

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОКОЛОВ СОБЫТИЙ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА****С. И. Морозов, Ю. И. Толуев (Магдебург), Т. П. Змановская (Рига, Латвия)****Введение**

Протоколы событий достаточно часто применяются в практике имитационного моделирования. Например, с помощью протоколов, получаемых в реальных системах, оценивают эмпирические распределения случайных параметров имитационных моделей или организуют так называемое *trace driven simulation* [1], при котором события записанного протокола прямо интерпретируются как события, привязанные к моментам текущего модельного времени.

Известны следующие типы протоколов, получаемых в процессе работы имитационной модели и называемых обычно трассировочными файлами (*trace files*):

– файлы типа *line-by-line* в формате соответствующего пакета имитационного моделирования (симулятора), который предусмотрен для целей отладки имитационных моделей;

– файлы типа *selective trace* [1] в формате разработчика модели для расчёта и отображения специальных показателей функционирования моделируемой системы;

– файлы типа *moving protocol* в формате системы анимации, как средство поддержки анимации в режиме *offline* (например, в формате ATF для системы Proof Animation).

В [2] показано, что на базе файлов типа *selective trace*, которые приводятся к некоторому нормированному формату, можно проводить статистическую обработку, логический анализ и графическую интерпретацию процессов, отображенных в протоколах событий. Возможности практической реализации независимых процедур верификации и валидации моделей путем использования протоколов событий описаны в [3].

Протоколы событий различного типа очень часто создаются как в логистических системах отдельных предприятий, так и в сетях поставок. Практически в каждой логистической информационной системе, например, на складе, движения товаров фиксируются в форме *transactions* и записываются в файлы, называемые *log files* или просто *history*. На базе протоколов событий реализуются основные функции в системах сопровождения грузов типа *tracking & tracing*. Особенно большие возможности для оперативного управления процессами в логистике открываются в связи с внедрением технологий радиочастотной идентификации грузов и средств транспортировки (RFID). Потoki данных, создаваемые приёмниками сообщений в системах типа RFID, также можно интерпретировать как протоколы событий.

Основная цель настоящей работы заключается в том, чтобы ещё раз показать универсальный характер протоколов событий, создаваемых как в реальных логистических системах, так и в их имитационных моделях. Проверенные с помощью имитационных моделей процедуры интерпретации протоколов событий в дальнейшем могут быть применены для анализа работы реальных логистических систем. Кроме того, особое значение для практического моделирования имеет тот факт, что отделённые от симулятора процедуры анализа и обработки результатов моделирования создают для разработчика модели возможности выбора таких форм представления этих результатов, которые в наилучшей степени отражают цели имитационного исследования и положительно воспринимаются конечным пользователем модели (заказчиком). Инструментальное решение задачи интерпретации получаемых от имитационных моделей протоколов событий основано на применении программы MS Excel. Исследуемая в работе

имитационная модель логистического центра была создана с помощью симулятора eM-Plant (SIMPLE++).

Описание объекта моделирования

Моделируемый логистический центр (LZ) является последним промежуточным узлом в системе снабжения предприятия по сборке автомобилей в условиях не массового, а мануфактурного производства. Топологический план логистического центра и структура материальных потоков показаны на рис. 1. Автотранспорт от поставщиков прибывает по заранее разработанному графику в различные моменты времени с 6:00 до 23:00 часов и доставляет соответствующие транспортные партии комплектующих изделий. Равномерный темп поставки комплектующих на сборочное предприятие (GMD) обеспечивается тем, что специальный грузовой поезд отправляется от рампы 2 логистического центра с интервалом ровно в 1 час. Состав груза каждого поезда получается различным, так как все 35 видов комплектующих имеют различные коэффициенты применяемости в готовом изделии.

