

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПЛАНИРОВАНИИ И
УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ:
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И ПОИСК
ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

В.Г. Матвейкин¹, Р.М. Явник¹, А.Д. Романов²

*Кафедра «Информационные процессы и управление», ТГТУ (1);
ФГУП ТамбовНИИХИ (2)*

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Бодровым

Ключевые слова и фразы: единое информационное пространство; жизненный цикл изделия; интеллектуальный потенциал предприятия; наукоемкое предприятие; CALS-технологии.

Аннотация: Рассмотрены вопросы повышения конкурентоспособности продукции предприятия за счет эффективного использования инновационного потенциала предприятия. Для этого предлагается методика автоматизированного управления через составную вероятностную модель процессов основной деятельности предприятия. Приведен принцип формализации и компоновки процессов предприятия. Рассмотрен подход к решению задачи оптимального планирования на этой основе.

На современном этапе развития рыночных отношений основой конкурентоспособной стратегической перспективы для любого предприятия является его инновационная активность. Задачами использования инноваций является повышение качества и конкурентоспособности продукции за счет задействования интеллектуального потенциала предприятия, обеспечивающего постоянную модернизацию серийно выпускаемых и разработку новых изделий, снижение себестоимости продукции за счет постоянного обновления технологий производства.

Предприятие, имеющее активный интеллектуальный потенциал, можно назвать инновационным или наукоемким. Такое предприятие представляет собой единый динамически развивающийся организм, так как процессы производства тесно связаны с процессами научно-исследовательской и опытно конструкторской (НИОКР) деятельности. Особенностью является постоянное обновление и совершенствование продукции, обеспечиваемое проведением анализа, поиска и устранения технических и технологических «узких» мест в изготовлении изделий на фоне их серийного выпуска.

Для эффективного использования интеллектуального потенциала предприятия необходимо применение комплексных методов оптимального управления, к которым относится процессный подход, где основная деятельность рассматривается как совокупность процессов. Процессный подход дает возможность осуществить комплексное рассмотрение процессов основной деятельности предприятия, что позволяет получать актуальные управляющие решения.

Процессный подход лег в основу CALS-технологий. Реализации концепции CALS предполагает создание единого информационного пространства (ЕИП). При этом изделие является центральным понятием, вся информация, включающая сведения об этапах разработки, производства, их последовательности представлена в ЕИП, которое динамически обновляется с продвижением изделия по этапам жизненного цикла, оставаясь, таким образом, актуальным.

В рамках концепции CALS конкурентоспособность продукции и гибкость структур управления предприятием достигается за счет комплексного рассмотрения всех производственных процессов через «призму» тех или иных свойств изделия. Благодаря построению ЕИП комплекс процессов предприятия становится «прозрачным», обеспечивая наблюдаемость и управляемость всей системы в целом [1]. Таким образом, CALS позволяет достичь оптимальности не только параметров самого изделия, но и процессов: планирования и управления производством, маркетинга, закупки сырья, управления, планирования на стадии НИОКР, то есть полного спектра деятельности инновационного предприятия. Стратегия CALS позволяет использовать средства автоматизации как для самих процессов основной деятельности предприятия, так и для процессов управления ими.

Современные информационные технологии являются плацдармом для решения задач поддержки принятия решения в области комплексного управления и планирования деятельности предприятия. Отсутствие аналитических решений в этом вопросе требует поиска новых методов моделирования, оптимального планирования и управления.

В рамках процессного подхода основная деятельность предприятия представлена в виде последовательности элементарных моделей процессов. Это обосновывается тем, что любую деятельность можно разложить на элементарные операции (процессы), каждый из которых может быть формализован моделью «черного ящика» (рис. 1).

В рамках элементарного процесса некоторый материальный или информационный объект преобразовывается по некоторому закону, при этом затрачивается время и производственный ресурс предприятия (сырье или материалы, оборудование, персонал). Закон преобразования удобнее определить через статистическую информацию выполнения процесса за истекшие плановые периоды. Таким образом, модель элементарного процесса представляет собой вероятностную модель. Такой подход позволяет формализовать как процессы производства, так и процессы научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, описав с помощью вероятностных моделей всю основную деятельность предприятия, абстрагируясь от внутренней сущности самого процесса.

