

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ИМИТАЦИОННОГО И МУЛЬТИАГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Медведев С. Н., Аксенов К. А.

ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина”, Екатеринбург, Россия (620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19), e-mail: wiper99@mail.ru

Динамизм экономических процессов и изменений в современном мире предъявляют высокие требования к организации и управлению машиностроительными предприятиями, что выражается в необходимости более эффективного использования ресурсов (материальных, финансовых, трудовых, интеллектуальных). В связи с этим возрастает важность и роль новых инструментов и методов управления бизнес-процессами предприятий. Бизнес-процессы крупных предприятий представляют собой сложные системы и могут включать в себя сотни взаимосвязанных элементов, в связи с чем необходимы современные методы анализа и моделирования, одним из которых является имитационное моделирование. Имитационное моделирование позволяет рассматривать процессы, происходящие на предприятии и в его окружении, на различных уровнях их детализации. При этом с помощью моделей можно исследовать практически любой процесс управленческой деятельности или траектории поведения предприятия. Это послужило основанием для того, чтобы методы имитационного моделирования стали одними из основных средств исследования сложных систем управления. Особое внимание обращает на себя тот факт, что имитационное моделирование следует рассматривать в настоящее время как существенный этап в процессе принятия ответственных управленческих решений на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: имитационное моделирование, агентное моделирование, cals-технологии.

THE ANALYSIS OF THE APPLICABILITY OF SIMULATION AND MODELING IN MULTI-AGENT PLANNING PROBLEMS OF ENGINEERING PRODUCTION

Medvedev S. N., Aksyonov K. A.

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

Today the dynamism of economic processes and changes in the world place high demands on the organization and management of engineering enterprises, resulting in the need for more efficient use of resources (material, financial, labor, intellectual). The importance and role of new tools and techniques of business process management companies are increase. Business processes of large enterprises are complex systems can contain hundreds of interrelated elements and therefore, requires sophisticated methods of analysis and modeling, one of which is simulation. Simulation modeling allows us to consider the processes occurring in the enterprise and its environment at different levels of detail. At the same time with the help of models, you can explore almost any process of management or the trajectory of the behavior enterprise. It was the basis for that simulation methods have become one of the main means of investigation of complex control systems. Particular attention is struck by the fact that the simulation should be regarded at present as a significant step in the process of making critical management decisions in the industry.

Key words: simulation modeling, agent-based model, cals-technologies.

Крупное машиностроительное предприятие, как и любая организационно-техническая система, представляет собой уникальную и сложную систему взаимодействия и связей субъектов для достижения определенных целей или результатов. В состав таких предприятий входят различные подразделения: конструкторское бюро (КБ), инструментальное производство, производственные подразделения, различные службы обслуживания. Разработка, изготовление, продажа, обслуживание и утилизация изделий (продуктов), функциональная деятельность предприятий. Объединение всех этих функций в одну общую систему управления предприятием называется CALS-технологией. CALS-

технология – концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки жизненного цикла продукции на всех его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды [3]. Внедрение CALS-технологий в ближайшие годы станет необходимым условием выживания промышленных предприятий при существующей жесткой конкуренции товаров на международных и национальных рынках. Несоблюдение CALS-стандартов приведет при прочих равных условиях к заметному ухудшению потребительских свойств продукции, к увеличению себестоимости и сроков проектирования [6]. В последние годы CALS-технологии активно развиваются в промышленности России. Основываясь на данных НИЦ «CALS-технологии «Прикладная логистика», проекты действуют на следующих предприятиях [3]: авиационном производственном объединении Комсомольск-на-Амуре; Воронежском механическом заводе; НПП «Аэросила»; АНТК «Туполев»; ОАО «Балтийский завод».

Проекты по CALS-технологиям, в российском машиностроении, находятся на стадии зарождения и наиболее распространены пока только в авиастроении и судостроении [4]. Применений CALS-технологии в транспортном машиностроении еще очень мало. В частности, на ОАО «НПК «Уралвагонзавод» нет единой информационной системы, которая бы управляла жизненным циклом изделия, хотя и существуют отдельно-функционирующие системы управления персоналом, производственного планирования, цехового планирования и учета. В качестве основы реализации CALS-технологии в работе предлагается использовать мультиагентное имитационное моделирование (ИМ).

