

ИНТЕЛЛЕКТНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.Н.Коптев, В.В.Савотченко

Использование систем интегрированного производства (ИАП) означает применение ЭВМ во всех аспектах процесса производства, включая проектирование, планирование, составление расписания работы предприятий и его подразделений с учетом реальной производственной среды. Центральной компонентой такой системы является фактическая производственная подсистема, которая реализует технологический процесс производства законченного продукта. Сегодня реализации подобных подсистем обычно называют гибкими производственными системами (ГПС).

Гибкая производственная система в авиастроении, как правило, может производить не только разнообразную гамму деталей, но и сложные устройства, агрегаты, а также выполнение операций по их контролю и испытаниям и быстро реагировать на необходимые изменения, вносимые в устройства и агрегаты самолета.

Применение ГПС связывает с решением двух важных задач: выполнение случайных заказов (по очередности и количеству) и уменьшение незавершенного производства. Система обеспечивает значительное уменьшение (или полное исключение) задержек из-за наладок ГПС и резкое сокращение времени, затрачиваемого на подготовку выполнения технологических операций.

Степень, в которой ГПС достигает своих целей, неминуемо зависит от использования эффективных правил принятия решений на уровне

управления производством. Эти правила, используемые системой управления ГПС, определяют такие действия, как введение новых устройств и агрегатов и изменений в них, выбор программы работы и т.п.

В большинстве существующих систем управления руководствуются, главным образом, правилами, выведенными с помощью предварительного внешнего анализа. При таком подходе существует мало возможностей для модификации и пересмотра время от времени этих правил. Долговременные или краткосрочные флуктуации в требуемой последовательности устройств или агрегатов, которые нужно обрабатывать, могут выливаться в менее, чем идеальные характеристики работы системы. Кроме того, при существующих подходах к проектированию и управлению в общем очень трудно или невозможно реконфигурировать логику работы системы, чтобы адаптировать ее к таким возмущениям. В противоположность этому, в данной работе рассматриваются существенно новые элементы управляющих систем и их взаимосвязи с методологией управления, базирующейся на методах искусственного интеллекта. Эта методология включает в себя детальные предсказания траекторий состояния системы, необходимые для того, чтобы выполнять непрерывную адаптацию управляющих стратегий. Определяются факторы, связанные с реализацией системы, значительно улучшающие характеристики этой системы.

Рассмотрим более подробно концепцию таких систем управления. Сначала остановимся на определении терминов и общих концепций теории управления, имеющих отношение к разработке интеллектуальных систем управления ГПС. Состояние системы определим через компактное представление прошлых действий системы, которое при заданных, определенных входах системы, позволяет предсказать, какими будут выходы системы и как изменится само состояние. Основная цель системы управления заключается в том, чтобы провести систему через последовательность состояний во времени и при этом выдерживать некоторые необходимые условия внутри системы. Задача проектирования системы управления со-

стоит в выработке такого закона управления, под воздействием которого система должным образом изменяет свое состояние в последовательные моменты времени.

Для обсуждения концепции систем управления введем необходимые условия, которые характеризуют задачу управления:

1. Должно существовать определенное множество моментов действия точек, в которых можно производить выбор действия.

2. В каждый момент времени должно иметься множество воздействий (альтернатив), из которого можно делать выбор.

3. Должна быть модель, способная предсказать будущее поведение системы под влиянием каждого выбранного воздействия.

4. Должен существовать критерий или цель, на основе которой происходит выбор воздействия, при этом делается сравнение предсказанного поведения системы с целью. Определим горизонт решений как интервал времени между двумя последовательными моментами приложения воздействия. Другой интервал времени, на который модель предсказания определяет статус системы, называется горизонтом планирования.

Адаптивная система управления определяется как переменная во времени система, параметры которой варьируются таким образом, чтобы поддерживать требуемое управление входом. Система становится самонастраивающейся, если она производит соответствующие изменения управляющих параметров в ответ на изменения характеристик объекта. Система управления, предлагаемая в работе, относится к интеллектуальным системам управления (ИСУ). Измерение характеристик в ней используется для того, чтобы модифицировать параметры стратегии управления, реализуемой внутри системы календарного планирования (диспетчирования) производства самолетов. Эта система схожа с экспертной системой, а ее "интеллект" возникает из самой природы самонастраиваемой системы.