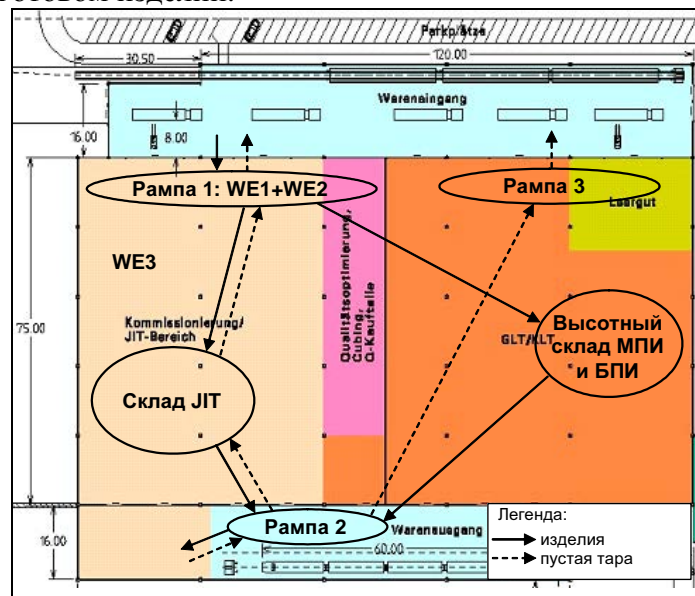


Рис. 1. Топологический план логистического центра

Общая интенсивность потока специальных контейнеров, по размерам соизмеримых с европоддоном, через логистический центр определяются временем такта сборочного конвейера, и она может колебаться в пределах от 800 до 2400 контейнеров в день. При этом в логистическом центре должно быть разгружено от 50 до 80 автомашин и загружено от 12 до 20 грузовых поездов.

Все операции по транспортировке контейнеров на территории логистического центра осуществляются с помощью вилочных погрузчиков, которые работают в составе четырёх бригад. Контейнеры с грузом поступают от рампы 1, где имеется два места WE1 и WE2 для обработки автомашин. В точке WE3 разгружается специальный автопоезд-челнок, доставляющий некоторые виды изделий со склада промежуточной комплектации. Сначала контейнеры складываются на рампе, а потом перевозятся к блочному складу ЛТ для контейнеров, поставляемых в режиме «точно в срок», или к высотному складу, где хранятся контейнеры с малыми покупными изделиями (МПИ) и большими покупными изделиями (БПИ). К моменту прибытия грузового поезда, подлежащие отправке контейнеры, накапливаются на рампе 2. Сразу по прибытии поезда из него выгружаются пустые контейнеры. Часть из них сразу перевозится на склад ЛТ, а другая часть склады-

вается на рампе 2 и потом перевозится к рампе 3. До момента отправления поезда все приготовленные для него на платформе контейнеры должны быть погружены.

Основная цель моделирования логистического центра заключается в исследовании реализуемости конкретных сценариев функционирования полной цепи поставок. В каждом сценарии необходимо найти реальные и потенциальные узкие места, а затем проверить возможность их устранения путём изменения числа работающих погрузчиков или даже путём изменения графиков поставок комплектующих.

Получение и интерпретация протоколов событий

Особенностью модели, созданной на eM-Plant, является протоколирование событий, программно заданное разработчиком модели. Три типа трассировочных файлов в формате TXT создаются во время моделирования и передаются затем для интерпретации с помощью специальной программы на MS Excel:

- события во входных и выходных потоках логистического центра;
- события, возникающие при изменении состояний вилочных погрузчиков;
- события, возникающие при выполнении операций по перемещению контейнеров вилочными погрузчиками.