Необходимым условием внедрения CALS-технологий на крупных предприятия, таких как ОАО «НПК «Уралвагонзавод», является составление его структурной схемы, на которой отображаются основные элементы изучаемой системы и связи между ними в виде информационных, материальных, финансовых и других потоков, включая описание производственно-технологических, логистических и бизнес-процессов. Представление работы предприятия в виде имитационной модели поможет лицу, принимающему решения (ЛПР), провести анализ «Что, если», проиграть различные сценарии развития текущей ситуации и получить дополнительную информацию для принятия решений.

Для моделирования производственных процессов существуют системы ИМ, такие как Arena, eM-Plant, Simul8, AnyLogic, BPsim.MAS. В качестве основных критериев сравнения сред имитационного моделирования возьмем критерии предложенные Edwin C. Valentin и Alexander Verbraeck в [8] с точки зрения конечного пользователя и его возможностей разработки модели для своей предметной области и дальнейшего применения, доработки и эксплуатации новых модельных конструкций (компонент, фрагментов моделей или библиотек пользователя). С учетом особенностей процессов автоматизации российского

машиностроения и с целью формулировки требований к новой системе планирования, расширим следующими критериями:

- поддержка стандартов CALS-технологий;
- интеграция моделей с информационными системами предприятия;
- анализа загрузки оборудования;
- оптимальное распределение ресурсов между подразделениями;
- моделирование сложных ситуаций (параллельные и альтернативные маршруты изготовления и обработки изделий);

- создание мультиагентных моделей (программные интеллектуальные агенты нужны для формализации моделей ЛПР, участвующих в управлении и планировании производства).

Результаты сравнения систем имитационного моделирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты сравнения систем имитационного моделирования

№ п/п	Параметр	Arena 11.0	Anylogic 6	Simul8 2007	eM-Plant 7.6	BPSim.MAS
1.	Специфика машиностроения					
1.1	Моделирование сложных ситуаций	+	+	+	+	+
1.2	Анализ загрузки оборудования	+	+	+	+	+
1.3	Поддержка стандартов CALS-технологий	нет	нет	нет	+	нет
1.4	Интеграция моделей с информационными системами предприятия	нет	+	нет	+	+
1.5	Оптимальное распределение ресурсов между подразделениями	нет	нет	нет	нет	нет
2	Описание ресурсов, средств, процессов	+	+	+	+	+
3	Мультиагентное моделирование					
3.1	Элемент АГЕНТ (ЛПР)	нет	+	нет	нет	+
3.2	База знаний агента и вывод на знаниях	нет	нет	нет	нет	+
4	Графическое построение модели	+	+	+	+	+
5	Повторное использование кода (например, объекты, шаблоны).	+	+	+	+	+
6	Возможность работы непрограммирующего пользователя	+	нет	нет	нет	+
7	Разработчик модели может создавать библиотеки расширений для заказчика	+	+	+	+	нет

Как следует из проведенного сравнительного анализа, ни одна из рассмотренных систем не обладает полной функциональностью по автоматизации процессов машиностроения. Возможность интеграции с информационными системами предприятия

поддерживает em-Plant, благодаря чему могут быть получены или переданы данные в другие системы. Мультиагентное моделирование поддерживается AnyLogic и VpSim.MAS, но первая из сред не позволяет описывать интеллектуальных агентов (нет встроенных машины логического вывода и базы знаний).

Агентный подход, в ИМ, занимается исследованием взаимодействия объектов системы посредством реактивных и интеллектуальных агентов. Модель интеллектуального агента представлена в следующем виде [1]:

$Agent = \langle Name, G_Ag, prior, KB_Ag, M_In, M_Out, SPA, Control_O, AU, AD \rangle$,

где *Name* – имя агента; *G_Ag* – цели агента; *prior* – приоритет агента; *KB_Ag* – база знаний агента; *M_In* – количество входящих сообщений; *M_Out* – количество исходящих сообщений; *SPA* – сценарии поведения; *Control_O* – множество управляемых объектов процесса преобразования ресурсов; *AU* – множество агентов «начальников»; *AD* – множество агентов подчиненных [1].

Интеллектуальный агент выполняет следующие действия [1]: анализирует внешние параметры; диагностирует ситуацию, обращается к базе знаний; принимает решение; определяет цели; контролирует достижение цели; делегирует цели своим и чужим объектам процесса преобразования, а также другим агентам; обменивается сообщениями.

