

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В. Ю. Столбов, С. А. Федосеев

Пермский государственный технический университет

Рассмотрена модель системы управления дискретным производством с интеллектуальными элементами, в качестве которых выступают математические модели оптимизации с нечеткими ограничениями. Для согласования решений на различных структурных уровнях применен оригинальный алгоритм структурной адаптации.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия промышленное производство существенно изменилось, возросли требования клиентов к качеству продукции и уровню обслуживания, сократилось время вывода новых товаров на рынок, что потребовало совершенствования методологии и технологии управления предприятием. Это обуславливает необходимость объединения двух развивающихся тенденций: методологического решения задач управления при быстро меняющихся внешних условиях на основе системного анализа и применения современных математических методов и информационных технологий для поддержки этих решений.

Цель данной работы состоит в построении модели универсальной информационной системы, реализующей стандарт управления промышленным предприятием MRPII [1], обладающей возможностями настройки ее конфигурации для работы на большинстве промышленных предприятий России и обеспечивающей гомеостаз в управляемой системе путем разрешения внешних и внутренних конфликтов с помощью специальных интеллектуальных элементов системы [2]. Зарубежным аналогом разрабатываемой информационной системы управления является система SAP R/3 [3]. Однако жесткие требования, заложенные в эту систему, требуют существенной и длительной реорганизации производства, что наряду с высокой стоимостью внедренческих работ делает данную систему недоступной для большинства российских предприятий.

В основу предлагаемой модели положены идеи дальновидной адаптации [4] и теории активных систем [5].

1. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МОДЕЛИ

Управление предприятием является сложным процессом, протекающим во времени в условиях неадекватной текущей информации и непрерывно возникаю-

щих конфликтов между элементами системы. Эти конфликты вызваны различными интересами у элементов, связанных как производственными, так и социальными отношениями. К таким конфликтам можно отнести следующие: конфликт между спросом и предложением, конфликт между заказчиками продукции и отделом сбыта, конфликт между сбытом и производством, конфликт между руководством и работниками предприятия и т. д. Поэтому необходимо еще на стадии постановки задачи управления разбить ее на отдельные подзадачи, связанные между собой, но решаемые в различные моменты времени и на разных структурных уровнях системы управления. Систему управления предприятием можно условно разбить на три структурных уровня, которые показаны на рис. 1.

На *первом (стратегическом) уровне* должна решаться задача формирования производственной программы на планируемый период времени с учетом спроса на выпускаемую продукцию, ценовой политики, принятой на данный период, мощности предприятия, возможных действий конкурентов, а также выгоды имеющихся заказов. Результат решения данной задачи — главный календарный план производства (ГКПП) на планируемый период, оптимальный с точки зрения выгоды (прибыльности) для предприятия и учитывающий ограничения на суммарную мощность предприятия, имеющиеся оборотные средства и основные ресурсы. Главный календарный план производства — это календарный план выпуска продукции с указанием объемов и сроков выпуска продукции, разрабатываемый для номенклатурных позиций верхнего уровня иерархии. В качестве таковых могут выступать как готовая продукция, так и сборочные единицы и узлы высокого уровня; как реально (физически) существующие конфигурации продуктов, так и псевдоконфигурации, используемые лишь для целей планирования. Поэтому ГКПП предоставляет основу для обоснованного определения сроков выполнения поставок, эффективного использования мощностей предприятия, достижения стратегических целей бизне-

