

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.29.2.028](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.028)

## Алгоритмы координации при управлении крупномасштабными проектами

Д.Е. Орлова<sup>1</sup>, В.А. Чертов<sup>1</sup>, С.И. Сигарев<sup>1</sup>, С.С. Кочедыков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный технический университет, Воронеж,  
Российская Федерация

<sup>2</sup>Воронежский институт ФСИН России, Воронеж Российская Федерация

**Резюме:** В статье решается задача разработки двух алгоритмов координации при управлении крупномасштабными проектами. Первый алгоритм предназначен для выбора целесообразного способа координации при управлении рассматриваемыми проектами. Алгоритм строится исходя из тезиса о том, что, чем выше угроза срыва выполнения плана проектных работ, тем выше должна быть степень централизации управления проектом, и, чем в ниже эта угроза, тем менее централизованной должно быть управление проектом. При таком подходе, выбор целесообразного способа координации фактически сводится к оценке уровня угрозы. Учитывая, что понятие «уровень» носит качественный характер, его предложено характеризовать функцией принадлежности к градациям: «очень высокий», «высокий», «средний», «низкий» и «нулевой», а для оценки текущего уровня угроз использовать меру близости Хемминга, в которой в качестве эталона принят нулевой уровень угроз. Второй алгоритм предназначен для выбора оптимальных координирующих решений по критерию минимума отклонения проекта от заданного целевого состояния. Его новизна и оригинальность заключается в том, что в отличие от обычного оптимизационного подхода, он построен на сочетании методов полного перебора и линейного программирования. Это дало возможность корректно учесть то обстоятельство, что координирующие и проектные решения неразрывно связаны друг с другом.

**Ключевые слова:** проект, координация, руководитель проекта, исполнитель проекта, функция принадлежности, алгоритм.

**Для цитирования:** Орлова Д.Е., Чертов В.А., Сигарев С.И., Кочедыков С.С. Алгоритмы координации при управлении крупномасштабными проектами. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(2). Доступно по: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/OrlovaSoavtors\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/OrlovaSoavtors_2_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.028

## Coordination algorithms for managing large-scale projects

D.E. Orlova<sup>1</sup>, V.A. Chertov<sup>1</sup>, S.I. Sigarev<sup>1</sup>, S.S. Kochedykov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation

<sup>2</sup>Voronezh Institute of the Federal penitentiary service of Russia, Voronezh Russian Federation

**Summary:** The article solves the problem of developing two coordination algorithms for managing large-scale projects. The first algorithm is designed to select the appropriate method of coordination when managing the projects under consideration. The algorithm is based on the thesis that the higher the threat of failure of the project plan, the higher the degree of centralization of project management should be, and the lower the threat, the less centralized the project management should be. With this approach, choosing the appropriate method of coordination actually comes down to assessing the threat level. Given that the concept of "level" is of a qualitative nature, it is proposed to characterize it by the function of belonging to gradations: "very high", "high", "medium", "low", and "zero", and to evaluate the current threat level, use the measure of hemming proximity, which uses the zero threat level as a reference. The second algorithm is designed to select optimal coordinating solutions based on the

criterion of minimum deviation of the project from the specified target state. Its novelty and originality lies in the fact that, unlike the usual optimization approach, it is built on a combination of methods of full iteration and linear programming. This made it possible to correctly take into account the fact that coordinating and design solutions are inextricably linked with each other.

**Keywords:** project, coordination, project Manager, project performer, membership function, algorithm.

**For citation:** Orlova D.E., Chertov V.A., Sigarev S.I., Kochedykov S.S. Coordination algorithms for managing large-scale projects. *Modeling, optimization and information technologies*. 2020;8(2). Available by: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/OrlovaSoavtors\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/OrlovaSoavtors_2_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.028 (In Russ).

## Введение

Крупномасштабными будем называть проекты строительного, экологического, производственного, социального и иного профиля, состоящие из достаточно большого количества составных частей, исполнители которых уполномочены самостоятельно формировать цели и критерии принятия локальных проектных решений [1-3]. Принципиальным здесь является то, что эти цели и критерии могут не совпадать с интересами всего проекта, вследствие чего возникают неантагонистические конфликты между исполнителями составных частей проекта и руководителем проекта. Конечно, эти конфликты можно ликвидировать в приказном порядке, но тогда все функции по принятию проектных решений должен взять на себя руководитель проекта, исключив из этого процесса исполнителей. Так обычно и поступают в случаях относительно простых проектов, при управлении которыми руководитель принимает на себя функцию принятия всех проектных решений, оставляя исполнителям лишь функции их реализации. В случае крупномасштабных проектов имеет место обратная ситуация, когда руководитель проекта физически не способен принимать в одиночку все проектные решения, и он вынужден делегировать эти функции исполнителям, оставив за собой функцию координатора.

