

Оптимальное планирование распределенных систем управления с активными элементами

Л.В. Черненко (СПбПУ),

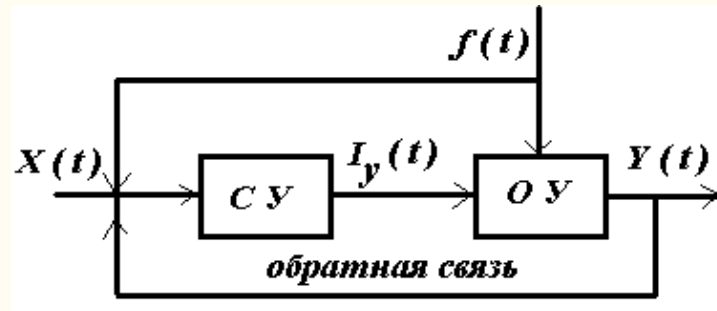
Е.Н. Десятирикова, В.Е. Белоусов,

С.А. Чепелев, С.И. Сергеева (ВГТУ),

Н.В. Слинкова (РЭУ им. Г.В. Плеханова)

Постановка задачи

1. Рассматривается сложная многосвязная распределенная технико-экономическая система с активными элементами (СРС), состоящая из управляющей (СУ) и управляемой (ОУ) частей:



Осуществляя некоторую операцию, ОУ реализует соответствующий тип поведения, взаимодействуя со средой.

2. На входе СРС – информация $X(t)$ о целях и задачах на уровне ближней и дальней среды; о текущем и прогнозном состоянии проблемы; о критериях и оценках решения проблемы.

Постановка задачи

3. СРС подвержена влиянию внешнего окружения $f(t)$ на ограниченном пространстве возможных неконтролируемых внешних воздействий $H_2[f]$:

$$f_{[t_0, t_1]} = (f_{1[t_0, t_1]}, \dots, f_{m[t_0, t_1]}) \in H_2[f]$$

$[t_0, t_1]$ – интервал (продолжительность) воздействия.

4. СУ должна обеспечивать высокое качество демпфирования больших возмущений, высокую живучесть и адаптивность, для чего охвачена обратной связью, реализуемой в виде информационных составляющих потока, позволяющей корректировать управляющие воздействия на основании текущих показателей состояния СРС.

Постановка задачи

5. Управляющая часть СРС располагает некоторыми ресурсами, информация о которых представляется компонентами вектора $I_Y(t)$:

$$I_{Y[t_0, t_1]} = (I_{1[t_0, t_1]}, \dots, I_{m[t_0, t_1]}) \in H_1[I]$$

$H_1[I]$ - пространство, определенное ограничениями I^0_i .

5. Распределяя ресурсы, можно влиять на состояние СРС, определяемое вектором фазовых координат $Y(t)$.
6. Состояние управляемой части СРС описывается формальным либо неформальным оператором P :

$$Y(t) = P(Y^0, t, I_{Y[t_0, t_1]}, f_{[t_0, t_1]})$$

где $Y^0 = Y(t_0)$ – начальное состояние системы.

Цель и задачи

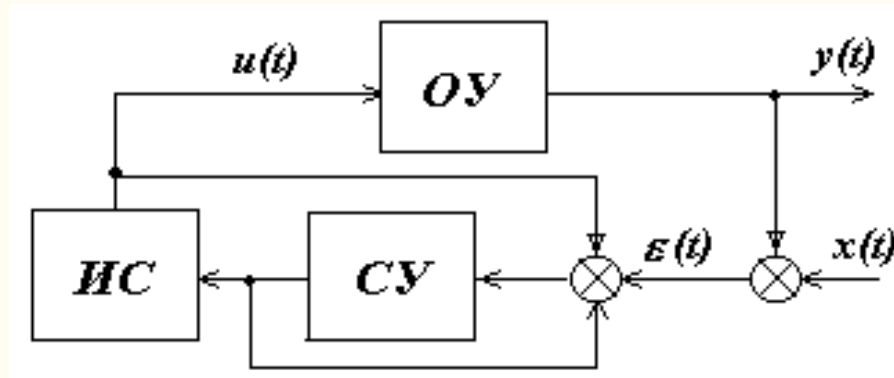
Выработка решения, корректирующего текущее состояние управляемой части СРС в желаемую область значений конечного состояния системы при условии оптимизации введенного критерия качества Φ протекания операции:

$$Z = \underset{\substack{I \in H_1[I] \\ f \in H_2[f] \\ Y \in H_3[Y]}}{\text{extr}} [\Phi(Y_{[t_0, t_1]}, I_{Y[t_0, t_1]}, f_{[t_0, t_1]})]$$

Примечание: в процессах управления, реализуемых в СРС, критерий Φ , оператор P и воздействия $I_y(t)$, $X(t)$, $f(t)$ могут не иметь аналитического выражения.

