



# НОВОЕ В АВТОМАТИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВОМ

## По материалам конференции Международной федерации автоматического управления (IFAC) «Моделирование, менеджмент и управление производством» — MIM'2013

Конференция состоялась 19—21 июня 2013 г. в Санкт-Петербурге и стала очередным, седьмым, в ряду научных мероприятий IFAC по моделированию, менеджменту и управлению производством, которые ранее проводились как семинары, последний из которых состоялся в Будапеште в 2007 г. Настоящее мероприятие, MIM'2013, было задумано как новый шаг в развитии традиций, тематики и целей конференций MIM и проведено Техническим комитетом 5.2 (Моделирование производств для менеджмента и управления) IFAC совместно с рядом других комитетов IFAC (2.4 — Оптимальное управление; 3.2 — Интеллектуальные методы и управление; 4.1 — Технические средства управления; 4.2 — Мехатронные системы; 5.1 — Управление производственными объектами; 5.3 — Интеграция предприятий; 5.4 — Крупномасштабные системы; 9.1 — Экономические, бизнес- и финансовые системы), а также с рабочей группой 5.7 (Развитие систем производственного менеджмента) Международной федерации обработки информации (IFIP), Международной федерацией исследований операций (IFORS) и Институтом проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН) при участии Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербургского института информатики и информатизации РАН и Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Тематически и организационно конференция MIM'2013 явилась полноправным продолжением 13-го Симпозиума «Информационные технологии и управление в промышленности» IFAC INCOM'09 (<http://incom09.org>). Симпозиум INCOM'09 стал крупнейшим научным форумом в области наук об

управлении, среди когда-либо проводившихся в России и СССР со времени 1-го Всемирного конгресса IFAC в 1960 г. (за исключением, конечно, Всемирного конгресса IFAC в Таллине 1990 г.), однако можно утверждать, что конференция MIM'2013 по своему масштабу превзошла симпозиум INCOM'09.

В общей сложности на конференции состоялось 59 заседаний, в том числе:

— три пленарных заседания, на которых представлено 7 докладов;

— 54 устных секционных заседания (39 заседаний приглашенных секций и 15 заседаний регулярных секций) — 329 докладов;

— две постерные секции — по 22 доклада в каждой.

**Характеристика проблематики докладов.** Представляемые далее выводы не претендуют на полноценный обзор методов и средств управления производственными процессами, а лишь освещают основные тенденции — на основе анализа материалов довольно представительного научного форума по данной тематике.

Теория управления производственными процессами — быстроразвивающаяся область научных исследований с большим потенциалом теоретических результатов и практического применения — как в интегрированных системах управления производством, так и в специализированных системах управления на разных уровнях процесса производства. В научной программе конференции нашли отражение результаты научных исследований практически по всем аспектам и этапам управления и менеджмента производственными процессами:

— мониторинг, имитационное моделирование, идентификация; вероятностные и статистические модели в управлении технологическими процессами и производственной логистике; применение методов имитационного моделирования в управлении;

— современные методы управления производственными процессами как сложными динамическими объектами;

— методы оптимизации; управление сложными системами при экстремальных случайных рисках;

— автоматизированное производство и управление цепочками поставок; координированная логистика и оптимизация цепей поставок;

— теория расписаний и транспортные системы;

— интеллектуальные производственные системы; методы искусственного интеллекта и машинного обучения;

— дискретно-событийные системы в производстве;

— планирование, обслуживание и управление запасами;

— сопровождение и надежность;

— проектирование и реконфигурация производственных систем;

— уравнивание и упорядочивание сборочных и станочных линий;

— мехатроника и робототехника;

— современная организация промышленного производства; модели ценообразования и аутсорсинг;

— моделирование, менеджмент и управление экологически чистым производством;

— управление жизненным циклом продукции;

— планирование, развитие и оптимизация производственных ресурсов;

— разработка и предоставление промышленных сервисов;

— проектирование и моделирование мультимодальных сетей;

— информационные системы и информационные технологии в системах управления производственными процессами;

— информационное управление и кибербезопасность в производственных системах;

— системная интеграция в промышленной автоматизации; встраиваемые технологии;

На основе анализа материалов конференции можно, в частности, отметить, что за последние несколько лет сформировался опыт инновационной деятельности университетов и научных организаций по *внедрению результатов исследований и разработок в области управления производством,*

*основанный на информационной и технологической кооперации, включая международную.*

Для современного производства определяющими признаками *инновационности* (наряду со степенью научно-технической новизны интеллектуальной собственности, включая новации в методах управления) следует считать ее технологические преимущества и экономическую успешность использования. На смену достижению кратковременных тактических целей при решении задач управления приходят задачи, которые необходимо решать в условиях возможной необходимости достаточно быстро корректировать условия и ограничения, необходимости прогнозировать не отдельные факторы, а *сценарии развития ситуации.*

В условиях инновационной модернизации успешность определяется следующими факторами.

