

УДК 681.518.5

В.А. ЗЕЛЕНЦОВ¹, В.А. ЗАСЛАВСКИЙ²¹Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Россия²Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Украина

ЗАДАЧИ ИЕРАРХИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются модели принятия решений в двухуровневой иерархической системе управления эксплуатацией территориально-распределенных систем. Согласование решений осуществляется в рамках разработанной процедуры, в которой для каждого элемента нижнего уровня конструируется локальная задача векторной оптимизации и решение, согласованное для всей системы, ищется на множествах Парето - оптимальных решений локальных задач. Применение предложенной процедуры позволяет также существенно снизить объемы информационного обмена между управляющими элементами и центром.

Ключевые слова: управление эксплуатацией, иерархические системы, теоретико-игровые модели, многокритериальная оптимизация, согласование решений.

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, при принятии решений необходимо учитывать информацию: о характеристиках средств измерений и обработки; о функциональной взаимосвязи элементов, о загрузке системы целевыми задачами; о наличии материальных и людских ресурсов для проведения технических обслуживаний (ТО) и ремонтов; об условиях применения систем на интервале управления.

Полностью централизованные сбор и обработка всей информации, и 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 частичная децентрализация управления, передача части полномочий по принятию решений «на места», где находится необходимая информация.

Децентрализация приводит к образованию двухуровневой иерархической системы управления, на верхнем уровне которой один элемент – центр, на нижнем уровне – управляющие элементы (УЭ), находящиеся в местах расположения пространственно распределенных элементов.

Функции управления распределяются между элементами следующим образом. На нижнем уровне осуществляется оперативная обработка инфор-

мации о ТС, ее агрегирование, формирование заявок на техническое обслуживание (ТО) в виде рекомендаций о желательных сроках, объемах ТО, о требуемых для этого ресурсах, о программах (планах) ТО. На верхнем уровне центром на основе анализа заявок на ТО, целевых задач, условий применения систем по назначению, возможностей вывода элементов из системы для проведения ТО, наличия общесистемных ресурсов и средств ТО, принимаются решения о конкретных сроках вывода элементов системы на ТО.

Децентрализация, способствуя уменьшению неопределенности в информации о ТС и условиях эксплуатации, приводит к появлению неопределенности, связанной с самостоятельными действиями УЭ, поскольку их интересы при принятии решений могут не совпадать полностью с интересами системы в целом. Принятие решений в этих условиях требует привлечения методических подходов, основанных на теоретико-игровом анализе иерархических систем управления [1 – 4]. При этом важнейшими вопросами, подлежащими исследованию, являются:

- разработка моделей принятия решений центром и УЭ, и 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.

1. Модель элемента нижнего уровня

Пусть: \mathbf{x}_n - вектор состояния элемента;
 $\mathbf{w}_n = \langle \mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n \rangle$ - вектор управлений элемента, при-

чем \mathbf{v}_n - вектор управлений, вырабатываемых УЭ нижнего уровня, а \mathbf{u}_n - вектор управляющих (координирующих) сигналов центра, $n = \overline{1, N}$; $\boldsymbol{\omega}$ - вектор внешних воздействий на систему;

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

$$\mathbf{J}_n(\mathbf{x}_n, \mathbf{w}_n, \boldsymbol{\omega}) = \langle J_{n1}, \dots, J_{nm_n} \rangle, \\ J_{ni} = J_{ni}(\mathbf{x}_n, \mathbf{w}_n, \boldsymbol{\omega}).$$

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 $\boldsymbol{\Omega} = \{\boldsymbol{\omega}\}$ воздействий внешней среды может быть разбито на два подмножества, $\boldsymbol{\Omega} = \boldsymbol{\Omega}_I \cup \boldsymbol{\Omega}_Y$, где $\boldsymbol{\Omega}_I = \{\boldsymbol{\omega}_I\}$ - подмножество векторов, характеризующих условия применения систем, а $\boldsymbol{\Omega}_Y = \{\boldsymbol{\omega}_Y\}$ подмножество векторов, характеризующих условия эксплуатации (климатические условия, численность и квалификация персонала, и т.д.), $\boldsymbol{\Omega}_Y = \prod_{n=1}^N \boldsymbol{\Omega}_{Yn}$, где $\boldsymbol{\Omega}_{Yn} = \{\boldsymbol{\omega}_{Yn}\}$ - множество векторов, характеризующих условия эксплуатации в месте расположения n -го элемента.

В задачах управления эксплуатацией естественно полагать, что взаимосвязи между элементами нижнего уровня учитываются центром, а элементы функционируют независимо. Иерархические системы с независимо функционирующими элементами нижнего уровня обычно называют системами с верной структурой [1].

