

*О.А. Рыбин<sup>1</sup>, А.А. Козлов<sup>2</sup>, Т.А. Козлов<sup>3</sup>*

*(<sup>1</sup>Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, <sup>2</sup>Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России, <sup>3</sup>Академия ГПС МЧС России; e-mail: oleg\_rybin65@mail.ru)*

## **О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГПН**

*Анализируются системные подходы к постановке формальной задачи проектирования организационных структур органов надзора субъекта Российской Федерации. Анализ направлен на обоснование метода поиска оптимального варианта организационной структуры надзорного органа.*

*Ключевые слова: системный анализ, экспертный подход.*

*O.A. Rybin, A.A. Kozlov, T.A. Kozlov*

## **ABOUT PROBLEM DEFINITION OF DESIGNING OF ORGANIZATIONAL STRUCTURES OF MANAGEMENT SYSTEMS OF STATE FIRE SUPERVISION**

*Analysis of systematic approach to formal task of designing organizational structures of supervision of subject of the Russian Federation is carried out. Analysis aims to study the method of finding the optimal variant of the organizational structure of the Supervisory Authority.*

*Key words: systems analysis, expert approach.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 9 сентября 2015 г.

Начавшиеся в нашей стране в конце XX века и продолжающиеся до сих пор социально-экономические преобразования поставили задачу разработки научной основы для реформирования надзорной деятельности, входящей в компетенцию МЧС России в целом, и, в частности, структуры государственного пожарного надзора.

С целью реализации указанных целей, поставлена задача внедрения новых подходов в работе надзорных органов, к их числу относятся и органы государственного пожарного надзора [1]. Все эти реформы предполагают реформирование и передачу части функций ГПН органам государственной власти субъекта.

Выполненный анализ показал, что задача перераспределения функций и задач между федеральными и субъектовыми органами власти актуальна. Однако решение данной задачи в настоящее время сдерживается отсутствием законодательных и экономических рычагов для реализации данной задачи, а также отсутствием и механизмов обоснования и оптимизации организационных структур подразделений **субъектовых органов надзора (СОН)** для осуществления государственного пожарного надзора [2].

Одновременно важной задачей является снижение затрат на обеспечение пожарной безопасности за счёт оптимизации и перераспределения полномочий и надзорных функций между организационными структурами субъектового уровня. Для её решения необходимо выполнение работы по совершенствованию научно-методического аппарата проектирования организационных структур на основе оптимизации и согласованного перераспределения выполняемых функций между организационными структурами различного уровня иерархии в условиях временных, количественных и стоимостных ограничений.

### **Общая постановка задачи проектирования организационных структур СОН**

Пусть варианты решений (альтернатив) проектирования *оргструктур (ОС) систем управления* ГПН (СУ) описываются набором (вектором) параметров  $S_n \in E^m$  размерности  $N_n$ , принимающим значения из множества  $S_n^\circ$ . Параметры  $S_n$  будем называть проектными в том случае, когда они детально описывают оргструктуру СУ на стадии её проектирования.

Используя модели функционирования ОС, можно провести анализ поведения альтернативных вариантов организации оргструктуры во времени и в пространстве. Сравнение результатов функционирования для всевозможных пар альтернатив из  $S_n^\circ$  определяется на множестве  $S_n^\circ$ : альтернатива  $S_{nx}$  эффективнее альтернативы  $S_{ny}$  тогда и только тогда, когда  $(S_{nx}, S_{ny}) \in \Phi$  или  $(S_{nx} \Phi S_{ny})$ , где  $\Phi$  – бинарное отношение.

Наиболее общей постановкой задачи проектирования ОС СУ является:  $S_n \rightarrow S_n^* = C(S_n)$ , где  $C(.)$  – некоторая функция выбора.

Так как всякая функция выбора может быть представлена, в конечном счете, в виде композиции нормальных функций выбора, то она в полной мере определяется совокупностью бинарных отношений на множестве  $S_n$ . Таким образом, язык бинарных отношений является наиболее приемлемым для решения задач проектирования СУ. Тогда под задачей проектирования ОС СУ будем понимать задачу выделения ядра – множества максимальных элементов из  $S_n^\circ$  по бинарному отношению  $\Phi$ :

$$S_n^\circ \rightarrow S_n^* = \max(S_n, \Phi), \quad (1)$$

где  $\Phi$  в общем случае имеет нечёткий характер.

