

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гладун В.П.* Планирование решений / В.П. Гладун. – Киев: Наукова думка, 1987. – 168 с.
2. *Ковалев С.М.* Гибридные коннекционистские модели извлечения темпоральных знаний в информационных базах данных // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сб. научн. тр. V Международной научно-практической конференции. Т1. – М.: Физматлит, 2009. – С. 30-41.
3. *Ковалев С.М.* Формирование темпоральных баз знаний на основе аппарата растущих пирамидальных сетей // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сб. научн. тр. III Международного научно-практического семинара. – М.: Физматлит, 2005. – С. 351-357.
4. *Bernshtein L.S., Kovalev S.M. and Muravskii A.V.* Models of Representation of Fuzzy Temporal Knowledge in Databases of Temporal. Series ISSN 1064 2307, Journal of Computer and Systems Sciences International, 2009. – Vol. 48, №. 4. – P. 625-636. © Pleiades Publishing, Ltd., 2009. Original Russian Text © L.S. Bernshtein, S.M. Kovalev, A.V. Muravskii, 2009, published in *Izvestiya Akademii Nauk. Teoriya i Sistemy Upravleniya*, 2009. – №. 4. – P. 130-141.
5. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Ковалев С.М.* Оптонечеткие системы // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР". – 2009. – № 4 (93). – С. 99-106.

Ковалев Сергей Михайлович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного ополчения, 2.
E-mail: dcmdon@rgups.ru.
Тел.: 88632726302.
Кафедра автоматике и телемеханики; профессор.

Кулькин Станислав Александрович

Кафедра автоматике и телемеханики; инженер.

Терновой Владимир Александрович

Кафедра автоматика и телемеханики; аспирант.

Kovalev Sergey Mihailovich

Rostov State Transport Univesity (RSTU).
E-mail: dcmdon@rgups.ru.
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia.
Phone: +78632726302.
The Departament of Automatics and Telemechanics; Professor.

Kulkin Stanislav Alexandrovich

The Departament of Automatics and Telemechanics; Engineer.

Ternovoy Vladimir Alexandrovich

The Departament of Automatics and Telemechanics; Postgraduate Student.

УДК 685.518.5

В.А. Зеленцов**МНОГОАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ***

Предложена многоагентная интерпретация задачи двухуровневого управления эксплуатацией сложных систем. Разработаны многокритериальные модели принятия решений агента-координатора на верхнем уровне и агентов-исполнителей на нижнем уровне, а также условия согласования решений агентов. Показано, что согласование решений достигается при использовании определенной процедуры информационного обмена между агентами,

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 10-07-00311, № 10-07-90407).

когда на верхний уровень передаются только значения показателей качества функционирования элементов нижнего уровня при заданном управлении агента-координатора.

Многоагентные системы; управление эксплуатацией; теория игр.

V.A. Zelentsov

MULTI-AGENT MODELING FOR COMPLEX SYSTEMS MAINTANANCE CONTROL

The multi-agent interpretation for two-level complex systems maintenance control problem are considered. Multi-criteria decision-making models of the agent-coordinator on the upper level and the agents-executing on the lower level, as well as the coordination decisions conditions of agents, are developed. It is shown that coordination is achieved by making use of a found procedure of information interaction between agents, when the lower-level elements transferred to the upper level only values of their quality indicators for a fixed solution of agent-coordinator.

Multi-agent systems; maintenance control; game theory.

Введение. Управление эксплуатацией сложных пространственно распределенных технических систем (систем связи, АСУ, и др.) связано с необходимостью анализа больших объемов информации о значениях параметров технического состояния (ТС) элементов этих систем. Кроме того, для получения достоверных решений по управлению необходимо учитывать [1,2]:

- ◆ информацию о характеристиках систем сбора и обработки информации о ТС;
- ◆ информацию о функциональной взаимосвязи элементов и о загрузке системы целевыми задачами;
- ◆ информацию о наличии материальных и людских ресурсов для проведения технических обслуживаний (ТО) и ремонтов;
- ◆ информацию об условиях применения систем на рассматриваемом интервале управления.

Как правило, при решении задач управления эксплуатацией основное внимание уделяется планированию ТО отдельных средств, без учета их взаимосвязи и условий применения в составе систем. Однако найденные таким образом сроки проведения ТО, чаще всего, не могут быть реализованы из-за необходимости применения средства в это время для решения целевых задач, или из-за отсутствия в этот момент времени специализированных бригад, и т.д. Учет данных обстоятельств определяет принципиальное отличие задач управления эксплуатацией системы в целом. Но именно эти задачи представляют наибольший интерес с практической точки зрения.

