

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шеклеин А.А., Аксенов К.А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия (620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19), e-mail: alexbrain@bk.ru

В статье рассматриваются задачи разработки имитационной модели технологического процесса производства сложного изделия в системах имитационного моделирования (СИМ) ARIS, ARENA, BPsim. Модель включает в себя 420 технологических операций, использует 17 видов ресурсов (оборудования) и 19 наименований специальностей (людских ресурсов). На основе созданной модели были проведены эксперименты и получены результаты, позволяющие оценить производительность систем имитационного моделирования. В ходе экспериментов были определены фактические требования СИМ к оборудованию для работы с крупными моделями. Определена производительность СИМ и зависимость производительности СИМ от мощности процессора. Определены требования к оперативной памяти. Использование результатов проведенных экспериментов имеют практическое значение при выборе необходимой для решения задачи СИМ, построении моделей в СИМ, постановках и проведении экспериментов в СИМ.

Ключевые слова: дискретные процессы производства, системы имитационного моделирования.

PERFORMANCE ANALYSIS OF PROBLEM-ORIENTED SIMULATION SYSTEMS

Sheklein A.A., Aksyonov K.A.

Ural Federal University n.a. the first president of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, street Mira, 19), e-mail: antonovaannas@gmail.com

In the article are described the tasks for development of simulation model of production technological process in simulation systems ARIS, ARENA, BPsim. The model are included 420 technological operations, 17 types of mechanisms and 19 profession types. On the base of developed model was gained experiment results of simulation systems performances. On the basis of experiment results are determined as a facts of simulation systems requirements to environment for work with large models. The effectiveness of simulations systems was determined in dependency of processor performance. Operation memory requirements was determined. Experiment results are haven practical value for simulation systems selection (for simulation model development and effective decision support in simulation system).

Keywords: discrete manufactured processes, simulation systems.

Характерной особенностью применяемого в настоящее время на практике программного обеспечения имитационного моделирования является высокая универсальность программных средств. Так, при описании дискретных процессов большинство пакетов прикладных программ моделирования пригодно для алгоритмизации дискретных процессов в самом широком смысле или же, по крайней мере, для достаточно больших классов таких процессов. Это достигается за счет использования таких компонент дискретных процессов, как, например, события или параметры состояний. Вследствие такой универсализации средств составления моделей процессов были разработаны и нашли применение достаточно простые способы представления процессов имитационными моделями. Именно это предопределило рост популярности имитации как метода среди исследователей и разработчиков [1-2].

Указанные особенности построения формальных систем алгоритмизации процессов, являющихся концептуальной базой распространенных сейчас языков моделирования, в определенной степени объясняют уровень сложности программного обеспечения имитационного моделирования, при котором обязательна специальная подготовка пользователей в области программирования. Этот факт создает существенные трудности для участия в создании и эксплуатации моделей специалистов, не являющихся профессиональными программистами. Однако именно эти специалисты должны получить непосредственный доступ к машинным моделям и активно участвовать в проведении имитационных экспериментов. Один из путей решения данной проблемы – построение и использование проблемно-ориентированных пакетов имитационного моделирования (ИМ). Под проблемно-ориентированным пакетом ИМ предлагается понимать модульную систему программ, применяемую при решении следующих формулируемых на некотором проблемно-ориентированном языке задач: идентификация и формализация элементов процессов в диалоге человека с машиной; привязки формальных схем элементов процессов к общей модели; определение параметров и начальных условий; ввод данных, вариации модели (параметров и структуры); вывода и обработки данных [3, 7].

Так можно выделить две группы систем имитационного моделирования (СИМ): дискретные и непрерывные. К наиболее распространенным проблемно-ориентированным дискретно-событийным СИМ относятся: AnyLogic, ARIS, ARENA, BPsim, PlantSimulation, Simio. В данной работе рассматриваются дискретные СИМ: ARIS, ARENA, BPsim. Данная работа посвящена изучению производительности СИМ. В ходе работы разработана имитационная модель процесса производства изделия. Модель включает в себя 420 операций, использует 17 видов ресурсов (оборудования) и 19 категорий специалистов.