- Создание на предприятии или для объединения предприятий (виртуального предприятия) интегрированной информационной среды, поддерживающей все этапы жизненного цикла выпускаемой продукции. Такой подход получил название *CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support* — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла).
- Алгоритмы управления, идентификации и имитационного моделирования должны быть основаны на знаниях, формируемых и обновляемых по результату анализа данных функционирования производственных процессов в виде выявляемых закономерностей.
- В каждый момент времени реализуется *не конкретный алгоритм управления, а определенная стратегия*, в рамках которой могут меняться не только параметры, но и структура системы.
- Усиливается *тенденция сетевого управления* — в управляющей системе и в каналах связи, что мотивирует интенсивное развитие сетевых, мультимодальных, групповых, мультиагентных методов управления производственными процессами.
- Становится объективно целесообразным *развитие конвергентных сетей* (реализующих конвергенцию компьютерных и телекоммуникационных технологий для обеспечения связи заводских систем автоматизации и управления с корпоративными бизнес-системами и повышения эффективности и гибкости производственных операций), а также конвергентной инфраструктуры.

Одним из основных в проектировании систем управления производственными процессами (на всех уровнях) становится принцип, известный как



«в центре внимания — пользователь» (*HCD — Human Centered Design*) — это принцип снижения сложности, в особенности для операторов систем управления технологическими процессами. Согласно стандарту ISO 9241-21:2010, большое внимание при проектировании автоматизированных интерактивных систем уделяется доступности информации и визуализации.

При этом в развитии теории и методов управления наблюдается довольно отчетливая тенденция их дальнейшего сопряжения с методами искусственного интеллекта, что в значительной степени мотивируется развитием и внедрением информационных технологий в производственных системах.

К основным трендам, определяющим развитие компьютерных технологий как главного средства автоматизации производственного управления, можно отнести:

- виртуализацию и распределенную вычислительную среду;
- облачные вычисления и веб-платформы;
- смешанные веб-приложения;
- повсеместные вычисления (*ubiquitous computing*);
- контекстуальные вычисления (*contextual computing*);
- расширенную реальность (*augmented reality*);
- адаптацию базовых компьютерных технологий к встраиваемым приложениям;
- конвергенцию компьютерных и телекоммуникационных технологий;
- беспроводную связь;
- технологию PCI Express, характеризующуюся масштабируемостью и функциональностью QoS (*Quality of Service/качество и класс услуг передачи данных*). В отличие от Ethernet, технология PCI Express обеспечивает гарантированную и безошибочную доставку пакетов;
- *Advanced Telecom Computing Architecture (ATCA)* — вычислительную архитектуру нового поколения для телекоммуникационных систем;
- реконфигурируемые виртуальные потоковые вычислительные системы, реализующие методологию построения информационных моделей нейросети и описание динамики информационного взаимодействия в ней на логическом и математическом уровне.

Можно утверждать, что в настоящее время наиболее популярным классом систем управления сложными технологическими объектами (нелинейными объектами, объектами со значительным транспортным запаздыванием, объектами с взаимосвязанными регулируемыми переменными, объ-

ектами с множеством одновременно соблюдаемых ограничений) стали системы, реализующие технологию управления на основе прогнозирующей модели объекта в контуре автоматического управления (*Model Predictive Control*). Системы управления с использованием прогнозирующей модели получили название APC — *Advanced Process Control*. Они реализуют управление на базе виртуальных анализаторов.

Для многих производств одно из основных требований к управлению состоит в высокой надежности. В то же время, высокая производительность таких объектов обуславливает большие экономические потери в случае сбоев. В ряде случаев отсутствие полноты информации об объекте приводит к необходимости робастного управления, гарантирующего функционирование объекта в рамках технологических требований и обеспечивающего качество выпускаемого продукта в допустимых диапазонах, определяемых технологическим регламентом.

Помимо автоматизированного управления в условиях многокритериальности, неопределенности и риска, в проблематике автоматического управления активно развиваются методы интеллектуального управления. Под интеллектуальным управлением понимается способность аппаратно-программной системы автоматически формировать управляющие воздействия на основе формализованных экспертных знаний и опыта, математического и информационного моделирования для достижения цели, поставленной человеком. Это определение относится к системам управления как технологическим, так и логистическим циклом производства.

