

4. R. F. Akhmet'yanov, \* V. O. Ponomarev, O. A. Ponomarev, and E. S. Shikhovtseva, *Theor. Math. Phys.*, **149**, N1 (2006).
5. C. C. Yu and P. W. Anderson, *Phys. Rev. B* **29**, 6165 (1984).
6. S. Hunklinger and A. K. Raychaudhuri *Atorrhois Solids:Low-Temperature Properties*, edited by W.A. Philips (Springer, Berlin, 1981).
7. V. Lubchenko and P. G. Wolynes, *J. Chem. Phys.* **119** (17) 9088 (2002).
8. M. A. Nielsen, I. L. Chuang, *Quantum Computations and Quantum Information* (Cambridge Univ. Press, Carbridge, 2002).
9. B. D. Gerardot and P. Ohberg, *Science* **326**, 1489 (2009).
10. J. E. Mooij, T. P. Orlando, L. Levitov, L. Tian, C.H., van der. Wal and S. Lloyd, *Science*, **285**, 1036 (1999).
11. I. Chiorescu, Y. Nakamura, C. J. P. M. Harmans, and J. E. Mooij, *Science* 299, 1869 (2003).
12. J. M. Martinis et al., *Phys. Rev. Lett.* **95**, 210503 (2005).
13. W. A. Phillips, *J. of Low Temp. Phys.* **11**, 757 (1973).
14. H. Paik and K. D. Osborn, *Appl. Phys. Lett.* **96**, 072505 (2010) .
15. E.A. Yuzbashyan, M. Dzero, *Phys. Rev. Lett.* **96** 230404 (2006).
16. E.A. Yuzbashyan, *Phys. Rev. B* **78** 184507 (2008).

*Поступила 31.03.2011г.*

УДК 358.4 : 656.7

Р.В. Храшевский, к.воен.н., доцент, НУОУ, м. Киев

## **ОЦЕНКА МЕХАНИЗМА КООРДИНАЦИИ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ**

The assessment mechanism to coordinate the planning system. The possibility of well-coordinated system with large external and internal factors.

**Постановка проблемы.** При рассмотрении многоуровневых систем часто приходится отказываться от требования строгой глобальной оптимальности управляющих воздействий и локальных решений. Дело в том, что в практических ситуациях строгий оптимум по многим причинам оказывается нереализуемым. Чаще всего это связано с недостаточностью информации о факторах, влияющих на результаты выбранных решений или управляющих воздействий. В классических ситуациях управления и принятия решений использование алгоритмов оптимизации оправдывается в первую очередь тем фактом, что они разрешают некоторые проблемы, связанные с имеющимися в данной ситуации неопределенностями. Используя так называемый алгоритм оптимизации, можно выбрать последовательность действий, которая приводит к нужным результатам, если информация и гипотезы, на которых основан алгоритм, достаточно точны. При постановке

задачи координации двухуровневой системы мы исходим из предположения о том, что локальные решающие элементы действительно существуют и отвечают за управление подпроцессами, в то время как прямая обязанность координатора состоит в том, чтобы «согласовывать» деятельность локальных решающих элементов в процессе выработки ими своих решений с целью повышения суммарного эффекта их действий.

**Анализ публикаций.** Вопросу исследования координации систем планирования и их взаимосвязей отводится много внимания [1-3].

Значительный вклад в исследование указанного вопроса сделали такие ученые как М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара, Л.М. Артюшин, О.М. Загорка, В. О. Косевцов, Р. Куликовский, С.П. Мосов, И.С. Руснак, В.М. Телелим, В.Б. Толубко и много других.

Анализ публикаций по данному вопросу показал, что координация систем планирования, в основном, рассматривалась как функционирования системы одного уровня. Оценка же качества межуравневой координации переносилась в область организации взаимодействия и предоставлялась, преимущественно качественная оценка процесса принятия решения по конечному результату. Поэтому, считаю целесообразным провести исследование вопросов координации системы принятия решения как многоуровневой системы планирования и получить показатели координации каждого уровня.

**Целью данной статьи** есть проведения оценки механизма координации многоуровневых систем в условиях влияния внешней и внутренней ее среды и получение значения показателей координации каждого уровня.

Понятие координации с целью улучшения характеристик работы системы в целом вполне согласуется с общей концепцией координации. Напомним, что сформулированный в [4] постулат «согласованности» требует лишь, чтобы координатор воздействовал, на локальные решающие элементы с целью решения задачи, стоящей перед всей системой (глобальной задачи). Но эту задачу можно, конечно, сформулировать в виде требования получить улучшенные характеристики вместо оптимальных. Фактически мы в этой главе рассматриваем «глобальную» задачу именно в такой постановке, а не как задачу оптимизации.

