

ЗАДАЧА НАЗНАЧЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ ЗАПРОСОВ НА ПРОВЕДЕНИЕ СЕАНСОВ СВЯЗИ С КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Е.П. Сохранный

ФГУП ЦНИИмаш, 141070, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4

sep@mcc.rsa.ru

Для разрешения конфликтных ситуаций предлагается использование приоритетов запросов на проведение сеансов связи с космическим аппаратом. Поскольку численные соотношения между характеристиками факторов, влияющими на разрешение конфликтных ситуаций, и значениями приоритетов запросов отсутствуют, рекомендуется поэтапная заблаговременная подготовка исходных данных для решения задачи назначения приоритетов. Рассматриваются иерархическая структура факторов (данных), влияющих на разрешение конфликтных ситуаций, матрицы отношений, формируемые по результатам экспертного опроса, и матрицы сравнений элементов иерархической структуры, формируемые на основании матриц отношений. Разработана схема формирования значений элементов матрицы сравнений. Представлена полученная возможность формализации и автоматизации последующих этапов решения задачи, на которых рассчитываются значения весовых коэффициентов элементов иерархической структуры и значения приоритетов запросов. Показано, что использование численных значений приоритетов запросов, обеспечение требуемых показателей качества экспертной группы и согласованности экспертных оценок позволяют повысить оперативность принятия и обосновать решения по разрешению конфликтных ситуаций.

Ключевые слова: космический аппарат, конфликтная ситуация, иерархическая структура, приоритет запроса

Ссылка для цитирования: Сохранный Е.П. Задача назначения приоритетов запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 4. С. 98–105. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-4-98-105

Важность решения задачи назначения приоритетов запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения обусловлена необходимостью разрешения возможных конфликтных ситуаций по задействованию средств, возникающих при необходимости использования ресурсов одних и тех же средств в одно и то же время для работы с различными космическими аппаратами. Отсутствие, а также принятие несвоевременных и необоснованных решений по разрешению конфликтных ситуаций могут привести к дезорганизации управления космическим аппаратом, орбитальной группировки космических аппаратов, потере управления и самого космического аппарата, что обуславливает повышенные требования к оперативности принятия и обеспечению обоснованности принимаемых решений [1]. Существующие программные средства [2, 3] позволяют осуществлять автоматизированное планирование применения средств управления космическими аппаратами при отсутствии конфликтных ситуаций, а при их возникновении — только обнаружение. Известные классические способы планирования, в том числе основанные на теории расписаний, теории массового обслуживания, линейного программирования [4–6], не могут быть применены из-за особенностей управления космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения по зонам радиовидимости космических аппаратов средствами управления и в соответствии с технологическими циклами

управления (ТЦУ) космическими аппаратами, что обуславливает необходимость разработки оригинального специального программного обеспечения, особенно при возникновении конфликтных ситуаций. В различных источниках [7–10] предлагаются варианты разрешения конфликтных ситуаций с учетом отдельных факторов, однако их комплексный учет, а также численные оценки важности конфликтующих запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами на основании комплексного учета факторов отсутствуют, что и обуславливает необходимость решения задачи назначения приоритетов запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами.

Цель работы

Целью работы является описание подготовки исходных данных для решения задачи назначения приоритетов запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения.

Материалы и методы

Исходными данными для решения поставленной задачи служат иерархическая структура факторов (данных), влияющих на разрешение конфликтных ситуаций, матрицы отношений, формируемые по результатам экспертного опроса, матрицы сравнений элементов иерархической структуры, формируемые на основании матриц отношений.

Подготовка исходных данных включает в себя следующие этапы:

- 1) формирование экспертной группы;
- 2) проведение инструктажа экспертной группы по разработке иерархической структуры данных поставленной задачи; формирование иерархической структуры;
- 3) разработку опросных листов для получения экспертных оценок по относительной важности элементов иерархической структуры;
- 4) формирование матриц отношений;
- 5) формирование матриц сравнений.

1. Формирование экспертной группы

Экспертная группа должна быть представлена независимыми специалистами с опытом работы в области управления различными космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения, планирования задействования наземных средств космических аппаратов и с опытом разрешения конфликтных ситуаций по задействованию наземных средств управления при обеспечении управления этими космическими аппаратами.