При управлении эксплуатацией пространственно распределенных систем полностью централизованные сбор и обработка необходимой информации, в первую очередь, о ТС, зачастую либо технически неосуществимы, либо приводят к принятию решений по недостоверной или устаревшей информации, т.е. в условиях значительной неопределенности. Выходом является децентрализация управления, распределение его по нескольким управляющим элементам, и приближение к местам нахождения информации, необходимой для принятия решений. При этом общая задача управления разбивается (декомпозируется) на ряд подзадач, решаемых соответствующими управляющими элементами (УЭ).

Однако введение децентрализации, способствуя уменьшению неопределенности в информации о ТС и условиях эксплуатации, приводит к появлению другого вида неопределенности, связанной с самостоятельными действиями УЭ. Интересы УЭ при принятии решений могут не совпадать полностью с интересами системы в целом. Кроме того, для достижения своих целей УЭ в принципе может

умышленно исказить информацию, передаваемую другим элементам, внося тем самым "активные" помехи в работу системы управления. Для преодоления неопределенности, связанной с самостоятельными действиями УЭ, на центральные управляющие органы возлагаются дополнительные задачи по координации управляющих элементов.

При этом важнейшими вопросами, подлежащими исследованию, являются:

- ◆ разработка моделей принятия решений центром и УЭ, и порядка информационного взаимодействия между ними;
- ◆ анализ условий согласуемости решений, принимаемых центром и УЭ, при наличии у каждого из них самостоятельных интересов, не совпадающих в общем случае с интересами системы в целом.

В настоящее время для моделирования процессов функционирования взаимосвязанных элементов успешно применяется методология многоагентных технологий [3]. При ее применении в составе анализируемой системы управления эксплуатацией могут быть выделены агенты – исполнители (АИ), моделирующие функционирование УЭ, и агент-координатор (АК), моделирующий принятие решений центральным органом управления. При этом АК и АИ образуют двухуровневую иерархическую систему. На верхнем уровне системы находится один элемент – агент-координатор, а на нижнем уровне – агенты-исполнители. Взаимодействие АК и АИ может быть описано методами теории иерархических систем и теории игр с противоположными интересами [4,5].

В соответствии с имеющейся на каждом уровне системы информацией функции по управлению распределяются между элементами следующим образом.

АИ осуществляют оперативную обработку информации о ТС, локальных условиях эксплуатации, и передают на верхний уровень информацию, необходимую для принятия решений АК.

На верхнем уровне агентом-координатором на основе анализа информации от АИ, целевых задач, условий применения систем по назначению, возможностей вывода элементов из системы для проведения ТО и ремонтов, наличия общесистемных ресурсов, принимаются решения о конкретных сроках проведения эксплуатационных мероприятий.

АК, выбирая свои параметры управления, решает в общем случае задачу многокритериальной оптимизации с использованием в качестве частных целевых функций показателей эффективности системы в целом (в том числе показатели готовности и затрат ресурсов различного вида). АК использует эти параметры в качестве координирующих сигналов для элементов нижнего уровня, влияя тем самым на выбор АИ, что определяет степень достижения цели центром. То есть АК решает задачу координационного выбора, основная особенность которой с содержательной точки зрения состоит в том, что центр достигает своих целей опосредованно путем соответствующего координирующего воздействия на элементы нижнего уровня.

Модель агента – исполнителя. Введем обозначения: \mathbf{x}_n – вектор состояния элемента; $\mathbf{w}_n = \langle \mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n \rangle$ – вектор управлений элемента, причем \mathbf{v}_n – вектор управлений, вырабатываемых АИ, а \mathbf{u}_n – вектор управляющих (координирующих) сигналов АК; $\mathbf{z}_n, \mathbf{y}_n$ – векторы сигналов взаимодействия АИ; $\boldsymbol{\omega}$ – вектор внешних воздействий на систему; $\boldsymbol{\psi}_n$ – вектор показателей, характеризующих ситуацию на нижнем уровне; $n = \overline{1, N}$.