Таким образом, проблема координации при управлении крупномасштабными проектами возникает как своеобразная плата за децентрализацию процесса управления, или как реакция на расчленение целостного проекта на составные части [4,5].

Цель статьи заключается в разработке алгоритмов, позволяющих изыскивать такой компромисс во взаимоотношениях руководителя проекта и исполнителей его составных частей, при котором сохраняется определенная автономия исполнителей при принятии ими проектных решений, и одновременно минимизируется угроза срыва общего плана выполнения проектных работ.

## Постановка и формализация задачи

Введем следующие обозначения: -  $N$  – количество составных частей проекта;  $m_i (i = \overline{1, N})$  - локальные проектные решения, которые принимают исполнители составных частей проекта;  $\lambda_{ji} (j = \overline{1, J})$  – координирующие решения, которые принимает руководитель проекта по отношению к локальным проектным решениям;  $q_i (m_i, \lambda_{ji})$  – нормированные функции  $q_i (m_i, \lambda_{ji}) = [0, 1]$ , характеризующие целевые эффективности выполнения составных частей проекта, соответствующие принятым проектным  $m_i$  и координирующим  $\lambda_{ji}$  решениям;  $Q(q_i (m_i, \lambda_{ji}))$  – нормированная функция  $Q(q_i (m_i, \lambda_{ji})) = [0, 1]$ , характеризующая целевую эффективность выполнения всего проекта в целом в зависимости от эффективностей частей проекта.

Для определенности будем исходить из того, что задачи управления, решаемые исполнителями проектов, сводятся к тому, чтобы (при фиксированных координирующих решениях) принять такие локальные проектные решения, которые минимизируют отклонения их проектных циклов от заданных целевых состояний. При этом задача руководителя проектом будет заключаться в том, чтобы на основании информации о характере рассогласования локальных проектных решений принять и довести до исполнителей такие координирующие решения, которые помогут им скорректировать свои решения так, чтобы соблюдались интересы всего проекта.

В своем формальном выражении такой комплекс задач в общем виде сводится к совместному достижению следующих целевых функций [6]:

- для исполнителей составных частей проекта

$$\delta_i \left[ q_i(m_i, \lambda_{ji}) \right]_{\lambda_{ji} = \text{const}} \rightarrow \min_{m_i \in M_i} \quad (i = \overline{1, N}), \quad (1)$$

где  $\delta_i(\dots)$  – функции, характеризующие отклонение частных проектных циклов от заданных целевых состояний;  $M_i$  – общий перечень допустимых вариантов проектных решений, имеющих в распоряжении у конкретного исполнителя;

- для руководителя проекта.

$$\delta \left[ Q(q_i(m_i, \lambda_{ji})) \right] \rightarrow \min_{\lambda_{ji} \in A}, \quad (2)$$

где  $\delta(\dots)$  – функция, характеризующая отклонение всего проекта от заданного целевого состояния;  $A$  – область допустимых вариантов координирующих решений..

Очевидно, что в таком виде сформулированная задача не имеет конструктивных решений, поскольку не определен вид функций  $\delta_i(\dots)$ ,  $\delta(\dots)$ ,  $q_i(m_i, \lambda_{ji})$ ,  $Q(q_i(m_i, \lambda_{ji}))$  и не установлены приоритеты между интересами руководителя проекта и исполнителями его составных частей.

Для устранения этой определенности примем следующие допущения:

а) будем полагать, что функции  $\delta_i(\dots)$ ,  $\delta(\dots)$ ,  $q_i(m_i, \lambda_{ji})$  и  $Q(q_i(m_i, \lambda_{ji}))$  линейны относительно своих аргументов;

б) будем считать, что исполнители частей проекта принимают проектные решения  $m_i$  независимо друг от друга, а реально существующие связи между ними учитываются при принятии координирующих решений  $\lambda_{ji}$ ;

в) координирующие решения  $\lambda_{ji} (j = \overline{1, J})$  будем трактовать как коэффициенты, влияющие на значения целевых функций (1) и (2), и принимающие значения  $\left[ \overline{0, 1} \right]$ , при этом «0» соответствует автономному принятию проектных решений без всякой координации, а «1» – прямому управлению исполнителями, предельному варианту жесткой координации.

