

УДК 658.012.011.56
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В
ERP-СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

А.И.ЯКИМОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Приоритетными направлениями фундаментальных и прикладных исследований на 2006-2010 г.г. в Республике Беларусь является разработка аппаратных и программных комплексов и систем для информационного обеспечения управления. Поэтому весьма актуальным является создание методологии системного анализа процессов на предприятии.

В современных условиях состояние предприятий характеризуется большим объемом, интенсивностью и разнонаправленностью информационных связей, слабой формализацией технологий процессов управления, отсутствием методов и средств оптимизации систем управления бизнес-процессами и производственными процессами.

Особенности структуры управления предприятием: сложность и многообразие вопросов, анализируемых при принятии решения; декомпозиция функциональных задач приводит к созданию структуры управления с разными уровнями, подсистемы уровней имеют разные цели функционирования, во многом взаимно противоположные.

Существующие концепции управления промышленным предприятием MRP, MRP II, ERP (планирование ресурсов предприятия) и др. направлены на повышение эффективности управления предприятием. Для их информационной поддержки используют программные средства – комплексные информационные системы (КИС). В них важное место отводится моделированию. Однако существующие аналитические модели разработаны для отдельных подсистем, а использование имитационного моделирования в системах управления предприятием затруднено построением модели сложной системы и отсутствием средств автоматизации построения таких моделей. Поэтому нужна имитация деятельности предприятия, но для применения методов имитационного моделирования требуются новые технологии.

Анализ известных систем имитационного моделирования и их характеристик показывает непригодность их для применения в информационной системе промышленных предприятий из-за отсутствия полностью или в частичной мере средств распределенных вычислений, встроенных средств оптимизации, возможностей коллективного управления проектом имитационной модели сложной многоуровневой системы, отсутствием

средств интеграции с комплексной информационной ERP-системой управления ресурсами предприятия.

Современные системы имитационного моделирования применяют методы оптимизации в имитационных экспериментах. При этом наиболее широко используются эвристические процедуры, основанные на алгоритмах случайного поиска. Такие средства оптимизации, благодаря их универсальности и простоте использования, должны быть и в системах имитации для поиска решений на промышленном предприятии.

Целью проведенных исследований является решение научно-технической проблемы создания эффективных методов, средств и технологий системного анализа функциональной деятельности в многоуровневой иерархической структуре системы на примере промышленного предприятия с ERP-системой управления.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи: разработать метод построения имитационных моделей; разработать базовую имитационную модель и технологию ее использования; разработать метод оптимизации функциональной деятельности в многоуровневой иерархической системе; разработать программные средства метода оптимизации; разработать программно-технологический комплекс имитации сложных систем (ПТКИ); разработать технологию использования ПТКИ; провести апробацию разработанных методов, средств и технологий на промышленных предприятиях.

Идея метода построения имитационной модели предприятия предполагает построение базовой имитационной модели с учетом его многоуровневой иерархической структуры. Основными этапами являются: построение вербальной модели на основе SADT; развитие функциональных моделей уровней; формализация модели системы на основе процессного способа имитации; программирование имитационной модели с применением методологии объектно-ориентированного программирования; верификация программы имитационной модели, мониторинг прототипов объекта имитации для получения исходной информации с применением XML-технологии ввода данных в модель; испытание имитационной модели системы с использованием стандартных пакетов статистической обработки данных имитационного эксперимента.

Концептуальная модель промышленного предприятия рассматривается в виде «черного ящика» с вектором управляемых параметров моделирования, вектором задаваемых параметров моделирования, вектором неуправляемых параметров, вектором выходных параметров, а также множеством состояний и множеством статистик моделирования. Предложено использовать многоуровневую структуру промышленного предприятия. На каждом из уровней иерархии объект имитации описывается функциональными действиями и структурой элементов системы, включая координатора взаимодействий. Координирующий элемент определяется описателями

внутренней и окружающей среды, для которых определены функциональные действия и структура внутриуровневых и межуровневых взаимодействий в окружающей среде. Такое представление позволяет формализовать стратегии координации на каждом из уровней, построить имитационную модель и исследовать стратегии для определения их эффективности.