Предпочтения АИ при выборе параметров ТО в общем случае задаются векторной целевой функцией $\mathbf{J}_n(\mathbf{x}_n, \mathbf{w}_n, \mathbf{z}_n, \boldsymbol{\omega})$, формируемой из m_n частных показателей качества функционирования элемента нижнего уровня:

$$\mathbf{J}_n(\mathbf{x}_n, \mathbf{w}_n, \mathbf{z}_n, \boldsymbol{\omega}) = \langle \mathbf{J}_{n1}, \dots, \mathbf{J}_{nm_n} \rangle, \quad \mathbf{J}_{ni} = \mathbf{J}_{ni}(\mathbf{x}_n, \mathbf{w}_n, \mathbf{z}_n, \boldsymbol{\omega}), \quad i = \overline{1, m_n}.$$

В соответствии с назначением иерархии принятие решений каждым элементом основано на обработке и анализе той информации, которая в наибольшей степени доступна данному элементу. В этом смысле множество воздействий внешней среды может быть разбито на два подмножества, $\boldsymbol{\Omega} = \boldsymbol{\Omega}_П \cup \boldsymbol{\Omega}_Э$, где $\boldsymbol{\Omega}_П = \{\boldsymbol{\omega}_П\}$ – подмножество векторов, характеризующих условия применения систем, а $\boldsymbol{\Omega}_Э = \{\boldsymbol{\omega}_Э\}$ подмножество векторов, характеризующих условия эксплуатации (климатические условия, численность и квалификация персонала, и т.д.), $\boldsymbol{\Omega}_Э = \prod_{n=1}^N \boldsymbol{\Omega}_{Эn}$, где $\boldsymbol{\Omega}_{Эn} = \{\boldsymbol{\omega}_{Эn}\}$ – множество векторов, характеризующих условия эксплуатации в месте расположения n -го элемента.

С учетом изложенного, задача АИ состоит в достижении оптимума (для определенности, максимума) векторного показателя

$$\mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n, \mathbf{x}_n, \boldsymbol{\omega}_{Эn}) = \langle J_{n1}, J_{n2}, \dots, J_{nm_n} \rangle \rightarrow \text{'max'}', \quad \mathbf{v}_n \in \mathbf{V}_{dn} \quad (1)$$

где обозначение ‘max’ означает, что требуется максимизировать m_n частных показателей J_{ni} , $i = \overline{1, m_n}$.

Допустимые управления \mathbf{V}_{dn} будем задавать с помощью ограничений:

$$\mathbf{H}_n(\mathbf{v}_n, \mathbf{x}_n, \boldsymbol{\omega}_{Эn}) \geq \mathbf{h}_n(\boldsymbol{\omega}_{Эn}), \quad (2)$$

$$\mathbf{H}'_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n, \mathbf{x}_n, \boldsymbol{\omega}_{Эn}) \geq \mathbf{h}'_n(\boldsymbol{\omega}_{Эn}), \quad (3)$$

где $\mathbf{H}_n(\cdot)$, $\mathbf{H}'_n(\cdot)$ – вектор-функции, \mathbf{h}_n , \mathbf{h}'_n – вектора.

Смысл знаков векторного неравенства в выражениях (2) и (3) следующий: если $\mathbf{a} = \langle a_1, \dots, a_m \rangle$ и $\mathbf{b} = \langle b_1, \dots, b_m \rangle$ – m -мерные вектора, то запись $\mathbf{a} \geq \mathbf{b}$ означает, что $a_i \geq b_i$, $i = \overline{1, m}$; но $\mathbf{a} \neq \mathbf{b}$; таким образом, хотя бы одно из покомпонентных неравенств выполняется строго.

Условия (2) характеризуют ограничения, определяемые собственными параметрами n -го элемента нижнего уровня, а с помощью условий (3) на возможные значения \mathbf{v}_n накладываются ограничения, определяемые связью между собственными параметрами и координирующим сигналом центра для n -го элемента.

Для решения многокритериальной задачи (1)-(3) результирующее отношение предпочтения АИ задается с помощью функционала $\Phi_n(\mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n, \mathbf{x}_n, \boldsymbol{\omega}_{Эn}))$. Тогда предпочтения АИ отражаются стремлением максимизировать этот показатель:

$$\Phi_n(\mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n, \mathbf{x}_n, \boldsymbol{\omega}_{Эn})) = \Phi_n(J_{n1}, J_{n2}, \dots, J_{nm_n}) \rightarrow \max_{\mathbf{v}_n \in \mathbf{V}_{dn}}. \quad (4)$$

Модель агента – координатора. АК осуществляет выбор управления $\mathbf{u} = \langle \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N \rangle \in \mathbf{U}$, причем \mathbf{U} в задачах управления эксплуатацией является

дискретным пространством. Вектора \mathbf{u}_n , $n = \overline{1, N}$ являются координирующими сигналами для элементов нижнего уровня. В то же время управление \mathbf{u}_n (или часть компонентов этого вектора) непосредственно передается на обслуживаемые средства и воздействует на их техническое состояние. Так, если в качестве \mathbf{u}_n выступают сроки проведения ТО n -го элемента, то, с одной стороны, от этих сроков зависят решения АИ по выбору других параметров ТО (объема, программы проведения), а с другой – сроки проведения ТО являются одним из параметров, существенно влияющих на техническое состояние и показатели качества функционирования элементов нижнего уровня.