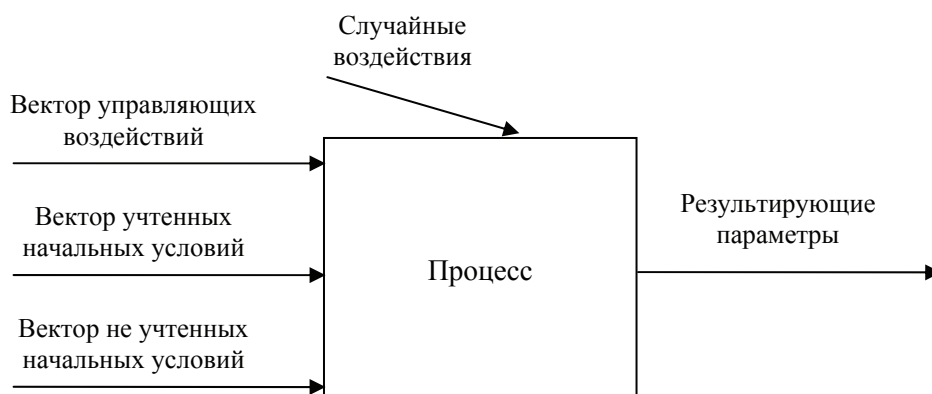


Рис. 1 Модель объекта

Построение составных моделей

Существование моделей нескольких процессов еще не обеспечивает существования модели целого процесса. Для того чтобы обеспечить построение составной модели из нескольких простых, реализация каждой модели должна быть построена с учетом единого принятого стандарта хранения информации.

Такой стандарт должен обеспечить автоматическое обнаружение связей между различными моделями и отыскание в системе необходимых для моделирования данных. Для этого всем видам данных в соответствие должен быть поставлен определенный идентификатор. Каждая модель должна характеризоваться идентификаторами требуемых для нее данных и идентификаторами данных, которые модель получает на выходе.

Тогда появляется возможность, сравнив идентификаторы требуемых для модели процесса данных с уже имеющимися в системе, а также с результатами моделирования других процессов, сделать вывод о возможности применения модели указанного процесса. Более того, появляется возможность в автоматизированном режиме строить сложные модели из нескольких составных частей. Разработка каждой из частей при этом может производиться разными группами исследователей. Единственное требование – это поддержка принятого стандарта реализации модели процесса и, как следствие, использование единого информационного пространства с одной системой идентификаторов.

Внутри составной модели часть данных для некоторых простых моделей будет получена непосредственно уже на этапе моделирования как результат работы других моделей. Следует отметить, что отличие данных, представляющих начальные условия, от данных, которые являются управлением, состоит лишь в том, что управление – есть искомый вектор значений, в то время как начальные условия при решении задачи оптимизации являются ограничениями, которые не могут быть изменены. При составлении математической модели процесса между этими видами данных нет никакой разницы, часть данных, которая строго зафиксирована – будет являться начальными условиями, другая часть может варьироваться и будет представлять собой управляющее воздействие (рис. 2). Данные с индексами D1–D4 являются либо управляющими воздействиями, либо начальными условиями, все остальные данные образуются и используются внутри составной модели, на выходе будут получены лишь данные с индексами D10 – D13.

При составлении более общей модели не важно, являются ли входящие в нее модели составленными из других. Благодаря стандартному интерфейсу обмена данными между моделью и внешней средой в качестве источника внешних данных может выступать другая модель, данные из системы или заданные человеком непосредственно в процессе моделирования управляющие воздействия.

В общем случае граф, представляющий составную модель предприятия, будет являться сетью, так как часть данных является результатом выполнения одних процессов и начальными условиями для других, но на следующем периоде.

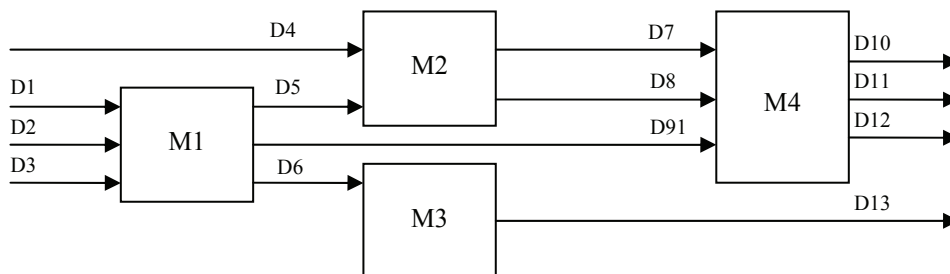


Рис. 2 Пример составной модели

Поиск оптимального управления для простой модели

Созданное информационное пространство для моделей и их свойств позволяет решить задачу поиска оптимального управления. Возможны два способа поиска решения задачи оптимального управления, которые гарантируют достижение оптимума.