Задачи осуществляемых операций можно рассматривать как средства осуществления желаемых ситуаций и ликвидации нежелательных.

Структура активной части СРС с активными элементами



На основании входной информации и алгоритмов ее преобразования система управления формирует структуру дерева целей, состав целей и задач; производит ранжирование проблем по важности; вырабатывает решения. Стратегией управления является способ использования или распределения ресурсов.

Неблагоприятные ситуации преобразования информации элементами системы:

- Разрывы обратных связей у СУ и исполнительной подсистемы (ИС) интерпретируются как полное лишение СУ информации о состоянии управляемого объекта, что делает невозможным оптимальное управление системой.
- Передача в СУ дезинформации, имеющей противоположный характер по сравнению с истинной, эквивалентна изменению знака обратной связи в управляющей системе с отрицательного на положительный, что вызывает лавинообразное ухудшение процесса управления.
- Активное следование ИС цели, не совпадающей с глобальной, и невозможность СУ воздействовать на исполнительную подсистему интерпретируется как разрыв прямой связи СУ и исполнительной подсистемы.

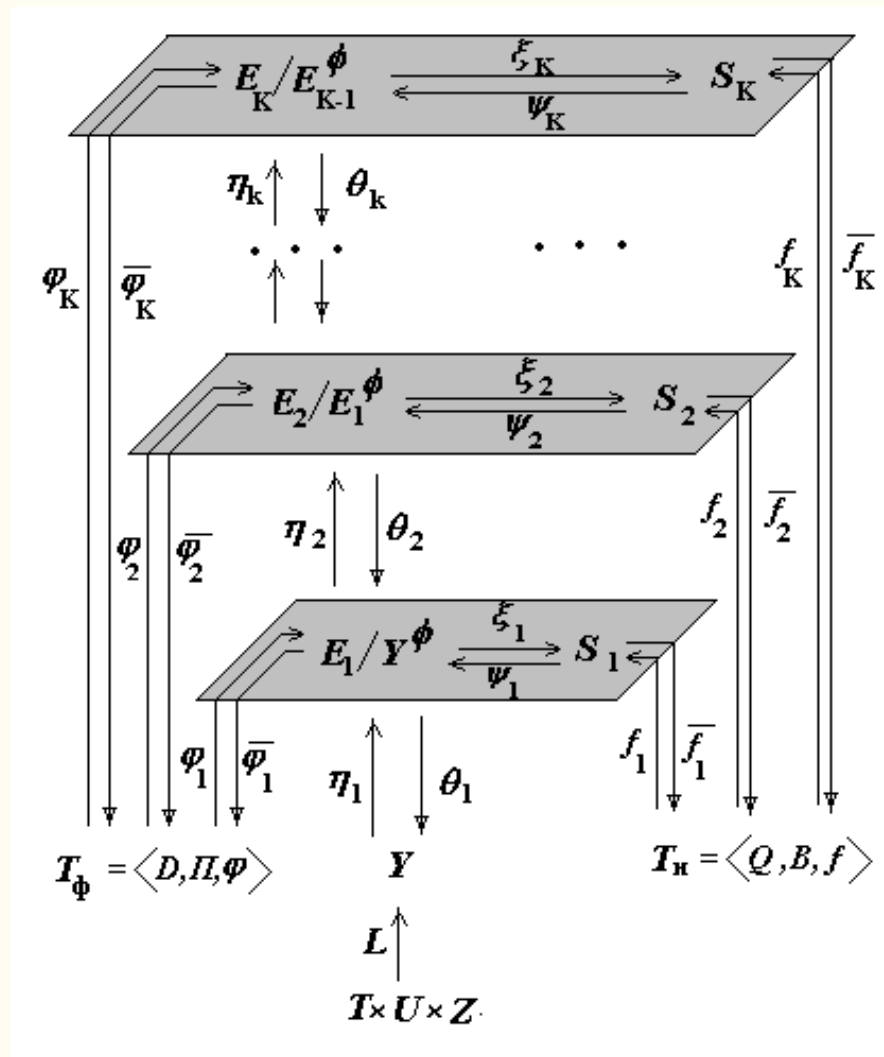
Декомпозиция СРС по уровням

Система принятия решений имеет пирамидальную (иерархическую) структуру.