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

$$\mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n, \mathbf{x}_n, \boldsymbol{\omega}_{Yn}) \rightarrow \underset{\mathbf{v}_n \in \mathbf{V}_{dn}}{\text{'max'}}, \quad (1)$$

где обозначение 'max' означает что требуется максимизировать m_n частных показателей J_{ni} , $i = \overline{1, m_n}$. Множество допустимых управлений \mathbf{V}_{dn} будем задавать с помощью ограничений

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

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

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

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.

Решение задачи многокритериальной оптимизации (1) - (3) при необходимости выбора единственной альтернативы должно сопровождаться формированием результирующего отношения предпочтения

$$\Phi_n(J_{n1}, J_{n2}, \dots, J_{nm_n}) \rightarrow \max_{\mathbf{v}_n \in \mathbf{V}_{dn}}. \quad (4)$$

2. Модель центра

В центре осуществляется выбор управления $\mathbf{u} = \langle \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N \rangle \in U$, причем U в задачах управления эксплуатацией является дискретным пространством. Необходимо отметить, что центр, выбирая свои параметры, использует их в качестве координирующих сигналов для элементов нижнего уровня, влияя тем самым на выбор УЭ, что определяет степень достижения цели центром. То есть центр достигает своих целей опосредованно через воздействия на УЭ нижнего уровня. Вектора \mathbf{u}_n , $n = \overline{1, N}$ являются, таким образом, 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 УЭ по выбору других параметров ТО (объема, программы проведения), а с другой - сроки проведения ТО являются одним из параметров, непосредственно влияющих на техническое состояние и показатели качества элементов нижнего уровня.

Для принятия решения по выбору конкретных значений \mathbf{u} центру необходима информация о ситуации на нижнем уровне, а именно, информация о ТС обслуживаемых элементов, о возможной реакции УЭ на те или иные управляющие воздействия, а также о характеристиках внешних воздействий на систему на интервале управления.

Состояние всей обслуживаемой системы характеризуется вектором $\bar{\mathbf{b}} = \langle \bar{\mathbf{b}}_1, \bar{\mathbf{b}}_2, \dots, \bar{\mathbf{b}}_N \rangle$. Для реальных систем его размерность чрезвычайно велика. Особенностью иерархической системы управления является агрегирование информации, передаваемой на верхний уровень. Это означает, что центр интересуется не сами параметры $\bar{\mathbf{b}}_n$, \mathbf{v}_n , а некоторые по-

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

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

Ψ_{ni} - i -й показатель, характеризующий функционирование n -го элемента, $i = \overline{1, r_n}$.

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

Цели центра 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 $\tilde{\mathbf{O}}_0$ область допустимых состояний координируемой системы. Тогда для реализации первой цели центр должен добиться, чтобы состояние системы принадлежало допустимому множеству $\tilde{\mathbf{O}}_0$, т.е. выполнялось условие $(\mathbf{u}, \mathbf{v}) \in \mathbf{D}$, где \mathbf{D} - область управлений, переводящих систему в одно из состояний множества $\tilde{\mathbf{O}}_0$.

В силу того, что центр своими управлениями $\mathbf{u} = \langle \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N \rangle$ воздействует и на выбор УЭ, и непосредственно на состояние объектов обслуживания, зададим область \mathbf{D} с помощью следующих двух групп глобальных (относящихся ко всей системе) ограничений:

$$\mathbf{H}_0(\Psi_0(\mathbf{u}, \mathbf{v}), \omega_1) \geq \mathbf{h}_0(\omega_1); \quad (7)$$

$$\mathbf{H}'_0(\Psi_0(\mathbf{u}, \mathbf{v}), \mathbf{u}, \delta, \omega_1) \geq \mathbf{h}'_0(\omega_1), \quad (8)$$

где вектор $\omega_1 \in \Omega_1$ характеризует условия применения системы на интервале принятия решений центром.

Оптимизационная задача центра заключается в максимизации векторного показателя

$$\mathbf{J}_0(\Psi_0(\mathbf{u}, \mathbf{v}), \omega_1) \rightarrow \max_{\mathbf{u} \in \mathbf{U}_d},$$

где $\mathbf{U}_d = \{(\mathbf{u} | (\mathbf{u}, \mathbf{v}) \in \mathbf{D}, \forall \mathbf{v} \in \mathbf{V}(\mathbf{u}))\}$.