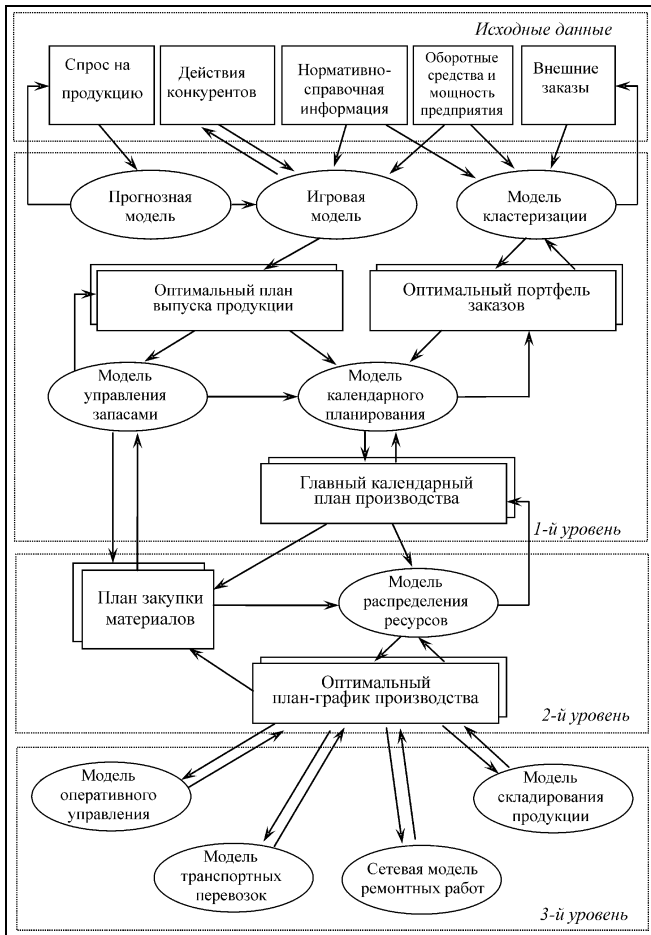


Рис. 1. Структурная схема системы управления производством

са, а также поиска компромиссов между маркетинговыми и производственными подразделениями предприятия. Степень точности ГКПП варьируется в рамках горизонта планирования, который должен быть «скользящим», т. е. по прошествии заданного интервала времени такой же интервал планирования должен добавляться к концу горизонта планирования. Отметим, что ГКПП ориентирован в большей степени на увеличение прибыли предприятия и в меньшей степени на комфортность производства. Он не учитывает распределение имеющихся ресурсов во времени и пространстве, возможности в поставках и хранении необходимых материалов, резервов для оперативного управления производством. Поэтому данный конфликт должен быть разрешен на следующем структурном уровне планирования, на котором ГКПП детализируется и уточняется. На *втором (тактическом) уровне* в большей степени учитываются интересы организаторов производства за счет снижения прибыльности ГКПП. Проблема заключается в том, как учесть все потребности производства, не снизив значительно прибыльность ГКПП. Для этого должен решаться соответствующая двухкритериальная задача календарного планирования, учитывающая интересы как сбытовиков, так и производителей. В результате решения этой задачи должен быть получен план-график производства, ус-

траивающий обе стороны. На *третьем структурном уровне* должны решаться вспомогательные задачи, важнейшие из которых: задача оперативного управления производством, задача календарного планирования ремонтных работ, транспортная задача, задача складирования запасов и готовой продукции и др. Эти задачи должны учитывать специфику производства, но они не должны в значительной мере влиять на принятый план-график производства.

Из структурной схемы системы (см. рис. 1) видно, что она включает несколько математических моделей, связанных между собой общим алгоритмом. При построении моделей первого структурного уровня считается, что все предприятия можно условно разделить на две группы. В первую группу включаются те предприятия, которые не имеют внешних заказов и планируют выпуск продукции в условиях изменяющейся конъюнктуры рынка. В этом случае необходимо при планировании использовать прогнозную и игровую модели. Вторая группа предприятий работает под заказ, и объем внешних заказов на планируемый период превышает мощности предприятия. Здесь важно сформировать оптимальный портфель заказов, соответствующий заданной мощности предприятия. В том случае, когда на предприятии осуществляется смешанное планирование, считается, что имеющиеся оборотные средства и мощности предприятия несложно разделить на две части и проводить планирование одновременно двумя способами. Для простоты рассмотрим только случай, когда предприятие работает под заказ. Тогда оптимальность ГКПП будет определяться оптимальностью выбранного портфеля заказов.

