

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АЛГОРИТМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОБЩЕННЫМ КРИТЕРИЯМ

Процессы экспериментальных исследований, рассматриваемые как управляемые объекты, обладают рядом существенных особенностей, позволяющих выделить их в особый класс. Разработка алгоритмов оптимального управления процессами экспериментальных исследований на основе применения средств вычислительной техники, являющаяся основной целью алгоритмизации управления процессами экспериментальных исследований, должна вестись с учетом следующих особенностей:

а) выходом процессов являются информационные потоки (сообщение для экспериментатора);

б) для формирования выходных информационных потоков в ходе эксперимента должен быть осуществлен технологический процесс в объекте эксперимента по определенному плану эксперимента;

в) процесс исследования является многошаговым (многоэтапным) с конечным числом шагов (этапов);

г) процесс относится к классу неполностью определенных управляемых объектов.

Анализ работ, посвященных планированию эксперимента [1], [2], [3], [4] показывает, что целью экспериментальных исследований является решение следующих задач математической статистики (в порядке возрастания сложности):

1) проверка гипотезы относительно появления случайного события или множества случайных событий;

2) количественная оценка случайной величины (точечная или интервальная) или множества случайных величин;

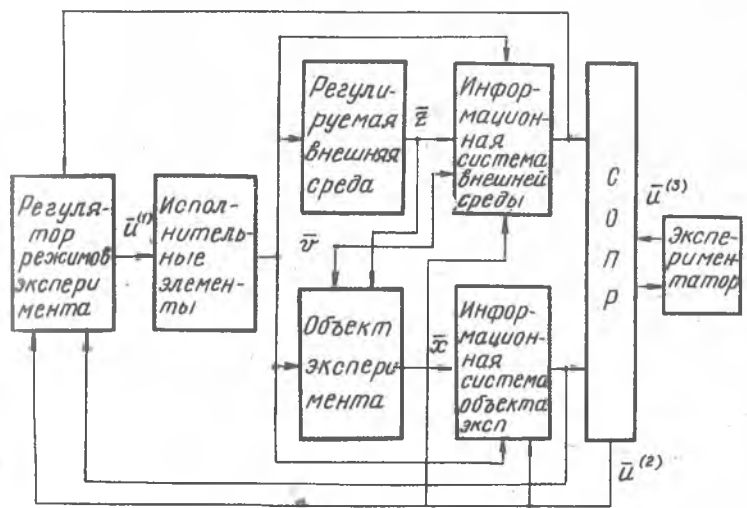
3) количественная оценка параметров (точечная или интервальная) математической модели заранее заданного вида;

4) построение математической модели и количественная оценка ее параметров при различных уровнях априорной неопределенности.

На выходе процесса экспериментальных исследований возникают:

сообщения, содержащие результат решения указанных задач.

Автоматизированную систему управления процессом экспериментальных исследований (АСУ ЭИ) рассмотрим в виде трехуровневой иерархической системы (рис. 1).



Р и с. 1

Уровни управления:

первый (нижний) уровень - регулирование технологических режимов эксперимента; второй - обработка информации и принятия решения (СОПР); третий - формирование цели эксперимента. Различают обратные связи (ОС) первого, второго и третьего уровней.

Основное назначение первого уровня: автоматическое регулирование и оптимизация технологических режимов объекта эксперимента, а также внешней среды, т.е. создание комплекса условий для проведения эксперимента. Таким образом, по своей структуре и задачам нижний уровень можно рассматривать, как автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП), в которой управляемыми объектами являются объект эксперимента и регулируемая внешняя среда (система может быть многоканальной).

Второй уровень осуществляет оптимальное управление информационными процессами, возникающими при осуществлении технологических режимов, с целью наиболее быстрого и качественного решения статистических задач эксперимента.