Обзор систем имитационного моделирования

Для проведения экспериментов были выбраны три дискретно-событийных СИМ ARIS, ARENA и BPsim. Система имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов (ППР) BPsim [1-2] обеспечивает выполнение следующих функций: создание динамической модели ППР; имитационное моделирование; анализ результатов имитационного эксперимента; получение отчетов по моделям и результатам экспериментов; экспорт результатов экспериментов в MS Excel и MS Project.

Система имитационного моделирования BPsim позволяет описывать произвольный, сложный ППР. Данная система используется для решения задач организации и управления производства (в машиностроительной и строительной отрасли), в сферах бизнеса и образования, на фондовом рынке [1-2].

Система ARIS [8] представляет собой интегрированную среду анализа и моделирования, а также разработки автоматизированных информационных систем. Помимо основной среды ARIS Toolset, она включает множество модулей, которые являются дополнительными компонентами ARIS, расширяющими основную среду, так и самостоятельными модулями. Имитационное моделирование реализовано в модуле ARIS Simulation. Модуль ARIS Simulation используется для: оценки возможностей оптимизации/модификации процессов (например, по финансовым или временным затратам); выявления узких мест; выявления на ранних стадиях и оценки критических ситуаций, связанных с нехваткой ресурсов; оценки потенциальных возможностей модификации моделей в реальных ситуациях; оценки различных сценариев в количественных характеристиках; оперативной оптимизации деловых процессов.

Система Arena [4] позволяет строить имитационные модели, проигрывать их и анализировать результаты такого проигрывания. С помощью Arena могут быть построены для самых разных сфер деятельности производственных, технологических операций, складского учета, банковской деятельности, обслуживания клиентов в ресторане и т.д. и т.п. Для построения моделей Arena имеет набор средств, которые включают палитру инструментов, набор гидов и др.

Постановка проблематики оценки производительности СИМ на ЭВМ

Существенным показателем эффективности систем имитационного моделирования являются затраты машинного времени при проведении вычислительных экспериментов. Для моделирования процессов среда моделирования должна вести учет времени, протекающего в модели. Это время будем называть модельным. Можно по-разному организовывать учет времени и продвижение процессов в модели. В [6] приведены два следующих подхода учета модельного времени: 1) последовательный просмотр всеми процессами моментов времени с фиксированным шагом и 2) использование централизованного календаря событий.

Достаточно сложно оценить, по какому типу организован учет модельного времени в конкретной системе имитационного моделирования, так как для пользователя проблемно-ориентированная среда моделирования представляется черным ящиком. Кроме того, варианты организации алгоритмов и их технической реализации могут существенно отличаться в силу разницы целей разрабатываемых систем моделирования, так и по причине технических требований и применяемых информационных технологий при программной разработке. Существенными факторами являются способы организации хранения данных модели (в процессе ее разработки и модификации), так и способы работы с данными модели в процессе вычислений (при проведении вычислительного эксперимента).

Расчеты затрат машинного времени являются приближенными и могут уточняться по мере отладки программ и накопления опыта у исследователя при работе с имитационной моделью. Большое влияние на затраты машинного времени при проведении имитационных экспериментов оказывает рациональное планирование таких экспериментов. Определенное влияние на затраты машинного времени могут оказать процедуры обработки результатов моделирования, а также форма их представления [5].

Для проведения исследования производительности систем имитационного моделирования и успешного проведения экспериментов необходимо определиться со следующими его составляющими: имитационной моделью; критериями оценки; используемым оборудованием; планом экспериментов.

При анализе систем моделирования с точки зрения вычислительной производительности одним из способов является сравнение их характеристик при решении практической задачи в нескольких системах параллельно. При этом дополнительными факторами также выступают следующие: время изучения системы, адекватность математического обеспечения системы моделируемому объекту, удобство построения и модификации модели, длительность эксперимента, длительность анализа результатов экспериментов.

Необходимо также помнить, что определенные алгоритмы могут быть достаточно эффективны при моделировании определенных классов процессов (они учитывают особенности данного класса), при этом для другого класса процессов они могут быть не столь эффективны или вообще не эффективны.