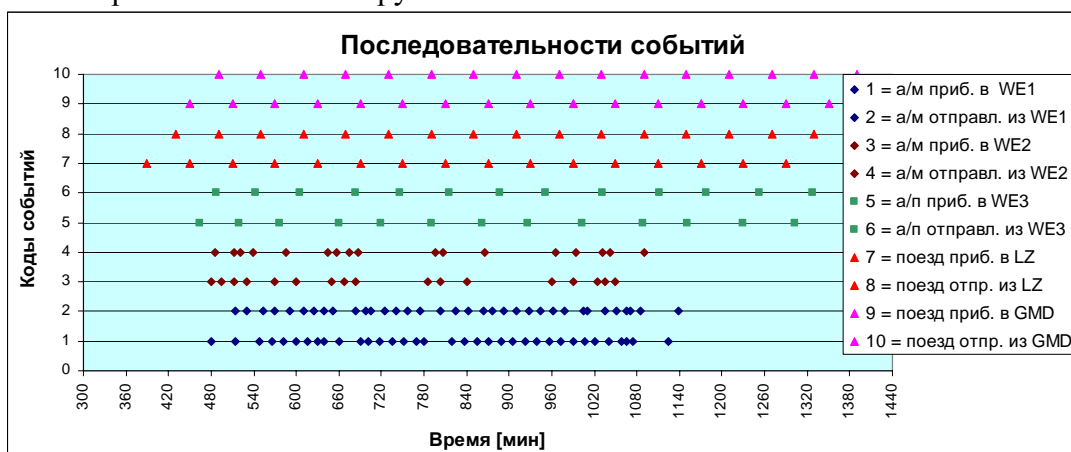


Рис. 2. Графическое отображение событий при моделировании дневного сценария

События во входных и выходных потоках логистического центра показаны графически на рис. 2. Можно видеть, что первая автомашина прибыла в логистический центр в 6:00 час, а последняя – в 18:50 час. Автопоезд продолжал работать до 22:00 час. Всего было загружено и отправлено 16 грузовых поездов, причём первый поезд был подан под погрузку в 6:30 час, а последний – в 21:30 час. На базе этого же протокола событий создается диаграмма, показанная на рис. 3, так как на основании сообщений о прибытии и отправлении автомашин легко определяется число автомашин, находящихся на территории логистического центра.

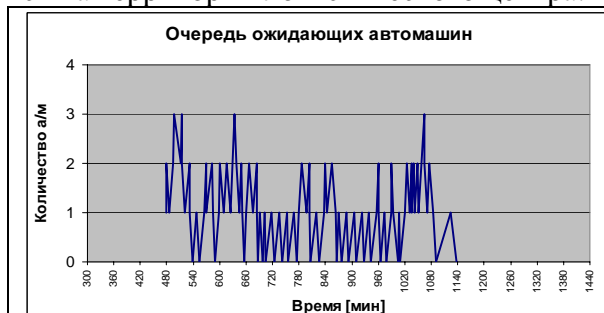


Рис. 3. Динамика очереди ожидающих автомашин

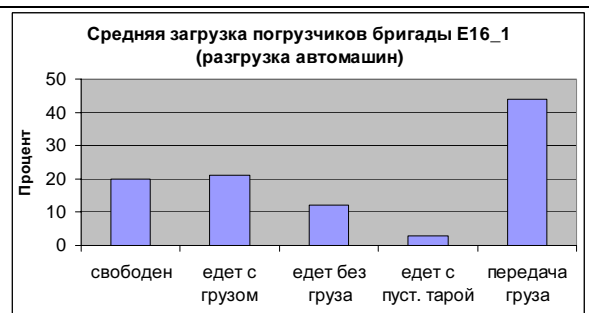


Рис. 4. Статистика состояний вилочных погрузчиков

Загрузка вилочных погрузчиков определяется на базе второго из отмеченных выше протоколов событий, причём интересующие аналитика состояния погрузчиков задаются им самим при программировании модели. На рис. 4 показана загрузка вилочных погрузчиков, работающих в составе одной из четырёх бригад.

Возможности для проведения подробного анализа материальных потоков и их последствий (уровней запасов) в различных точках логистического центра обеспечиваются содержанием протокола событий, возникающих при выполнении операций по перемещению контейнеров вилочными погрузчиками. На рис. 5 показан набор диаграмм типа «уровень запасов», которые в совокупности отображают полную схему материальных потоков, приведённую ранее на рис. 1. Каждой стрелке на рис. 5 соответствует один из рабочих маршрутов вилочных погрузчиков.

Выводы

Описанный метод интерпретации протоколов событий позволяет очень наглядно продемонстрировать развитие процессов в модели, а также вычислять заданные разработчиком модели статистические показатели. Трудоёмкость метода невелика, так как его реализация сводится лишь к некоторому расширению программного кода модели, не влияющему на логику моделирования. При наличии достаточно развитого внутреннего языка симулятора всю предварительную обработку протокольных данных можно производить в самой модели, а в программу на MS Excel передавать данные, полностью подготовленные для представления в виде таблиц и диаграмм. В другом случае в MS Excel можно передавать все первичные данные о событиях, тогда для их обработки необходимо будет написать макросы на языке VBA.

