

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРА ДЕРЕВЬЕВ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Аксенов К.А., Антонова А.С., Чирышев А.В., Медведев С.Н.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: wiper99@mail.ru*

В статье рассматриваются принципы построения деревьев анализа параметров процессов. Деревья анализа параметров процессов применяются для вычисления в реальном масштабе времени значений выходных параметров анализируемых процессов по получаемым от корпоративных информационных систем значениям входных параметров процессов. Предлагаемый подход реализован в подсистеме моделирования автоматизированной системы выпуска металлургической продукции. Создание деревьев анализа процесса осуществляется пользователем с помощью разработанного конструктора деревьев анализа процесса в модуле создания моделей, а выполнение деревьев – в модуле интеграции моделей. В статье приведен пример применения разработанного конструктора деревьев анализа процесса для решения задачи контроля состава сырья при изготовлении песчаных форм отливок. Сравнение конструктора деревьев анализа параметров процесса с системами-аналогами показало преимущества применения разработанного конструктора при анализе производственных процессов.

Ключевые слова: деревья, параметры процессов, анализ процессов, автоматизированная информационная система, интеграция моделей

DEVELOPMENT OF ANALYSIS TREES DESIGNER OF PROCESSES PARAMETERS FOR METALLURGICAL ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM

Aksenov K.A., Antonova A.S., Chiryshov A.V., Medvedev S.N.

*Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg,
e-mail: wiper99@mail.ru*

In this work design principles of analysis trees of processes parameters are considered. Analysis trees of processes parameters are used to calculate in real time the values of the output parameters of the analyzed processes using values of the input processes parameters from the corporate information systems. The proposed approach is implemented in the modeling subsystem of the metallurgical enterprise information system. Creation of analysis trees of processes parameters is carried out with the use of designer of the analysis trees in the models creation module. Execution of analysis trees of processes parameters is carried out in the models integration module. The work proposes an example of the application of developed analysis tree designer for the solution of controlling the composition of the raw material in the sand molds production. Comparison of the analysis tree designer of process parameters with the systems-analogues has revealed the advantages of the developed tree designer when analyzing the production processes.

Keywords: trees, processes parameters, analysis of processes, automated information system, model integration

Автоматизированная система выпуска металлургической продукции (АС ВМП) [1] состоит из большого числа модулей, выполняющих определенные функции. Их совместное взаимодействие позволяет решать задачи наблюдения за состоянием производственных объектов, проверки корректности параметров ЕП, моделирования, анализа и выдачи рекомендаций по совершенствованию полного цикла выпуска металлургической продукции. АС ВМП состоит из модулей:

- 1) хранилища данных (ХД);
- 2) конструктора запросов (КЗ) [8];
- 3) обмена данными с автоматизированными системами предприятия (ОДАСП), функционально модуль ОДАСП соответствует классу корпоративной шины данных (англ. Enterprise Services Bus);
- 4) подготовки данных (ПД);

- 5) создания моделей процессов (СМП);
- 6) оптимизации процессов предприятия (ОПП);

7) интеграции моделей (ИМ), который решает задачу использования моделей в процессах принятия решений в реальном масштабе времени;

- 8) АРМа персонала (АРМП).

АС ВМП включает следующие компоненты:
1) сервер, обрабатывающий и хранящий большие объемы данных реального времени;
2) Web-ориентированные клиентские приложения.

Одной из функций модуля интеграции моделей является анализ параметров выполненных технологических, логистических, организационных (бизнес) процессов [5–7]. Длительность анализа – не более 30 минут. Анализ выполняется двумя способами:

1) путем имитации процесса, с помощью модели, созданной в модуле СМП. За основу имитационного моделирования берется мультиагентная модель процесса преобразования ресурсов [4] и метод анализа и устранения узких мест [2–3];

2) с помощью дерева анализа параметров процесса, созданного в модуле СМП.

Входными параметрами модуля ИМ могут быть данные из модулей ОДАСП (получаемые в реальном времени, примером таких данных являются параметры единицы продукции, передаваемые с текущего передела), КЗ и ПД. Модули КЗ и ПД получают данные из ХД. Модуль ИМ выдает результаты анализа в модуль ОДАСП, который в свою очередь может передавать данные и обеспечивать взаимодействие как с модулями АС ВМП, так и с внешними информационными системами (АСУ ТП, КИС, MES, ERP).