Для содержательного описания системы предложено использовать в рамках диаграмм функционального моделирования SADT (Structured Analysis and Design Technique) язык графического моделирования IDEF0, предназначенный для документирования процессов производства и отображения информации об использовании ресурсов на каждом из этапов проектирования систем. IDEF0 на этапе построения вербальной модели позволяет составить описание системы, помогая определить предметную область одновременно эксперту и разработчикам модели; моделировать изменения в системе, формализовать информационные потоки и используемые ресурсы, представить логику сложных переходов в системе. На последующих этапах IDEF0-диаграммы могут использоваться для уточнения целей эксперимента и откликов модели, определяемых целями эксперимента.

При разработке базовой имитационной модели функционирования предприятия использован системный подход к анализу сложной многоуровневой системы. Рассмотрены процессы планирования производства, снабжения ресурсами, управления финансами предприятия, организации производства и сбыта продукции, дано описание его окружающей среды.

Средством реализации метода построения имитационной модели является программно-технологический комплекс имитации (ПТКИ) сложных систем BelSim. Структура ПТКИ BelSim включает BelSim IDE - интегрированную среду разработки приложений на языке C++, BelSim Simulator Core – систему имитационного моделирования на основе процессного способа имитации, BelSim Optimizer (Оптимизатор) – подсистему для решения оптимизационных задач, BelSim Experimenter (Экспериментатор) – программное обеспечение для проведения имитационных экспериментов, приложение STATISTICA фирмы StatSoft Inc – для обработки результатов имитационных экспериментов, BelSim Data Integrator – для интеграции с КИС и ввода исходных данных. Разработана структура XML-файла, позволяющая организовать обработку статистики имитации, универсальная схема постановки имитационных экспериментов, определяющая последовательность взаимодействия модулей ПТКИ.

Предложены программные средства интеграции системы моделирования с корпоративной информационной системой (КИС) предприятия. Для интеграции ПТКИ BelSim с КИС выполняется следующая последовательность действий исследователя: настройка параметров; подключение к базе данных КИС и извлечение требуемых данных в соответствии с параметрами подключения и выборки; заполнение структуры XML-файла данными

из массивов строк; пересылка созданного файла в ПТКИ BelSim. Для подключения к базам данных КИС используется технология ADO. Доступ к классам ADO осуществляется через COM-интерфейс.

С целью сокращения времени проведения имитационных экспериментов предложена технология модернизации ПТКИ BelSim для организации распределенных вычислений, представленная в программе Experimenter. Для этого используется библиотека MPI функций обмена данными между процессами, реализованными для языка C++, которые реализуются системой MPICH, обеспечивающей выполнение всех функций MPI в исполнительной среде. Для синхронизации процессов при распределенных вычислениях используется функция MPI_Barrier, которая блокирует работу вызвавшего ее процесса до тех пор, пока все другие процессы группы также не вызовут эту функцию.

Проведена апробация метода построения имитационной модели, ПТКИ BelSim и технологии имитационного моделирования. Определен состав задач, решенных при апробации комплекса. Основной задачей является исследование свойств базовой имитационной модели функционирования промышленного предприятия. Исследована погрешность имитации, предложена технология верификации имитационной модели по анализу промежуточных данных и на основе оценки теоретической и экспериментальной трудоемкости алгоритмов компонентов модели. Представлены результаты исследования чувствительности откликов к изменению параметров имитационной модели.

Для исследования свойств имитационной модели используют значения откликов в стационарном режиме. Поведение откликов имитационной модели функционирования промышленного предприятия характеризуется наличием тренда в стационарном режиме. Поэтому предложена технология для оценки длительности переходного процесса, в соответствии с которой используют значения откликов модели относительно тренда. Проведено исследование длительности переходного процесса с трендом отклика в стационарном режиме, в основе которой лежит графическая модель оценки. Для проверки адекватности базовой имитационной модели используется тест Тьюринга.

Для эффективного использования имитационной модели в контуре управления предприятием предложен метод поиска рациональных решений в ERP-системе управления ресурсами промышленного предприятия. Метод поиска рациональных решений реализуется последовательностью следующих этапов эксплуатации базовой имитационной модели: формулировка целей управления ресурсами предприятия; определение объекта управления; структурный синтез имитационной модели; параметрический синтез имитационной модели; выбор алгоритма принятия решений; коррекция всей системы управления ресурсами на всех уровнях распределения ресурсов предприятия.

