующего успешного анализа журнала событий алгоритмами интеллектуального анализа процессов.

Таблица 1

**Структура и принцип формирования журнала работы  
агентной имитационной модели**

№	Поле журнала	Описание поля	Принцип формирования поля в агентной имитационной модели
1	CASEID	Номер экземпляра процесса	В поле записывается порядковый номер экземпляра бизнес-процесса.
2	TASK	Наименование операции	Записывается название (описательное название на русском/английском языке) запущенной операции. Операция соответствует переходу в простое состояние на диаграмме состояний агента.
3	TIME	Дата и время	Дата и время, когда событие произошло. Используется модельное время.
4	EVENTTYPE	Тип события (начало или конец)	Дата и время какого события записывается – начало операции (тип события «Start») или окончание операции (тип события «Complete»).
5	RESOURCE	Исполнитель	Записывается идентификатор агента, выполняющего операцию

Полученный журнал работы агентной имитационной модели с помощью программы XESame [4] транслируется в журнал событий в формате MXML, который далее анализируется с помощью программы ProM.

В ProM может осуществляться фильтрация журнала событий для удаления незавершенных экземпляров процессов. Структура модели воссоздается, например, с помощью эвристического алгоритма (дополнение «HeuristicsMiner»), для идентификации организационной структуры в привязке к выполняемым операциям можно использовать алгоритм анализа организационной структуры (дополнение «RoleHierarchyMiner»). При восстановлении необходимо добиваться полного воспроизведения на восстановленной схеме всех экземпляров процессов в журнале, т.е. показатель полноты (fitness) для полученных моделей должен быть равен единице. Модель в нотации eEPC может быть получена с помощью трансляции модели в нотации Casualnet вEPC средствами ProM с последующим импортированием в систему ARISToolset.

Сравнение исходной модели C-net или eEPC и модели C-net после работы АИМ можно производить на основе сравнения матриц смежности моделей C-net или EPC/eEPC, поскольку модель в нотации C-net или EPC/eEPC является ориентированным графом.

Необходимо отметить, что для простых имитационных моделей, для которых достаточно визуального сравнения исходной концептуальной модели и восстановленной по журналу событий, возможен пропуск последних двух этапов по построению матриц смежности.

Укажем преимущества предложенной методики верификации:

Накопление данных для всестороннего анализа имитационной модели, в частности для графического визуализирования схемы работы имитационной модели;

Возможность документирования операционных процессов при отсутствии исходной концептуальной модели.

К недостаткам методики следует отнести:

Трудоемкость сравнения сложных моделей по матрицам смежности. Нет автоматизированных алгоритмов для сравнения исходной модели и восстановленной по журналу работы имитационной модели.

### **Заключение**

Разработана методика для верификации агентных имитационных моделей средствами интеллектуального анализа процессов (Process Mining). Методика является расширением метода трассировки применяющейся для верификации компьютерных моделирующих программ. Расширение заключается в автоматизации построения схемы работы имитационной модели на основе данных ее трассировки.

Методика позволяет на основе журнала событий (данных трассировки) имитационной модели (ИМ):

1. Восстановить операционную модель работы ИМ;
2. Восстановить соответствие исполнителей (агентов) и операций процесса ИМ;
3. Восстановить логические развилки;
4. Позволяет документировать модель работы ИМ при отсутствии исходной концептуальной модели.

Описанная методика может применяться для верификации агентных и дискретно-событийных имитационных моделей, а также сочетающих в себе их элементы.

### **Литература**

1. Ланцев Е.А., Доррер М.Г. Агентное имитационное моделирование бизнес-процессов в нотации eEPC // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 3. – С. 86–92.
2. Лоу, А. Имитационное моделирование [Текст] / А. Лоу, В. Кельтон. – СПб.: Изд-во: Питер, 2004. – 848 с.
3. st, W.M.P. van der. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes [Text] / W.M.P. van der Aalst. – Berlin: Springer-Verlag. – 2011. – 352 с.
4. Buijs, J.C.A.M. Mapping Data Sources to XES in a Generic Way [Text]: Master Thesis. – Eindhoven, 2010. – 123 p.