г) интересы руководителя доминируют над интересами исполнителей составных частей проекта, то есть результаты деятельности последних не должны выходить за рамки установленных свыше ограничений.

С учетом сделанных допущений задача координации сводится к поиску таких значений  $\lambda_{ji}$ , при которых

$$\min \delta = \min \left[ \frac{1}{NJ} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^N (1 - q_i(m_i) \lambda_{ji}) \right], \quad (3)$$

при ограничениях:

$$\min \left[ 1 - q_i(m_i) \lambda_{ji} \right]_{\lambda_{ji} = \text{const}} \leq \delta_i^*, (i = \overline{1, N}), \quad (4)$$

где  $\delta_i^*$  - минимально допустимые отклонения результатов принятия проектных решений от установленных норм.

При решении этой задачи возникают трудности двух планов. Первая трудность связана с необходимостью преодоления ее большой размерности. Так, например, всего при десяти составных частях проекта и пяти градациях коэффициентов  $\lambda_{ji}$ , имеем десять ограничений типа (4) и  $5^{10}$  (9765625) возможных комбинаций значений  $\lambda_{ji}$ , что при любом методе оптимизации выливается в огромное количество вычислений. Вторая трудность, связана с тем, что в (3) и (4) не учтены, так называемые, факторы окружения проекта, которые могут кардинальным образом влиять на выбор координирующих управлений руководителем проекта. Для преодоления указанных трудностей предлагается разбить общую задачу выбора координирующих решений на две задачи: выбора целесообразного способа координации соотносясь с возможными факторами окружения проекта и собственно выбора значений в  $\lambda_{ji}$  учетом выбранного способа координации.

#### **Алгоритм выбора целесообразного способа координации**

На практике координация при управлении проектами рассматриваемого типа реализуется с помощью специальных способов, регламентирующих взаимоотношения между руководителем проекта и исполнителями его составных частей. Следуя [76], будем выделять пять способов координации, которые применительно к нашему случаю интерпретируются следующим образом.

Первый способ – «крайне мягкая координация» когда руководитель проекта анализирует факторы окружения проекты, прогнозирует тенденции их развития и сообщает исполнителям информацию о возможных угрозах и неприятностях, а последние самостоятельно действуют с учетом этой информации.

Второй способ – «мягкая координация», когда руководитель проекта не вмешивается в деятельность исполнителей, отдавая им «на откуп» вопросы принятия проектных решений, ограничиваясь постановкой задач и оценкой результатов их выполнения.

Третий способ – «средняя координация», когда руководитель проекта объединяет исполнителей проекта в группы по общности решаемых задач и используемых технологий, и предоставляет им возможность самостоятельно действовать в составе группы, оставляя за собой право корректировать групповое поведение.

Четвертый способ – «жесткая координация», когда руководитель проекта четко разделяет полномочия и функции исполнителей, а последние самостоятельно действуют в рамках отпущенных им полномочий, выполняя указания руководителя.

Пятый способ – «крайне жесткая координация», когда руководитель проекта отдает команды исполнителям, а они принимают эти команды к неукоснительному исполнению.

При выборе целесообразного способа координации (из числа перечисленных) предлагается использовать известный из практики тезис о том, что, чем выше угроза срыва выполнения плана проектных работ, тем выше должна быть степень централизации управления проектом, и, чем в ниже эта угроза, тем менее централизованной должно быть управление проектом [12,15]. Практическая реализация этого тезиса применительно к нашему случаю раскрывается в таблице 1.