Литература

1. **Banks, J., J. S. Carson, II and B. L. Nelson.** Discrete-Event System Simulation. 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River. – New Jersey, 1996.
2. **Tolujev, J., Lorenz, P., Beier, D. and Schriber, T.** Assessment of simulation models based on trace-file analysis: a metamodelling approach//Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, eds. D. Medeiros, E. Watson, J. Carson, and M. Manivannan. P. 443–450.
3. **Tolujev, J., Merkurjev, Y., Neumann, G.** Independent Validation and Verification of Simulation Models: New Chances for Supporting Simulation of Logistics//The New Simulation in Production and Logistics, 9th ASIM Dedicated Conference, K. Mertins, M. Rabe (eds.). – IPK Berlin, 2000. P. 97–106.

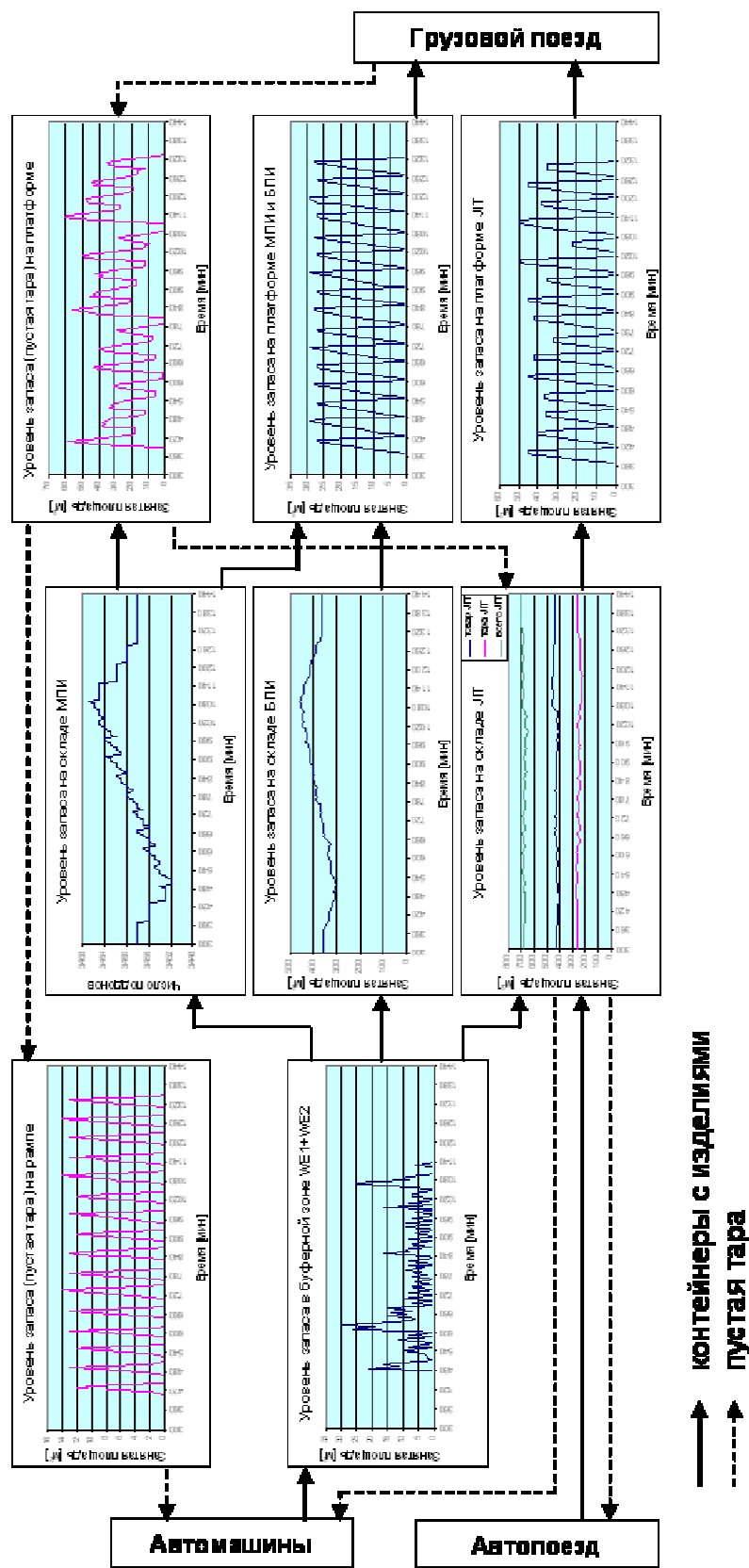


Рис. 5. Схема материальных потоков и динамика запасов в пространстве логистического центра