

Предположим, что снимок подвергся проективному преобразованию и калибровке каналов:

$$\Theta(\lambda, x^*, y^*); f(x, y) \rightarrow e^\lambda \left(\left(\frac{c_{11}x + c_{12}y}{c_{31}x + c_{32}y + c_{33}} \right), \left(\frac{c_{21}x + c_{22}y}{c_{31}x + c_{32}y + c_{33}} \right) \right).$$

Здесь коэффициенты $e^\lambda = [e^{\lambda_1}, e^{\lambda_2}, \dots, e^{\lambda_N}]$ соответствуют калибровке

N слоев (множители e^λ можно интерпретировать как факторы поглощения среды, действующие в окрестности исследуемой точки и соответствующие частотному диапазону данного слоя). Пусть $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N]$ – соответствующий вектор.

Преобразования $\Theta(\lambda, x^*, y^*)$ образуют некоммутативную группу Ли G изоморфную группе $R^N \times P_0$ действующую в пространстве $J^1(R^2, R^N)$ 1-струй (усеченных тейлоровских разложений) размерности $3N$.

Теорема 1. *Размерность пространства функционально независимых 1-инвариантов относительно группы преобразований G совпадает с размерностью Грасманова многообразия двумерных плоскостей в R^N*

$$\dim(I) = 2 \cdot (N - 2),$$

где N – число каналов.

О проблемах разработки имитационных моделей сложных технологических процессов¹

*Ан. В. Сорокин
РИИ, г. Рубцовск*

В настоящее время под имитационным моделированием понимается разработка компьютерных моделей и постановка экспериментов на них. Компьютерная модель представляет собой программу, имитирующую деятельность сложных объектов. В таких программах с помощью набора математических инструментальных средств и специальных технологий программирования воссоздается поведение моделируемых объектов. Работа модели представляет собой эксперимент, при котором учитываются имеющиеся в реальных условиях случайные отклонения параметров [1].

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 08-01-98002 – р_сибирь_а и при поддержке ведомственно-аналитической программы "Развитие научного потенциала Высшей школы 2009-2010" №2.2.2.4/4278.

В данном исследовании в качестве объекта моделирования выступает производственный участок ОАО «АСМ-Запчасть», входящего в состав ФПГ «Сибагромаш» (Алтайский край, г. Рубцовск). Участок занимается производством культиваторных лап АСМ 00120 («сор-майт») (далее по тексту лапа), являющихся одним из основных видов деятельности предприятия (удельный вес указанного вида продукции в общем ее объеме за последние 3 года составлял более 20%), что и послужило основанием для выбора объекта моделирования. Следует учесть, что данный вид культиваторных лап является сезонным товаром и выпускается в соответствии с графиком производства продукции с ноября по апрель включительно. На это время оборудование участка настраивается на производство указанной модели культиваторных лап. Также необходимо иметь в виду, что данный участок является частью цеха, и некоторые операции по производству лапы осуществляются на других участках, что усложняет задачу моделирования. Технологический процесс производства лапы можно представить в виде последовательности следующих операций:

- поступление заготовок на участок;
- нагрев заготовки (установка ТВЧ-500);
- вырубка контура (кривошипный пресс 2538);
- оттяжка лезвия (молот М-2140);
- гибка хвоста (кривошипный пресс 18002);
- гибка заготовки (кривошипный пресс 9534);
- транспортировка в контейнерах (кран-балка);
- пробивка отверстия (кривошипный пресс 001E);
- транспортировка в контейнерах (кран-балка);
- зенковка потая (вертикально-сверлильный станок 2135);
- транспортировка в контейнерах (кран-балка);
- наплавка лезвия (ВЧГ3х160);
- транспортировка в контейнерах (кран-балка);
- заточка лезвия (обдирочно-шлифовальный станок 3М636) [2].

Располагая детальными сведениями о производственном процессе, был составлен алгоритм имитационной модели. При этом каждая инструкция технологического процесса при моделировании находила свое отражение и повторялась в программе. В таком случае самым универсальным способом создания модели является написание её на первичном языке программирования «с нуля». Несомненно данный способ имеет свои плюсы, но требует больших затрат и опасен накоплением ошибок во вспомогательных алгоритмах, которые сложно будет обнаружить. Поэтому для разработки модели нами была выбрана среда имитационного моделирования AnyLogic. Выбор данной среды

позволил решить следующие основные проблемы, характерные для данной области:

1. *Точно повторить все случайные и промежуточные отклонения параметров модели.* AnyLogic как инструмент имитационного моделирования в своей основе имеет качественный алгоритм постановки экспериментов. Модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику.

2. *Реалистично представить в модели оборудование участка.* AnyLogic использует объектно-ориентированный язык программирования Java для создания всех моделируемых объектов. Такой объект может представлять собой, в том числе и производственное оборудование. Для создания производственных моделей с AnyLogic поставляется библиотека Enterprise Library (Библиотека «Производство») – это набор объектов, которыми могут быть представлены минимальные операции на производстве (очереди, задержки, конвейеры), из которых разработчик может составлять более крупные модели – модели станков, цехов, предприятий и т.д.