Важное значение имеет количество специалистов в экспертной группе. В общем, численность экспертной группы зависит от требований к точности результатов экспертизы и допустимой трудоемкости оценочных процедур [11]. При недостатке экспертов появляется излишнее влияние оценки каждого эксперта на общий результат, что увеличивает недостоверность групповой оценки, а при большом их числе возникают трудности в выработке единого (консолидированного) мнения экспертной группы.

Рациональное увеличение доверительной вероятности результатов экспертной оценки определяем условием

$$\frac{dP}{dn} \geq 1, \quad (1)$$

где P — доверительная вероятность экспертной оценки; n — количество экспертов.

Условие (1) определяет верхнюю границу диапазона, в рамках которого обеспечивается преобладающий рост доверительной вероятности экспертной оценки относительно увеличения количества экспертов в группе.

Аналогично можно определить верхнюю границу диапазона количества экспертов в группе, определяющую максимально допустимое количество экспертов, превышение которого не приводит к требуемому увеличению вероятности экспертной оценки:

$$\frac{dP}{dn} \geq k, \quad (2)$$

где k — критерий, определяющий цену увеличения количества экспертов в группе; значение k задает руководитель экспертной группы.

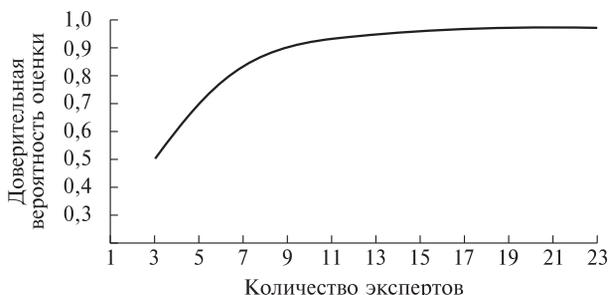


Рис. 1. Зависимость доверительной вероятности результатов экспертной оценки от количества экспертов в группе
Fig. 1. Dependence of the confidence level of the expert assessment results on the number of experts in the group

По графику (рис. 1) [12] можно определить, что увеличение количества экспертов в группе, удовлетворяющее условию (1), ограничено числом 7, а увеличение числа экспертов более 20 практически не повышает доверительной вероятности результатов экспертной оценки. Поэтому на практике рекомендуется не менее 7 и не более 20 экспертов в группе.

2. Инструктаж экспертной группы по разработке иерархической структуры, формирование иерархической структуры.

Перед проведением опроса экспертов руководитель экспертной группы проводит инструктаж, на котором подробно описывает рассматриваемую проблему и ставит задачу по разработке иерархической структуры.

Суть проблемы заключается в отсутствии аппарата, позволяющего назначать приоритеты запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения. Основой для разработки такого аппарата является иерархическая структура факторов (данных), влияющих на разрешение конфликтных ситуаций (приоритеты запросов). Иерархическая структура представляет собой ярусно-параллельный граф (ЯПГ), верхняя вершина которого отражает цель задачи — приоритет запроса на проведение сеанса связи с космическими аппаратами, нижерасположенные вершины отражают факторы, влияющие на приоритет.

Каждый элемент иерархической структуры имеет наименование, порядковый номер (p) среди элементов своего яруса (r) и весовой коэффициент (k_{pq}^r), отражающий его влияние (вес) на элемент (q) вышерасположенного яруса ($r-1$) с точки зрения приоритета запроса на проведение сеанса связи.

Более подробно процесс формирования иерархической структуры представлен в статье [1]. Предложенная в ней иерархическая структура может рассматриваться в качестве примера как исходная для разработки, которую можно корректировать в плане добавления/исключения

Т а б л и ц а 1

Матрица отношений для трех сравниваемых элементов
Relational matrix for three compared items

Левый элемент	Номер строки l	Степень превосходства									Правый элемент
		Абсолютное	Очень сильное	Сильное	Слабое	Равное	Слабое	Сильное	Очень сильное	Абсолютное	
		Номер столбца m									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
\mathcal{E}_i											\mathcal{E}_j
\mathcal{E}_1	1										\mathcal{E}_2
\mathcal{E}_1	2										\mathcal{E}_3
\mathcal{E}_2	3										\mathcal{E}_3

Примечание. $i = \overline{1, I-1}; j = i+1, i+2, \dots, I; m = \overline{1, M}$ ($M=9$ — количество отношений); $l = \overline{1, L}$ ($L = \frac{I(I-1)}{2}$ — количество строк матрицы отношений, равное количеству парных сравнений); I — количество элементов сравнения в данной группе

отдельных элементов, групп, ярусов и связей между ними для формирования модели иерархической структуры, адекватной условиям применения.