Наличие нечеткости отношений предпочтения альтернатив связано со сложностью объекта проектирования, с невозможностью в ряде случаев полной централизации всех процессов сбора и обработки информации и принятия решений. Это определяет необходимость декомпозиции ОС СУ и этапную декомпозицию процесса проектирования.

Каждому этапу проектирования сопоставляется своя модель функционирования ОС СУ, а поэтапное усложнение задачи связано с расширением состава учитываемых в моделях параметров и их взаимосвязей. В итоге процесс проектирования приобретает иерархический характер.

Отношение  $\Phi$  порождается параметрическим семейством критериев сравнительной эффективности ОС  $W(S_n)$ .

Нечёткость и векторный характер эффективности оргструктур определяют особенности методов сравнительной эффективности методов сравнительной оценки эффективности альтернатив  $S_{ni} \in S_n^\circ$  организации ОС СУ. Наиболее эффективными в этом плане являются методы нечеткого дискриминантного анализа, игровые методы сравнительной оценки, оценки гомео статичности СУ, Учитывая векторный характер критериев эффективности, ОС СУ можно рассматривать три способа задания бинарных отношений  $\Phi$  на  $S_n^\circ$ :

$$\begin{aligned} S_{nx} \Phi_1 S_{ny} &\leftrightarrow W^l(S_{nx}) \geq W^l(S_{ny}), l = 1, m_n \\ S_{nx} \Phi_2 S_{ny} &\leftrightarrow W^l(S_{nx}) > W^l(S_{ny}), l = 1, m_n \\ S_{nx} \Phi_3 S_{ny} &\leftrightarrow W^l(S_{nx}) > W^l(S_{ny}), l = 1, m_n, W(S_{nx}) \neq W(S_{ny}), \end{aligned}$$

где  $m_n$  – число частных критериев в эффективности ОС.

Наиболее оптимальным в практических приложениях проектирования ОС СУ, как следует из работы [5], являются бинарные отношения Парето на конечные множества, то есть  $\Phi_3$ .

Трудности описания множества  $S_n^\circ$ , нечёткий характер бинарного отношения  $\Phi$  в задачах сравнительной оценки эффективности работы оргструктур заставляют использовать человеко-машинные процедуры принятия решения. Опираясь на неизвестные результаты по предъявлению бинарных отношений  $\Phi$  векторными критериями и теоремы о существовании седловых точек на множестве  $\Phi$ , указывающими на наличие во множестве  $S_n^\circ$  множества эффективных точек (оптимальных по Парето), утверждение о существовании решения уравнения (1) может быть получено из следующей теоремы:

Пусть  $\Phi\{(S_{nx}, S_{ny}) \in S_n^\circ | W(S_{nx}) - W(S_{ny}) \geq 0, W(S_{nx}) \neq W(S_{ny})\}$  – отношение Парето по векторному критерию  $W(\cdot): S_n^\circ \rightarrow E^m$ ; где  $S_n^\circ$  – компакт в  $E^N$ ;  $W(\cdot)$  – полунепрерывная сверху по  $S_n$  функция. Тогда решение уравнения (1) существует, то есть  $S_n^* \neq \emptyset$ .

Данная теорема определяет основные требования к выбору моделей функционирования ОС СУ на всех уровнях декомпозиции задачи проектирования. Сложности, связанные с выполнением этих требований, определяются нечеткостью отображения моделями реального соотношения альтернатив [6]. Подробно особенности учёта неопределённых факторов в процессах проектирования ОС СУ будут рассмотрены ниже.

Наиболее общим является случай, когда бинарное отношение  $\Phi$  представляет собой полный порядок, определяемый на множестве  $S_n^\circ$  скалярной функцией  $W(S_n)$  – критерием эффективности ОС СУ. Тогда задача оптимизации оргструктуры СУ состоит в отыскании

$$\begin{aligned} \text{Arg extr } W(S_n); \\ S_n \in S_n^\circ, \end{aligned}$$

где  $\text{extr}$  есть  $\min$  или  $\max$  в зависимости от вида скалярной функции.