Предложена технология решения задач рационального выбора параметров систем с помощью алгоритма случайного поиска. При проектировании модели алгоритма случайного поиска оптимальных решений выделен этап структурного синтеза модели, целью которого является определение структуры модели, и этап параметрического синтеза модели, целью которого является определение вектора параметров модели. Исследована проблема выбора набора функций для исследования модели генетического алгоритма. Предложено использовать специально разработанные функции, имитирующие наиболее сложные ситуации для генетического алгоритма при поиске оптимума, для которых в качестве параметров выступает бинарная строка. Расширение модели реализовано в среде ПТКИ BelSim.

Сформулирована целевая функция оценки эффективности взаимодействия компонентов предприятия и определены основные показатели деятельности промышленного предприятия, которые позволяют дать общую оценку финансово-экономического состояния предприятия. При апробации технологии поиска рациональных решений интегральная целевая функция представлена линейной моделью с весовыми коэффициентами.

Предложена технология количественной оценки координирующих действий в иерархической системе на основе постулата совместимости М. Месаровича. При этом на каждом уровне решение полагают оптимальным, если оно удовлетворяет не только целевой функции исследуемой системы, но и согласуется с глобальной целевой функцией системы.

Для реализации метода поиска рациональных решений предложена структура программного средства «Оптимизатор» и разработана схема потоков данных. Алгоритм оптимизации целевой функции взаимодействует с одной стороны с исследователем, указывающим список параметров и вид целевой функции, а с другой стороны - с базовой имитационной моделью предприятия. На входе подсистемы исследователь задает список параметров, которые подлежат оптимизации; список постоянных параметров, и необходимую точность нахождения оптимума. На выходе подсистема возвращает исследователю оптимальные значения параметров решения задачи оптимизации. Приведен анализ жизненного цикла класса CGAManager, реализующего алгоритм оптимизации.

На примере исследования рентабельности контрактов показана технология имитационного моделирования и построения аналитических моделей контрактов, используемых при оперативной оценке их эффективности.

Для оперативной оценки рентабельности контрактов предложены аналитические модели в составе КИС предприятия для различных видов контрактов с предварительной оплатой, с отсрочкой платежа.

Предложена обобщенная структура информационных потоков при определении эффективности контракта на промышленном предприятии на основе аналитических моделей. Разработан программный комплекс для

оценки эффективности контрактов Contract Analyzer, использующий интервальные оценки эффективности контрактов.

ПТКИ BelSim позволяет моделировать задачи не только для проблем промышленного предприятия, но и для смежных предметных областей. Типовой для оптимизационных задач является задача об оптимизации грузоперевозок на автотранспортном предприятии. Для решения этой задачи в среде ПТКИ BelSim использовалась реализация генетического алгоритма, что позволило значительно сократить пространство решений за счет исключения недопустимых вариантов грузоперевозок. Задача о грузоперевозках использовалась также для оценки эффективности распределенных вычислений в вычислительной сети.

В ходе апробации метода поиска рациональных решений была решена задача оптимизации производственного объединения ОАО «Могилевхимволокно», состоящего из нескольких заводов. Имитационная модель производственного процесса этого объединения была реализована на основе процессного способа имитации.

Проведено исследование имитационной модели непрерывного производственного процесса. По результатам имитационных экспериментов были построены зависимости себестоимости продукции одновременно от выработки двух типов ресурсов и зависимости количества выпущенной продукции одновременно от выработки тех же двух типов ресурсов.

Для моделирования контрактов в базовую модель предприятия добавлены процессы, алгоритмы которых моделируют выполнение соответствующих типов контрактов. Для оценки эффективности контракта ИМ исследуется на двух уровнях (0 – прогон модели без контракта, 1 – прогон модели с контрактом). Для ввода исходных данных модели и построения плана эксперимента используется специальная программа – ExperimentDesigner.

Приведены результаты апробации метода поиска рациональных решений в ERP-системе управления промышленным предприятием. На апробацию выбраны следующие задачи эксплуатации имитационной модели ERP-системы распределения ресурсов предприятия: исследование технологических характеристик имитационной модели варианта организации ресурсов предприятия; оптимизация распределения производственной нагрузки; выявление свойств имитационных моделей контрактов продажи, купли, дилерского обслуживания для обоснования применения аналитических моделей оценки эффективности этих контрактов; выбор типа координации планирования производственной программы; создание библиотеки имитационных моделей для исследования информационной системы промышленного предприятия.

Полученные результаты исследований внедрены на ОАО «Могилевский текстиль», ОАО «Могилевхимволокно», РУП «Могилевторгтехника», ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий» и др.