После получения данных экспертного опроса руководитель экспертной группы обобщает их и формирует обобщенную иерархическую структуру.

3. Разработка опросных листов для получения экспертных оценок по относительной важности элементов иерархической структуры.

При проведении экспертного опроса определяется степень превосходства (вес, важность) одних элементов над другими элементами группы (группами) одного яруса иерархической структуры по влиянию на элементы вышерасположенного яруса с точки зрения приоритета запроса на проведение сеанса связи. Для получения экспертных данных каждому эксперту на основании сформированной иерархической структуры разрабатываются опросные листы в виде матрицы отношений, аналогично представленной в табл. 1, для каждой группы (групп) сравниваемых элементов с учетом связей с элементами вышерасположенного яруса.

Количество матриц отношений на каждом ярусе иерархической структуры равно количеству связей группы (групп) сравниваемых элементов данного яруса с элементами вышерасположенного яруса иерархической структуры.

4. Формирование матриц отношений.

При формировании матриц отношений используются метод экспертного опроса, метод анализа иерархий и метод парных сравнений. Суждения о важности элементов иерархической структуры эксперты отражают в форме матрицы отношений, пример которой представлен в табл. 2, в крайних левом и правом столбцах матрицы расположены сравниваемые элементы: $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$ и т. д.

Суждения располагаются в ряд от одного крайнего значения (абсолютное превосходство) к равенству и затем вновь повышаются до второго крайнего значения. Эксперту требуется сравнить элементы в левом столбце с противостоящими элементами в правом столбце, поставив отметку в соответствующем его суждению поле. Если элемент из левого столбца \mathcal{E}_i превосходит элемент из правого столбца \mathcal{E}_j по влиянию на элемент вышерасположенного яруса с точки зрения приоритета сеанса связи, то отмечается (например, устанавливается равной единице) одна из позиций левее графы «Равное», в противном случае — правее данной графы, при равной важности — отметка в поле «Равное». Таким образом эксперты назначают степень качественного превосходства (качественные оценки) одних элементов группы (яруса), групп одного яруса над другими элементами этой же группы (яруса), группами этого же яруса иерархической структуры по влиянию на элементы или группы вышерасположенного яруса с точки зрения приоритета запроса.

Численные значения важности элементов оцениваются по шкале отношений (см. табл. 2), выбор которой основывается на склонности человека приводить в соответствие оттенки чувств с числами 1–9, а также способности проводить качественные разграничения пятью определенными: равный, слабый, сильный, очень сильный и абсолютный [13, 14]. При необходимости могут использоваться промежуточные компромиссные значения оценок, равные 2, 4, 6, 8.

Формально матрица отношений представляет собой множество S^o в виде

$$S^o = \{c_{lm}^{qh}\}, l = \overline{1, L}, m = \overline{1, M}, h = \overline{1, H}, q = \overline{1, Q}, (1)$$

Т а б л и ц а 2
Оценки шкалы отношений
Ratings Scales

Чис- ленное значение оценки	Значение качествен- ной оценки	Пояснение
1	Равная важность	Элементы имеют одинаковую важность, равный вклад в цель
3	Слабое, умеренное превосход- ство	Опыт и суждение дают легкое превосходство одного элемента над другим
5	Сильное, суще- ственное превосход- ство	Имеются надежные данные или логические суждения, чтобы показать предпочтительность одного из элементов
7	Значи- тельное превосход- ство	Убедительное свидетельство в пользу одного элемента перед другим, настолько сильное пред- почтение, что элемент становится практически значительным
9	Абсо- лютное превосход- ство	Свидетельства в пользу предпо- чтения одного элемента перед другим в высшей степени убеди- тельны

где q — номер вершины вышерасположенного яруса иерархической структуры, с которым связана вершина данного яруса; Q — количество вершин на вышерасположенном ярусе иерархической структуры; h — номер эксперта; H — количество экспертов.