Управление машиностроительным предприятием, таким как «Уралвагонзавод», является сложной задачей, связанной с постоянным контролем и совершенствованием уровня качества выпускаемой продукции, улучшением технологии производства и применением методов оперативного производственного планирования.

Сложная технологическая схема изготавливаемой продукции подразумевает сложность в построении календарных планов производства. Одним из решений, связанных с построением наилучших календарных планов (расписаний), особенно с разработкой математических методов получения решений с использованием соответствующих моделей, изучается в рамках теории расписаний [7]. Теория расписаний – научная дисциплина, посвященная разработке методов оптимизации оперативно-календарного планирования [5]. В рамках теории расписаний строятся и анализируются математические модели специфических ситуаций, постоянно возникающих при календарном планировании различных видов человеческой деятельности; создаются формальные методы принятия наилучших решений в этих ситуациях; вырабатываются практические рекомендации по улучшению качества планирования и управления [7]. На практике теория расписаний служит инструментом принятия решения для упорядочивания работ. Оценка и сравнение эффективности возможных способов действий для достижения поставленной цели проводятся на основании построенной математической модели.

Еще одним решением для планирования производства может выступать мультиагентный подход. Применение мультиагентного подхода позволяет автоматизировать распределение ресурсов, оперативное построение расписаний и создать основу для последующей оптимизации, контроля и развития производства [2]. Мультиагентный подход к управлению производством заключается в том, что всем рабочим центрам (ресурсам) и графикам/этапам (заказам) ставятся в соответствие программные агенты, действующие от лица, принимающего решения, и в интересах этих заказов и ресурсов. В ходе переговоров агентов строится квазиоптимальный, сбалансированный по многим критериям план производства с учетом индивидуальных ограничений и предпочтений [2]. В качестве математической основы формализации мультиагентной модели могут быть использованы сети потребностей и возможностей, предложенные Скобелевым П. О.

При сравнении двух решений (классического подхода, основанного на теории расписаний, и мультиагентного) по разработке системы поддержки принятия решений для составления плана производства наиболее востребованный и актуальный на сегодняшний момент является мультиагентный подход. Применение программных, интеллектуальных агентов, которые обмениваются информацией, дает возможность получать оперативные данные от систем в реальном времени и на основании этого проводить расчет и корректировку планов производства. Применение мультиагентного подхода также позволяет разрабатывать распределенные информационные системы и встраивать в CALS-системы.

Структура разрабатываемой мультиагентной системы поддержки принятия решений для планирования производства представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура мультиагентной системы планирования

Заключение

Полученные данные в ходе этой работы позволили провести анализ систем имитационного моделирования процессов машиностроительного производства (таких как Arena, AnyLogic, Simul8, eM-Plant) и выделить требования к новой системе,

ориентированной на поддержку мультиагентного подхода и возможностью интеграции с CALS-технологией.

Список литературы

1. Аксенов К. А., Смолий Е. Ф. Мультиагентное имитационное моделирование бизнес-процессов и организационно-технических систем, среда BPSIM // Материалы пятой Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД 2011): сборник докладов. – Санкт-Петербург: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2011. – Т.1. – С. 11-19.
2. Андреев М. В. Мультиагентная система распределения производственных ресурсов в тяжелом машиностроении / М. В. Андреев, А. В. Иващенко, П. О. Скобелев, С. А. Кривенко // Программные продукты и системы. – 2010. – № 3. – С. 100–104.
3. Бакаев В. В., Судов Е. В., Гомозов В. А. и др. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия. – М.: Машиностроение 1, 2005. – 624 с.
4. Горбач В. Д. Некоторые аспекты реализации CALS-технологий в российском судостроении // Журнал морская радиоэлектроника. – 2003. – № 3. – С.23-32.
5. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 520 с.
6. Соломенцев Ю. М., Митрофанов В. Г., Павлов В. В., Рыбаков Л. В.. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии. – М.: Наука, 2003. – 292 с.
7. Танаев В. С., Шкурба В. В. Введение в теорию расписаний. – М.: Наука, 1975. – 256 с.
8. Edwin C. Valentin, Alexander Verbraeck. Domain specific model constructs in commercial simulation environments. // Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference. – P. 785-795.

Работа выполнена в рамках государственного контракта 02.740.11.0512.

Рецензенты:

Поршнева Сергей Владимирович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроники и информационных систем, ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина”, г. Екатеринбург.

Доросинский Леонид Григорьевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Информационных технологий, ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина”, г. Екатеринбург.