

Статья. Библиографические данные:

Мунасыпов Р.А., Житников А.П.

Задачи внедрения теории параллельных алгоритмов в практику разработок и применения роботизированных технологических систем.

// Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин: Международный научный сборник.

– Уфа: УГАТУ, 2015.

– С. 140-147.

**ЗАДАЧИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕОРИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ
В ПРАКТИКУ РАЗРАБОТОК И ПРИМЕНЕНИЯ
РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

ЗАДАЧИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕОРИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ В ПРАКТИКУ РАЗРАБОТОК И ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Мунасыпов Рустэм Анварович

Уфимский государственный авиационный технический университет

rust40@mail.ru

Житников Александр Павлович

Уфимский государственный авиационный технический университет

paralg@mail.ru

TASKS OF INTRODUCING OF THE THEORY OF PARALLEL ALGORITHMS IN PRACTICE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ROBOTIC TECHNOLOGY SYSTEMS

Приводится краткий обзор тенденций в разработках управления параллельными дискретными процессами в автоматизации и роботизации технологических процессов. Определяются основные исходные причины, затрудняющие внедрение здесь прикладной теории параллельных алгоритмов, и соответствующие задачи их преодоления.

The short review of tendencies in development of parallel discrete processes control for automation and robotization of technological processes is considered. The basic reasons complicating introduction here of the applied theory of parallel algorithms and the corresponding problems of their overcoming are defined.

Роботизированные технологические системы; параллельные дискретные процессы; структурная теория параллельных алгоритмов.

Robotic technology systems; parallel discrete processes; structural theory of parallel algorithms.

Введение: процессы автоматизированных технологических систем

В статье в постановочном порядке кратко излагается исходная проблематика алгоритмизации дискретных процессов в составе *автоматизированных технологических систем* (АТС), в частности *гибких производственных модулей* (ГПМ) и *систем* (ГПС) и, в том числе, *робототехнологических комплексов* (РТК) и *систем* (РТС).

Функционирование таких систем представляет собой иерархическую систему *дискретных процессов* двух типов (рис. 1):

1) *Движение* материальных систем – в широком понимании терминов "процессы", "движение" (процессия), "действия", включая:

а) *Комплексы действий* (дискретные процессы функционирования) автоматизированного технологического *оборудования и техоснастки*.

б) Причинно связанное с этим *движение материальных потоков* (в технологических каналах) – процессы продвижения, хранения и обработки дискретных потоков продукции и прочих объектов (деталей, узлов, инструмента, тары и т.п.): поштучно, комплектами, партиями.

2) *Управление* движением материальных систем, включая:

- прямое, но вспомогательное (инструментальное) *управление* автоматизированным *оборудованием и техоснасткой* – для необходимого их (причинного) воздействия на конечные материальные потоки;
- основное (целевое), но косвенное *управление материальными потоками* – посредством воздействий на них оборудования и оснастки.