Особенностью системы второго уровня является то, что управление ведется по обобщенным критериям, характеризующим качество информационного процесса и в общем случае не совпадающим с критериями эффективности нижнего уровня. Выходом системы являются информационные сообщения экспериментатору о ходе эксперимента и об окончательных результатах решения экспериментальных задач. Управляющими воздействиями являются задания технологических режимов эксперимента регулятору режимов, изменение структуры и режимов информационных систем внешней среды и объекта эксперимента.

Экспериментатор на третьем уровне управления формирует цели эксперимента и дополнительные условия его проведения.

Для координации уровней и разрешения конфликтных ситуаций в СОПР должен быть предусмотрен специальный функциональный блок: координатор, организующий также режим диалога с экспериментатором. Режим диалога является, по-существу, средством разрешения конфликтных ситуаций между экспериментатором и остальными двумя уровнями системы.

Основными задачами алгоритмизации управления процессами экспериментальных исследований на основе применения средств вычислительной техники являются следующие:

формализация процесса эксперимента;

формулирование частных и обобщенных критериев эффективности (целевых функций) для каждого из уровней управления;

формулирование ограничений по управляемым переменным и критериям:

разработка оптимальных алгоритмов управления на каждом из
уровней иерархической системы;

разработка оптимальных алгоритмов сбора и предварительной
обработки информации об объекте эксперимента и параметрах окру-
жающей среды;

разработка алгоритма функционирования координатора;

определение целесообразного объема автоматизации.

Учитывая строгое разделение функций по уровням управления,
по критерию эффективности разобьем на группы критериев - первого,
второго и третьего уровня. -

Критерии первого (нижнего) уровня должны характеризовать
качество функционирования АСУ ТП:

быстродействие;

точность;

устойчивость;

надежность;

вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Группа критериев второго уровня должна оценивать качество
исполнения функций данного уровня управления:

быстродействие (например, число шагов эксперимента и дли-
тельность каждого шага);

достоверность решения задач;

надежность;

объем используемых ресурсов для решения задач эксперимента
(информационных, аппаратных, программных и энергетических);

точность;

условную прибыль;

вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Уровень эксперимента (высший уровень) должен описываться обобщенными критериями, характеризующими: экономическую эффективность управления процессом эксперимента и вероятность решения проблемы.

Формализация процесса функционирования АСУ ЭИ может быть произведена следующим образом:

пусть $\bar{x}(t), \bar{z}(t)$ - векторы состояний объекта эксперимента и регулируемой внешней среды, соответственно, зависящие от времени t ;

$\bar{u}^{(1)}, \bar{u}^{(2)}, \bar{u}^{(3)}$ - векторы управляющих воздействий первого, второго и третьего уровней управления;

$\bar{v}(t)$ - вектор воздействий нерегулируемой внешней среды (случайный);

$\bar{y}(\kappa)$ - вектор выходных воздействий второго уровня на κ -шаге эксперимента;

$Q_i^{(1)}, i = \overline{1, n}; Q_j^{(2)}, j = \overline{1, m}, Q_p^{(3)}, p = \overline{1, l}$ - частные критерии эффективности первого, второго и третьего уровней управления;

$Q_0^{(1)}(\bar{u}^{(1)}, \bar{x}, \bar{z}, \bar{v}, t), Q_0^{(2)}(\bar{u}^{(2)}, \bar{x}, \bar{z}, \bar{v}, \bar{y}, \kappa),$

$Q_0^{(3)}(\bar{u}^{(3)}, \bar{y}, \kappa)$ - глобальные критерии эффективности уровней;

$Q_0(Q_0^{(1)}, Q_0^{(2)}, Q_0^{(3)})$ - глобальная целевая функция координатора.