Методы скаляризации, то есть сведения векторного критерия  $W(\cdot)$  к некоторому параметрическому семейству задач скалярной оптимизации подробно рассматриваются в работе [7].

Векторный критерий эффективности функционирования оргструктур СУ может быть представлен группами взаимно противоположных критериев: с одной стороны, это критерии реальной продуктивной деятельности специалистов (вероятности своевременного и безошибочного решения функциональных задач), а с другой – стоимостные, временные и т. п. показатели, то наиболее эффективен метод линейной многокритериальной скляризации [7].

При этом  $W(S_n) = \sum_{i=1}^{m_n} \lambda_i W_i^{\circ}(S_n)$ , где  $\lambda_i$  – весовые коэффициенты,  $0 \leq \lambda_i \leq 1$ ;  $\sum_{i=1}^{m_n} \lambda_i = 1$ ;  $W_i^{\circ}(S_n)$  – нормированное значение  $i$ -го частного критерия  $0 < W_i^{\circ}(S_n) \leq 1$ .

Для нормирования векторов  $W_i(S_n)$  используются предельные значения составляющих вектора эффективности  $W_{i \text{ пред}}$ , определение которых осуществляется на основе решения задач оптимизации с условным критерием предпочтения, то есть

$$\text{opt } W_i(S_n) \text{ при } W_j(S_n) \in \Delta W_j; \quad j = 1, m_n; \quad j \neq i, S_n \in S_n^{\circ},$$

где  $\Delta W_j$  – область допустимых значений  $j$ -го критерия эффективности ОС.

Также описанную проблему можно связать с определением области компромиссов по эффекту или затратам на организацию функционирования ОС СУ. Это приводит к сужению множества решений и необходимости решения задачи векторной оптимизации при наличии строгого противоречия между отдельными показателями качества.

Таким образом, задачу проектирования ОС СУ на всех этапах её реализации следует рассматривать как многокритериальную задачу векторной оптимизации, решение которой обеспечивается последовательным сравнением альтернатив организации ОС СУ по эффективности на основе моделирования целевого применения системы. Иерархический характер процесса проектирования при этом определяет только лишь сложность самих моделей выбора.

### **Формальная постановка задачи проектирования организационных структур СОН**

В качестве исходных данных рассматриваются – организационные структуры СОН, участвующие в процессе обеспечения пожарной безопасности.

В самом общем случае должны рассматриваться все ведомства, уровни и организационные структуры, участвующие в процессе обеспечения пожарной безопасности. Аналогичным образом могут быть рассмотрены ведомства, уровни и организационные структуры, участвующие в процессе обеспечения других видов обеспечения безопасности. В данном примере (для упрощения) рассмотрим только субъектовый уровень в процессе обеспечения пожарной безопасности.

***Исходными данными являются:***

1) имеющиеся ресурсы, каждой структуры (финансы, люди, задачи, функции), которые позволяют конкретной структуре сопоставить конечный перечень функций и конечный объём задач (работ). Например, десять инспекторов СОН за месяц могут проверить согласно нормативам около 20 объектов защиты, либо вести сопровождение 15 дел об административном правонарушении. Другими словами, определяется своего рода производительность структуры, которая потребуется для выполнения конкретной задачи. Например, для выполнения конкретной задачи структуры СОН потребуется конечное время, а также определённый объём финансирования, обусловленный оплатой труда, затрачиваемых материальных ресурсов и т.п.);

2) перечень объектов защиты, которые подлежат обслуживанию конкретной структурой субъектового надзорного органа (характеристика объектов защиты определена априорно);

3) перечень функций и полномочий рассматриваемых структур (в данном случае рассматриваются функции, подчинения и полномочия, которые закреплены, а также могут быть перераспределены между другими структурами).

***Требуется:***

**1 этап**

1. Произвести уточнения перечня надзорных объектов, а также перечня функций и полномочий, таким образом, чтобы полномочия позволяли обслуживать объекты надзора, и могли быть реализованы имеющимся ресурсом времени и финансов.

