

СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Большаков

Саратовский государственный технический университет

Представлена членом редколлегии профессором С.В. Мищенко

Ключевые слова и фразы: интеллектуальное гибридное управление; организационно-техническая система; система управления.

Аннотация: Рассматривается новый класс систем управления организационно-техническими системами. Дается характеристика этих систем как объекта управления. Обосновывается использование гибридных интеллектуальных методов управления организационно-техническими системами. Предлагается универсальный эвристический метод управления подобными системами, приводятся примеры его применения.

Аббревиатуры

ОТС – организационно-техническая система;	БЗ – база знаний;
ЛПР – лицо, принимающее решение;	ИКМ – изделия из композитных материалов.

В последние 10 – 15 лет благодаря развитию современных информационных технологий и ряду других факторов появился новый класс объектов, который можно условно обозначить, как организационно-технологические, или организационно-технические системы. Данные системы содержат, наряду с традиционными техническими компонентами, и активные (организационные) элементы. Эта существенная особенность подобных систем обуславливает необходимость синтеза новых методов и систем управления, адекватных их свойствам.

Наиболее изученными являются технические (технологические) процессы и системы, для синтеза управления которыми используются неплохо зарекомендовавшие себя регулярные (формализованные) методы и процедуры. С другой стороны существует обширный класс так называемых организационных систем, в которых принятие решений и управление осуществляется в основном эвристическими способами. Однако достаточно быстро развивается класс ОТС, который носит черты как технических, так и организационных систем. Для синтеза законов управления такими системами целесообразно использовать комбинированные (смешанные или гибридные) интеллектуальные методы (рис. 1).

При применении подобных гибридных методов ожидается получение синергетического эффекта, так как для синтеза используются сочетающие наиболее сильные, лучшие стороны как формальных, так и эвристических способов.

Предлагаемая процедура синтеза интеллектуальной системы управления организационно-техническими процессами и объектами носит рекурсивный характер.



Рис. 1 Классификация методов синтеза систем управления

В основе данной процедуры находится обобщенная задача (проблема), связанная с достижением некоторой цели Π

$$A x \rightarrow y,$$

где x – исходные данные и знания, A – оператор, метод, способ, или алгоритм для получения решения y , позволяющего достичь или приблизиться к цели Π .

В связи с этим предлагается разработанный авторами на базе известного эвристического алгоритма М. Минского [1] модифицированный гибридный метод управления сложными организационно-технологическими системами, основанный на комбинированном использовании эвристик и формализованных подходов. Его идея заключается в следующем. Считается, что на первом этапе имеются сведения о текущем состоянии Π_i организационно-технической системы, а также о желаемом конечном ее состоянии или цели. Затем выбирается способ оценки расстояния между этими состояниями в некотором пространстве между данным состоянием и конечным. Выбор метрики зависит от пространства, в котором описывается движение системы, и предпочтений или знаний ЛПР. Далее рекурсивно из ряда библиотечных методов выбирается «лучший» метод (способ) достижения цели (направления движения к цели). Для этого известными разными методами (способами) выполняются пробные («малые») шаги в направлении цели, оценивается в той или иной метрике эффективность каждого метода и выбирается «лучший» из них. В такой рекурсивной процедуре равноправно используются как известные формализованные методы, так и эвристические способы и/или алгоритмы достижения цели. После выбора «лучшего» метода, осуществляется ряд «рабочих» шагов в направлении цели. При этом после каждого шага оценивается расстояние ρ до цели и, если ρ мало, то по мнению ЛПР задача считается решенной. Иначе, при большом ρ продолжается движение к цели (если метод эффективен), или объявляется (фиксируется) следующее состояние Π_{i+1} , если метод (способ) стал неэффективен. Далее итерационно повторяются операции выбора метрики (а иногда и цели) и рекурсивная процедура подбора нового эффективного метода (способа) и т.д.

Ниже приводится упрощенная блок-схема (см. рис. 1) комбинированного эвристического метода принятия решения и ее описание.

1. Начало работы.

2. Начальное состояние ($i = 0$), текущее состояние ОТС Π_i , а также известно целевое (конечное) состояние Π_n .