Особо отметим, что приведенные в структурной схеме модели играют роль интеллектуальных элементов системы управления и благодаря обратным связям, показанным на рис. 1, могут «подсказывать», как разрешить конфликт без большого ущерба для всей системы в целом. На рис. 2 показана структурная модель конфликтов, реализующая эту идею. Интеллектуальные элементы *ИЭ* не только находят Парето-множество реше-

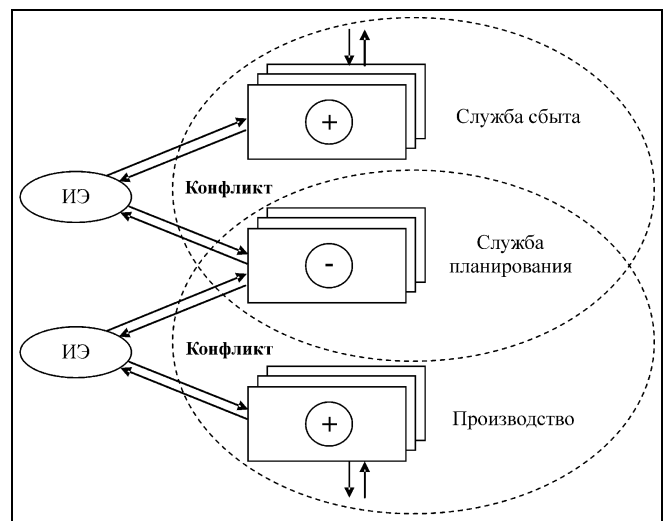


Рис. 2. Структурная модель конфликтов

ний, учитывающее интересы участников конфликта, но и выбирают из него те решения, которые обеспечивают устойчивое развитие всей системы. Для этого включаются механизмы дальновидной адаптации [4] не только внутри каждого структурного уровня, но и между структурными уровнями. Перейдем к математической постановке задачи управления производством.

2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Согласно предложенной структурной схеме системы управления введем вектор параметров оптимизации $x = (x_1, x_2, x_3) \in R^n$, где x_i — вектор параметров оптимизации i -го структурного уровня. В качестве параметров оптимизации здесь могут выступать номера заказов, включенных в оптимальный кластер, параметры календарного плана, номера станков и время их использования в процессе производства и т. п. Общее число параметров оптимизации n зависит от мощности производства и может достигать нескольких тысяч. В качестве критериев оптимизации выберем два обобщенных критерия $J_i(x)$, где $J_1(x)$ — общая прибыль предприятия, полученная за планируемый период, а $J_2(x)$ — критерий, отвечающий за комфортность производства. Каждый из этих критериев имеет сложную структуру и состоит из нескольких критериев. Например, критерий прибыльности предприятия учитывает не только текущую прибыль от реализованной продукции, но и стратегическую прибыль от привлечения новых важных заказов и возможные потери при нарушении сроков выполнения принятых заказов. Критерий комфортности производства включает в себя такие показатели, как равномерная нагрузка оборудования, число переналадок универсального оборудования, число деталей в партии и т. п. Отметим, что в качестве дальновидного элемента модели системы управления здесь выбран руководитель предприятия, которому важна не только прибыльность предприятия, но и устойчивое его развитие. Поэтому в качестве главного критерия выбирается прибыль предприятия, а второй критерий используется при дальновидной адаптации принимаемых решений и разрешении конфликтов.

В целях построения гибкой системы управления все ограничения задачи разбиваем на два типа. К первому типу отнесем все жесткие ограничения, которые нельзя нарушать в процессе решения задачи оптимизации

$$g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, L.$$

Ко второму типу отнесем те ограничения, которые желательны, но не обязательны для выполнения плана. Эти ограничения будем называть предпочтениями, и учитывать следующим образом [6, 7]:

$$c_p(x) = (\varphi_p(x), \mu_p(y_p), \alpha_p, S_p) \leq 0, \quad p = 1, 2, \dots, M,$$

где $\varphi_p(x)$ — скалярная функция, отражающая смысл предпочтения; $\mu_p(y_p)$ — функция принадлежности нечеткого множества; S_p — относительная степень важности от «совсем не важно» до «очень важно»; α_p — норма ограничения.