Понятие координации в целях улучшения глобальных характеристик системы отражает реальные ситуации во многих областях человеческой деятельности. Например, вопрос о децентрализации в экономических системах [1] теоретически трактуется как проблема достижения оптимума экономического состояния. Преимущество децентрализации обосновывается тем, что децентрализованными действиями в экономике может быть достигнут глобальный оптимум. Однако, как указывает Саймон, ценность децентрализованной модели рынка или экономики состоит в том, что она обеспечивает согласование локальных и глобальной целей. Хотя каждый участник старается улучшить «свое собственное благополучие», одновременно улучшаются характеристики экономики в целом, так что в результате (почти) каждый выигрывает. Именно эта согласованность целей,

выраженная в постулате совместимости, служит реальным оправданием децентрализации. Со сходной ситуацией приходится сталкиваться и при автоматизации индустриальных процессов крупного масштаба. Первый эшелон управления необходим для обеспечения правильного протекания основных технологических процессов, и в общем случае он существует даже еще до того, как кто-то начинает думать о создании высших эшелонов управления, деятельность которых связана с улучшением хода процесса с точки зрения его экономических показателей.

Рассмотрим два вопроса, касающихся практических способов осуществления координации для улучшения глобальных характеристик системы.

1. Каким образом координатор должен повлиять на выбор локальными решающими элементами соответствующих локальных управляющих воздействий, чтобы после того, как к ним придет координирующий сигнал, эти элементы вырабатывали такие локальные управляющие воздействия, которые без дальнейшего вмешательства координатора приводили бы к улучшению глобальных характеристик всего процесса в целом?

2. Если задан интервал времени, на протяжении которого ведется наблюдение за поведением функции качества двухуровневой системы, причем интервал этот содержит  $n$  моментов времени, в которые координатор может воздействовать на локальные решающие элементы, возникает вопрос: какова должна быть стратегия координатора, чтобы конечным результатом его деятельности явилось улучшение глобальных характеристик или же, при отсутствии противодействующих влияний, чтобы глобальные характеристики в данном интервале времени улучшались монотонно?

Эти два вопроса тесно связаны между собой: решение первого из них дает указания для выбора стратегии при решении второго вопроса. Использование координатором стратегии, основанной на «корректировке» подаваемых координирующих воздействий в определенные (последовательные) моменты времени, будет называться последовательной («секвенциональной») координацией. Если после каждого момента координирования локальные решающие элементы применяют к процессу свои управляющие воздействия без дальнейшего вмешательства координатора, мы будем называть такую координацию просто «линейной» координацией.

Термин «линейная» координация употребляется, чтобы подчеркнуть тот факт, что преимущества, предоставляемые наличием каналов обратной связи от локальных решающих элементов к координатору, никак не используются в промежутки времени от момента получения локальными решающими элементами координирующего сигнала вплоть до момента подачи на процесс выбранных этими элементами управляющих воздействий. В результате координатор в каждый момент координирования сталкивается с проблемой

принятия решений в условиях неопределенности. Следует особо подчеркнуть, что координатор, чтобы удовлетворить принципу совместимости, должен рассматривать задачу каждого локального решающего элемента как задачу принятия решений в условиях неопределенности, даже если неопределенность имеет место лишь в отношении действий остальных локальных решающих элементов.

Прежде чем перейти к изложению теории «линейной» координации, рассмотрим простой пример, иллюстрирующий некоторые из введенных понятий.

Рассмотрим двухуровневую систему, для которой процесс в целом  $P$  описывается линейным преобразованием

$$y = Am \equiv P(m),$$

где управляющее воздействие  $m$  и выход  $y$  суть вещественные трехмерные векторы, а  $A$  – вещественная матрица  $[a_{ij}]$  размерностью  $3 \times 3$ . Для простоты примем, что внешние возмущения отсутствуют. Предположим, что глобальная функция качества задана и притом определена в виде функции общих (глобальных) затрат

$$G(m, y) = m^T m + (y - \tilde{y})^T (y - \tilde{y}),$$

где  $\tilde{y}$  – заданный «эталонный» выход.

Предположим, что рассматриваемый процесс в целом распадается на три подпроцесса, из которых каждый  $i$ -й подпроцесс описывается уравнением

$$y_i = a_{ij} m_j + u_i \equiv P_i(m_i, u_i),$$

где управляющее воздействие  $m_i$ , связующий вход  $u_i$  и выход  $y_i$  – действительные числа. Когда эти подпроцессы связаны в один процесс и приложено управляющее воздействие  $m = (m_1, m_2, m_3)$ , связующий вход  $u_i$  для  $i$ -го подпроцесса выражается суммой

$$u_i = \sum_{j \neq i} a_{ij} m_j \equiv K_i(m)$$

Задача координации в данном случае заключается в следующем: исходя из некоторого эталонного управления  $\tilde{m} = (\tilde{m}_1, \tilde{m}_2, \tilde{m}_3)$  координатор должен воздействовать на локальные решающие элементы, ответственные за управление подпроцессами, таким образом, чтобы они выработали управляющий сигнал  $\hat{m} = (\hat{m}_1, \hat{m}_2, \hat{m}_3)$ , который, будучи приложен к процессу, давал бы в результате более низкие затраты, чем при управлении  $\tilde{m}$ , т. е. чтобы для функции затрат выполнялось неравенство

$$G(\hat{m}, P(\hat{m})) < G(\tilde{m}, p(\tilde{m})).$$

Здесь возникают два вопроса: во-первых, каким образом локальные решающие элементы, действуя независимо друг от друга, производят свой