Первый способ – полный перебор. Применяемый для дискретных задач метод не имеет ограничений и автоматически обеспечивает нахождение оптимального значения. Главным недостатком этого способа является то, что при повышении размерности задачи его вычислительная сложность растет лавинообразно. Кроме того, метод в чистом виде применим только для дискретных задач. Для остальных задач остается возможным применение частичного перебора, который не гарантирует получение оптимального решения.

Второй способ, позволяющий найти оптимальное решение – это поиск оптимального управления, при котором можно математически строго решить представляющую модель систему уравнений, и аналитически найти глобальный экстремум целевой функции. Решение задачи таким способом дает значительно меньшее время поиска оптимального решения, чем решение численными методами или методом перебора.

Решаемые на практике задачи чаще всего не относятся к классу простейших задач, для которых метод поиска оптимального решения уже разработан. Часто приходится искать не оптимальное решение, а лишь лучшее среди остальных, так как стандартного способа решения многих классов задач просто не существует, а размерность задач не позволяет использовать способ полного перебора. Для таких задач в каждом отдельном случае необходимо разрабатывать метод, позволяющий найти допустимое решение за приемлемое время, так как методы перебора являются крайне не оптимальными с точки зрения затрат вычислительных ресурсов и для своей работы могут требовать неприемлемых затрат времени.

Поиск оптимального управления для составной модели

Специализированный алгоритм поиска оптимального управления может быть создан для каждой простой или составной модели. Такой алгоритм будет основан на внутренней структуре используемых моделей, характере общей модели, а также на свойствах моделируемого процесса.

Возможным остается и построение универсального алгоритма поиска решения для так называемого «черного ящика». Алгоритм по очевидным причинам не сможет учитывать внутренней структуры моделируемого процесса, однако существование даже очень ресурсоемкого алгоритма позволяет искать оптимальное управление для объекта, описываемого любым количеством моделей.

Применение способа полного или даже частичного перебора осложняется тем, что при объединении нескольких моделей количество возможных решений равно произведению количеств возможных решений каждой из них. Вычислительная сложность такого алгоритма при усложнении составной модели растет недопустимо быстро.

Однако, если представить составную модель как последовательность этапов, то при построении системы поиска оптимального решения можно руководствоваться принципом оптимальности Беллмана: «Оптимальная стратегия обладает тем свойством, что каков бы ни был путь достижения некоторого состояния, последующие решения должны принадлежать оптимальной стратегии для части пути, начинающейся с этого состояния» [2].

Для применения принципа оптимальности Беллмана необходимо, чтобы система удовлетворяла следующим ограничениям:

- 1) выбор решения должен производиться поэтапно;
- 2) целевая функция должна быть Марковского типа.

Эти ограничения требуют, чтобы составная модель могла быть представлена в виде цепи этапов. Разветвленная структура зависимостей не допустима также в силу требования к типу целевой функции, который допускает зависимость каждого этапа только от предыдущего. Составная модель может быть представлена двумя этапами (см. рис. 2). Для этого нужно объединить модели 1 – 3 в одном этапе, а модель 4 в другом. Легко в виде этапов может быть представлена составная модель, имеющая древовидную структуру: каждый уровень дерева будет являться этапом.

Кроме того, чтобы устранить прямую зависимость модели М3 от модели М1 можно внести дополнительную псевдомодель (ПМ1). Добавленная модель займет место во втором этапе, и тогда получим следующую структуру: этап 1 – модель М1, этап 2 – модели М2, М3, ПМ1, этап 3 – модель М4.

Специально нужно оговорить требования к целевой функции. При решении задачи оптимизации с использованием принципа оптимальности Беллмана на каждом шаге (для каждого этапа) необходимо решать задачу оптимизации. Для этого необходима целевая функция, которая могла бы оценивать как каждый этап в отдельности, так и всю модель одновременно. В случае производства такая функция может комбинировать в себе время и стоимость выполнения этапа.