Модель производства изделия

Для постановки экспериментов в различных системах, специально для каждой системы были разработаны модели производства изделия. Данная модель процесса производства изделия состоит из 420 операций, а, следовательно, её можно считать крупной для любой СИМ. В процессе производства задействованы 19 типов специалистов и 17 типов станков и агрегатов. Структура процесса сборки изделия «испаритель» на верхнем уровне с кодами различных ресурсов показана на рис. 1.

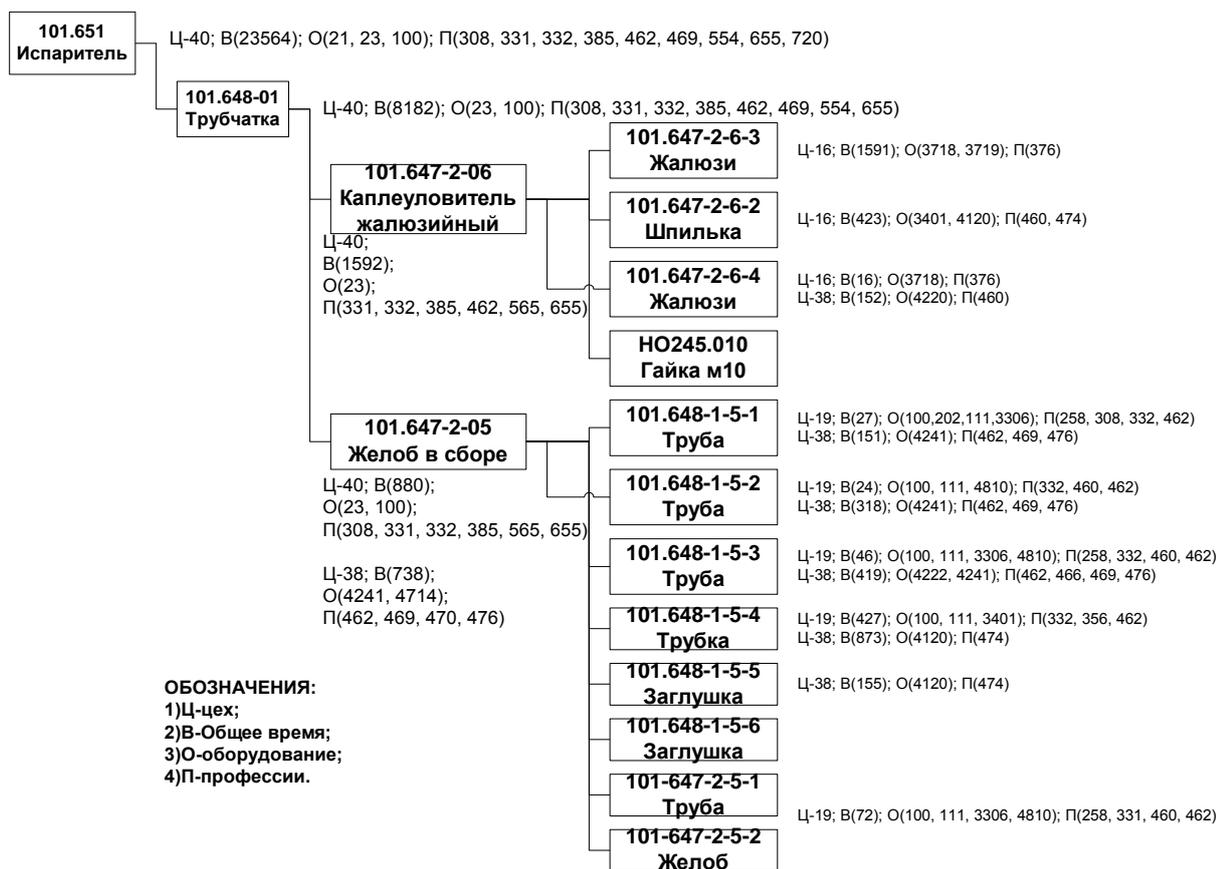


Рис.1. Структура процесса сборки изделия с кодами различных ресурсов

Выявление критериев производительности СИМ на ЭВМ

Для исследования производительности СИМ выделим следующие ключевые параметры: загрузка оперативной памяти; загруженность процессора; время выполнения 1 эксперимента.