Методы интеллектуального управления ориентированы на автоматизацию самого целеполагания, а также пересмотр в реальном времени критериев качества управления и ограничений. Интеллектуальное и интеллектуальное управление в сочетании с миниатюризацией технических средств управления, децентрализованным управлением в мультиагентных системах и современными компьютерными технологиями образуют фундамент современных систем управления производственными процессами.

Примером применения методов и принципов интеллектуального управления могут служить мультиагентные системы (МАС). Иерархическая структура агентов в МАС в определенной степени «коррелируется» с иерархией принципов или уровней управления. На нижних уровнях МАС (стабилизации и др.) используются принципы позиционного, робастного и адаптивного управления; на такти-

ческом и стратегическом уровнях — интеллектуальное управление; на стратегическом и верхнем уровнях — интеллектуальное управление с само-целеполаганием (по существу, реализуемым пока лишь в эргатических человеко-машинных системах).

Активно развивается класс систем автоматического управления, основанных на технологии DA + KBS ([*Data Acquisiton*] + [*Knowledge-Based Systems*]), т. е. анализа данных, выявления знаний, их представления и обработки. Эффективность применения таких систем при решении задач управления (на всех уровнях) обусловлена возможностью компенсировать недостаточность априорной информации об объекте управления в случае плохо формализуемых входных сигналов и структуры системы, а также при необходимости использования нелинейных моделей.

Функционирование интеллектуальных систем управления производственными процессами, основанных на знаниях (*Knowledge-Based Manufacturing System — KBMS*), может представлять собой взаимодействие базовых элементов (например, агентов). В системах KBMS активно используется искусственный интеллект, оперирующий, наряду со знаниями экспертов, так называемыми *технологическими знаниями*. Под этим термином понимают формализованные закономерности функционирования производственного процесса, получаемые на основе анализа данных производственных архивов.

К новейшим направлениям относится разработка систем управления, реализующих кросс-системную и/или межрегиональную интеграцию на основе мультиагентной технологии. Такой подход совмещает способности глобальной системы управления к рассуждениям и анализу производственной ситуации и формированию на этой основе управленческих решений. Моделирование сложных систем управления на основе мультиагентного подхода получило название *Agent-Based Modelling* (ABM).

**Пленарные доклады.** Как уже отмечалось, было заслушано 7 пленарных докладов, в которых нашли отражение тенденции в развитии методов управления производственными системами:

- Prof. *Suresh P. Sethi* (University of Texas at Dallas, USA) «Managing with Incomplete Inventory Information». — Проф. *Суреш Сети* (Техасский университет, Даллас, США) «Управление при неполной информации о запасах»;
- Prof. *Erwin Pesch* (University of Siegen, Germany) «Planning and Scheduling in Intermodal Transport». — Проф. *Эрвин Пеш* (Университет

Зигена, Германия)) «Планирование и составление расписаний в интермодальных транспортных системах»;

- Prof. *Jean-Marie Proth* (INRIA, France) «Assembly Line Balancing: Conventional Methods and Extensions». — Проф. *Жан-Мару Прот* (ИНРИА, Франция) «Балансировка сборочных линий: традиционные методы и их расширение»;
- Prof. *Andrew Yeh-Ching Nee* (National University of Singapore, Singapore) «Virtual and Augmented Reality Applications in Manufacturing». — Проф. *Эндрю Ну* (Национальный университет Сингапура) «Виртуальная и расширенная реальность в производстве»;
- Prof. *Stanislav V. Emelyanov* (Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences, Russia) «The Control under Uncertainty Conditions: History and Perspective». — Академик *С.В. Емельянов* (Институт системного анализа РАН, Москва, Россия) «Управление в условиях неопределенности: история и перспективы»;
- Prof. *Gennady A. Leonov* (Saint-Petersburg State University, Russia) «Nonlinear Problems in Control of Manufacturing Systems». — Чл.-корр. РАН *Г.А. Леонов* (Санкт-Петербургский государственный университет, Россия);
- Prof. *Stanislav N. Vassilyev* (V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russia) «Intelligent Control of Industrial Processes». — Академик *С.Н. Васильев* (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия) «Интеллектуальное управление промышленными процессами».

**Награжденные доклады.** По традиции научных мероприятий IFAC, по результатам представления и обсуждения докладов Международный программный комитет конференции выбрал лучшие доклады (учитывая большое количество докладов на конференции, было принято решение о награждении десяти докладов по различным тематическим направлениям), лучший доклад в области промышленных приложений и лучшие доклады аспирантов (было награждены два доклада). Приятно отметить, что в каждом из трех видов награжденных докладов присутствуют доклады представителей России (все — от ИПУ РАН).

