

УДК 681.5.015

В.П. АВРАМЕНКО, И.Д. КАЛАЧЕВ, В.В. КАЛАЧЕВА

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Введение

Важная роль в повышении эффективности производства отводится средствам искусственного интеллекта, которые позволяют повысить качество принимаемых решений в условиях неопределенности цели, условий функционирования и проявления внешней среды. Источниками неопределенности в задачах моделирования и оптимизации организационно-технологического управления (ОТУ) являются следующие факторы:

- отсутствие информации о предпочтительности ситуации при выборе многокритериального решения; несогласованность (противоречивость) требований плана и выделенных ресурсов;
- отклонение исходных предпосылок от фактически существующих условий;
- наличие дрейфа характеристик и зашумленности измерений, слабой формализуемости процессов и плохой обусловленности системы; варьирование исходных данных и т.п.

Решения, принимаемые в условиях неопределенности исходных данных и проявления внешней среды, всегда приводят к худшим результатам, чем при полной определенности. В этом случае под квазиоптимальным решением подразумевается не самое безусловно лучшее, а лучшее в некотором смысле, например в среднем, при многократном повторении или в смысле близости к некоторому предпочтительному решению с точки зрения конкретного лица, принимающего решения (ЛПР). При формализации задачи предпринимаются попытки снизить меру неопределенности путем привлечения дополнительной информации или логических допущений. Фактически осуществляется переход от полной неопределенности к частичной стохастической неопределенности или расплывчатым множествам, что приводит к множеству допустимых квазиоптимальных решений. Для выбора наиболее предпочтительного из квазиоптимальных решений в работе разрабатываются интеллектуальные процедуры принятия решений в условиях конкретного вида неопределенности.

Факторы неопределенности в задачах ОТУ

Большинство реальных задач ОТУ приходится решать в условиях неопределенности – неполноты, недостоверности и несвоевременности посту-

пления информации. Планирование производства обычно ведется в условиях неполной информации об обстановке, в которой будет выполняться план и реализовываться производственная программа. Управление производственными процессами осуществляется при различной интенсивности помех, статистические характеристики которых не всегда могут быть определены и учтены при выработке управляющих воздействий.

Существует значительное количество источников и форм проявления неопределенности: 1) неопределенность, вызванная недостатком информации и ее достоверности в силу организационных, технологических и других причин; 2) неопределенность, связанная с ограничениями в ситуации принятия решения: по времени решения, заданной точности, объему оперативной памяти ЭВМ; 3) неопределенность, обусловленная слишком высокой или недоступной платой за определенность; 4) неопределенность, возникающая из-за неадекватности модели по причинам неопределенности цели и критериев функционирования, неопределенности проявления внешней среды по отношению к рассматриваемой системе, неопределенности при выборе рациональной сложности модели; 5) неопределенность, порождаемая действиями людей в процессе производства и принятия решений; 6) неопределенность, организованная преднамеренно для сокрытия поведения системы и ее ресурсов.

Формализация процедур принятия решений в условиях неопределенности [1-4]

Математическое описание общей задачи ОТУ с учетом компонент фактора неопределенности можно представить моделью

$$Q(x, \gamma_1) = \{\varphi_1(x), \dots, \varphi_k(x); \gamma_1\} \rightarrow \max_{x \in D} \quad (1)$$

$$D(x; \gamma_2, \gamma_3) = \{x \in R^n / R_i = \varphi_i(x, a; \gamma_2) \geq B_i, \quad (2)$$

$$a_j(x, \gamma_3) \leq x_j \leq b_j(x, \gamma_3), x_j \geq 0, j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где γ_1 — компонента, отражающая неопределенность процедуры свертки критериев; γ_2 — случайная компонента, отражающая флуктуирование ограничивающих условий; γ_3 — детерминированная компонента, отражающая изменения начальных условий (исходных данных).

Особенностью задачи (1)–(3), принадлежащей к классу задач стохастического программирования, является тот факт, что функционалы задачи не заданы в явном виде и для их вычисления необходимо проводить усреднение по γ , что в общем случае связано с вычислением многомерных интегралов. Вычислительные затраты в этом случае оказываются несоизмеримо высокими по сравнению с решением детерминированных задач нелинейно-

го программирования. Поэтому более эффективны по расходу вычислительных ресурсов процедуры, предусматривающие редуцирование задачи стохастического программирования совокупностью детерминированных задач линейного и нелинейного программирования применительно к фиксированным значениям случайного вектора $\gamma = \{\gamma^l\}$, где $l = 1, 2, \dots$.

В результате редуцирования задачи (1)—(3) получим совокупность детерминированных задач

$$Q(x, \gamma_1^k) = \{\varphi_1(x), \dots, \varphi_k(x); \gamma_1^k\} \rightarrow \max_{x \in D_i} \quad (4)$$

$$D_i(x; \gamma_2^l, \gamma_3^l) = \{x \in R_n / R_i = \varphi_i(x, a; \gamma_2^l) \geq b_i\}, \quad (5)$$

$$a_j(x_i, \gamma_3^l) \leq x_j \leq \overline{b_j}(x_i, \gamma_3^l), x_j \geq 0, j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

решения которых образуют совокупность $\{x^l\}$. Выбор наиболее предпочтительного решения из совокупности квазиоптимальных осуществляется ЛПР.