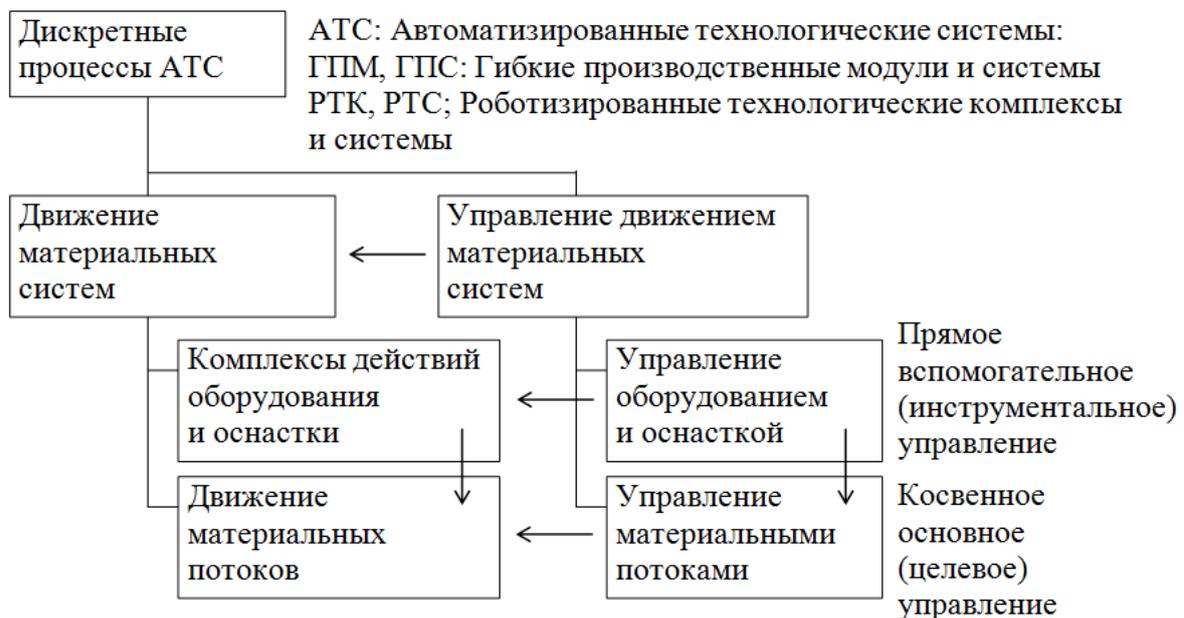


Рис. 1. Типы дискретных процессов автоматизированных систем

Структура процессов автоматизированных технологических систем

В составе АТС (рис. 1, 2) первичную основу составляют *последовательные дискретные процессы*, то есть последовательности действий во времени, постоянные или переменные по порядку их выполнения в зависимости от разных условий. Однако в производстве решающую роль играют *параллельные дискретные процессы* – с совмещением выполняемых действий во времени в разных видах их совмещения, координации и взаимодействия. Обычно это процессы *циклического типа* (повторного во времени). В частности, большое значение имеют межоперационные и внутриоперационные *конвейерные циклические процессы* с перекрытием интервалов взаимодействующих смежных итераций циклов во времени (особая форма параллелизма): последовательно-параллельная обработка потоков продукции.

Существует задача адекватного описания всех видов процессов АТС, причем описания, пригодного для применения в повседневной практике их

массового разработчика и, главное, еще более массового их пользователя (технолога, наладчика, оператора, плановика автоматизированных систем): в особенности, для ГПМ и ГПС, РТК и РТС – с переменными параметрами продукции, технологических процессов, режимов работы и ситуаций.



Рис. 2. Исходные структуры процессов автоматизированных систем

Задача алгоритмизации роботизированных систем

ГПМ И ГПС, РТК и РТС komponуются на основе оборудования с программным управлением – с программной реализацией параллелизма и взаимодействия дискретных процессов управляемого оборудования. Наиболее "естественным" средством отображения и задания *параллельных (и последовательных) дискретных процессов* таких систем являются *параллельные (и последовательные) алгоритмы*. Это связано с тем обстоятельством, что управляющие программы – это машинные алгоритмы (с детальной конкретикой используемых аппаратно-операционных платформ, языков и сред программирования), а первые языки программирования прямо назывались алгоритмическими языками.

При этом прикладная (структурная) теория алгоритмов возникла именно из потребностей программирования – традиционная теория (последовательных) алгоритмов появилась на базе традиционного (последовательного) программирования, и, затем, на базе параллельного программирования появилась теория параллельных алгоритмов.

Существует задача: *связное алгоритмическое отображение* общих процессов работы для *комплексов взаимодействующего оборудования*. В частности, распространенной является общая классическая ситуация [1]:

- отдельные управляющие программы обеспечивают управление отдельными единицами оборудования последовательного действия с обменом командами координации между ними (и, возможно, данными) на промежуточных и граничных этапах их взаимодействия;
- это *взаимодействующие последовательные процессы* [1]: система взаимодействующих параллельно выполняемых во времени последовательных процессов.

Но здесь сохраняются тенденции, заложенные еще в традиционной (жесткой) автоматизации технологических процессов на основе *специальных технологических автоматов и автоматических линий*.