Подсистемы второго уровня определяют соответствующие изменения в подсистемах первого уровня, решая задачу координации функционирования элементов первого уровня с целью получения общего решения исходной задачи. Можно выделить подсистемы третьего уровня, координирующие функционирование подсистем второго уровня и т.д.

Принятие решения об управлении каждой активной подсистемой СРС, находящейся в данном текущем состоянии, получается многослойным и представимо с помощью математической структуры многоуровневого функционально-семантического информирования.

Декомпозиция СРС по уровням



Декомпозиция СРС по уровням

Вводимые обозначения:

E_i, S_i ($i = 1 \div K$) - подмножества заданных и истинных текущих состояний активных подсистем СРС на i -м уровне;

E_i^{ϕ} - множество E_i ;

T_n - тезаурус, содержащий неформализованную информационную модель объекта управления;

Q - множество знаний о СРС, которым располагает СУ;

B - множество вопросов, формулируемых при принятии решений;

f - отображение соответствия каждого вопроса $b \in B$ ответу из множества Q ;

T_{ϕ} - тезаурус-классификатор;

Π - множество операций контроллинга, реализуемых для определения текущего состояния объекта;

φ - отображение соответствия каждого результата контроллинговой операции $\pi \in \Pi$ ответу в множестве Q ;

$\theta_i, \xi_i, f_i, \psi_i, \eta_i, \varphi_i$ ($i = 1 \div K$) - отображения факторизации, идентификации, мониторинга, оценивания, классифицирования и сопоставления на i -м слое структуры процесса управления.

Решение задачи рационального использования ресурсов СУ

$$F(W^*) = \min_W \left\{ \sum_i \sum_j \sum_p \left[C(a_{ji}^{(p)}(W), w_{ijp}) + g_{ji}^{(p)} \cdot V(a_{ji}^{(p)}(W)) \right] \right\},$$
$$i = \overline{1, I}, j = \overline{1, N}, p = \overline{1, M},$$

где $W^*: a_{ji}^{(p)} \rightarrow \{1, 2, \dots, N\}$ - функция распределения работ по узлам схемы СУ;

$C(\cdot)$ – обобщенная стоимость управления процессом $a_{ji}^{(p)}$;

$g_{ji}^{(p)}$ – обобщенная стоимость передачи p -ой подсистеме функций управления с учетом квалификации k этой управляющей подсистемы;

$V(\cdot)$ – объем ресурса, необходимый для управления процессом;

$a_{ji}^{(p)}$ – задача, решаемая в p -ом узле при варианте W распределения работ;

j – номер уровня в схеме иерархической СУ;

p – номер подсистемы управления на данном уровне иерархической СУ;

i – вариант группировки подзадач при варианте W распределения задания в СРС;