Состояние всей обслуживаемой системы характеризуется вектором $\mathbf{x} = \langle \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_N \rangle$, а реакция АИ на координирующий сигнал представляет собой для каждого значения \mathbf{u}_n отображение $\mathbf{V}_n(\mathbf{u}_n)$, которое в общем случае является многозначным. Для реальных систем размерность вектора состояния чрезвычайно велика. Особенностью иерархической системы управления является агрегирование информации, передаваемой на верхний уровень. Это означает, что АК интересуется не сами параметры \mathbf{x}_n , \mathbf{v}_n , а некоторые показатели, которые являются функциями от этих параметров.

Обозначим вектор показателей, характеризующих ситуацию на нижнем уровне, через

$$\Psi_0 = \Psi_0(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = \langle \Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_N \rangle, \quad (5)$$

где $\mathbf{v} = \langle \mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_N \rangle$;

$$\Psi_n = \Psi_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n) = \langle \psi_{n1}(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n), \dots, \psi_{nr_n}(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n) \rangle, \quad n = \overline{1, N}; \quad (6)$$

ψ_{ni} – i -й показатель, характеризующий функционирование n -го АИ, $i = \overline{1, r_n}$.

В общем случае в состав вектора показателей (6), и соответственно (5), могут входить характеристики состояния объектов обслуживания, значения вектора управлений АИ, целевые функции элементов нижнего уровня, другие показатели качества функционирования.

Цели АК при выборе конкретного управления могут быть разбиты на две группы:

1. Обеспечение координируемости двухуровневой системы управления.
2. Оптимизация показателей качества функционирования системы.

Рассматриваемая система будет координируемой, если принимаемые в ней решения обеспечивают выполнение обслуживаемыми средствами целевых задач и могут быть реализованы при имеющихся ресурсах.

Обозначим через \mathbf{X}_0 область допустимых состояний координируемой системы. Тогда для реализации первой цели АК должен добиться, чтобы состояние системы принадлежало допустимому множеству \mathbf{X}_0 , т.е. выполнялось условие:

$$(\mathbf{u}, \mathbf{v}) \in \mathbf{D}, \quad (7)$$

где \mathbf{D} – область управлений, переводящих систему в одно из состояний множества \mathbf{X}_0 .

В силу того, что АК своими управлениями $\mathbf{u} = \langle \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N \rangle$ воздействует и на выбор АИ, и непосредственно на состояние объектов обслуживания, зададим область \mathbf{D} с помощью следующих двух групп ограничений:

$$\mathbf{H}_0(\Psi_0(\mathbf{u}, \mathbf{v}), \omega_{II}) \geq \mathbf{h}_0(\omega_{II}), \quad (8)$$

$$\mathbf{H}'_0(\Psi_0(\mathbf{u}, \mathbf{v}), \mathbf{u}, \mathbf{x}, \omega_{II}) \geq \mathbf{h}'_0(\omega_{II}), \quad (9)$$

где $\mathbf{H}_0(\cdot)$, $\mathbf{H}'_0(\cdot)$ – векторные функционалы; \mathbf{h}_0 , \mathbf{h}'_0 – вектора.

Оптимизационная задача АК заключается в максимизации векторного показателя

$$\mathbf{J}_0(\Psi_0(\mathbf{u}, \mathbf{v}), \omega_{II}) = \langle J_{01}(\Psi_0), J_{02}(\Psi_0), \dots, J_{0m_0}(\Psi_0) \rangle \rightarrow \underset{\mathbf{u} \in \mathbf{U}_d}{\text{max}}, \quad (10)$$

где

$$\mathbf{U}_d = \{ \{ \mathbf{u} \mid (\mathbf{u}, \mathbf{v}) \in \mathbf{D}, \quad \forall \mathbf{v} \in \mathbf{V}(\mathbf{u}) \} \}. \quad (11)$$