При решении задач диагностики отклонений параметров и анализе качества ЕП технологами используются деревья решений и диаграммы Исикавы [1]. Однако данные методы требуют или достаточно большой статистической базы или опыта. В данной работе предлагается новый аппарат – деревья анализа параметров процесса, которые предлагается использовать в задачах диагностики отклонений и анализа параметров процессов (технологических, логистических, организационных) в реальном времени с целью оперативного использования результатов анализа в задачах управления процессами и производствами, диспетчеризации, переназначения ЕП между заказами.

Элементы дерева анализа параметров процесса

В основе дерева анализа параметров процесса лежит граф И-ИЛИ. Граф И-ИЛИ

представляет собой совокупность узлов (вершин) и направленных дуг между узлами. Каждый узел имеет входные дуги и выходные дуги. Начальный узел – «Источник» – не имеет входных дуг; это «корень» дерева. Конечные узлы – «Результаты» – не имеют выходных дуг; это «листья» дерева. Узлы ИЛИ дерева содержат условия (правила), т.е. конструкции вида «Если, То». Введем следующие типы узлов дерева анализа параметров процесса.

Узел «Источник» (S) – начальный узел дерева, не имеет входных дуг, имеет одну выходную дугу, является источником значений параметров дерева. Параметры задаются внутри узла, при этом часть параметров являются внутренними параметрами дерева (не связанными с реальными производственными параметрами, данные параметры необходимы для промежуточных расчетов при прохождении по дереву), часть параметров являются входными анализируемыми параметрами, значения которых поступают из ОДАСП (напрямую в режиме реального времени) или из ХД (посредством модулей КЗ и ПД).

Узел «Результат» (R) – конечный узел дерева (таких узлов в дереве может быть несколько), формирует значение вычисляемого параметра, имеет одну (рис. 1) входную дугу и не имеет выходных дуг. Внутри узла задается имя выходного (прогнозируемого) параметра. Результат может быть выходным параметром, передаваемым в ОДАСП при выполнении модели в модуле ИМ. В случае, если в ходе обработки дерева алгоритм до определенного «листа (результата R_i)» не дошел, то данная информация не выводится и не участвует в конечной оценке/выборе результата.

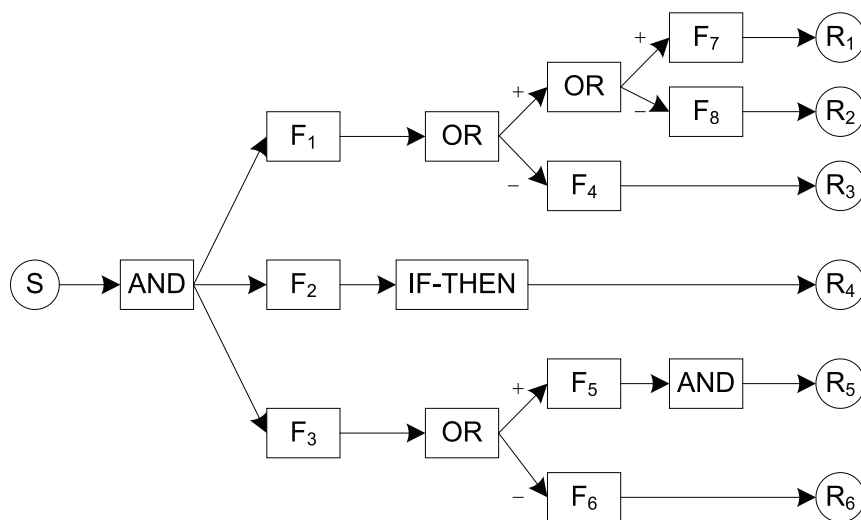





Рис. 1. Пример дерева анализа параметров процесса

Узел «И»  – имеет одну входную дугу и несколько выходных дуг, запускает движение по всем своим выходным дугам.

Узел «ИЛИ»  – имеет одну входную дугу и ровно две выходные, запускает движение по первой выходной дуге, если условие запуска выполняется, запускает движение по второй выходной дуге, если условие запуска не выполняется. Условие запуска задается внутри узла «ИЛИ» и представляет собой правило «Если», заданное на параметрах дерева.

Узел «Формула»  – имеет одну входную дугу и одну выходную дугу. Внутри

Назначение деревьев анализа параметров процесса:

1) вычисление в реальном масштабе времени значения выходного параметра процесса по получаемым от АСУ ТП, КИС, MES, ERP значениям входных параметров процесса;







2) интеграция имитационных моделей ГЛОБП с целью анализа сложных процессов.