3. *Наглядно представить процесс работы модели.* Визуализация модели в среде AnyLogic проработана очень качественно. Стоит отметить, что само программирование модели реализовано большей частью графически, и во время выполнения модели, блоки и объекты, «нарисованные» на этапе программирования, анимируются соответственно процессу. Анимация тоже может быть запрограммирована, к каждому объекту можно добавить его анимированный значок и так называемую анимацию, доступную во время выполнения модели, демонстрирующую процессы, происходящие в объекте.

4. *Запрограммировать процессы, не предусмотренные в стандартных модулях программы.* Внутри программы во всех полях свойств объектов есть возможность использовать код на языке Java. Несомненно, это является огромным плюсом AnyLogic, так как позволяет программировать поведение объектов и добиться точного соблюдения математической модели, соответствующей производственной модели.

5. *Оформить готовую модель в рабочем виде и передать ее заказчику.* Разработанная модель является не программой, а проектом, открываемым средой AnyLogic. Чтобы для её просмотра заказчику не пришлось покупать и устанавливать программу AnyLogic, модель может быть собрана в так называемый байт-код на языке Java, представ-

ляющий собой JAR-архив, выполняемый программой просмотра Интернет страниц и требующий только установки эмулятора Java.

Помимо вышеперечисленных трудностей, в настоящее время в моделировании в целом и в имитационном моделировании в частности остро стоит проблема недостатка мощности ЭВМ. Программа AnyLogic, обнаруживает недостаток быстродействия, что, прежде всего, связано с применением внешнего Java «движка», который сам по себе не является первичным для компьютера. Анимация модели, также связанная с применением языка Java, не использует возможности современных «видеоускорителей», что замедляет саму модель. С целью ускорения могут быть использованы некоторые программные оптимизационные методы, например, такие как отключение анимации (настройка режима сбора статистики). Но самым действенным из доступных нам при разработке модели методов решения данной проблемы является сокращение детализации модели.

Поскольку технологии моделирования позволяют детализировать процесс с высокой точностью, то необходим компьютер, способный провести полный оптимизационный эксперимент с такой моделью за сравнительно небольшой промежуток времени. При разработке модели участка в нашем распоряжении было достаточно сведений, чтобы детализировать модель вплоть до элементарных операций, таких как отдых операторов или учёт времени суток и т.д. Но даже попытка симитировать работу узлов станка вместе с работой оператора (с целью точно повторить параметры износа, усталости) существенно замедлила модель при работе на двухядерном процессоре AMD 4000+.

Для решения данной проблемы были найдены следующие способы:

- во-первых, вместо параметров износа усталости и режима работы используются статистические данные, получаемые, в том числе и во время работы самой модели. Детализация модели остается на уровне станков, а работа станка управляется в зависимости от собранных статистических данных;
- во-вторых, для подготовки входных данных, подведения итогов и оптимизации некоторых параметров используются возможности MS Excel.

Таким образом, несмотря на все возможности AnyLogic, укрупнение детализации в модели вызывает некоторые упрощения. В частности, в отношении к персоналу, к режиму работы предприятия, к процессу поступления заготовок на участок, к процессу транспортировки деталей внутри участка. Все эти моменты являются важными, но не определяющими по отношению к данному виду производства, так как не затрагивают сути его технологического процесса. Для более под-

робного описания работы участка эти моменты могут быть смоделированы, но в настоящем исследовании перед разработчиками такой задачи не стояло.

Подводя итог вышесказанному необходимо отметить, что анализ обозначенных проблем позволил найти эффективные пути их решения. Часть из них, удалось решить успешным выбором среды моделирования AnyLogic. Для компенсации недостатка быстродействия, помимо обычного в таких случаях укрупнения детализации модели используется выделение части функций в отдельную программу. Повышение точности модели достигается сбором статистических сведений, и последующим вводом корректирующих параметров.

Учитывая вышеприведенные обстоятельства, можно утверждать, что имитационная модель не потеряла своей адекватности и реально отражает происходящие на участке производственные процессы, что было подтверждено совпадением соответствующих практических данных и данных, полученных в ходе проведения моделирования деятельности производственного участка.

Библиографический список

1. Карпов Ю.Г. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю.Г.Карпов. – М. : «ВНУ», 2005. – 400 с.
2. Техническая документация ОАО «АСМ-Запчасть» технологического процесса производства культиваторной лапы АСМ 00120 («сор-май»).

Модель для тестирования ПО

С.М. Старолетов
АлтГТУ, г. Барнаул

Работа посвящена математизации тестирования (проверки правильности) современных программ.

Целью исследования является создание своей адекватной математической модели распределённой недетерминированной программной системы и применение её при проведении тестирования сложных систем при помощи разрабатываемых средств. Актуальность работы вытекает из необходимости применения различных методик при тестировании программ, перспективности применения моделей в тестировании программ, необходимости повышения культуры тестирования, отсутствия на рынке популярных средств тестирования при помощи построения моделей.