Таблица 1

**Соответствие способа координации и уровня угрозы срыва выполнения проекта**

Уровень угрозы срыва выполнения плана проектных работ	Целесообразный способ координации
Очень высокий	«крайне жесткая координация» (1)
Высокий	«жесткая координация» (2)
Средний	«средняя координация» (3)
Низкий	«мягкая координация» (4)
Нулевой	«крайне мягкая координация» (5)

При таком подходе, выбор целесообразного способа координации фактически сводится к оценке угрозы срыва выполнения плана проектных работ. Исходя из того, что, как правило, такие оценки выражаются не числами, а понятиями, предлагается оценивать этот уровень нечеткой близостью к некоторому эталону, в качестве которого естественно принять нулевой уровень угрозы, а в качестве меры близости использовать формулу [7]:

$$S = \frac{1}{5N} \left[ \sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1}^5 |1 - \mu_{ij}| \right) \right], \quad S = [0, 1], \quad (5)$$

где  $\mu_{ij} (\mu_{ij} = [0, 1])$  – функции принадлежности нечеткого понятия «уровень угрозы срыва выполнения плана проектных работ» к градациям: «нулевой» ( $j = 1$ ), «низкий» ( $j = 2$ ), «средний» ( $j = 3$ ), «высокий» ( $j = 4$ ) и «очень высокий» ( $j = 5$ ).

Разделим оценочную шкалу величины  $S [0, 1]$  на пять равных частей (по числу возможных способов координации). Тогда для выбора целесообразного способа координации при управлении проектами рассматриваемого типа можно использовать следующую импликацию:

$$\begin{cases} \text{если } (0,00 \leq S \leq 0,17), \text{ то способ } (1); \\ \text{если } (0,17 < S \leq 0,34), \text{ то способ } (2); \\ \text{если } (0,51 < S \leq 0,68), \text{ то способ } (3); \\ \text{если } (0,68 < S \leq 0,85), \text{ то способ } (4); \\ \text{если } (0,85 < S \leq 1,00), \text{ то способ } (5). \end{cases} \quad (6)$$

Для определения функции принадлежности  $\mu_{ij} (\mu_{ij} = [0, 1])$  предлагается использовать графоаналитический метод [7-11], который сводится к тому, что вначале выдвигается некоторая правдоподобная гипотеза относительно характера зависимости  $\mu_{ij}$  от  $j$ . Затем, отталкиваясь от этой гипотезы, строятся графики зависимости  $\mu_{ij}$ , по которым определяется конкретное значение функции принадлежности. Для примера рассмотрим предельно упрощенный случай, когда координация осуществляется одним исполнителем проектных работ и правдоподобной считается следующая гипотеза [13-15]: а) уровень взаимоотношения между координатором и исполнителем определяется принятым стилем руководства – доверительный, авторитарный, неопределенный; б) при любом стиле руководства зависимость  $\mu$  от  $j$  есть линейная функция, такая, что при доверительном стиле  $\mu_1 = 1$ , а  $\mu_5 = 0$ , при авторитарном –  $\mu_1 = 0$ , а  $\mu_5 = 1$ , при неопределенном –  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_5 = 0,5$ .

Графики функции принадлежности  $\mu_j$ , соответствующие этой гипотезе, представлены на рисунке 1.

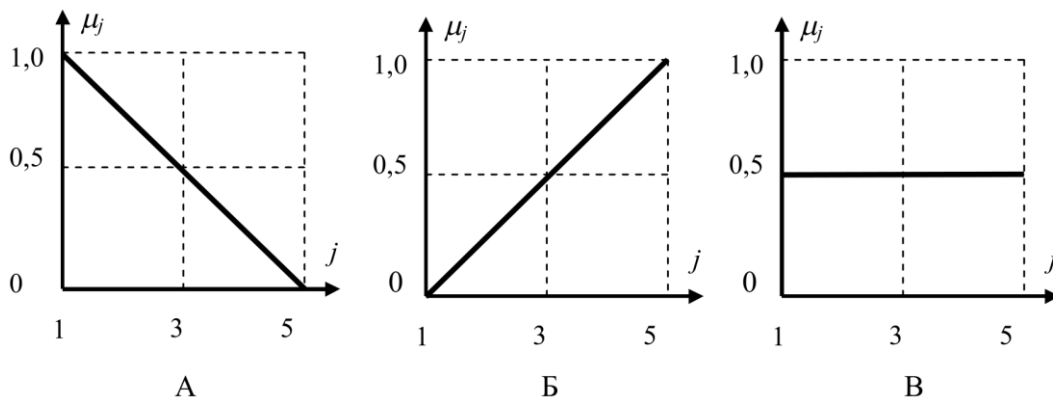


Рисунок 1 – Вид функции принадлежности  $\mu_j$  для типовых стилей руководства:  
А – доверительный, Б – авторитарный, В – неопределенный (пример)  
Figure 1 – View of the accessory function  $\mu_j$  for typical guide styles:  
А – confidential, Б – authoritarian, В – uncertain (example)