Значения элементов матрицы отношений определяются скобкой (нотацией) Айверсона

$$c_{lm}^{qh} = \begin{cases} 1, & \text{если } o_{lm}^{qh} = o_m^t; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (2)$$

где o_{lm}^{qh} — значение качественной оценки h -го эксперта по m -му столбцу при сравнении элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j l -й строк по влиянию на элемент номер q вышерасположенного яруса; o_m^t — табличное значение качественной оценки по шкале отношений (см. табл. 2), $o_m^t \in O^t$; O^t — множество табличных оценок

$$O^t = \{o_m^t\}. \quad (3)$$

5. Формирование матриц сравнений.

При формировании матриц сравнений используется метод соответствий. Матрица сравнений $A = \{a_{ij}\}$ представляет собой квадратную матрицу размерности $I \times I$. Строки и столбцы матрицы сравнений соответствуют элементам рассматриваемой группы иерархической структуры. Элементами матрицы сравнений являются численные значения оценки (см. табл. 2), соответствующие степени превосходства элемента, стоящего в левом столбце матрицы сравнений, по отношению

к элементу, стоящему в верхней строке матрицы сравнений.

Матрицу сравнений A представляем в виде объединения подмножеств A^d :

$$A = \bigcup_{d=1}^3 A^d; \quad (4)$$

$$A^d = \{a_{ij}^d\}, \quad d = \overline{1, 3}, \quad (5)$$

где d — номер подмножества.

Числовые значения элементов матрицы сравнений формируются по следующим правилам:

– числовое значение, определенное по шкале отношений и соответствующее отмеченной позиции в строке матрицы отношений, заносится в поле матрицы сравнения, координатами которого являются номера сравниваемых элементов из левого и правого столбцов матрицы отношений рассматриваемой строки

$$A^1 = \{a_{ij}^1\} = \{b_m, m : c_{lm}^{qh} = 1, \varphi_2 : l \rightarrow i^1, j^1, \varphi_1 : m \rightarrow b_m\}; \quad (6)$$

– диагональ матрицы состоит из единиц, так как относительно самого себя элемент сравнения имеет такую же важность

$$A^2 = \{a_{ij}^2\} = \{1, i^2 = j^2\}; \quad (7)$$

– элементы подмножества A^3 обратно-симметричны элементам подмножества A^1 , то есть в позиции (i, j) подмножества A^3 должно стоять значение, обратное значению в позиции (j, i) подмножества A^1

$$A^3 = \{a_{ij}^3\} = \{1/b_m, i^3 = j^1, j^3 = i^1 : A^3 = A - \bigcup_{d=1,2} A^d\}; \quad (8)$$

где a_{ij}^d — численное значение сравнительной оценки элементов подмножества A^d с номерами (координатами) i и j ; i, j — номера сравниваемых элементов, соответствующие номерам строк и столбцов матрицы сравнений $(i, j = \overline{1, I})$, верхние индексы определяют принадлежность к подмножеству A^d ; b_m — табличное численное значение качественной оценки; m — номер оценки (столбца); $:$ — знак «такое, что»; \bigcup — знак объединения множеств; $\varphi_1 : M \rightarrow B$ — табличное соответствие (табл. 3) между множествами элементов M и B состоит из упорядоченных пар, каждая пара $(m, b_m) \in \varphi_1$ указывает на то, что элементу $m \in M$, для которого $c_{lm}^{qh} = 1$, соответствует элемент $b_m \in B$ при данном (табличном) соответствии φ_1

$$\varphi_1 : M \rightarrow B; \quad (9)$$

$\varphi_2 : L^c \rightarrow (I^1, J^1)$ — табличное соответствие (табл. 4)

Т а б л и ц а 3

Соответствие φ_1
Compliance φ_1

c_{lm}^{gh}	m	b_m
1	5	1
1	4, 6	3, 1/3
1	3, 7	5, 1/5
1	2, 8	7, 1/7
1	1, 9	9, 1/9

между множеством номеров строк (L^c) матрицы отношений и множеством координат (I^1, J^1) элементов матрицы сравнений (множеством номеров сравниваемых элементов), состоящее из упорядоченных пар, каждая пара $((l, (i^1, j^1)) \in \varphi_2$ указывает, что элементу $l \in L^c$ соответствует пара элементов $(i^1, j^1) \in N^3$ при данном (табличном) соответствии φ_2

$$\varphi_2: L^c \rightarrow (I^1, J^1), \quad (10)$$

где $L^c = \{1, 2, \dots, L\}$ — множество номеров строк матрицы отношений; $N^3 = \{1, 2, \dots, I\}$ — множество номеров элементов сравнения.