Однако, чтобы рассматривать ИСУ как экспертную систему, необходимо видеть, что компонента наивного пользователя привносится компьюте-

рами управления ИАП, и что текущей задачей в любой момент времени является определение того, какие параметры следует использовать на следующем горизонте решений.

База знаний состоит из накопленного множества результатов, касающегося реакций производственной системы на отдельные комбинации входных воздействий, а механизм выводов - это алгоритм, применяемый для использования запасенной информации, касающейся пар "вход-выход" для определения частных стратегий.

Ключевым элементом любой экспертной системы, отсутствие которого заметно в рассматриваемой нами среде, является легко доступный "эксперт" по вопросам определения параметров стратегии. Взамен этого эксперта используется моделирование самой системы.

С общих позиций управления производственной системой достигается через комбинацию решений, касающихся различных аспектов производства. Следует отметить, что решения, принятые до начального запуска устройств и агрегатов в систему, оказывают прямые воздействия на ее работу. Значительный интерес для проектировщиков системы представляют решения по определению номенклатуры устройств и агрегатов, компоновки рабочих мест и технических средств и т.п.

Однако задача управления в реальном масштабе времени является обособленной и отличной от вопросов проектирования этих систем.

Для системы управления компьютеризированным производством можно выделить следующие основные области, где необходимо принимать решения по:

- управлению балансом устройств и агрегатов, чтобы наилучшим образом достигнуть общих целей производственной системы;
- управлению последовательностью операций, так как альтернативные последовательности операций для отдельных типов устройств и агрегатов часто игнорируются вследствие "упрощающего" допущения, что операции должны выполняться в определенном порядке;

выбору комплекса оборудования, в основе которого лежит правило минимальной длины очереди”;

- размещение накопителей, которые, как правило, связаны со стендовыми накопителями.

Эти решения, вырабатываемые правилами управления ГПС, базируются на статическом представлении малой функции состояния системы, “моментального снимка” малого подмножества всей системы, т.е. предполагается, что мы можем реализовать некоторую форму управления параметрами, встроенными в правила принятия решений по системе, трактуя эти параметры как объекты нашей системы управления. Однако, при таком подходе мы никогда не сможем принять решение по оптимальному управлению, в полном смысле этого понятия, из-за большого числа потенциальных траекторий будущего состояния.

Для решения проблемы гибкого управления необходим интеллектуальный (адаптивный, с обратными связями) подход.

Как уже говорилось, ключевыми компонентами управления являются времена действия, альтернативы действия, модель для прогнозирования поведения системы и критерий решения. В рамках производственной среды каждый из этих элементов можно интерпретировать различными путями. Проанализируем каждый из них применительно к среде ГПС.

Рассмотрим три возможности для определения “времен действия” в контексте современной ГПС.

В традиционном подходе к проектированию ГПС предлагаемые правила управления прежде всего продублированы дескриптивной моделью, реализованной обычно в виде имитационной модели на ЭВМ. Эта модель используется для того, чтобы найти набор отдельных правил диспетчирования и других правил принятия решений, обеспечивающих приемлемый уровень ожидаемой производительности. Будучи определенными, эти правила устанавливаются в действующую систему, где они служат основой для руководства работой системы. Альтернативные траектории моделируются за-

долго до фактических операций системы. В этом случае и горизонт планирования, и горизонт решений включают в себя весь период работы системы.

В противоположность этому в другом экстремальном случае можно определить времена действия как время окончания производственной операции или как любое другое значительное событие внутри системы. Подобные определения ведут к непомерным затратам вычислительного времени, возникающие из-за отсутствия времени между моментами действия, необходимого для адекватного доступа к альтернативам.

Однако, между этими двумя экстремальными случаями может быть достигнуто истинное управление системой, вначале параметризацией правил, используемых для определения поведения системы, а затем периодическим выбором значений параметров. Горизонт решений должен быть достаточно большим, чтобы дать возможность оценить необходимое количество выбранных действий, но одновременно и достаточно коротким, чтобы реализовать искомые преимущества.