Реализация конструктора дерева анализа параметров процесса в модуле СМП


Основные графические элементы, используемые в модуле создания моделей процессов (СМП) при построении дерева анализа параметров процесса представлены в табл. 1.

Таблица 1

Графические элементы дерева анализа параметров процесса модуля СМП

Название	Описание	Графическое представление
Источник	Начальный узел дерева, не имеет входных дуг, имеет одну выходную дугу, является корневым элементом дерева	
Результат	Конечный узел дерева (узлов может быть несколько), формирует значение вычисляемого параметра, имеет входную дугу и не имеет выходных дуг	
И	Узел имеет одну входную и несколько выходных дуг, запускает движение по всем своим выходным дугам	
ИЛИ	Узел имеет одну входную и ровно две выходные дуги, запускает движение по первой выходной дуге, если условие запуска выполняется, иначе – запускает движение по второй выходной дуге	
Формула	Узел имеет одну входную и одну выходную дугу. Внутри узла задается набор формул по вычислению параметров дерева анализа процесса	
Если-То	Узел имеет одну входную и одну выходную дугу. Внутри узла задается одно правило вида «Если»	

узла задается набор формул по вычислению параметров дерева процесса в модуле СМП.

Узел «Если-То»  – имеет одну входную дугу и одну выходную дугу. Внутри узла задается одно правило вида «Если-То». Отличие от узла ИЛИ заключается в следующем: в узле «Если-То» нет ветвления по «Иначе», таким образом, дальше вычисления по этой ветке дерева могут не пойти в случае невыполнения условия «Если».

При наличии нескольких выполнившихся узлов типа «Результат», формирующих разные значения выходного (прогнозируемого) параметра, пользователь для получения оценки значения параметра R задает функцию выбора результата: максимальное из всех значений R_i , минимальное из всех значений R_i , среднее по всем рассчитанным значениям R_i .

Применение дерева анализа параметров процесса

Примером использования дерева анализа параметров процесса является задача расчета параметров песка при изготовлении форм отливок. Задача заключается в анализе производственного параметра «Тип сырья» и расчете в зависимости от значения данного параметра необходимого количества смолы для изготовления песчаных форм отливок. Для определения необходимого количества смолы используются следующие расчетные параметры: диапазон изменения размера зерна, коэффициент однородности песка, содержание в песке глинистой составляющей и влаги. В качестве сырья анализируется песок с двух различных месторождений, а также механический регенерат,

представляющий собой песок, ранее примененный в процессе изготовления песчаных форм отливок.

Дерево анализа параметров песка для процесса изготовления форм отливок в конструкторе модуля СМП представлено на рис. 2.

формообразующего материала. Расчет производится в режиме реального времени при поступлении от внешней информационной системы через модуль ОДАСП в модуль ИМ информации о текущем типе сырья. Результат выполнения дерева анализа песка передается в режиме реального времени