Областью определения соответствия φ_1 является множество M номеров строк, для которых значения элементов матрицы отношений равны единице

$$D \text{ от } \varphi_1 = \{m \in M, m : c_{lm}^{gh} = 1, \exists b_m \in B : (m, b_m) \in \varphi_1\}. \quad (11)$$

Множеством значений соответствия φ_1 является множество B табличных числовых значений, соответствующих качественным оценкам экспертов, для которых $c_{lm}^{gh} = 1$

$$Im \varphi_1 = \{b_m \in B, m : c_{lm}^{gh} = 1, \exists m \in M : (m, b_m) \in \varphi_1\}, \quad (12)$$

где $B = \{1, 3, 5, 7, 9\}$; \in — знак «содержится в» (принадлежность элемента множеству); \exists — квантор: существует по меньшей мере один элемент...; \rightarrow — символ однонаправленного следования; c_{lm}^{gh} — признак совпадения оценки эксперта и табличной оценки строки l столбца m матрицы отношений; l — номер строки матрицы отношений (номер парного сравнения, оценки).

Областью определения соответствия φ_2 является множество L^c номеров строк матрицы отношений

$$D \text{ от } \varphi_2 =$$

$$= \{l \in L^c : \exists (i^1, j^1) \in N^3 : (l, (i^1, j^1)) \in \varphi_2\}. \quad (13)$$

Множеством значений соответствия φ_2 является множество координат (I^1, J^1) элементов матрицы сравнений

Т а б л и ц а 4

Соответствие φ_2 для трех элементов сравнения
Correlation φ_2 for three comparison items

l	i^1	j^1
1	1	2
2	1	3
3	2	3

$$Im \varphi_2 = \{(i^1, j^1) \in N^3 : \exists l \in L^c : (l, (i^1, j^1)) \in \varphi_2\}. \quad (14)$$

Соответствие φ_2 определяется при построении матриц отношений и зависит от числа сравниваемых элементов.

Схема формирования элементов матрицы сравнений представлена на рис. 2.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты планируется использовать на последующих этапах автоматизированного решения задачи назначения приоритетов при расчете обобщенных значений весовых коэффициентов элементов иерархической структуры и значений приоритетов запросов для использования последних при разрешении конфликтных ситуаций по задействованию наземных средств управления.

Преимуществом предлагаемой подготовки исходных данных является возможность заблаговременной подготовки, т. е. до начала непосредственного расчета значений приоритетов запросов, что очень важно для повышения оперативности принимаемых решений по разрешению конфликтных ситуаций в условиях жестких временных ограничений и возрастающей трудоемкости процесса подготовки данных при увеличении состава орбитальной группировки космических аппаратов.

Выводы

1. Определены этапы подготовки исходных данных для решения задачи назначения приоритетов запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения и их содержание. В качестве исходных данных рассматриваются иерархическая структура факторов (данных), влияющих на разрешение конфликтных ситуаций (приоритеты запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами), матрицы отношений и матрицы сравнений элементов иерархической структуры.

2. Предложено математическое обоснование условий, определяющих диапазон выбора количества экспертов в группе, по которому обоснована