Для исследования влияния производительности компьютера на СИМ в экспериментах были задействованы компьютеры со следующей комплектацией: ПК1 (процессор Celeron 1.8 GHz, оперативная память 256 Mb), ПК2 (процессор P III 600 MHz, оперативная память 128 Mb), ПК3 (процессор Celeron 2 GHz, оперативная память 256 Mb). ПК4 (процессор Celeron 433 GHz, оперативная память 320 Mb), ПК5 (процессор AMD Athlon 650 GHz, оперативная память 320 Mb).

Планирование экспериментов на ЭВМ

Эксперимент №1 «Работа СИМ в течение часа». В ходе эксперимента проводились следующие измерения: загруженности оперативной памяти; загруженности процессора.

Последовательные этапы проведения эксперимента: 1) загружена операционная система; 2) загружена СИМ и исследуемая модель; 3) компиляция модели; 4.1-4.x) контрольные точки моделирования (прогон модели); 5) остановка эксперимента, закрытие СИМ.

Эксперимент № 2 «Влияния размера модели на длительность эксперимента». Для проведения данного исследования была также выбрана модель производства изделия. От эксперимента к эксперименту уменьшается количество блоков модели (на 50 операций). Последовательно убираем все последовательные элементы, относящиеся к последним 50 техническим операциям (операции, ресурсы, средства).

Для данного эксперимента были выбраны для уменьшения модели следующие подпроцессы: 101.651 Испаритель, 101.648 Трубчатка. В ходе эксперимента производился замер ключевых параметров по окончании каждого этапа эксперимента. Последовательные этапы проведения эксперимента: 1) загружена операционная система; 2) загружена СИМ и исследуемая модели; 3.1) оценка времени компиляции полной модели; 3.2) оценка времени «прогона модели»; 3.3) оценка времени компиляции модели с убранными последними 50 функциями; 3.4) оценка времени «прохода модели»; 3.3-3.х) последовательное выполнение пунктов 3.3-3.х применительно к оставшимся в процессе функциям.

Сравнительный анализ СИМ

Для проведения испытаний СИМ были подготовлены три модели процесса в СИМ ARENA, ARIS, Bpsim. Для проверки работоспособности и равнозначности функционала были проведены предварительные тесты запусков моделей в течение часа. Предварительные тесты показали, что модели работают корректно без сбоев, отрабатывают весь заложенный функционал и равны между собой по функционалу, рассмотренные СИМ показали схожее по динамике выполнение моделей.

Из эксперимента № 1 – измерение загруженности оперативной памяти (рис. 2) видно, что системы Bpsim и ARENA выделяют под себя конкретное количество оперативной памяти и, следовательно, в меньшей степени зависят от неё.

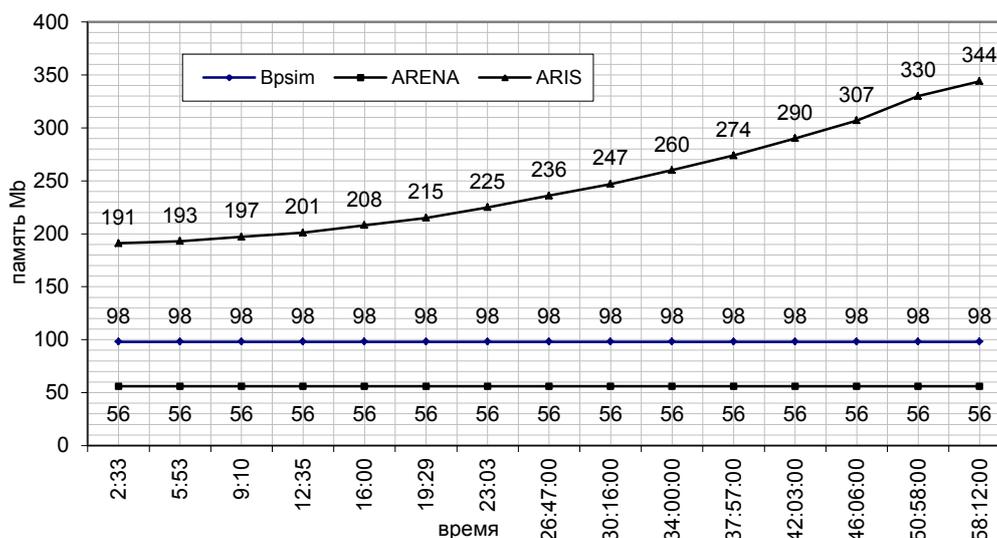


Рис. 2. Загрузка памяти в течение часа

Во всех экспериментах процессоры одинаково влияют на работу исследуемых СИМ с линейной зависимостью от мощности процессоров.