выбор управляющих воздействий, и, во-вторых, какой механизм координатор мог бы использовать для воздействия на локальные решающие элементы.

Допустим, что локальные решающие элементы на основе имеющейся у них информации выбирают такое управляющее воздействие, которое улучшит их собственную функцию качества. Пусть  $i$ -й локальный решающий элемент использует в качестве такой функции функцию затрат  $G_{iB}$ :

$$G_{iB}(m_i, y_i, \beta_i) = 3m_i^2 + \beta_i m_i + (y_i - \tilde{y}_i)^2 \quad (1)$$

Сформулируем теперь  $i$ -ю локальную задачу следующим образом: для определенного эталонного управления  $\tilde{m}_i$ , определенного значения параметра  $\tilde{\beta}_i$  и заданного («оценочного») диапазона  $\tilde{U}_i$ , в пределах которого может изменяться связующий вход  $u_i$ , найти такое управляющее воздействие  $\tilde{m}_i$ , чтобы выполнялось условие для всех  $u_i$  в оценочном диапазоне  $\tilde{U}_i$ , где

$$g_{iB}(\hat{m}_i, u_i, \hat{\beta}_i) < g_{iB}(\tilde{m}_i, u_i, \tilde{\beta}_i) \\ g_{iB}(m_i, u_i, \beta_i) = G_{iB}(m_i, P_i(m_i, u_i), \beta_i)$$

Эти локальные задачи представляют собой так называемые задачи «удовлетворительного» управления, поскольку в них требуется не достижение оптимальных значений функций качества, а лишь получение удовлетворительного уровня значений этих функций при наличии некоей неопределенности, характеризуемой в нашем случае диапазонами  $\tilde{U}_i$  оценки возможных значений связующих входов. Однако если  $i$ -й локальный решающий элемент успешно решит свою задачу и реализующийся связующий вход лежит в оценочном диапазоне  $\tilde{U}_i$ , то выбранное управляющее воздействие действительно улучшит значение его собственной локальной функции качества.

Принцип оценки взаимодействий гласит, что управляющее воздействие  $\hat{m} = (\hat{m}_1, \hat{m}_2, \hat{m}_3)$ , выбираемое при этих условиях локальными решающими элементами, приводит к снижению полных затрат, если связующие входы  $u_1, u_2, u_3$ , появляющиеся в объединенной «связанной» системе при использовании управления  $\hat{m}$ , лежат соответственно в оценочных диапазонах  $\tilde{U}_1, \tilde{U}_2, \tilde{U}_3$ :

$$K_i(\hat{m}) \in \tilde{U}_i, i = 1, 2, 3.$$

Рассматривая вопрос о постановке локальных задач, можно перейти к более общему случаю, когда значения параметров  $\beta_i$ , не фиксированы, а заданы лишь диапазоны  $\tilde{B}_i$ , в которых эти параметры могут меняться. В этом случае  $i$ -я локальная задача формулируется так: для данного эталонного

управления  $\tilde{m}_i$  и заданных диапазонов  $\tilde{B}_i$  и  $\tilde{U}_i$ , в которых могут изменяться соответственно параметр  $\beta_i$ , и связующий вход  $u_i$ , найти такое управление  $\hat{m}$ , чтобы для всех  $\beta_i$  из  $\tilde{B}_i$  и всех  $u_i$  из  $\tilde{U}_i$  выполнялось условие

$$g_i(\hat{m}_i, u_i, \beta_i) < g_i(\tilde{m}_i, u_i, \beta_i).$$

Правильность выбора диапазонов оценок для связующих входов определяется функциями взаимодействия подпроцессов  $K_i$ , которые выражают зависимость фактических значений связующих входов в объединенной (связанной) системе от поданных на подпроцессы управляющих воздействий. Можно считать, что параметры  $\beta_i$  в выражении (1) описывают непосредственную взаимосвязь локальных функций качества, и ввести соответствующие функции  $\eta_i$  для описания зависимости этих параметров от приложенных управляющих воздействий. При таком предположении из принципа оценки вытекает, что управляющее воздействие  $\hat{m}$  приводит к уменьшению общих затрат, если

$$K_i(\hat{m}) \in \tilde{U}_i \text{ и } \eta_i(\hat{m}) \in \tilde{B}_i, i = 1, 2, 3, \quad (2)$$

т. е. диапазоны оценок  $\tilde{B}_i$  и  $\tilde{U}_i$  выбраны правильно для всех  $i$ . Задача координатора при выбранном эталонном управлении  $\tilde{m}$  состоит в назначении диапазонов  $\tilde{B}_i$  и  $\tilde{U}_i$  таким образом, чтобы был применим принцип оценки взаимодействий.