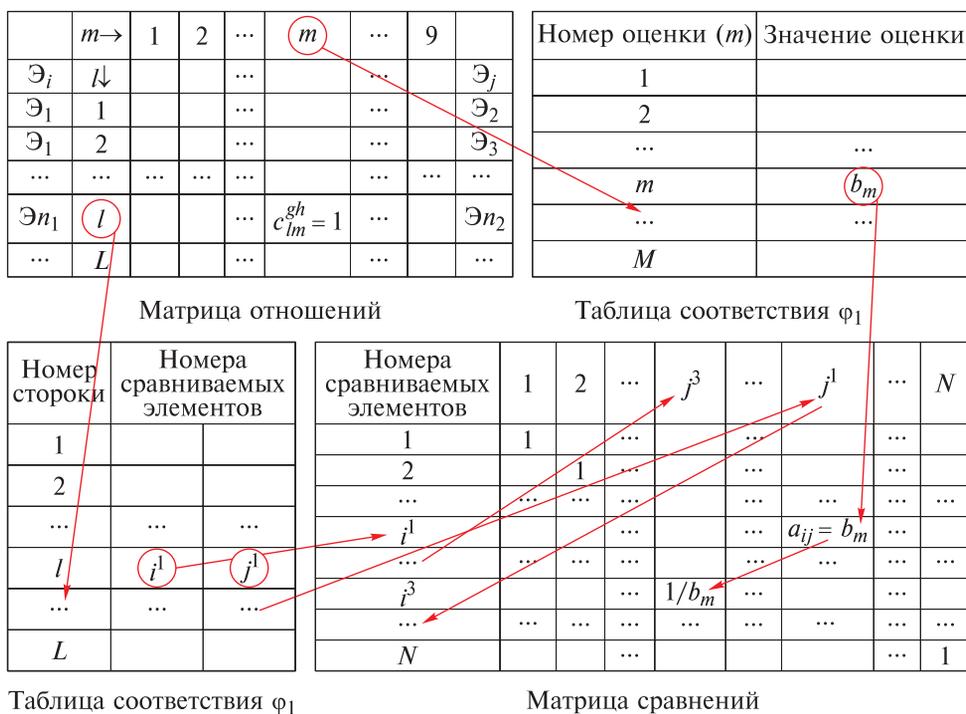


Рис. 2. Схема формирования элементов матрицы сравнений
 Fig. 2. Scheme of comparison matrix elements formation

рациональность состава экспертной группы в количестве от 7 до 20 чел.
 3. Предложено формальное представление исходных данных для решения задачи назначения приоритетов и процесса подготовки матриц сравнений, используемых на последующих этапах автоматизированного решения поставленной задачи.

Список литературы

[1] Вороновский В.В., Дудко А.Н., Матюшин М.М., Сохранный Е.П., Усиков С.Б., Сохранная А.Е. Задача назначения приоритетов запросов на проведение сеансов связи с космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения. Формирование иерархической структуры исходных данных // Космонавтика и ракетостроение, 2018. Вып. 1 (100). С. 89–99.
 [2] Кучеров Б.А. Программа ведения базы данных по состоянию средств наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения и измерений v.2.0.: Патент № 2015610757. Дата регистрации: 16.01.2015. Номер заявки: 2014661671. Дата подачи заявки: 18.11.2014. Правообладатели: ФГУП ЦНИИмаш.
 [3] Литвиненко А.О. Программный комплекс автоматизированного планирования задействования средств наземного автоматизированного комплекса управления // Тр. МАИ, 2016. № 86. С. 15.
 [4] Лазарев А.А. Алгоритмы в теории расписаний, основанные на необходимых условиях оптимальности // Исследования по прикладной математике, 1984. Вып. 10. С. 102–110.
 [5] Гурин Л.С., Дымарский Я.С., Меркулов А.Д. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов. М.: Советское радио, 1968. 463 с.

[6] Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложение. М.: Мир, 1965. 302 с.
 [7] Дудко А.Н., Кучеров Б.А., Литвиненко А.О., Сохранный Е.П. Метод планирования бесконфликтного задействования наземных технических средств при обеспечении управления группировкой космических аппаратов // Космонавтика и ракетостроение, 2014. № 1(74). С. 155–163.
 [8] Дудко А.Н., Кучеров Б.А., Литвиненко А.О., Овечко В.М., Паздников В.Ю., Сохранный Е.П. Способ разрешения конфликтных ситуаций при управлении полетами космических аппаратов. Патент РФ № 2566171. Правообладатели: ФГУП ЦНИИмаш. URL: <https://patentdb.ru/patent/2566171> (дата обращения 18.12.2018).
 [9] Алексахина А.А., Дудко А.Н., Кучеров Б.А., Литвиненко А.О., Хроменков А.С. Метод превентивного разрешения конфликтных ситуаций при планировании задействования средств управления космическими аппаратами // Космонавтика и ракетостроение, 2017. № 2(95). С. 46–54.
 [10] Поливников В.М. Распределение наземных средств управления космическими аппаратами методом последовательного исключения конфликтных ситуаций // VII науч.-техн. конф. Центра управления полетами, г. Королев, ЦНИИмаш, 4–7 апреля 2017. Королев: ЦНИИмаш, 2017. С. 292–296.
 [11] Менеджмент качества на современном предприятии / под ред. А.В. Владимирцева. СПб.: Ассоциация по сертификации «Русский Регистр», 2003. 422 с.
 [12] Марцынковский Д.А., Владимирцев А.В., Марцынковский О.А. Руководство по риск-менеджменту. С.Пб.: Береста, 2007. 330 с.
 [13] Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
 [14] Кацман В.Е., Косорукова И.В., Родин А.Ю., Харитонов С.В. Основы оценочной деятельности. М.: Университет «Синергия», 2012, 336 с.