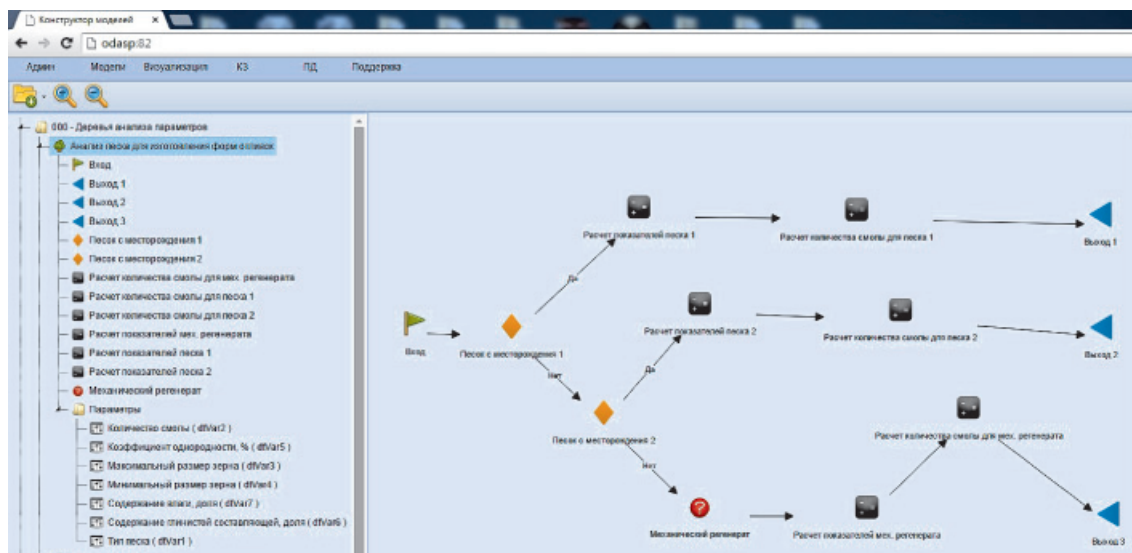


Рис. 2. Дерево анализа параметров песка для процесса изготовления форм отливок

Параметры дерева задаются внутри предметной области (являются переменными модели), при этом часть параметров являются внутренними параметрами (не связанными с реальными производственными параметрами, данные параметры необходимы для промежуточных расчетов при прохождении по дереву), часть параметров являются входными анализируемыми параметрами, значения которых поступают из ОДАСП и ХД (посредством КЗ и ПД). Имя выходного (прогнозируемого) параметра и функция выборки результата задаются в настройках дерева (рис. 3).

Результатом выполнения дерева анализа

через модуль ОДАСП всем подписчикам на событие изменения значения параметра «Количество смолы». В частном случае результат выводится на автоматизированное рабочее место технолога процесса изготовления формообразующего материала для контроля состава материала для изготовления форм отливок.

Сравнение конструктора деревьев анализа параметров процессов АС ВМП и систем-аналогов

В качестве систем-аналогов конструктора деревьев анализа параметров процессов (реализация в модулях СМП и ИМ АС

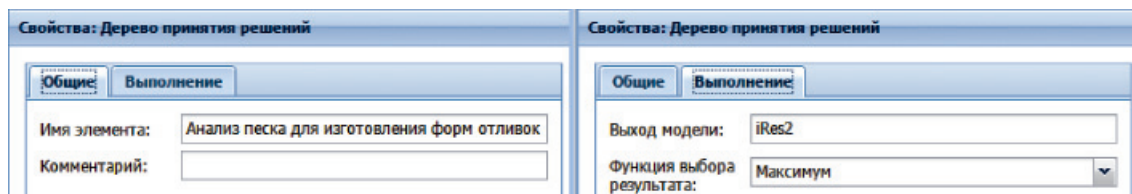


Рис. 3. Свойства дерева анализа песка

песка в модуле ИМ является расчет объема смолы, которую необходимо добавить в сырье для поддержания требуемых свойств

ВМП) выбраны следующие: BigML, Salford CART, G2. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ конструкторов деревьев анализа параметров процессов

Название критерия	BigML	Salford CART	G2	АС ВМП
Веб-интерфейс	Да	Нет	Нет	Да
Интеграция с СУБД	Нет	Нет	Да	Да
Доступная документация	Да	Да	Нет	Да
Русифицированная версия	Нет	Нет	Нет	Да
Работа в реальном времени	Нет	Да	Да	Да
Интеграция с системами предприятия через шину данных	Нет	Нет	Да	Да
Защита данных	Нет	Нет	Да	Да

Рассмотренные инструменты систем-аналогов имеют общий характер и не учитывают специфику производственных процессов, не имеют возможности интеграции с информационными системами и базами данных предприятий (за исключением системы G2, которая является системой двойного назначения), а отсутствие веб-интерфейса (за исключением BigML) ограничивает выбор используемых операционных систем. Кроме того, ни одна из представленных систем не имеет русифицированного интерфейса.

Заключение

В данной работе предложен аппарат деревьев анализа параметров процесса для решения задач анализа технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов в режиме реального времени. Входная информация для деревьев анализа параметров процессов поступает от КИС, MES, ERP систем, функционирующих на предприятии. Результат работы деревьев анализа параметров процесса применяется для контроля допустимости изменений значений производственных параметров.

Предложенный аппарат анализа параметров производственных процессов реализован в конструкторе деревьев анализа параметров процесса автоматизированной системы выпуска металлургической продукции. Проведено тестирование реализованного конструктора деревьев анализа параметров на примере решения задачи расчета параметров песка при изготовлении форм отливок. Выявлены преимущества конструктора деревьев по сравнению с системами-аналогами при решении задач анализа производственных процессов.