3. Выбор метрики. Метрика выбирается с учетом специфики пространства, в котором может быть описана решаемая задача. В технических приложениях движение управляемого объекта обычно описывается в таких метрических простран-

ствах, как евклидово, интегрируемого с квадратом, чебышевское с применением соответствующих метрик. Однако в организационно-технических системах не всегда удается охарактеризовать задачу с помощью традиционных метрик, так как в них весьма важной оказывается семантическая информация. В этом случае требуется использование нетрадиционных, семантических метрик с соответствующими способами определения их значений и шкал. К их числу можно отнести экспертные оценки, нечеткие вычисления и т.п.

4. Выбор метода достижения цели. Обычно для заданного класса задач со временем формируется ряд методов, или способов, которые в той или иной степени эффективно позволяют найти их решение. Описание этих методов, или способов, методик и особенностей их применения содержатся в БЗ. В базе знаний находятся регулярные методы и эвристические алгоритмы. При обращении к данному блоку организуется перебор методов для последующего использования в соответствии с той или иной дисциплиной приоритетов, задаваемых ЛПР.

На данном шаге также собирается информация о сравнительной эффективности очередного выбранного метода (способа). Для этого предпринимаются шаги в направлении движения цели при некотором заданном ограниченном ресурсе (количество шагов, время и т.п.). Полученная информация используется при выборе наиболее эффективного j^* -го метода для последующего применения. Для этого используется оценка «расстояния» до цели $\rho = \| \Pi_n - \Pi_i \|$, полученная на предыдущем этапе для методов (способов) из БЗ. Метод, или способ с наименьшей оценкой ρ признается «наилучшим» на данном этапе. В дальнейшем в ходе рекурсивной процедуры эта оценка может измениться.

5. Выполняется «рабочее» движение в сторону цели выбранным j^* -м методом (способом).

6. После каждого «рабочего» шага выполняется оценка достижения цели и скорости движения. Если скорость движения к цели высока, то движение в соответствии с выбранным наиболее эффективным методом (способом) продолжается. В противном случае при замедлении осуществляется проверка: достигнута ли цель. В качестве критерия скорости движения к цели целесообразно использовать относительную оценку вида: $v = \| \Pi_i - \Pi_n \| / \| \Pi_0 - \Pi_n \|$. Если цель достигнута, то переход к п. 7, иначе – рекурсивная процедура возобновляется (переход к п. 3 – 5).



Рис. 2 Упрощенная блок-схема комбинированного эвристического метода принятия решения

Для предотвращения явления «зацикливания» предусмотрена следующая проверка. Если ни один из методов или способов не способен существенно уменьшить расстояние ρ согласно критерию ν , то считается, что имеющиеся возможности методов из БЗ «исчерпаны». В противном случае осуществляется переход к п. 3 для рекурсивного повторения одной из следующих процедур.

Для этого осуществляется выбор новой метрики или цель Π_{n+1} , или расширение базы методов и отбор нового «наилучшего» метода в достигнутой точке Π_j .

Поэтому вначале проверяется: все ли доступные метрики были использованы при достижении цели. При отрицательном ответе осуществляется переход к п.3 для выбора некоторой очередной метрики и процедура поиска вновь повторяется.

Если возможности БЗ методов и метрик для достижения цели с заданной ЛПР точностью являются не удовлетворительными, то для разрешения этого противоречия требуется либо корректировка (смена) цели, пополнение БЗ новыми более эффективными методами, метриками.

7. Конец работы.

Рассмотренный комбинированный метод использовался нами при создании систем и подсистем управления сложными организационно-технологическими (техническими) системами в производстве изделий из композитных материалов, газокompрессорных сетей, в учебном процессе и других.

Так с помощью комбинированного подхода удалось разработать достаточно эффективный, экономичный метод поиска оптимального закона термообработки изделий из композитных материалов.

В этой задаче требовалось определить закон изменения температуры обработки внутри и снаружи ИКМ, которое представляет собой многослойное тело вращения. Критерием является время термообработки, которое в свою очередь определяется из условия достижения химико-технологических процессов отверждения связующего и адгезеобразования между слоями изделия заданной степени завершенности. На максимальную величину температуры обработки, а также скорость ее изменения накладываются технологические ограничения.

Таким образом, целевая функция в задаче оптимизации задана неявно, т.е. алгоритмом своего вычисления. Для нахождения ее значения необходимо использование математической модели, которая представляет собой систему уравнений в частных и обыкновенных производных. Метрика для оценки достижения цели Π_j – минимально возможного времени термообработки может рассматриваться как евклидова

$$\rho(u_i[t], u_{i+1}[t]) = t_i^0 - t_{i+1}^0,$$

где $u_i(t) = \{u_i^1(t), u_i^2(t)\}$ – управляющие воздействия, т.е. законные изменения температуры на внутренней и внешней поверхностях ИКМ; t_i^0 – время термообработки, определяемое из условия завершенности физико-химических процессов.