Считаем, что рассматриваемая иерархическая система имеет веерную структуру, т.е. элементы нижнего уровня функционируют независимо друг от друга, а их взаимодействие учитывается АК при выработке управляющих воздействий. С учетом этого факта

$$\mathbf{V}(\mathbf{u}) = \prod_{n=1}^N \mathbf{V}_n(\mathbf{u}_n), \quad \text{а } \mathbf{U}_d = \prod_{n=1}^N \mathbf{U}_{dn},$$

где $\mathbf{U}_{dn} = \{ \mathbf{u}_n \mid (\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n) \in \mathbf{D}_n, \quad \forall \mathbf{v}_n \in \mathbf{V}_n(\mathbf{u}_n) \}$; \mathbf{D}_n является множеством управлений $(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n)$, таких, что $\langle (\mathbf{u}_1, \mathbf{v}_1), \dots, (\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n), \dots, (\mathbf{u}_N, \mathbf{v}_N) \rangle \in \mathbf{D}$, $n = \overline{1, N}$.

Так же, как при описании принципов выбора АИ, полагаем, что в процессе решения задачи на верхнем уровне формируется результирующий показатель. Обозначим его через $\Phi_0(\mathbf{J}_0(\Psi_0)) = \Phi_0(\Psi_0)$. Тогда предпочтения АК при выборе управлений отражаются стремлением максимизировать этот функционал:

$$\Phi_0(\mathbf{J}_0(\Psi_0)) = \Phi_0(\Psi_0) \rightarrow \underset{\mathbf{u} \in \mathbf{U}_d}{\text{max}}. \quad (12)$$

Условия согласуемости интересов АК и АИ. Для того, чтобы система управления, в которой интересы отдельных элементов не совпадают, могла функционировать, должно быть обеспечено определенное согласование этих интересов.

Определение. Интересы АК и n-го АИ согласуемы, если

$$\mathbf{B}_n(\mathbf{u}_n^*) = \mathbf{P}_n^{\mathbf{V}}(\mathbf{u}_n^*) \cap \mathbf{R}_n(\mathbf{u}_n^*) \neq \emptyset, \quad (13)$$

$$\mathbf{v}_n^*(\mathbf{u}_n^*) \in \mathbf{B}_n(\mathbf{u}_n^*). \quad (14)$$

В соотношениях (13), (14) используются обозначения:

\mathbf{u}_n^* , \mathbf{v}_n^* – компонент оптимального решения задачи (11)-(12);

$\mathbf{P}_n^{\mathbf{V}}(\mathbf{u}_n^*)$ – множество эффективных точек (множество Парето) задачи многокритериальной оптимизации элемента нижнего уровня

$$\mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n)) = \langle J_{n1}(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n)), \dots, J_{nm_n}(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n)) \rangle \rightarrow \underset{\mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n) \in \mathbf{V}_{dn}(\mathbf{u}_n)}{\text{max}}$$

при управлении АК $\mathbf{u}_n = \mathbf{u}_n^*$;

$\mathbf{R}_n(\mathbf{u}_n) = \{ \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n) | (\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n)) \in \mathbf{D}_n \}$ – множество управлений УЭ, являющихся компонентами управлений в системе, переводящих ее в область допустимых состояний.

Таким образом, интересы АК и АИ согласуемы, если оптимальное с точки зрения интересов всей системы управление для этого АИ \mathbf{v}_n^* принадлежит множеству удовлетворяющих глобальным ограничениям эффективных решений локальной задачи элемента нижнего уровня при зафиксированном управлении АК $\mathbf{u}_n = \mathbf{u}_n^*$.

При записи выражения (17) предполагалось, что верхняя грань функционала Φ_0 в рассматриваемой области достижима. Кроме того, анализ согласуемости интересов элементов проводится при фиксированных значениях $\mathbf{x}_n, \omega_{Эn}, \omega_{П}$ поэтому для упрощения записей зависимость от этих векторов не показывается.

Иерархическую систему, в которой условия (15), (16) выполняются для всех N элементов нижнего уровня, будем называть согласуемой. В согласуемой системе элементы нижнего уровня при фиксированном управлении АК не могут улучшить значения никакой из своих целевых функций по сравнению с оптимальным для всей системы значением этой функции без ухудшения значения какой-либо другой целевой функции.

Достаточное условие согласования интересов системы определяется следующим утверждением.