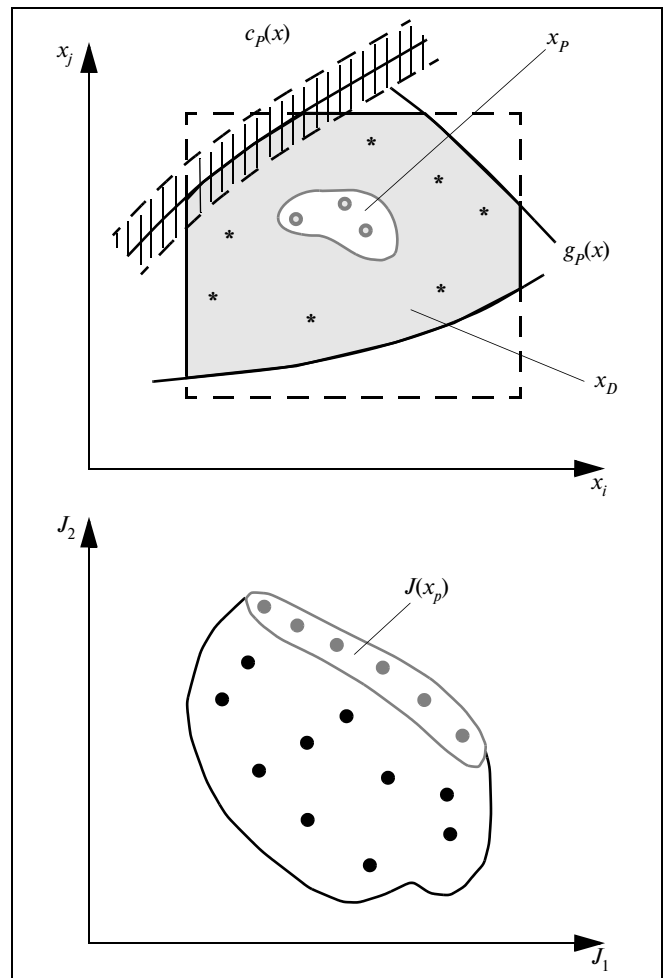


Рис. 3. Парето-оптимальные решения задачи

Общая постановка двухкритериальной задачи дискретной оптимизации в нечеткой постановке имеет следующий вид:

Найти:

$$\hat{x} \in R^n;$$

$$J_1(x) \rightarrow \max;$$

$$J_2(x) \rightarrow \max;$$

$$c_p(x) = (\varphi_p(x), \mu_p(y_p), \alpha_p, S_p) \leq 0, \quad p = 1, 2, \dots, M,$$

$$g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, L.$$

Под решением данной задачи будем понимать множество Парето-оптимальных решений x_p из допустимого множества x_D (рис. 3). Заметим, что задача (1) является NP -сложной, поэтому для ее решения проводится декомпозиция задачи согласно структурной схеме модели управления на отдельные подзадачи, решения которых затем уточняются с помощью структурной адаптации.

3. АЛГОРИТМ СТРУКТУРНОЙ АДАПТАЦИИ

Первоначально последовательно решаются отдельные подзадачи, начиная с верхнего структурного уровня (см. рис. 1). Например, в результате решения подзадачи



кластеризации выступает Парето-оптимальный портфель заказов. Из найденного Парето-множества запоминается некоторое число самых прибыльных портфелей. Затем решается задача календарного планирования, которая определяет оптимальные сроки выполнения заказов с учетом ограничений на мощности всего производства в целом. При этом происходит адаптация решения внутри первого структурного уровня путем пересчета планов производства для различных Парето-оптимальных портфелей заказов. Из полученных решений оставляется конечное число лучших планов и запоминается. Далее решается задача оптимизации распределения оборудования на втором структурном уровне планирования. Естественно, что благодаря появлению дополнительных ограничений на использование оборудования оптимальность плана с точки зрения его прибыльности будет снижаться. Задача структурной адаптации состоит в том, чтобы учесть все жесткие ограничения и как можно больше предпочтений, но не выйти за заданную ϵ -окрестность значений критерия прибыльности предприятия. Аналогично осуществляется адаптация реше-