Сведения об авторе

Сохраный Евгений Петрович — и. о. начальника лаборатории ФГУП ЦНИИмаш, sep@mcc.rsa.ru

Поступила в редакцию 19.04.2019.

Принята к публикации 15.07.2019.

ISSUE OF APPOINTING PRIORITIES FOR REQUESTS TO CARRY OUT COMMUNICATION SESSIONS WITH SPACECRAFTS

E.P. Sokhranniy

Central Research Institute for Machine Building (TSNIIMASH), 4, Pionerskaya st., 141005, Korolyov, Moscow reg., Russia
sep@mcc.rsa.ru.

To resolve conflicts, it is proposed to use the priorities of requests for conducting communication sessions with the spacecraft. Since there are no numerical relationships between the characteristics of factors affecting the solution of conflict situations and the priority values of requests, a phased early preparation of the initial data for solving the priority assignment problem is recommended. The hierarchical structure of factors (data) affecting the resolution of conflict situations, the matrix of relations formed by the results of an expert survey, and the matrix of comparisons of elements of the hierarchical structure formed on the basis of the matrix of relations are considered. A scheme has been developed for the formation of values of the elements of the comparison matrix. The obtained opportunity is presented to formalize and automate the subsequent stages of solving the problem, on which the values of the weight coefficients of the elements of the hierarchical structure and the values of the priorities of the queries are calculated. It is shown that the use of numerical values of query priorities, providing the required quality indicators of the expert group and the consistency of expert assessments can improve the efficiency of adoption and substantiate decisions to resolve conflict situations.

Keywords: spacecraft, conflicting situation, hierarchical structure, request priority

Suggested citation: Sokhranniy E.P. *Zadacha naznacheniya prioritov zaprosov na provedenie seansov svyazi s kosmicheskimi apparatami* [Issue of appointing priorities for requests to carry out communication sessions with spacecrafts]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 4, pp. 98–105.
DOI: 10.18698/2542-1468-2019-4-98-105

Reference

- [1] Voronovskiy V.V., Dudko A.N., Matyushin M.M., Sokhranniy E.P., Usikov S.B., Sokhrannaya A.E. *Zadacha naznacheniya prioritov zaprosov na provedenie seansov svyazi s kosmicheskimi apparatami nauchnogo i sotsial'no-ekonomicheskogo naznacheniya. Formirovanie ierarkhicheskoy struktury iskhodnykh dannykh* [The Task on Prioritizing Requests for Communication Sessions with Scientific and Social-Economic Spacecraft. Generation of Source Data Hierarchical Structure]. *Kosmonavtika i raketostroyeniye* [Cosmonautics and Rocket Engineering], 2018, v. 1 (100), pp. 89–99.
- [2] Kucherov B.A. *Programma vedeniya bazy dannykh po sostoyaniyu sredstv nazemnogo avtomatizirovannogo kompleksa upravleniya kosmicheskimi apparatami nauchnogo i sotsial'no-ekonomicheskogo naznacheniya i izmereniy v.2.0.* [Database Management SW for Status Control of Ground-Based Computer-Aided Complex Equipment Designed for Control of Scientific and Social-Economic Spacecraft and Measurements V. 2.0] Patent № 2015610757. Data registratsii: 16.01.2015. Nomer zayavki: 2014661671. Data podachi zayavki: 18.11.2014. Pravoobladateli: FGUP TsNIImash.
- [3] Kucherov B.A., Sokhranniy E.P., Drozdova E.V., Romanyugin D.V. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EVM № 2010611191. Programmy kompleksa operativnogo planirovaniya zadeystvovaniya sredstv nazemnogo avtomatizirovannogo kompleksa upravleniya kosmicheskimi apparatami nauchnogo i sotsial'no-ekonomicheskogo naznacheniya i izmereniy* [Certificate for State Registration of PC SW No. 2010611191. SW Complex for Timely Planning Operation of Ground-Based Computer-Aided Complex Designed for Control of Scientific and Social-Economic Spacecraft and Measurements], 2010.
- [4] Litvinenko A.O. *Programmy kompleksa avtomatizirovannogo planirovaniya zadeystvovaniya sredstv nazemnogo avtomatizirovannogo kompleksa upravleniya* [Software complex for automated planning of the use of ground-based automated control complex]. *Trudy MAI*, 2016, no. 86, p. 15.
- [5] Gurin L.S., Dymarskiy Ya.S., Merkulov A.D. *Zadachi i metody optimal'nogo raspredeleniya resursov* [Optimum Resources Allocation Tasks and Technique]. Moscow: Sovetskoe radio [Publication of Sovetskoye Radio Publ.], 1968, 463 p.
- [6] Kofman A., Kryuon R. *Massovoe obsluzhivanie. Teoriya i prilozhenie* [Queuing Theory, Theory and Applications]. Moscow: Mir, 1965, 302 p.
- [7] Dudko A.N., Kucherov B.A., Litvinenko A.O., Sokhranniy E.P. *Metod planirovaniya beskonfliktnogo zadeystvovaniya nazemnykh tekhnicheskikh sredstv pri obespechenii upravleniya gruppировкой kosmicheskikh apparatov* [Planning Technique for Conflict-Free Use of Ground-Based Equipment Designed for Spacecraft Constellation Control]. *Kosmonavtika i raketostroyeniye* [Publication «Cosmonautics and Rocket Engineering»], 2014, v. 1 (74), pp 155–163.
- [8] Dudko A.N., Kucherov B.A., Litvinenko A.O., Ovechko V.M., Pazdnikov V.Yu., Sokhranniy E.P. *Sposob razresheniya konfliktnykh situatsiy pri upravlenii poletami kosmicheskikh apparatov.* [Conflicting Situations Resolution Method Used in Spacecraft Mission Control Applications], Pat. Russian Federation no. 2566171. Patent RF № 2566171. Pravoobladateli: FGUP TsNIImash. Available at: <https://patentdb.ru/patent/2566171> (accessed 18.12.2018).