Действительные времена определяются как выбранные значения для всех параметров системы управления. Для многих систем потребуется определять достаточно большое число таких параметров.

При определенных действительных временах множество действительных альтернатив может состоять из всех осуществимых точек, совокупность которых можно рассматривать как пространство стратегий. Другими словами, задание действия равносильно установлению выполнимых значений для каждого из параметров. Эти параметры могут быть непрерывными или дискретными; в любом случае пространство может быстро становиться очень большим. Альтернативные методы обращения со множеством возможных действий могут включать поисковые методологии, системы распознавания образов или другие статистические подходы или методы искусственного интеллекта. Например, адаптивная техника кластеризации, такая, как "к-подход", может быть использована для расчленения про-

странства состояний системы (или агрегатного ее представления) на k классов, каждый из которых соответствует частной альтернативной стратегии. После запуска система управления может, в каждый момент действия, определить близость текущего состояния к средним этих k -классов и выбрать подмножество из всего множества стратегий для его детальной оценки. В результате проведенной оценки должна быть выбрана наиболее благоприятная точка стратегии и установлена внутри реальной системы. Текущее состояние системы затем анализируется, и результирующее решение, относящееся к выбору параметров стратегии, должно быть далее использовано для модификации базы знаний системы. Таким образом, система будет адаптироваться к изменениям в состоянии и будет обучаться на основе решений, принимаемых с течением времени.

В рамках рассматриваемой структуры управления требуется модель, которая бы предсказывала будущее поведение системы под управлением каждого альтернативного действия.

Двумя наиболее известными подходами к моделированию работы ГПС являются аналитические методы и техника моделирования. При первом формулируются задачи, например, в терминах теории очередей, и выполняются прямые вычисления рабочей загрузки, в то время как при втором степень эмуляции действительной системы может варьироваться и достигать большой точности и детальности при наличии достаточного времени и соответствующего уровня проектной разработки.

Несмотря на большое количество работ по аналитическим моделям, сегодня ни одна из этих моделей не способна представить характеристики эффективности ГПС с той достоверностью, как это делается с помощью моделирования, которое остается основным инструментом для анализа этих систем.

В этой связи следует отметить, что в современном моделировании систем применяются не копии или представления алгоритмов управления системой, а реальные команды компьютера или файлы данных, используемые

реальной системой. Это имеет большое значение по следующим причинам. Во-первых, точность самих моделей улучшается; поведение системы при моделировании становится неотличимым от поведения реальной системы. Во-вторых, время разработки систем моделирования (и следующих изменений) существенно сокращается. По мере того, как делаются изменения в программном обеспечении реальной управляющей системы, те же изменения автоматически вносятся в имитационную модель. Таким образом, используя данный подход, можно получать имитационные модели с высокой точностью и при малых затратах. Другое преимущество данного подхода заключается в скорости и легкости, с которой реальная система может устанавливать связь с имитационной моделью. Последнее является ключевой особенностью методологии адаптивного управления, согласно которой имитационная модель и реальная система должны часто обмениваться данными между собой.

В заключение остановимся на компоненте системы управления, связанной с критерием принятия решений, на котором базируется выбор параметров. Применяемыми сегодня критериями эффективности системы является удовлетворительное завершение производственного графика. Эта оценка больше рассчитана на длительную работу системы, чем на короткие периоды времени. Вопрос оценки кратковременной работы только начинает изучаться и опыт на этом пути подскажет, как генерировать другие полезные оценки эффективности этого режима работы.

Рассмотрим структуру интеллектуальной системы управления. Общую структуру интеллектуальной системы управления (ИСУ) иллюстрирует рис. 1. Структура построена в рамках традиционного представления систем с обратными связями и в том виде, как она может быть применена в среде ИАП. Ключевыми признаками такой системы являются: параметрические правила локальных решений; множества известных значений параметров, подробная прогнозирующая модель и критерий принятия решений для кратковременной работы.