С учетом того факта, что рассматриваемая иерархическая система имеет веерную структуру,

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

где $\mathbf{U}_{dn} = \{(\mathbf{u}_n | (\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n) \in \mathbf{D}_n \forall \mathbf{v}_n \in \mathbf{V}_n(\mathbf{u}_n)\}$; \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 элементами нижнего уровня, полагаем, что в процессе решения задачи центром формируется результирующий показатель $\Phi_0(\mathbf{J}_0(\Psi_0)) = \Phi_0(\Psi_0)$. Тогда предпочтения центра при выборе управлений отражаются стремлением максимизировать этот функционал:

$$\Phi_0(\mathbf{J}_0(\Psi_0)) = \Phi_0(\Psi_0) \rightarrow \max_{\mathbf{u} \in \mathbf{U}_d}. \quad (9)$$

3. Взаимодействие между центром и УЭ

Взаимодействие центра и УЭ происходит в ходе обмена информацией, необходимой для принятия решений, а также содержащей результаты решения. Структура информационного обмена зависит от очередности решения задач по управлению эксплуатацией на элементах системы. В данном случае центр оперирует с категориями общесистемных интересов, связанных с выполнением целевого предназначения обслуживаемой системы, и поэтому имеет приоритет перед УЭ нижнего уровня. Центр первым выбирает координирующий сигнал $\langle \mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N \rangle$, который он сообщает УЭ нижнего уровня (каждому УЭ – его компонент \mathbf{u}_n). Множество выбора каждого n -го элемента нижнего уровня в связи с этим будет иметь вид $\mathbf{V}_n(\mathbf{u}_n)$, $n = \overline{1, N}$. На этом множестве УЭ производит выбор, руководствуясь своими отношениями предпочтения.

Однако для принятия решения центру необходима информация о влиянии того или иного варианта его выбора на ТС обслуживаемых средств, на выбор, осуществляемый УЭ, и в конечном итоге, на значения показателей качества функционирования центра. Это означает, что этапу принятия решений центром должен предшествовать этап формирования данных, содержащих сведения о прогнозируемом отклике УЭ на управление центра.

Поэтому на первом этапе управления (этапе формирования данных) на нижнем уровне решается задача определения и передачи центру вектора показателей, характеризующих прогнозируемый от-

клик элементов нижнего уровня на координирующие воздействия центра. Отметим, что в терминологии работ [2, 3] таким образом реализуется встречающаяся процедура формирования данных. На втором этапе (этапе принятия решений центром) на основе полученной от УЭ и имеющейся в центре информации на верхнем уровне решается задача (9) и результат ее решения в виде оптимальных значений $\mathbf{u}^* = \langle \mathbf{u}_1^*, \mathbf{u}_2^*, \dots, \mathbf{u}_N^* \rangle$ передается на нижний уровень. На третьем этапе (этапе принятия решений УЭ) элементы нижнего уровня конкретизируют свои планы для $\mathbf{u}_n = \mathbf{u}_n^*$. Наконец, на четвертом этапе анализируются реальные значения показателей ψ_n^p , достигнутые в результате реализации управлений $\mathbf{u}_n^*, \mathbf{v}_n^*(\mathbf{u}_n^*)$ и формируются данные для принятия решений центром на следующем интервале.

4. Условия согласуемости центра и УЭ

Для того, чтобы система управления, в которой интересы отдельных элементов не совпадают, могла функционировать, должно быть обеспечено определенное согласование этих интересов. Элементарное условие согласования, которое можно интерпретировать как условие неантагонистичности интересов центра и элементов нижнего уровня, представляется в виде $\mathbf{D} \neq \emptyset$.

Условие неантагонистичности интересов для рассматриваемой системы является естественным. Практический интерес представляет следующее определение согласуемости:

Интересы центра и n-го элемента нижнего уровня согласуемы, если

$$\mathbf{B}_n(\mathbf{u}_n^*) = \mathbf{P}_n^V(\mathbf{u}_n^*) \cap \mathbf{R}_n(\mathbf{u}_n^*) \neq \emptyset; \quad (10)$$

$$\mathbf{v}_n^*(\mathbf{u}_n^*) \in \mathbf{B}_n(\mathbf{u}_n^*), \quad (11)$$

где $\mathbf{u}_n^*, \mathbf{v}_n^*$ - компонент оптимального решения задачи (9); $\mathbf{P}_n^V(\mathbf{u}_n^*)$ - множество эффективных точек (множество Парето) задачи многокритериальной оптимизации элемента нижнего уровня

$$\mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n)) \rightarrow \max_{\mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n) \in \mathbf{V}_{dn}(\mathbf{u}_n)} \quad (12)$$

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

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

То есть, интересы центра и УЭ согласуемы, если оптимальное с точки зрения интересов всей системы управление для этого УЭ \mathbf{v}_n^* принадлежит

множеству удовлетворяющих глобальным ограничениям эффективных решений локальной задачи элемента нижнего уровня при зафиксированном управлении центра $\mathbf{u}_n = \mathbf{u}_n^*$.