Допустим, что матрица  $A$  имеет вид

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 4 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

и пусть  $\tilde{y} = (5, 5, 2)$  – эталонный выход, а  $\tilde{m} = (0, 0, 0)$  – эталонное управление. Связующие входы, появляющиеся в объединенной системе при использовании  $\tilde{m}$ , будут равны  $\tilde{u}_1 = \tilde{u}_2 = \tilde{u}_3 = 0$ . Нужно отметить, что локальные функции затрат  $G_{iB}$  вводятся через функцию общих затрат и поэтому удовлетворяют уравнению. В этом случае подходящий вид функций  $\eta_i$  дается формулами

$$\begin{aligned} \eta_1 &= (m_1, m_2, m_3) = 10m_2 + 4m_3 - 6 \\ \eta_2 &= (m_1, m_2, m_3) = 14m_1 + 8m_3 + 24 \\ \eta_3 &= (m_1, m_2, m_3) = 6m_1 + 4m_2 + 10 \end{aligned}$$

Оценочные диапазоны  $\tilde{B}_i$  и  $\tilde{U}_i$  можно построить двумя способами.

1. Выберем окрестность  $N(\tilde{m})$

$$N(\tilde{m}) = \left\{ m : \max_i |m_i - \tilde{m}_i| \leq \frac{1}{2}, \quad i = 1, 2, 3 \right\},$$

данного эталонного управления  $\tilde{m}$ . Используя функции  $K_i$  и  $\eta_i$  построим оценочные диапазоны  $\tilde{B}_i$  и  $\tilde{U}_i$ :

$$\tilde{U}_i \{u_i : u_i = K_i(m), \quad m \in N(\tilde{m})\}, \quad (3)$$

$$\tilde{B}_i \{\beta_i : \beta_i = \eta_i(m), \quad m \in N(\tilde{m})\}, \quad (4)$$

для каждого  $i = 1, 2, 3$ . Отсюда следует, что оценочными диапазонами являются интервалы значений связующих входов  $u_i$  и параметров  $\beta_i$  определяемые неравенствами

$$-\frac{3}{2} \leq u_1 \leq \frac{3}{2}, \quad -\frac{1}{2} \leq u_2 \leq \frac{1}{2}, \quad -1 \leq u_3 \leq 1$$

$$-13 \leq \beta_1 \leq 1, \quad 13 \leq \beta_2 \leq 33, \quad 5 \leq \beta_3 \leq 15$$

Каждый локальный решающий элемент решает свою задачу для данного эталонного управления  $\tilde{m} = (0, 0, 0)$ , учитывая (3) и (4), результатом чего

будет управляющее воздействие  $\hat{m} = \left(\frac{1}{3}, -\frac{1}{44}, \frac{1}{4}\right)$ . Отметим, что значение

$\hat{m}$  не является единственным. Затем координатор проверяет, удовлетворятся ли (2). Это имеет место, и поэтому мы можем заключить, что  $\hat{m}$  дает меньшее значение затрат, чем  $\tilde{m}$ . Действительно,  $G(\hat{m}, P(\hat{m}))=42$  в то время как  $G(\tilde{m}, p(\tilde{m}))=54$ .

**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод, что при подходящих условиях координация системы планирования с использованием принципов координации является достаточным условием для координации системы планирования в целом даже при больших возмущениях внешней (внутренней) среды. При этом координация разных уровней системы планирования происходит относительно главной задачи, которая стоит перед системой в целом.

1. М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. Теория иерархических многоуровневых систем: Пер. с англ. М.: Мир -1973. С.344.
2. Храцевський Р.В. Формування локальних функцій якості системи планування та їх модифікація //Х.: ХУПС, – Системи озброєння і військова техніка № 4(20). - 2009. – С. 22 - 26.
3. Куликовский Р., Оптимальное управление сложными иерархическими системами, см. сб. «Дискретные самонастраивающиеся системы» (Труды III конгресса ИФАК, вып. 3), изд-во «Наука», М., 1971.
4. Храцевський Р.В. Принципи координації в багаторівневій системі планування // К.: ВІКНУ, – Збірник наукових праць ВІКНУ № 25. - 2010. – С. 47 - 53.

Поступила 24.03.2011р.