Утверждение. Пусть $((\mathbf{u}_n^*, \mathbf{v}_n^*(\mathbf{u}_n^*)) = \langle (\mathbf{u}_1^*, \mathbf{v}_1^*(\mathbf{u}_1^*)), \dots, (\mathbf{u}_N^*, \mathbf{v}_N^*(\mathbf{u}_N^*)) \rangle$ – оптимальное решение задачи координации (11), (12), множества $\mathbf{B}_n(\mathbf{u}_n^*)$ ($n = \overline{1, N}$) не пусты, а функционал $\Phi_0(\Psi_0)$ удовлетворяет условию монотонности

$$\Psi_0^1 \geq \Psi_0^2 \Rightarrow \Phi_0(\Psi_0^1) > \Phi_0(\Psi_0^2).$$

Тогда для того, чтобы $\mathbf{v}_n^*(\mathbf{u}_n^*) \in \mathbf{B}_n(\mathbf{u}_n^*)$, достаточно выполнения равенств:

$$\Psi_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n) = \mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n)), \quad (n = \overline{1, N}).$$

Доказательство утверждения для сокращения изложения здесь не приводится.

При выполнении условий утверждения АК может обеспечить согласование интересов элементов системы в случае, когда элементы нижнего уровня в качестве показателей, передаваемых на верхний уровень в составе заявок на ТО, используют значение своих целевых функций из множества эффективных решений при каждом возможном управлении АК.

Заключение. Таким образом, общая задача принятия решений по управлению эксплуатацией сложных пространственно распределенных систем может быть сведена к совокупности частных оптимизационных задач агентов-исполнителей и агента-координатора, связанных установленными процедурами информационного обмена. Причем, локальные задачи АИ могут решаться параллельно. Достоинством проведенной таким образом декомпозиции является соответствие формальных построений содержательному смыслу координационного управления эксплуатацией сложных систем. В частности, использование в задаче АК в качестве параметров, отражающих ситуацию на нижнем уровне, показателей качества АИ, органично согласуется со смыслом координационного выбора, поскольку именно в значениях этих показателей концентрируется информация о степени воздействия принимаемых в центре решений на ТС элементов системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зеленцов В.А., Ковалев А.П. Анализ существующих подходов к прогнозированию показателей долговечности стартового комплекса как сложной системы // Двойные технологии. – 2000. – № 1. – С. 20-22.
2. Ефремов А.С., Зеленцов В.А., Миронов А.С., Уласень С.Н. Прогнозирование остаточного ресурса коммутационного оборудования // Вестник связи. – 2004. – № 4. – С. 93-99.
3. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы // Новости искусственного интеллекта. – 1997. – № 1. – С. 15-30.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 340 с.
5. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. – М.: Наука, 1976. – 328 с.

Зеленцов Вячеслав Алексеевич

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук.

E-mail: zvambler@rambler.ru.

199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия В.О., 39.

Тел.: +78123280103.

Ведущий научный сотрудник; д.т.н.; профессор.

Zelentsov Viacheslav Alexeevich

St. Petersburg Institute of Informatics and Automation of the RAS.

E-mail: zvambler@rambler.ru.

14 Linia, 39, SPIIRAS, St. Petersburg, 199178, Russia.

Phone: +78123280103.

The Leading Scientific Employee; Sc. Eng; Dr.; Professor.

УДК 519.816.

А.Н. Мальшева

АДДИТИВНЫЕ ПОЛЕЗНОСТИ В ТЕОРИИ ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВ

Рассматриваются вопросы принятия решений в условиях риска на основе теории максимизации ожидаемой полезности. Приведен обзор развития фундаментальных основ теории полезности и аксиом полезности. Описаны теоретические основы максимизации ожидаемого блага путем введения риска в качестве переменной, в частности, теория В. Крелли. Рассмотрены аддитивные полезности: ожидаемая, общественная, абсолютная, порядковая.

Принятие решений; аддитивная полезность; теория максимизация; ожидаемая полезность; абсолютная полезность; порядковая полезность; общественная полезность; показатель энтропии.

A.N. Malysheva

**ADDITIVE UTILITY IN THE THEORY OF THE CHOICE
OF ALTERNATIVES**

Questions of decision-making in the conditions of risk on the basis of the theory of maximization of expected utility are considered. The review of development of fundamental bases of the theory of utility and utility axioms is resulted. Are described theoretical bases of maximization of the expected blessing by risk introduction in quality a feather-mennoj, in particular, V. Krelli's theory. Are considered additive utility: expected, public, absolute, serial.

Decision-making; additive utility; maximization; expected utility; absolute utility; serial utility; public utility; an entropy indicator.