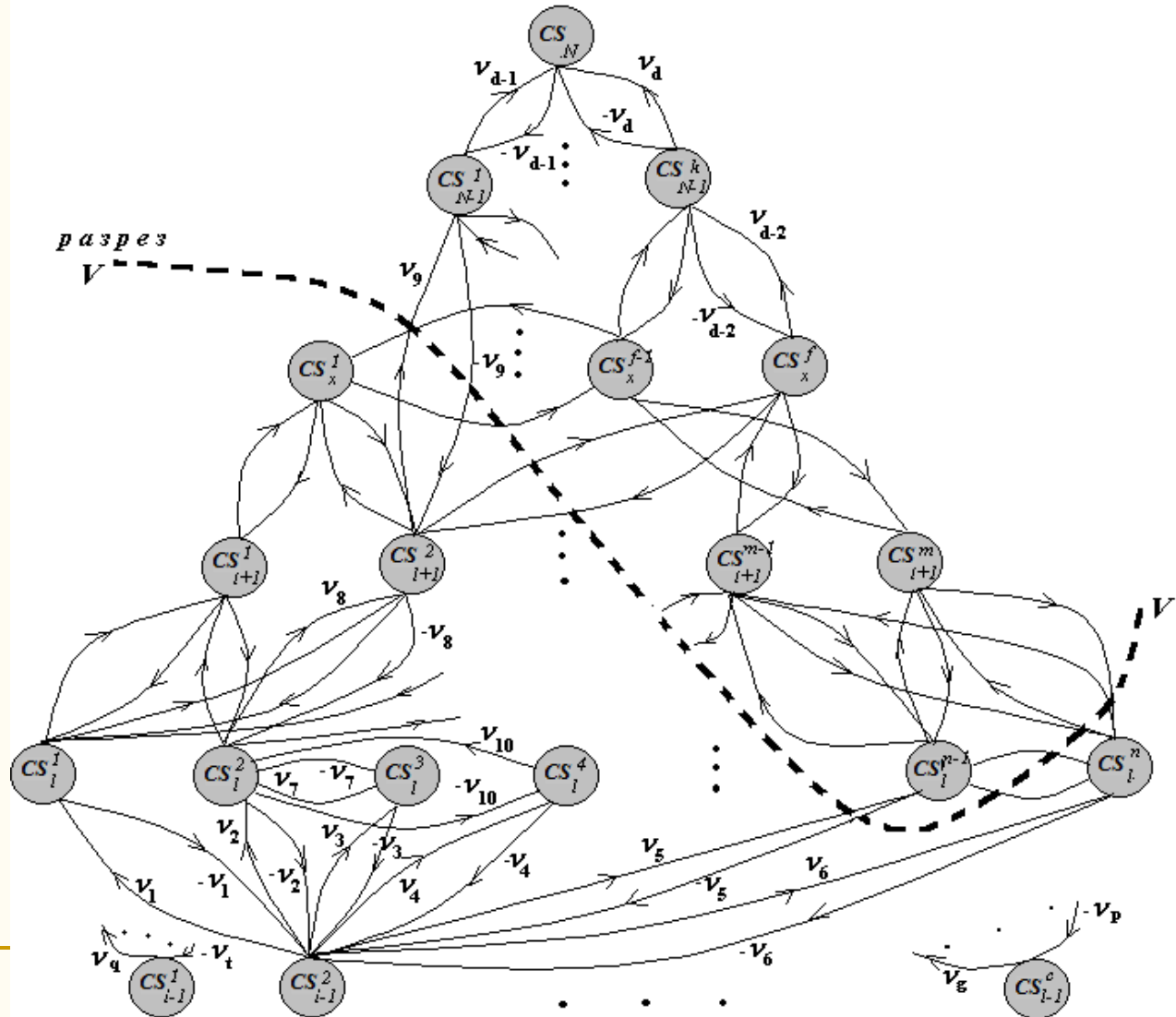
w_{ijp} – веса «личных» целей подсистем СУ в отношении глобальной цели СРС.

Определение оптимальной структуры СУ сложной системой

Декомпозиция позволяет представить общий процесс P управления СРС в виде совокупности фаз P_j ($j=1 \div N$), выполняемых в нескольких органах управления СУ.

Для распределенного управления некоторой подсистемой CS несколькими органами управления многоуровневой СУ необходимо сформировать такое управляющее воздействие $u \in U$, которое позволит распределить подпроцессы (P_{ij}) по подсистемам СУ, что равносильно проведению разреза ($v - v'$) граф-модели процесса информирования на части по числу задействованных подсистем СУ (CS):

Определение оптимальной структуры СУ сложной системой



ВЫВОДЫ

- Алгоритм распределенного управления можно представить в виде агрегата, составленного из инвариантных структур переработки информации.
- Синтез оптимальной структуры СУ предполагает распределение управленческих задач между отдельными подсистемами СУ.
- Общесистемным ресурсом СУ является информация.
- Решение задачи оптимизации структуры активной системы управления рационально проводить с позиций информационного и агрегативно-декомпозиционного подходов на основе обеспечения экстремума сложного стоимостного показателя с учетом активного характера субъектов управления.

Спасибо за внимание