Проблемные тенденции описания работы технологических систем

Выделяются следующие характерные тенденции.

1) Конструктивное описание состава АТС (посредством чертежей, компоновочных, принципиальных и структурных схем их строения) выполнялось, практически, без конструктивного описания процессов их работы. Оно или вообще отсутствовало, или использовалось словесное описание разных аспектов их работы. Эта тенденция в значительной мере сохраняется и в отношении современных ГПМ, ГПС, РТК и РТС [2, 3]. Данное обстоятельство свидетельствует о наличии больших проблем относительно подходящих для повседневной практики, удобных и универсальных обобщенных конструктивных средств отображения дискретных процессов функционирования АТС (рис. 1, рис. 2).

2) Описание процессов работы и управления АТС обычно излагалось отдельно – в связи с разработкой их систем управления, и изначально прямо увязывалось с технической спецификой систем управления.

а) Для систем автоматизации с механическими системами управления на основе многокулачковых распределительных валов существовала задача циклограммирования. Это было описание работы таких систем с применением временных, путевых и позиционных диаграмм (циклограмм) разного типа и сложности. Здесь методами теории механизмов и деталей машин точно решаются вопросы построения диаграмм с отображением параллелизма и (жесткой) синхронизации процессов во времени, причем:

- это выполнялось на интуитивном уровне представления и реализации разных факторов параллелизма процессов;
- обычно даже без явного осознания наличия и обсуждения проблематики параллелизма технологических процессов во времени.

б) Для электрических релейно-контактных и бесконтактных систем управления использовались словесное описание их работы, циклограммы в виде блок-схем и диаграммы (таблицы) включений аппаратуры управления. При этом, естественным образом отображается параллельное во времени существование и взаимодействие единиц аппаратуры, однако:

- также, обычно, не акцентируется явно параллельная проблематика управляющих и управляемых процессов и работы аппаратуры;
- за частной спецификой работы конкретной аппаратуры не всегда явно видны целевые последовательно и параллельно выполняемые процессы, их взаимосвязь и взаимодействие.

в) К более поздним средствам относятся *дискретные модели логического управления – логические автоматы* комбинационного и последовательностного типа и, в частности:

- **Конечные автоматы**, представленные обобщенными системами состояний и переходов между ними. Они обеспечивают реализацию гибких (переключаемых) технологий, но ориентированы на последовательные процессы и были ограниченно применимы для АТС.
- Их расширение – **параллельные конечные автоматы** (коллективы автоматов). Это достаточно специфичные средства (отображающие взаимосвязь всевозможных комбинаций состояний параллельных процессов), проблематичные для массового практического применения.
- **Сетевые методы**, в частности сети Петри. Они изначально ориентированы на моделирование параллельных дискретных процессов. Но их общим недостатком является необходимость прямого оперирования громоздкими матрицами смежности, переходов т.п. (причем, как правило, слабо заполненными) – разложением целостных процессов на множества фрагментов с реальными и фиктивными связями, со связным общим представлением процессов только в графике. Это средства в основном теоретического значения и детального анализа разных критических проблем, но не как основной рабочий аппарат описания дискретных процессов АТС для их разработчиков и, главное, пользователей.

3) В области промышленной робототехники ситуация достаточно хорошо отражается в работе [4]. Основной объем ее изложения (430 с.) составляет описание "высшей механики" манипуляторов с **задачами теории автоматического управления** на нижних уровнях управления действиями роботов. Однако это не относится к верхним уровням описания комплексов действий АТС (включая действия технологического оборудования, и относительно независимо от использования конкретной робототехники). В связи с этим в книге очень кратко (объемом 30 с.) дается понятие о **логическом управлении** в составе РТК и РТС с привлечением моделей конечных автоматов, сетевых (параллельных конечных) автоматов и сетей Петри. Но это еще, очевидно, не систематическое изложение многоаспектной проблематики логического управления РТК и РТС, а параллельная алгоритмика еще не применяется.