Работа выполнена в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167) при финансовой поддержке работ Министерством образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Аксенов К.А., Антонова А.С., Спицина И.А., Сысоletin Е.Г., Аксенова О.П. Разработка автоматизированной системы анализа, моделирования и принятия решений для металлургического предприятия на основе мультиагентного подхода // Автоматизация в промышленности. – М., 2014. – № 7. – С. 49–53.
2. Аксенов К.А., Ван Кай, Аксенова О.П. Решение задачи планирования портфеля проектов и анализа узких мест бизнес-процесса на основе мультиагентного моделирования и метода критического пути // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12630 (дата обращения: 16.04.2015).
3. Аксенов К.А. Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18538> (дата обращения: 16.04.2015).
4. Аксенов К.А. Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и системный анализ организационно-технических систем // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – № 6. – С. 38–45.
5. Aksyonov K., Antonova A. Development of a Simulation Model of Cutting Slabs in a Continuous Casting Machine // Applied Mechanics and Materials. Proceedings of 2nd International Conference on Applied Mechanics and Mechanical Automation (AMMA 2015). – Vol 775 (2015). – Апрель 19–20, 2015. – P. 224–228.
6. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O., Goncharova N., Nevolina A. Industrial Simulation of Metallurgical Logistics // International Conference on Computer Information Systems and Industrial Applications (CISIA 2015). – June 28–29, Bangkok, Thailand. – P. 600–603.
7. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O. Real time simulation models integrated into the corporate information systems // 33rd Chinese Control Conference, CCC 2014; Nanjing; China; 28 July 2014 through 30 July 2014. – P. 6810–6813.
8. Borodin A., Kiselev Y., Mirvoda S, and Porshnev S. On design of domain-specific query language for the metallurgical industry // Proceedings of 11th Int. Conference BDAS 2015: Beyond Databases, Architectures and Structures: Communications in Computer and Information Science, 26–29 May 2015, Ustron. – Vol. 521. – P. 505–515.

References

1. Aksenov K.A., Antonova A.S., Spicina I.A., Sysoletin E.G., Aksenova O.P. Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy analiza, modelirovaniya i prinjatija reshenij dlja metallurgicheskogo predpriyatija na osnove multiagentnogo podhoda // Avtomatizacija v promyshlennosti. M., 2014. no. 7. pp. 49–53.

2. Aksenov K.A., Van Kaj, Aksenova O.P. Reshenie zadachi planirovanija portfelja proektov i analiza uzkih mest biznes-processa na osnove multiagentnogo modelirovanija i metoda kriticheskogo puti // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2014. no. 2; URL: www.science-education.ru/116-12630 (data obrashhenija: 16.04.2015).

3. Aksenov K.A. Metod analiza i ustraneniya uzkih mest multiagentnogo processa preobrazovanija resursov // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2015. no. 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18538> (data obrashhenija: 16.04.2015).

4. Aksenov K.A. Model multiagentnogo processa preobrazovanija resursov i sistemnyj analiz organizacionno-tehnicheskikh sistem // *Vestnik kompjuternyh i informacionnyh tehnologij*. 2009. no. 6. pp. 38–45.

5. Aksyonov K., Antonova A. Development of a Simulation Model of Cutting Slabs in a Continuous Casting Machine // *Applied Mechanics and Materials. Proceedings of 2nd International Conference on Applied Mechanics and Mechanical Automation (AMMA 2015)*. Vol 775 (2015). April 19–20, 2015. pp. 224–228.

6. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O., Goncharova N., Nevolina A. Industrial Simulation of Metallurgical Logistics // *International Conference on Computer Information Systems and Industrial Applications (CISIA 2015)*. June 28–29, Bangkok, Thailand. pp. 600–603.

7. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O. Real time simulation models integrated into the corporate information systems // *33rd Chinese Control Conference, CCC 2014*; Nanjing, China; 28 July 2014 through 30 July 2014. pp. 6810–6813.

8. Borodin A., Kiselev Y., Mirvoda S, and Porshnev S. On design of domain-specific query language for the metallurgical industry // *Proceedings of 11th Int. Conference BDAS 2015: Beyond Databases, Architectures and Structures: Communications in Computer and Information Science*, 26–29 May 2015, Ustron. Vol. 521. pp. 505–515.

Рецензенты:

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

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