Лучшими докладами признаны:

- *Wencai Wang, Yoram Koren* (USA) «Design Principles of Scalable Reconfigurable Manufacturing Systems»;
- *Bahman Rostami Tabar, Mohamed Zied Babai, Aris Syntetos, Yves Ducq* (France) «The Impact of



- Temporal Aggregation on Demand Forecasting of ARMA(1,1) Process: Theoretical Analysis»;
- *Chuan Shi, Stanley Gershwin* (USA) «The Additive Property in Long Line Optimization»;
  - *Karol Ondrejko, Pavol Bucek, Pavol Noga, Lukáš Tkáč, Gabriel Hulkó* (Slovakia) «Modeling and Control of Temperature Field of the Secondary Cooling Zone in Continuous Casting of Steel As Distributed Parameter System»;
  - *Semyon M. Meerkov, Chao-Bo Yan* (USA) «Production Lead Time Problem: Formulation and Solution for Bernoulli Serial Lines»;
  - *Subhash Sarin, Ming Cheng* (USA) «Two-Stage, Multiple-Lot, Lot Streaming Problem for a 1 + 2 Hybrid Flow Shop»;
  - *Alexander V. Nazin, Boris Miller* (Russia, Australia) «Robust Mirror Decent Algorithm for a Multi-Armed Bandit Governed by a Stationary Finite Markov Chain»;
  - *Francisco Serdio, Edwin Lughofer, Thomas Buchegger, Kurt Pichler, Hajrudin Efendic* (Austria) «Condition Monitoring at Rolling Mills with Data-Driven Residual-Based Fault Detection»;
  - *Joel Souza Bedolla, Francesco Ricci, Javier Mauricio Martinez Gomez, Paolo Chiabert* (Italia) «Fostering PLM Implementation in SMEs: Modelling and Managing Verification Processes»;
  - *Feng Ju, Jingshan Li, Guoxian Xiao, Jorge Arinez* (USA) «Modeling Quality Propagation in Automotive Paint Shops: An Application Study».

Лучшим докладом в области промышленных приложений признана работа *Vitaly Promyslov, Alexey Poletikin* (Russia) «Formal Hierarchical Model of Security of the Upper Level of Instrumentation & Control System of a Nuclear Power Plant».

Лучшими работами аспирантов признаны:

- *Georg Heinecke, Steffen Lamparter, Raffaello Lepratti, Andreas Kunz* (Germany) «Advanced Supply Chain Information for Rule-Based Sequence Adaptions on a Mixed-Model Assembly Line with Unreliable Just-In-Sequence Deliveries»;
- *Alexander Dorofeyuk, Julia Dorofeyuk, Irina Pokrovskaya* (Russia) «The Expert-Analytical Forecasting Model in the Problem of Railway Track Facilities Control».

Организаторы конференции выразили благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований за оказанную финансовую поддержку, способствовавшую обеспечению высших стандартов качества проведения научных конференций, а также Санкт-Петербургскому государственному университету, Санкт-Петербургскому институту информатики и информатизации РАН и Санкт-Петербургскому Национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики за плодотворное сотрудничество на всех этапах организации и проведения конференции.

*Председатель Национального оргкомитета*

*Н.Н. Бахтадзе,  
Л.П. Боровских*

**Бахтадзе Наталья Николаевна** — д-р техн. наук, зав. лабораторией, ☎ (495) 334-92-01, ✉ bahfone@ipu.ru,

**Боровских Леонид Петрович** — канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, ☎ (495) 334-92-00, ✉ borovskii@ipu.ru,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва.

## Новая книга

**Цыганов В.В., Шульц В.Л. Социология общественной безопасности: теория и высокие гуманитарные технологии общественной безопасности при изменениях и пределах роста / Центр исследования проблем безопасности РАН. — М.: Наука, 2014. — 415 с. — ISBN 978-5-07-039026-3.**

Рассмотрены глобальные угрозы и вызовы, теоретические основы общественной безопасности в условиях быстрых социальных изменений и пределов роста, а также организационные, политэкономические и стратегические механизмы ее (безопасности) обеспечения. Разработана теория общественной безопасности при ограничениях роста, учитывающая психофизиологические особенности поведения граждан. Предложены механизмы обеспечения безопасности граждан, в том числе занимающихся политической и предпринимательской деятельностью (на примере рынка вагонных грузоперевозок). Рассмотрены методы, процедуры и системы поддержки принятия решений в сфере общественной безопасности.

Для изучающих проблемы общественной безопасности, политиков, служащих и предпринимателей федерального, регионального и местного уровней.