2. Поставить в соответствие перечни функций и полномочий между всеми рассматриваемыми подразделениями (в данном случае на субъектовом уровне) таким образом, чтобы обеспечить их согласованность.

В результате формируется варианты  $V$  множеств согласованных перечней задач и полномочий, обеспеченных имеющимися ресурсами.

*Примечание.* Распределение функций и полномочий должно осуществляться экспертным путём

**2 этап**

3. На основе существующих методик и руководящих документов произвести первоначальный расчёт численности требуемых структур, либо анализ существующих подразделений. В результате сформировать множество вариантов организационно штатных структур  $S$  каждого подразделения под свой перечень полномочий и задач.

4. На основе существующих методик существующие варианты организационно штатных структур уточняются и формируются множества  $W$  состоящие из  $S$  структур каждого подразделения под свой перечень полномочий и задач. В результате мы переходим к комбинаторной задаче оптимизации, требующей выбрать элемент множества  $W$ , состоящий из множеств  $S$ .



### 3 этап

5. Вводятся ограничения и требуется оценить:

- время реализации всех задач;
- предотвращённый ущерб, обусловленный выполненным перечнем функций и полномочий;
- интегральный уровень эффективности функционирования подразделения

6. Поскольку мы получим вектор показателей, то необходимо в конечном итоге перейти к задаче векторной оптимизации, позволяющей выбрать наиболее подходящий вариант.

7. На экспертном уровне предлагается оценить "жизнеспособность" отобранного (отобранных вариантов) и в случае его одобрения выдать выбранный вариант организационно штатных структур.

8. В противном случае, делается вывод о необходимости перераспределения ресурсов (или их корректировки) и переход к п. 1. постановки задачи.

Таким образом, математически задача может быть представлена следующим образом:

Определяется перечень (множество) организационных структур (ведомств, организаций и подразделений)  $P = \{p_i\}$ , участвующих в рассматриваемом процессе (в нашем случае процессе обеспечения ПБ), где  $i = 1, n$  ( $n$  – общее количество рассматриваемых структур).

1. Каждая из  $p_i$  имеет ресурсы  $T_i$  и  $N_i$ , где  $T_i$  – располагаемый бюджет времени, отводимый для решения задач в этой области;  $N_i$  – количество людей.

2. Каждой  $p_i$  ставятся в соответствие множества  $A_i$ ,  $B_i$  и  $C_i$ ,

где  $A_i = \{a_{ip}\}$  – множество имеющихся полномочий;

$B_i = \{b_{il}\}$  – множество объектов надзора;

$C_i = \{c_{im}\}$  – множество выполняемых функций.

3. Каждому элементу  $c_{im}$  ставится в соответствие  $(t_j, n_j)$ ,

где  $t_j$  – время, отводимое для выполнения функции;

$n_j$  – требуемое количество людей.

При этом должно выполняться условие:

$$\sum_{c_{im}} t_i \leq T_i; \quad \sum_{c_{im}} n_i \leq N_i, \quad (2)$$

4. Экспертным путём формируется множество  $V = \{v_k\}$  вариантов распределения функций и полномочий, между элементами множества  $P$ , удовлетворяющих условию (2), где  $k = 1, q$  – номер комбинации;

$$v_k = \begin{pmatrix} A_{1_k}, A_{2_k}, \dots, A_{i_k} \\ B_{1_k}, B_{2_k}, \dots, B_{i_k} \\ C_{1_k}, C_{2_k}, \dots, C_{i_k} \end{pmatrix},$$

- матрица  $i \times 3$ , определяемая комбинацией элементов множества множеств  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

5. Соответственно каждой структуре будет соответствовать вектор-столбец

$$v_{ki} = \begin{pmatrix} A_{i_k} \\ B_{i_k} \\ C_{i_k} \end{pmatrix},$$

описывающий список функций и полномочий  $i$ -й структуры при  $k$ -м варианте распределения, что и будет являться исходными данными для следующего этапа "Синтеза оргструктур".