Пусть заданы ограничения по критериям:

$$Q_{i \text{ мин}}^{(1)} \leq Q_i^{(1)} \leq Q_{i \text{ макс}}^{(1)}, i = \overline{1, n};$$

$$Q_{j \text{ мин}}^{(2)} \leq Q_j^{(2)} \leq Q_{j \text{ макс}}^{(2)}, j = \overline{1, m};$$

$$Q_{p \text{ мин}}^{(3)} \leq Q_p^{(3)} \leq Q_{p \text{ макс}}^{(3)}, p = \overline{1, l}; Q_{0 \text{ мин}}^{(r)} \leq Q_0^{(r)} \leq Q_{0 \text{ макс}}^{(r)}, r = 1, 2, 3.$$

На состояния и управления наложены ограничения вида равенств и неравенств:

$$h(\bar{u}^{(1)}, \bar{u}^{(2)}, \bar{u}^{(3)}, \bar{x}, \bar{z}, \bar{v}, \bar{y}, t, \kappa) \ll 0,$$

где \bar{h} - вектор-функция.

Цель первого уровня - минимизация математического ожидания функционала

$$J_1 = \int_{t_K^{(1)}}^{t_K^{(2)}} Q_0^{(1)}(\bar{u}^{(1)}(t), \bar{x}(t), \bar{z}(t), \bar{v}(t), t) dt,$$

где $t_K^{(1)}$ - момент начала каждого шага эксперимента;

$t_K^{(2)}$ - момент окончания каждого шага эксперимента (он может быть не закреплен) при ограничениях по частным критериям первого уровня, состояниям и управлениям.

Цель второго уровня - минимизация математического ожидания функционала

$$J_2 = \sum_{\kappa=1}^N Q_0^{(2)}(\bar{u}^{(2)}(\kappa), \bar{x}(\kappa), \bar{z}(\kappa), \bar{v}(\kappa), \kappa),$$

где N - количество шагов эксперимента на втором уровне (может быть не закреплено);

$\bar{x}(\kappa), \bar{z}(\kappa), \bar{v}(\kappa)$ - обобщенные характеристики векторов состояний и воздействий на κ -м шаге эксперимента при ограничениях по частным критериям второго уровня, состояниям и управлениям.

Цель третьего уровня - минимизация математического ожидания функционала

$$J_3 = \sum_{r=1}^M Q_0^{(3)}(\bar{u}^{(3)}(r), \bar{y}(r), r),$$

где M - количество шагов эксперимента на третьем уровне (может быть не закреплено);

$\bar{y}(r)$ - обобщенная характеристика входного воздействия второго уровня на r -м шаге эксперимента при ограничениях по частным критериям третьего уровня, состояниям и управлениям.

В общем случае один шаг эксперимента на третьем уровне может включать несколько шагов эксперимента на втором уровне.

Цель координатора - минимизация Q_0 при ограничениях по частным и глобальным критериям уровней, состояниям и управлениям.

В силу неполной определенности объекта эксперимента на всех уровнях управления должны быть применены методы самонастройки и адаптации [5], [6].

Л и т е р а т у р а

1. Маркова Е.В., Лисенков А.Н. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей. М., "Наука", 1973, 219 с.
2. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., "Наука", 1976, 278 с.
3. Круг Г.К., Сосулин Ю.А., Фатеев В.А. Планирование эксперимента в задачах идентификации и экстраполяции. М., "Наука", 1977, 208 с.
4. Пупков К.А., Костюк Г.А. Оценка и планирование эксперимента. М., "Машиностроение", 1977, 118 с.
5. Методы алгоритмизации непрерывных производственных процессов. Под ред. В.В. Иванова. М., "Наука", 1975, 400 с.
6. Срагович В.Г. Теория адаптивных систем. М., "Наука" 1976, 319 с.

Г.Н. Томников

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ СБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В настоящее время отечественная промышленность освоила выпуск агрегатированных комплексов наземных и бортовых средств электроизмерительной и вычислительной техники. На этой основе создан ряд систем автоматизации экспериментальных исследований и производственных испытаний промышленных объектов различного назначения. Важной составной частью являются подсистемы (в большинстве случаев с магистральными или древовидными структурами [8], [9]), обеспечивающие сбор и регистрацию измерительной информации и состоящие