СИМ ARIS при длительном моделировании продолжает загружать оперативную память. В среднем длительность одного эксперимента в модели, состоящей из 420 блоков, проходит 2,5 минут, время компиляции 13 минут.

СИМ BPsim обладает: достаточной функциональностью и не требует дополнительной памяти при проведении эксперимента. В среднем длительность одного эксперимента в модели, состоящей из 420 блоков, проходит 40 секунд. В СИМ BPsim процедура компиляции и проверки модели заменена процедурой загрузки модели из базы. Длительность такой загрузки 2,5 минуты, подготовка к запуску 5 с.

СИМ ARENA обладает: достаточной функциональностью и не требует дополнительной памяти при проведении эксперимента. Подготовка к запуску модели 12 секунд. В среднем длительность одного эксперимента в модели, состоящей из 400 блоков, проходит 30 секунд. К тому же СИМ ARENA требует меньше всего оперативной памяти.

Выводы эксперимента № 2 «Влияния размера модели на длительность эксперимента».

СИМ ARIS: При уменьшении количества функций модели на 150 функций резко сокращается время компиляции модели при пропорциональном сокращении времени моделирования. Изначально модель состоит из 420 функций и компилируется примерно в 5 раз дольше, чем моделируется. Если убрать из неё 150 функций, то соотношение изменится и станет 3 к 1. Учитывая все вышеизложенное, можно сделать рекомендацию – не создавать модели, длиной превышающей 300 функций. Оптимальная длина для крупной модели 150–200 функций.

СИМ ARENA: После каждого изменения модели СИМ ARENA не полностью удаляет свою информацию из оперативной памяти, это можно считать недостатком, который повлияет на работу по отладке моделей.

СИМ BPsim: Сильно зависит от дополнительного ПО–СУБД, в которой хранится модель, т.к. возросшие требования к оперативной памяти современных СУБД влияют на её производительность. В остальном наблюдается стабильная работа.

Заключение

В ходе работы были сформулированы следующие критерии оценки производительности СИМ: время моделирования одного эксперимента; объем и динамика загрузки оперативной памяти в ходе моделирования; динамика загрузки процессора в ходе моделирования; влияние размера модели на длительность моделирования. На примере модели технологического процесса производства изделия были созданы одинаковые по функционалу модели и проведены эксперименты в трех СИМ (ARIS,ARENA,BPsim).

Список литературы

1. Аксенов К.А. Исследование и разработка средств имитационного моделирования дискретных процессов преобразования ресурсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / К.А. Аксенов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. – 188 с.
2. Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Принципы построения системы имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов VPSim. // Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках: Материалы первой всероссийской научн.-практ. конф. – Санкт-Петербург, ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2003. – Т.1. – С.36-40.
3. Имитационное моделирование производственных систем / под общ. ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983. – 416с.
4. Маклаков С. Имитационное моделирование с Arena // Компьютер пресс. – 2001. – № 7. – С.135-136.
5. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. для вузов – 3-е изд. – М.: Высш.шк., 2001. – 343с.
6. Суханов В.И. Информационная технология принятия решений при открытой разработке месторождений: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.35 / В.И. Суханов / Ин-т. горного дела УрО РАН. – Екатеринбург, 2002. – 211 с.
7. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др.; под общ. ред. С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
8. Шеер А.В. Моделирование бизнес-процессов. / А.В. Шеер. – М.: Весть-Метатехнология, 2000. – 205 с.

Рецензенты:

Доросинский Л.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Теоретических основ радиотехники, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург;

Поршнева С.В., д.т.н., заведующий кафедрой Радиозлектроники информационных систем, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