6. На основе  $i$  векторов  $v_{ki}$  формируется  $k$  матриц

$$s_{ki} = \begin{pmatrix} C_{1_k}, C_{2_k}, \dots, C_{i_k} \\ R_1, R_2, \dots, R_i \end{pmatrix},$$

каждый столбец в которых соответствует возможным перечням выполняемых функций и описанию существующей структуры  $\langle C_{i_k}, R_i \rangle$   $i$ -го подразделения.

7. По каждому вектору-столбцу  $s_{ki}$  в соответствии с методикой синтеза оргструктур формируется вектор-множество (матрица)

$$s_{iks} = \begin{pmatrix} C_{i_k} & \dots & C_{i_k} \\ R_{i_1} & \dots & R_{i_s} \end{pmatrix},$$

задающая возможные варианты оргструктуры,  $R_{i_s}$  реализующей перечень функций  $C_{i_k}$ , то есть  $\langle C_{i_k}, R_{i_s} \rangle$ , где  $s$  – количество возможных вариантов  $i$ -й структуры, реализующей множество функций  $C_{i_k}$  и удовлетворяющих (2).

8. Сначала анализируются все матрицы  $s_{iks}$ , на предмет нахождения оптимального (оптимальных) векторов  $\langle C_{i_k}, R_{i_s} \rangle$  в результате по каждому из вариантов  $k$  должен быть сформирован вектор  $R_{onm_k} = (R_{k_{1onm}}, R_{k_{2onm}}, \dots, R_{k_{ionm}})$ . Затем ищется оптимальный вектор  $R_{onm} = (R_{onm_1}, R_{onm_2}, \dots, R_{onm_k})$ .

На экспертном уровне предлагается оценить "жизнеспособность" отобранного (отобранных вариантов) и, в случае его одобрения, утвердить выбранный вариант организационно штатных структур. В противном случае, делается вывод о необходимости перераспределения ресурсов (или их корректировки) и переход к п. 1. постановки задачи.

## Выводы

Таким образом, задачу в данной математической постановке проектирования ОС СОН на всех этапах её реализации следует рассматривать как многокритериальную задачу векторной оптимизации, решение которой обеспечивается последовательным сравнением альтернатив организации ОС СОН по эффективности на основе моделирования целевого применения системы. При этом, процесс проектирования ОС СУ в общем виде следует рассматривать как итерационно-циклический процесс, реализуемый в рамках структурно-параметрического описания ОС как объекта проектирования с использованием И/ИЛИ-графов.

Формирование И/ИЛИ вершин графа в структурном плане обеспечивается процедурами вертикальной и горизонтальной структуризации целей и задач ОС СУ. При этом варианты вертикальной структуризации задач будут отображать множество альтернатив иерархического представления ОС, а варианты их горизонтальной структуризации дают возможность определить альтернативы их структурного представления на горизонтальных уровнях.

Структурно-параметрическое описание ОС СУ с использованием И/ИЛИ-графов обеспечивает декомпозицию процесса проектирования ОС. Оно содержит уровневую декомпозицию ОС СУ и этапную декомпозицию процесса её проектирования. В целом постановка задачи решения этой сложной задачи представлена в настоящей статье и требует метризации пространства структурно-параметрических описаний альтернативных вариантов организации ОС и разработки определенных правил, связывающих процессы раскрытия вершин И/ИЛИ-графа (то есть проработки проекта) с экспертной информацией (знаниями и опытом конструктора).

## Литература

1. **Концепция** основных направлений совершенствования деятельности надзорных органов МЧС России, утвержденная решением Коллегии МЧС России от 18.02.2015, № 4/П.
2. **Распоряжение** Правительства РФ от 22 октября 2014 г. № 2096-р "Об утверждении соглашения между МЧС России и Советом министров Республики Крым "О передаче друг другу осуществления части своих полномочий"".
3. **Романова И.К.** Применение аналитических методов к исследованию Парето-оптимальных систем управления // Наука и образование. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
4. **Носкова Е.Е., Капулин Д.В., Краснобаев Ю.В., Ченцов С.В.** Автоматизированное проектирование средств и систем управления: электронный ресурс курс лекций. Красноярск: ИПК СФУ, 2009.
5. **Трошин Д.В.** Скаляризация векторных предпочтений: преодоление примитивизации // Эффективное антикризисное управление. СПб.: изд. дом "Реальная экономика", 2013.