При записи выражения (12) предполагалось, что верхняя грань функционала Φ_0 в рассматриваемой области достижима. Кроме того, анализ согласуемости интересов элементов проводится при фиксированных значениях $\mathbf{x}_n, \omega_{\dot{Y}_n}, \omega_{\dot{I}}$, 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 центра 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 (9), множества $\mathbf{B}_n(\mathbf{u}_n^*)$ ($n = \overline{1, N}$) не пусты, а функционал $\Phi_0(\Psi_0)$ удовлетворяет условию монотонности

$$\Psi_0^1 \geq \Psi_0^2 \Rightarrow \Phi_0(\Psi_0^1) > \Phi_0(\Psi_0^2) \quad (13)$$

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

$$\Psi_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n) = \mathbf{J}_n(\mathbf{u}_n, \mathbf{v}_n(\mathbf{u}_n)), \quad (n = \overline{1, N}) \quad (14)$$

При выполнении условий утверждения центр 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 центра.

Заключение

Таким образом, задача управления эксплуатацией пространственно распределенной технической системы может рассматриваться как задача координационного выбора в двухуровневой иерархической системе управления. Применение теоретико-игровых подходов позволяет свести ее к совокупности частных оптимизационных задач УЭ и центра, причем локальные задачи УЭ могут решаться параллельно. Согласование решений, принимаемых элементами иерархической системы, достигается в

рамках разработанной процедуры, в которой для каждого элемента конструируется локальная задача векторной оптимизации и решение, оптимальное для всей системы, ищется в пределах множеств Парето - оптимальных решений локальных задач.

Применение этой процедуры позволяет также существенно снизить объемы информационного обмена между УЭ и центром, поскольку в этом случае нет необходимости передавать в центр большие массивы данных о ТС, передаются лишь значения показателей из множеств Парето-оптимальных решений.

Дополнительным достоинством проведенной таким образом декомпозиции общей задачи является соответствие формальных построений содержательному смыслу управления эксплуатацией. В частности, использование в задаче центра в качестве параметров, отражающих ситуацию на нижнем уровне, показателей качества функционирования УЭ, органично согласуется со смыслом координационного выбора, поскольку именно в значениях этих показателей концентрируется информация о степени воздействия принимаемых в центре решений на ТС обслуживаемых элементов.

Исследования по рассматриваемой тематике проводились при финансовой поддержке РФФИ (гранты 10-07-00311, 10-07-90407).

Литература

1. Горелик В.А. Анализ конфликтных ситуаций в системах управления / В.А. Горелик, М.А. Горелов, А.Ф. Кононенко. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.
2. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев. – М.: Наука, 1981. – 383 с.
3. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем / В.Н. Бурков. – М.: Наука, 1977. – 255 с.
4. Алиев Р.А. Методы и алгоритмы координации в промышленных системах управления / Р.А. Алиев, М.И. Либерзон. – М.: Радио и связь, 1987. – 208 с.
5. Волкович В.Л. Модели и методы оптимизации надежности сложных систем / В.Л. Волкович, А.Ф. Волошин, В.А. Заславский, И.А. Ушаков; под ред. В.С. Михалевича. – К.: Наук. думка. – 312 с.

Поступила в редакцию 26.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ЗАВДАННЯ ІЄРАРХІЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

В.О. Зеленцов, В.А. Заславський

Розглядаються моделі ухвалення рішень в дворівневій ієрархічній системі управління експлуатацією територіально-розподілених систем. Узгодження рішень здійснюється в межах розробленої процедури, в якій для кожного елементу нижнього рівня конструється локальне завдання векторної оптимізації і рішення, узгоджене для всієї системи, шукається на множині Парето-оптимальних рішень локальних завдань. Застосування запропонованої процедури дозволяє також істотно зменшити об'єми інформаційного обміну між елементами, що управляють, і центром.

Ключові слова: керування експлуатацією, ієрархічні системи, теоретико-ігрові моделі, багатокритерійна оптимізація, узгодження рішень.

HIERARCHICAL MAINTENANCE CONTROL PROBLEMS OF THE COMPLEX SYSTEMS

V.A. Zelentsov, V.A. Zaslavsky

Decision-making models in a two-level hierarchical maintenance control system of spatially distributed systems are presented. The coordination of decisions is made by developed procedure in which for each element the local multicriteria optimizations problem is designed, and the optimum decision for system is defined within of Pareto - optimum decisions of local problems. Application of proposed procedure allows to significantly decrease volume of information exchange between controlling elements and center.

Keywords: maintenance control, hierarchical systems, game-theoretic models, multicriteria optimization, the coordination of decisions.

Зеленцов Вячеслав Алексеевич – д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, руководитель Научно-консультативного центра космических информационных систем и технологий, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: zvambler@rambler.ru.

Заславский Владимир Анатольевич – д-р техн. наук, профессор кафедры математической информатики факультета кибернетики Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина, e-mail: zas@unicyb.kiev.ua.