Для некоторых этапов целевая функция может быть константой. Целью моделирования такого этапа будет поиск наиболее благоприятного перехода из состояния на предыдущем шаге к последующему шагу, который позволит минимизировать целевую функцию на других этапах.

Нахождение глобального оптимума при этом не приводит к перебору всех возможных вариантов составной модели. Изначально функцию Беллмана на каждом этапе нужно рассчитать лишь для всех возможных вариантов входных параметров, зависящих от других моделей или являющихся управляющими воздействиями, так как остальные входящие значения в рамках решения текущей задачи оптимизации являются фиксированными или выступают в роли ограничений.

Для сокращения количества вариантов могут быть отброшены области заведомо не содержащие оптимального значения. Распознавание ситуаций, которые не могут дать приемлемого решения, является отдельной задачей, некорректное решение которой может привести к их потере.

Такой расчет также может требовать больших вычислительных мощностей и объемов памяти.

Расчетную часть можно дополнительно оптимизировать следующим образом [3]:

- 1) поиск значений функции Беллмана можно производить заблаговременно. Произведенные расчеты можно сохранить и использовать до тех пор, пока не изменятся начальные условия. Так как расчеты производятся для каждой модели отдельно, изменение части начальных условий не вызовет необходимости полного пересчета;
- 2) расчет функции Беллмана может производиться отдельно для каждой модели на разных машинах параллельно;
- 3) человек должен иметь возможность отбрасывать области заведомо неоптимальных решений или решений неприемлемых в силу причин, не рассматриваемых системой, а так же жестко ограничивать направление расчетов;
- 4) расчет функции Беллмана может производиться не для всех входных значений, а лишь для их части с определенным шагом. Подозрительные на оптимальность участки затем рассчитывают полностью;
- 5) для некоторых моделей можно реализовать алгоритмы поиска стационарных точек, и рассматривать значения системы только для них.

Рассмотрим применение предложенного метода при автоматизации поддержки принятия решения о разработке нового изделия и постановке его на производство.

Для выбора возможных альтернатив необходимо провести маркетинговое исследование, затем оценить затраты на исследование, разработку и проектирование нового изделия, после чего можно будет делать выводы о целесообразности выбора той или иной альтернативы.

Решению этой задачи согласно этапам жизненного цикла наукоемкого изделия соответствует структура моделей, представленная на рис. 3.

1. Научно-исследовательская работа (**НИР**): на этапе производится поиск концепции, направления дальнейших разработок по модернизации существующих изделий или созданию новых.

Входные данные: варианты изделий (Д1), доступный персонал (Д2), доступные ресурсы (Д3), статистика исследований по соответствующим областям (Д4).

Выходные данные: уточненное описание изделия (Д5), занятый персонал (Д6), затраченное время (Д7), затраченные на исследование ресурсы (Д8).

2. Опытно-конструкторская работа (**ОКР**): разрабатывается технология производства изделия, производится выпуск экспериментальной партии. Этап описывается двумя моделями:

2.1. ОКР: разработка рабоче-конструкторской документации (**РКД**).

Входные данные: точное описание изделия (Д7), доступный персонал (Д9).

Выходные данные: технологический процесс (Д10), затраты времени (Д11), затраты ресурсов (Д12), занятый персонал (Д13).

2.2. ОКР: выпуск экспериментальной партии.

Входные данные: технологический процесс (Д10), доступный персонал (Д14), доступные ресурсы (Д15)

Выходные данные: затраты времени (Д16), затраты ресурсов (Д17).

Целью моделирования является определение затрат на проектирование и подготовку к производству того или иного изделия. Единственным управляющим воздействием в этой составной модели является вид изделия (Д1). Описанная модель позволяет рассчитать затраты на проектирование такого изделия, для чего целевая функция должна учитывать получаемые на каждом из этапов затраты времени и ресурсов (более детально требования к целевой функции рассмотрены ниже).

Ошибка!