Таким образом, желание избавиться от статистической неопределенности приводит к постановкам задач в классе стохастического программирования, решение которых сопряжено со значительными вычислительными трудностями и внесением новых неопределенностей. Поэтому на первом этапе целесообразно решить задачу детерминированной оптимизации при фиксированных значениях γ^l , а затем исследовать устойчивость и чувствительность полученного решения к проявлениям внешней среды.

Регуляризирующие процедуры принятия решений

Многие задачи оптимизации ОТУ сводятся к решению скалярных и векторных задач математического программирования (линейного и нелинейного) с приближенно заданными исходными данными. Основные методы решения задач математического программирования создавались при молчаливом предположении, что задача корректна, сильно устойчива и хорошо обусловлена. В реальной ситуации система ограничивающих условий $Ax \geq b$ может иметь линейно зависимые строки, что свидетельствует о некорректной постановке задачи. При варьировании параметров модели задачи линейного программирования условие независимости ограничений практически не проверяемо.

Большинство практических задач ОТУ в лучшем случае являются слабо корректными и плохо обусловленными. В них отсутствует достоверная информация о непротиворечивости ограничений, характере возмущающих

воздействий и погрешности вычислений. Такой класс некорректно поставленных задач характеризуется отсутствием решения в классическом смысле, неединственностью получаемых решений и неустойчивостью. Чтобы из множества допустимых решений выделить множество квазиоптимальных решений, необходимо в постановку задачи ввести дополнительные условия регулярности, учитывающие желательные свойства решений и позволяющие из множества квазиоптимальных выбрать наиболее предпочтительные.

Задачи ОТУ в классе моделей линейного программирования часто бывают настолько плохо обусловлены, что получить предпочтительное решение традиционными методами не представляется возможным. В качестве регуляризованного решения задачи можно выбрать нормальное решение x_H , наименее уклоняющегося от некоторого заданного вектора x_0 , который может интерпретироваться как ранее составленный план или производственная программа. Чем ближе новая искомая программа x_H к предыдущей, тем меньше переналадок оборудования, тем эффективнее полученное решение. Мету уклонения нового и старого решений можно задать квадратом нормы

$$\Omega[x_H - x_0] = \|x_H - x_0\|_n^2.$$

Предположим, что задан некоторый вектор $x_0 \in X$. Искомый вектор x_H представляет нормальное решение задачи линейного программирования (по отношению к x_0), если справедливо соотношение

$$\|x_H - x_0\|^2 = \min_{x^* \in X} \|x^* - x_0\|^2,$$

где x^* — любое решение этой задачи. Из совокупности квазиоптимальных решений в случае вырожденности задачи выделяется одно нормальное решение, наилучшее в смысле выбранной функции уклонения.

Многокритериальные задачи по сравнению с задачами скалярной оптимизации можно отнести к классу многократно некорректных. Их некорректность возникает, во-первых, из-за некорректности задач локальной оптимизации, во-вторых, из-за процедур принятия многокритериальных решений, в основу которых положен принцип неединственности. Множественность эффективных решений является скорее достоинством, а не недостатком, поскольку «жесткие» схемы получения единственного решения неадекватны сущности векторной оптимизации, а имеющаяся «свобода» выбора предпочтительного решения из множества эффективных позволяет учесть неопределенность целей и критериев.

Заключение

Поскольку мир неопределенностей чрезвычайно разнообразен, то при исследовании конкретной предметной области целесообразно выделять наиболее характерные для нее неопределенности с точки зрения решаемых в данный момент задач. В задачах моделирования ОТУ довольно распространена неопределенность обстановки причинами которой являются случайные отклонения параметров технологических процессов, непредсказуемые волевые решения организационных вопросов, изменяющиеся неслучайным образом условия работы и проявления внешней среды, старение и износ оборудования. В задачах оптимизации неопределенность проявляется в недостоверности и неполноте исходных данных, неадекватности используемых соотношений и противоречивости системы ограничений. Неопределенность многокритериальных задач включает в себя неопределенность, вносимую исходными данными, регуляризацией при оценивании параметров функциональных ограничений, аппроксимацией некорректно поставленной задачи и сверткой частных критериев.

Решение задач конкретной предметной области с учетом дрейфа характеристик объекта, проявления внешней среды и нарушения исходных предпосылок моделирования и оптимизации требует разработки интеллектуальных (регуляризованных, эвристических, слабоформализованных) процедур принятия решений, ориентированных на конкретный вид неопределенности.

Список литературы: 1. *Трухаев Р.И.* Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981. 258 с. 2. *Жуковин В.Е.* Многокритериальная модель принятия решений с неопределенностью. Тбилиси: Мицниереба, 1983. 105 с. 3. *Воцинин А.Л., Сотиров Г.Р.* Оптимизация в условиях неопределенности. Изд-во МЭИ (СССР) и «Техника» (НРБ), 1989. 224 с. 4. *Авраменко В.П.* Управление производством в условиях неопределенности. К.: УМІ ВО, 1992. 48 с.

Поступила в редколлегию 08.12.9