Преимущество графоаналитического метода по сравнению с традиционным экспертным методом сводится к двум основным аспектам. Во-первых, он менее трудоемок, поскольку не связан с проблемами подбора экспертов, согласования их мнений и статистической обработкой материала. Во-вторых, он допускает оперативную корректировку функций принадлежности по результатам компьютерных экспериментов, что открывает путь к построению самообучающихся алгоритмов поддержки принятия координирующих решений. В этом плане следует отметить, что в случае недостатка априорной информации рекомендуется начинать построение функций принадлежности с наиболее простых форм, а именно – линейных (как это проиллюстрировано на приведенном выше примере), кусочно-линейных и квадратичных. В дальнейшем на этапе практического использования алгоритма их формы могут быть уточнены.

После выбора способа координации с целью сокращения возможных комбинаций значений  $\lambda_{ji}$ , представляется возможным выбрать соответствующие диапазоны этой величины. Для этого используем импликацию следующего вида:

$$\begin{cases} \text{если, способ (1), то } \lambda_{ji} = 0; \\ \text{если, способ (2), то } (0 < \lambda_{ji} \leq 0,33); \\ \text{если, способ (3), то } (0,33 < \lambda_{ji} \leq 0,66); \\ \text{если, способ (4), то } (0,66 < \lambda_{ji} < 1); \\ \text{если, способ (5), то } \lambda_{ji} = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Изложенные выше соображения позволили разработать алгоритм выбора целесообразного способа координации при управлении крупномасштабными проектами. В соответствие с этим алгоритмом поставленная задача решается пошагово.

*Шаг 1.* Готовим исходные данные, для чего определяем количество координируемых исполнителей проекта ( $N$ ), устанавливаем стиль руководства, принятый в данном объединении – доверительный, авторитарный, неопределенный, по градациям таблицы 1 устанавливаем ожидаемый уровень угроз.

*Шаг 2.* С помощью графоаналитического метода определяем функции принадлежности  $\mu_{ij}$ .

*Шаг 3.* Используя формулу (5), рассчитываем величину  $S$ , характеризующую «близость» уровня угрозы срыва плана выполнения проекта к эталону – нулевому уровню.

*Шаг 4.* Применяя импликацию (6), по величине  $S$  выбираем целесообразный механизм координации – путем прогнозирования, путем постановки задач, путем объединения, путем разграничения полномочий полномочиями или путем прямого управления.

*Шаг 5.* Применяя импликацию (7) находим диапазоны изменения коэффициента координации  $\lambda_{ji}$ .

### **Алгоритм выбора оптимальных координирующих решений**

Для решения задачи предлагается использовать комбинацию методов полного перебора и линейного программирования. В этом случае поиск значений коэффициентов  $\lambda_{ji}$  достигается путем реализации алгоритма, Суть которого заключается в пошаговом выполнении следующих операций.

*Шаг 1.* Задаемся всеми величинами, входящими в (3)-(4), градуируем диапазон измерения величин  $\lambda_{ji}$ , например, через одну десятых долей единицы, и получаем  $5^3$  (125) вариантов комбинаций значений величин  $\lambda_{ji}$ .

*Шаг 2.* Все варианты нумеруем по порядку, из всего множества возможных комбинаций выбираем первый по порядку вариант и запоминаем значения  $\lambda_{ji}$ .

*Шаг 3.* При заданных значениях  $\lambda_{ji}$  методом линейного программирования [10] решаем задачу (3) при ограничениях (4) и запоминаем полученные значения  $\delta$

*Шаг 4.* Выбираем следующий по порядку вариант комбинации значений величин  $\lambda_{ji}$  и переходим к шагу 3

Такой цикл повторяем  $5^3$  раз, то есть до тех пор, пока не переберем все возможные комбинации значений величин  $\lambda_{ji}$

*Шаг 6.* Из всех вариантов значений величин  $\lambda_{ji}$  выбираем тот, при котором обеспечивается наименьшее значение величины  $\delta$ .