- [9] Aleksakhina A.A., Dudko A.N., Kucherov B.A., Litvinenko A.O., Khromenkov A.S. *Metod preventivnogo razresheniya konfliktnykh situatsiy pri planirovani zadeystvovaniya sredstv upravleniya kosmicheskimi apparatami* [Method for Preventive Resolution of Conflicting Situations when Planning the Use of Spacecraft Control Equipment]. *Kosmonavtika i raketostroyeniye* [Publication «Cosmonautics and Rocket Engineering»], 2017, v. 2 (95), pp 46–54.
- [10] Polivnikov V.M. *Raspredelenie nazemnykh sredstv upravleniya kosmicheskimi apparatami metodom posledovatel'nogo isklyucheniya konfliktnykh situatsiy* [Allocation of Ground-Based Equipment for Spacecraft Control Using the Method of Sequential Exclusion of Conflicting Situations]. VII nauchno-tehnicheskaya konferentsiya Tsentra upravleniya poletami, [The 7th Mission Control Center Science and Technology Conference TsNIImash]. Korolev, TsNIImash, 4–7 aprelya 2017. Korolev: TsNIImash, 2017, pp. 292–296.
- [11] *Menedzhment kachestva na sovremennom predpriyatii* [Modern Enterprise Quality Management]. Ed. A.V. Vladimirtsev. Saint Petersburg: Izdanie Assotsiatsii po sertifikatsii «Russkiy Registr» [Saint Petersburg, Publ. of Russkiy Registr Certification Association], 2003, 422 p.
- [12] Martsynkovskiy D.A., Vladimirtsev A.V., Martsynkovskiy O.A. *Rukovodstvo po risk-menedzhmentu* [Risk Management Guidance]. Sankt-Peterburg: Beresta, 2007, 330 p.
- [13] Saati T. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Decision Making. Hierarchy Analysis Method]. Moscow: Radio i svyaz', 1993, 278 p.
- [14] Katsman V.E., Kosorukova I.V., Rodin A.Yu., Kharitonov S.V. *Osnovy otsenochnoy deyatel'nosti* [Valuation Activities Baselines]. Moscow: University «Sinergiya», 2012, 336 p.

Author's information

Sokhranniy Evgeniy Petrovich — Deputy Head of Laboratory FGUP TSNIIMASH, sep@mcc.rsa.ru

Received 19.04.2019.

Accepted for publication 15.07.2019.