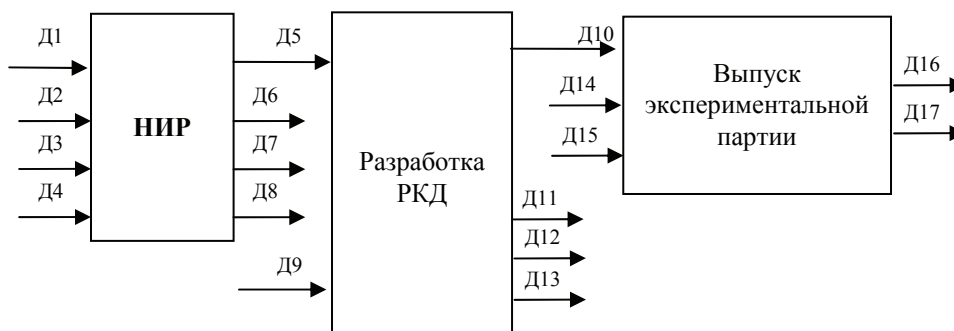


Рис. 3 Составная модель принятия решения о разработке нового изделия и постановке его на производство

Выводы

1. Использование упорядоченной совокупности вероятностных моделей позволяет формализовать деятельность предприятия.
2. Предлагаемый подход позволяет производить разработку системы по модулям и не вносит препятствий к их объединению для решения задачи оптимизации. При этом необходимо подчинение любого, сколь угодно малого, элемента системы жестко определенному стандарту, что автоматически обеспечивает полноценное взаимодействие любых частей системы.
3. Произвольная цепочка этапов деятельности предприятия, если она обеспечена соответствующими им моделями, может быть использована как единый элемент при моделировании и оптимизации работы на соответствующем участке. Унификация моделей происходит внутри всей системы, а не для одного ее модуля, таким образом система моделей остается единой.
4. Существование составной модели достаточно большого участка предприятия позволяет руководителю работать с «электронным предприятием», проверяя различные варианты повышения эффективности деятельности предприятия в целом, а не его участков.

Список литературы

1. Дик В.В. Информационные системы в экономике. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 272 с.
2. Вагнер Г. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1973. – 488 с.
3. Вилкас Е.Й. Оптимальность в играх и решениях. – М.: Наука, 1990. – 256 с.

Information Systems in Planning and Management of Innovative Enterprise: Models Creating and Search for Optimum Control

V.G. Matveikin¹, R.M. Yavnik¹, A.D. Romanov²

*Department "Information Processes and Management", TSTU (1);
FSUE «TambovNICH» (2)*

Key words and phrases: united information space; product life cycle; intellectual enterprise potential; science enterprise; CALS-technologies.

Abstract: Matters of increasing competitiveness of enterprise products due to efficient use of innovative potential of enterprise are considered. For efficient use of intellectual potential of enterprise the method of automated control via composed probability model of processes of enterprise basic activities is offered. The principle of formalization and composition of enterprise processes is given. The approach to solving the task of optimum planning on the basis of offered combination of models is considered.

Informationssysteme in der Planung und Steuerung vom Innovationsbetrieb: Aufbau der Modelle und die Suche der Optimalsteuerung

Zusammenfassung: Es sind die Fragen der Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit von Betriebserzeugnissen infolge der Effektivbenutzung des Innovationspotentials des Betriebs betrachtet. Für die effektiven Benutzung des Intellektualpotentials des Betriebs wird es eine Methodik der automatisierten Steuerung durch das zusammengesetzte Re-

lativitätsmodell der Prozessen der Haupttätigkeit des Betriebs vorgeschlagen. Es ist das Prinzip der Formalisierung und Anordnung der Planung auf Grund der vorgeschlagenen Gesamtheit von Modellen angeführt.

**Systemes d'information dans la planification et la gestion
de l'entreprise d'innovation: construction des modèles et recherche
de la commande optimale**

Résumé: Sont examinés les problèmes de l'augmentation de la compétitivité de la production compte tenu de l'efficacité de l'utilisation du potentiel intellectuel de l'entreprise. Pour l'utilisation efficace du potentiel intellectuel de l'entreprise on propose la méthode de la commande automatisée à partir du modèle de probabilité pour les processus de l'activité essentielle de l'entreprise. On cite le principe de la formalisation et de la composition des processus de l'entreprise. On envisage l'approche de la résolution optimale du problème de la planification optimale à la base de l'ensemble proposé des modèles.