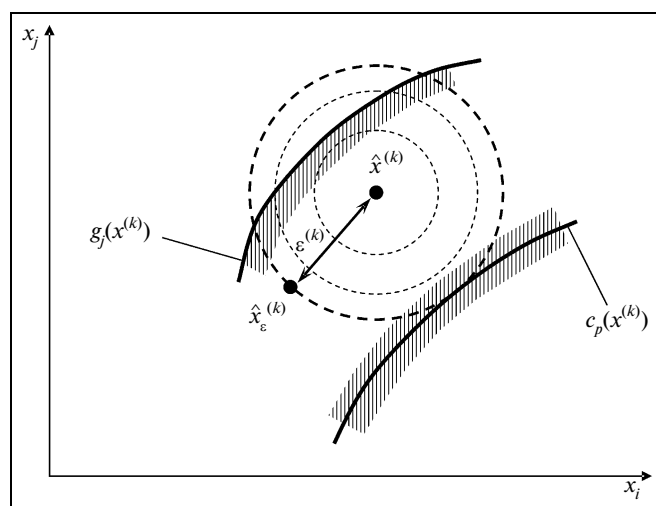


Рис. 4. Алгоритм структурной адаптации

ний между вторым и третьим структурными уровнями. Общая схема алгоритма структурной адаптации приведена на рис. 4.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм позволяет решить сложную задачу дискретной оптимизации за конечное время и непрерывно адаптировать решения при изменении внешних условий. Применение данного алгоритма при построении информационной системы управления позволяет значительно повысить ее эффективность при поддержке управленческих решений в условиях быстро меняющихся условий производства [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта МRP II. — СПб.: Питер, 2003.
2. Горский Ю. М. Системно-информационный анализ процессов управления. — М., Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1988.
3. О'Лири, Дэниел. ERP-системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. — М.: ООО «Вершина», 2004.
4. Цыганов В. В., Бородин В. А., Шишкин Г. Б. Интеллектуальное предприятие. — М.: Университетская книга, 2004. — 768 с.
5. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. — М.: Наука, 1978.
6. Столбов В. Ю., Клюев А. В., Федосеев С. А. Модель информационной системы поддержки управленческих решений на предприятии с дискретным производством // Материалы междунар. конф. «IT + S&E'05». Украина, Ялта — Гурзуф. — 2005. — С. 65—68.
7. Галузин К. С., Столбов В. Ю. Методика составления оптимального расписания с учетом предпочтений // Теор. и прикл. аспекты информационных технологий: Сб. науч. тр. / Под ред. Н. И. Артемова; ГосНИИУМС. — Пермь, 2004. — Вып. 53. — С. 43—50.

☎ (3422) 39-12-97

e-mail: svu@matmod.pstu.ac.ru



Новая книга

Учитель Ю.Г. Основы методики SWOT-анализа и синтеза: учебное пособие. — Барнаул: изд-во Алт. ун-та, 2005. — 159 с.

В процессе решения проблем антикризисного управления сегодня и эффективного проектирования будущего возрастает роль SWOT-анализа и синтеза как незаменимого средства решения стратегических и тактических проблем. Особенность данных методических указаний носит принципиальный характер: с системных позиций рассмотрен анализ и синтез SWOT-факторов; механизм синтеза сигналов (в рамках SWOT) рассмотрен в системе с ответственными реакциями (решениями) субъекта (по И. Ансоффу); реализация методики предусматривается в рамках человеко-машинной системы, где определяющая роль экспертов сочетается с применением современных программных продуктов.

Предназначена для студентов и аспирантов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Антикризисное управление" и другим экономическим специальностям, а также преподавателей университетов. Книга принесет несомненную пользу практическим работникам, осознающим необходимость перемен на основе принятия и реализации стратегических и тактических решений в организации.