### **Заключение**

В статье дано описание двух алгоритмов поддержки принятия координирующих решений при управлении крупномасштабными проектами. Первый алгоритм предназначен для выбора целесообразного способа координации при управлении рассматриваемыми проектами. Его новизна и оригинальность заключается в том, что в отличие от существующих эвристических аналогов, он построен на базе операций с нечеткими множествами, что позволяет более адекватно учесть характер взаимоотношений между руководителем проекта и исполнителями его составных частей.

Второй алгоритм предназначен для выбора оптимальных координирующих решений по критерию минимума отклонения проекта от заданного целевого состояния. Его новизна и оригинальность заключается в том, что в отличие от обычного оптимизационного подхода, он построен на сочетании методов полного перебора и линейного программирования. Это дало возможность корректно учесть то обстоятельство, что координирующие и проектные решения неразрывно связаны друг с другом. В принципе в этом алгоритме допускается использование нелинейных методов

оптимизации и замены полного перебора алгоритмами градиентного спуска. Однако такая модификация значительно усложнит вычислительный процесс и потребует достаточно трудоемких доказательств сходимости алгоритма. Алгоритмы могут найти практическое применение при создании компьютерных систем поддержки принятия координирующих решений в самых различных проблемных областях, в которых имеет место конфликт интересов [12-14].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Новосельцев В.И. Системный анализ: современные концепции. Воронеж: Изд-во «Кварта». 2004:320.
2. Мильнер Б.З. Теория организации: Учебник. М.: ИНФРА-М. 2002:480.
3. Организации: управление, конфликты, кризисы, риски: Учебное пособие. Под ред. С.А. Баркалова и В.И. Новосельцева. Воронеж: Научная книга. 2009:300.
4. Алиев Р.А., Либерзон М.И. Методы и алгоритмы координации в промышленных системах управления. М.: Наука. 1987:230.
5. Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир. 1973:260.
6. Модели управления конфликтами и рисками: Монография. Под ред. Д.А. Новикова. Воронеж: Научная книга. 2008:495.
7. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986:312.
8. Клигер С.А., Косолапов М.С., Толстова Ю.Н. Шкалирование при сборе и анализе социологической информации. М.: Наука. 1978:107.
9. Ядов В.А. Социологическое исследование: методология, программа, методы. Самара: Изд-во Самарского гос. ун-та. 1995:328.
10. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ Петербург. 2005:736.
11. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: Учебное пособие. М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний. 2006:316.
12. Новосельцев В.И., Кочедыков С.С., Орлова Д.Е. Тензорный анализ Крона и его приложения. Под ред. В.И. Новосельцева. Воронеж: ИПЦ «Научная книга». 2017:220.
13. Новосельцев В.И., Орлова Д.Е. Координационное управление как способ разрешения экономических конфликтов. *Актуальные проблемы инновационных систем информатизации и безопасности. Матер. международной научно-практической конф.* Воронеж, ВИВТ. 2014:434-436.
14. Новосельцев В.И., Орлова Д.Е. Особенности управления активной иерархической системой с нечетко заданными критериями. *Матер. всеросс. научно-технической конф., посвященной 95-летию войск связи – ВУНЦ ВВС «ВВА им. Жуковского и Гагарина».* Воронеж. 2014:256-260.
15. Orlova D.E. Novoseltsev V.I. Mathematical model and coordination algorithms for ensuring complex security of an organization. *Journal of Physics: Conference Series Current Problems. International Conference «Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems».* 2018:012042.

## REFERENCES

1. Novosel'tsev V.I. Sistemnyi analiz: sovremennye kontseptsii. Voronezh: Izd-vo «Kvarta». 2004:320.
2. Mil'ner B.Z. Teoriya organizatsii: Uchebnik. M.: INFRA-M. 2002:480.