Вначале был выбран относительно универсальный градиентный метод приближенной численной последовательной линеаризации. Однако, тем не менее процедура поиска оптимального управления требовала чрезвычайно больших временных и вычислительных ресурсов.

Поэтому при дополнительном анализе характера получаемых законов термообработки был сформулирован ряд эвристик относительно их структуры. Это позволило включить в базу методов оптимизации процессов термообработки ИКМ новый гибридный метод. В этом методе наряду с используемыми эвристиками также применяется и формальный метод золотого сечения для поиска экстремум функции нескольких переменных, так как исходная задача сведена к этой.

При этом вычислительные затраты были более чем на порядок ниже, чем у предыдущего метода.

В задаче идентификации параметров модели, описывающей технологические процессы, происходящие при термообработке композитных изделий, также приходится прибегать к помощи эвристик для восстановления ее корректности. Для этого, например, коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости задаются в виде степенной функции не более, чем второго порядка. Кроме этого, в исходный целевой функционал вводится стабилизирующий функционал, значение которого определяется на основе дополнительной, априорной эвристики – точности измерения температурного поля. В другой задаче оптимизации организационно-технологической системы транспортировки газа использовался комбинированный метод динамического программирования ветвей и границ. Выявленные эвристики позволили существенно сократить вычислительные затраты при определении оптимальных технологических параметров газоконпрессорных сетей при различных режимах функционирования.

Представляет также интерес формирование управляющих воздействий на активную компоненту организационно-технических (технологических) систем. Эффективными способами повышения их конкурентоспособности является обучение персонала с учетом психофизиологических особенностей, использование для этого экспертных систем; разработка и использование систем, основанных на знаниях, для поддержки принятия решения; применение интеллектуальных подсистем для решения задач о назначениях и т.п.

В этом случае обучение рассматривается как специфическое управляющее воздействие в ОТС. Важными его характеристиками являются его периодичность, методика проведения обучения, выбор обучаемых, технических средств и др. Можно также привести и другие примеры, когда описанный метод давал хорошие результаты. Таким образом, свойство комбинированности обуславливается возможностью использования как формализованных выборов метрик, методов направления движения к цели, так и плохо- или слабоформализованных способов, основанных на знаниях. В последнем случае применяются процедуры, использующие эвристики. Это придает методу большую универсальность и позволяет его использовать для широкого класса задач принятия решений в автоматизированных интеллектуальных системах управления. С точки зрения повышения эффективности функционирования этих классов систем управления важным является исследование их характеристик, формирование рекомендаций по их применению.

Таким образом, дальнейший прогресс в области развития методов управления организационно-техническими системами связан с формализацией методов управления на основе системного подхода и интеллектуализации.

Список литературы

1. Люггер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Д.Ф. Люггер. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.

Synthesis of Intelligent Organizational Technical Control Systems

A.A. Bolshakov

Saratov State Technical University

Key words and phrases: intelligent hybrid control; organizational technical system; control system.

Abstract: The new class of control systems – organizational technical systems – is considered. The use of hybrid intelligent control methods for organizational technical systems is grounded. The universal heuristic method of control over such systems is proposed, the examples of its application are given.

Synthese der intellektuellen organisationstechnischen Steuersysteme

Zusammenfassung: Es wird die neue Klasse der Steuersysteme von organisationstechnischen Systemen betrachtet. Es wird die Charakteristik dieser Systeme als Objekt der Steuerung gegeben. Es wird die Benutzung der Hybridintellektuellen Methoden der Steuerung von organisationstechnischen Systemen begründet. Es wird die universelle heuristische Methode der Steuerung von gleichartigen Systemen vorgeschlagen. Es werden die Beispiele ihrer Anwendung angeführt.

Synthèse des systèmes intellectuels techniques et organisationnels de la gestion

Résumé: Est envisagée une nouvelle classe des systèmes de la gestion des systèmes techniques et organisationnels. Est donnée la caractéristique de ces systèmes comme objet de la gestion. Est argumenté l'emploi des méthodes intellectuelles hybrides de la gestion des systèmes techniques et organisationnels. Est proposée la méthode euristique de la gestion de pareils systèmes, sont cités les exemples de son emploi.