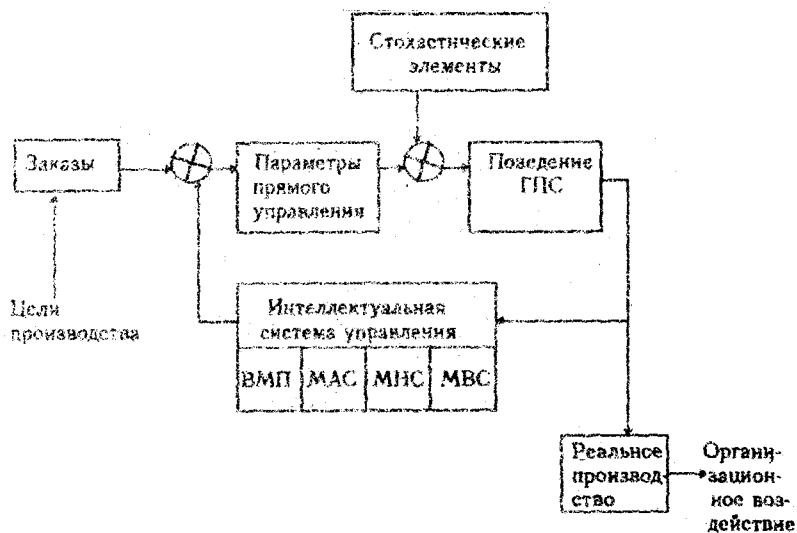


Рис. 1. Структура ИСУ

Рассмотрим компоненты ИСУ. Первой компонентой является входной модуль предсказания (ВМП). Этот модуль отвечает за выполнение прогнозов всех необходимых экзогенных переменных. В среде ИАП наиболее важным из них, вероятно, являются те, которые описывают производственную смесь и время нахождения в производстве, связанное с графиком прохождения устройств и агрегатов. Другие связаны с событиями, обусловленными нормальной работой системы, такими, как срок выполнения профилактического технического обслуживания. ВМП черпает данные из требований производства, проходящих в самой системе или из других источников. Один очевидный набор методов, на котором может базироваться ВМП, это статистические методы прогнозирования, в частности, анализ временных последовательностей в виде экспоненциального сглаживания для выявления тренда и сезонных изображений и ассоциативные методы, такие, как множественная регрессия. Другой потенциально полезной техникой про-

гнозирования может быть база знаний миссии экспертов, реализованная в рамках экспертной системы.

Модуль анализа системы (МАС) создает подробное описание траектории состояния системы на основе входов, предсказанных ВМП, начального состояния системы и частного набора параметров стратегии. МАС применяется к подмножеству пространства стратегий до вычисления "времен действия".

Результаты работы с моделью используются для двух целей: определение параметров стратегии на грядущий период и усовершенствование управления базой знаний системы, которая связывает состояние системы с пространством стратегий. В течение каждого интервала решений МАС оценивает одну или несколько альтернатив из пространства всех возможных стратегий.

Пространство стратегий может быть очень большим, что препятствует выполнению всех необходимых вычислений. Поэтому задачей третьей компоненты ИСУ, модели назначения стратегии (МНС), является определение тех альтернатив стратегии, которые должны быть исследованы на данном интервале решений. Эта компонента может быть построена с применением сложных статистических моделей, эвристики, поисковых методов и методов распознавания образов.

Модель выбора стратегий (МВС) является четвертой компонентой и производит выбор конкретного множества значений параметра стратегии или временной их установки внутри системы управления производственным процессом.

Очевидным подходом здесь является выбор той стратегии среди всех оцененных, которая должна оптимизировать специальную функцию показателей эффективности, предсказанную МНС.

В целом, четыре подсистемы формируют управляющую систему, цель которой заключается в манипулировании параметрами системы в ответ на экзогенные и эндогенные изменения системы. За счет интеллектуального

использования текущей информации и методичной модификации системного представления связей между входами, стратегиями и выходами описанный метод управления ГПС может дать значительное улучшение эффективности.

Таким образом, в работе представлена новая концепция построения системы управления интегрированным производством и связанные с ней фундаментальные понятия управляющих систем.

Приложение этой концепции осуществлено авторами к реальным системам монтажа, контроля и испытаний бортовых комплексов современных самолетов, что потребовало применения новых методов для поиска пространства стратегий, передачи информации между реальной системой и ее моделью, реализации новейших подходов к моделированию.