4) В области технологической автоматизации были попытки применения **прикладной (структурной) теории алгоритмов**. Однако на момент формирования систем технологической автоматизации (в 50-60-е годы 20-го века) еще только начинала формироваться прикладная **теория последовательных алгоритмов**, применение которой здесь сильно ограничено. Позднее (конец 60-х, начало 70-х гг. и далее) начинает формироваться **теория параллельных алгоритмов**. Были попытки ее применения в области АТС, например [5]. Однако до сих пор ее применение не является общепринятым средством описания и проектирования параллельных дискретных процессов АТС, ГПС и РТС. А в классической работе [1] по взаимодействующим последовательным процессам алгоритмы и теория алгоритмов вообще не упоминаются.

Основные причины проблем внедрения алгоритмической теории

Представляет большой теоретический, практический и учебно-методический интерес выявление и анализ причин относительно проблем внедрения теории алгоритмов в области АТС с целью их преодоления. Анализ вопроса выявляет следующие основные исходные причины таких проблем (рис. 3) и исходные частные задачи их преодоления:

1) **Отсутствие массового обучения** массового (в перспективе) разработчика и пользователя АТС, ГПС и ГПС, РТК и РТС в области теории (и практики) параллельных алгоритмов. Следовательно: необходимо **внедрять ее в массовый учебный процесс**, причем на ранних этапах обучения и с ее применением в других учебных дисциплинах.

2) **Собственные проблемы** массовой практической применимости теории параллельных алгоритмов в области АТС, ГПС и ГПС, РТК и РТС:

- не стоит переоценивать значение отсутствия массового обучения;
- если бы существовала теория алгоритмов, непосредственно пригодная и практически удобная для решения задач параллельной алгоритмизации дискретных процессов в этой области, она пробила бы себе дорогу в массовую практику применения и в массовое обучение:

основные причины указанных проблем заключаются **в самой теории** алгоритмов, и необходимо их **первоочередное выявление и преодоление**.

3) **Большая трудоемкость** структурных алгоритмических построений и преобразований. Ручное их применение очень ограничено по практическим возможностям: необходима их поэтапная **автоматизация**.



Рис. 3. Причины проблем и задачи внедрения теории в практику

Заключение

В статье в кратком обзорно-постановочном порядке определяется актуальная задача массового внедрения методов и средств теории параллельных (и последовательных) алгоритмов в повседневную практику массового разработчика и, главное, массового пользователя гибких производственных модулей и систем и, в особенности, робототехнологических комплексов и систем. Это также необходимо, как применение маршрутных и операционных карт для описания традиционных последовательных технологий и операций. По своему существу это специализированные формы простого класса линейных технологических алгоритмов. Выявляются основные исходные причины, тормозящие решение этой общей задачи, и соответствующие частные задачи преодоления этих причин. Особое значение имеет именно фактор массовости, определяющий конечную результативность и эффективность практического применения теории алгоритмов в этой области.

Однако, реально общая теория алгоритмов не существует, и она представлена множеством разных частных направлений, теорий, подходов, алгоритмических языков и задач, в основном в области вычислительных или, в более широком плане, математических приложений. Технические приложения теории алгоритмов находятся, в целом, в опытно-поисковой стадии формирования. При этом представители разных частных направлений теории и разных ее приложений плохо информированы по общему ее состоянию, разным ее аспектам, целям и задачам, что порождает множество проблем их взаимопонимания и взаимодействия.

Первоочередной составляющей задачей рассматриваемой общей проблемы является интеграция и адаптация необходимых существующих методов и средств и **формирование направления теории параллельных (и последовательных) алгоритмов**, непосредственно ориентированного на приложения в области гибких автоматизированных и роботизированных технологических систем.

Литература

1. Хоар Ч. Взаимодействующие последовательные процессы. – М.: Мир, 1989. – 264 с.
2. Козырев Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник: справочное издание. – М: КНОРУС, 2015. – 364 с.
3. Козырев Ю.Г. Применение промышленных роботов: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011. – 488 с.
4. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. Учебник для вузов. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана., 2004. – 480 с.
5. Минскер Э.И., Суцев М.И. Разработка релейно-контактных схем управления производственных механизмов. – М.: Энергия, 1972. 136 с.