3. Organizatsii: upravlenie, konflikty, krizisy, riski: Uchebnoe posobie/Pod red. S.A. Barkalova i V.I. Novosel'tseva. Voronezh: «Nauchnaya kniga». 2009:300.
4. Aliev R.A., Liberzon M.I. Metody i algoritmy koordinatsii v promyshlen-nykh sistemakh upravleniya. M.: Nauka. 1987:230.
5. Mesarovich M., Mako D., Takakhara Ya. Teoriya ierarkhicheskikh mnogourovnevnykh sistem. M.: Mir. 1973:260.
6. Modeli upravleniya konfliktami i riskami: Monografiya. Pod red. D.A. Novikova. Voronezh: Nauchnaya kniga. 2008:495.
7. Nechetkie mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta. Pod red. D.A. Pospelova. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit. 1986:312.
8. Kliger S.A., Kosolapov M.S., Tolstova Yu.N. Shkalirovanie pri sbore i analize sotsiologicheskoi informatsii. M.: Nauka. 1978:107.
9. Yadov V.A. Sotsiologicheskoe issledovanie: metodologiya, programma, metody. Samara: Izd-vo Samarskogo gos. un-ta. 1995:328.
10. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb: BKhV Peterburg. 2005:736.
11. Yakh"yaeva G.E. Nechetkie mnozhestva i neironnye seti: Uchebnoe posobie. M.: Internet-Universitet Informatsionnykh tekhnologii; BINOM. Laboratoriya znaniy. 2006:316.
12. Novosel'tsev V.I., Kochedykov S.S., Orlova D.E. Tenzornyy analiz Krona i ego prilozheniya. Pod red. V.I. Novosel'tseva. Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga». 2017:220.
13. Novosel'tsev V.I., Orlova D.E. Koordinatsionnoe upravlenie kak sposob razresheniya ekonomicheskikh konfliktov. Aktual'nye problemy innovatsionnykh sistem informatizatsii i bezopasnosti. Mater. mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. Voronezh, VIVT, 2014:434-436.
14. Novosel'tsev V.I., Orlova D.E. Osobennosti upravleniya aktivnoy ierarkhicheskoy sistemoy s nechetko zadannymi kriteriyami. Mater. vsross. nauchno-tekhnicheskoy konf., posvyashchennoy 95-letiyu voysk svyazi – VUNTs VVS «VVA im. Zhukovskogo i Gagarina». Voronezh. 2014:256-260.
15. Orlova D.E. Novosel'tsev V.I. Mathematical model and coordination algorithms for ensuring complex security of an organization. Journal of Physics: Conference Series Current Problems. International Conference «Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems». 2018:012042.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Орлова Дарья Евгеньевна**, адъюнкт кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация.  
*e-mail:* [dasha\\_scorobogat@mail.ru](mailto:dasha_scorobogat@mail.ru),  
[victor\\_novo@mail.ru](mailto:victor_novo@mail.ru)

**Darya Orlova**, Adjunct Of The Department Of Information Security Of Telecommunications Systems, Voronezh Institute Of The Federal Penitentiary Service Of Russia, Voronezh, Russian Federation.

**Чертов Вячеслав Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Воронежский государственный

**Vyacheslav A. Chertov**, Candidate Of Technical Sciences, Associate Professor Of The Department Of Technology, Construction Organization, Expertise And Property Management, Federal State Budgetary Educational Institution Of Higher Education «Voronezh State Technical University», Voronezh, Russian Federation.

технический университет», Воронеж,  
Российская Федерация.

*e-mail:* [cva.57@yandex.ru](mailto:cva.57@yandex.ru)

**Сигарев Станислав Игоревич**, аспирант  
кафедры технологии, организации  
строительства, экспертизы и управления  
недвижимостью, Федеральное  
государственное бюджетное образовательное  
учреждения высшего образования  
«Воронежский государственный технический  
университет» Воронеж, Российская  
Федерация.

*e-mail:* [cva.57@yandex.ru](mailto:cva.57@yandex.ru)

**Кочедыков Сергей Сергеевич**, кандидат  
технических наук, профессор, кафедры  
информационной безопасности  
телекоммуникационных систем,  
Воронежский институт ФСИН России,  
Воронеж, Российская Федерация.

*E-mail:* [infosec36@mail.ru](mailto:infosec36@mail.ru)

**Stanislav I. Sigarev**, Post-Graduate Student Of  
The Department Of Technology, Construction  
Organization, Expertise And Real Estate  
Management, Federal State Budgetary  
Educational Institution Of Higher Education  
«Voronezh State Technical University»,  
Voronezh, Russian Federation.

**Sergey S. Kochedykov**, Candidate Of Technical  
Sciences, Professor, Department Of Information  
Security Of Telecommunications Systems,  
Voronezh Institute Of The Federal Penitentiary  
Service Of Russia, Voronezh, Russian  
Federation.