В.Л. Ярош
(Московский государственный строительный университет;
e-mail: ntp-tsb@mail.ru)

АЛГОРИТМ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ПОЖАРОВ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Предложен и обоснован метод рационального распределения ресурсов как средство поддержания устойчивого функционирования системы управления. Построена и исследована математическая модель управления ресурсами в виде линейных алгебраических уравнений, которая строится по графу причинно-следственных связей.

Ключевые слова: безопасность, объекты, управление ресурсами, пожары, чрезвычайные ситуации.

V.L.Yarosh

ALGORITHM OF RATIONAL DISTRIBUTION OF RESOURCE AT LIQUIDATIONS EXCEEDING SITUATION AND FIRE ON POTENTIALLY DANGEROUS OBJECT TO INDUSTRY

The method of rational distribution of resources as means of maintenance of steady functioning of a control system is offered and proved. The mathematical model of resource management in the form of the linear algebraic equations which is under construction on the column of relationships of cause and effect is constructed and investigated.

Key words: safety, objects, management resource, fires, exceeding situations.

Рассмотрим одну из важнейших составляющих процесса управления ликвидацией ЧС и пожаров – управление ресурсами с целью поддержания устойчивого функционирования системы управления безопасностью в любых условиях.

Так как использование традиционных подходов при разработке алгоритмов управления приводит к сложным, зачастую практически нереализуемым вычислительным схемам, то для поиска эффективного решения сформулируем постановку задачи для данного уровня управления следующим образом.

Изменение параметров управления $\delta x^y{}_1$, $\delta x^y{}_2$, …, $\delta x^y{}_N$, обеспечивающих требуемую вариацию параметров управления δx_1, ..., $\delta x^y{}_k$ высших уровней иерархии, обеспечивается соответствующими ресурсами β_1, β_2, ..., β_m (финансовыми, техническими, медицинскими, материальными и т.д.). При этом один и тот же вид ресурса β_j (например, финансовый) может обеспечивать изменение нескольких параметров $\delta x^y{}_i$ (в пределе – всех). В этом случае при формировании обеспечения $\delta x^y{}_i$ необходимо рассматривать не сам ресурс β_j, а его часть β_{ji}, выраженную в относительных единицах. При таком подходе особое значение приобретает выбор масштабирующего (весового, нормализующего) множителя γ_{ji}, определяющего в общем случае зависимость $\delta x^y{}_i$ от β_{ji}:

$$\delta x^y{}_i = \gamma_{1i}\beta_{1i} + \gamma_{2i}\beta_{2i} + \ldots + \gamma_{mi}\beta_{mi}.$$

Выбор γ_{ji} осуществляется следующим образом.

Зная максимально возможное изменение параметра $\delta x^y{}_i$ в относительных единицах (например, $\delta x^y{}_{i\ max} = 0{,}3$), определяем, какую его часть α_j (например, $\alpha_j = 0{,}1$) можно обеспечить соответствующей частью (также в относительных единицах) β_{ji} известного ресурса β_j (пусть далее $\beta_{ji} = 0{,}15$).

Тогда $\alpha_j * \delta x^y{}_{i\ max} = \gamma_{ji}\ \beta_{ji}$, откуда $\gamma_{ji} = \dfrac{\alpha_{j\delta x_{max}}}{\beta_{ji}}$, а для приведенного примера – $\gamma_{ji} = \dfrac{0{,}1 \cdot 0{,}3}{0{,}15} = 0{,}2$. При подобном подходе к постановке задачи управления ресурсами очевидно строгое выполнение равенства $\sum\limits_{i=1}^{N} \beta_{ji} = 1$ и система уравнений, описывающая требуемое распределение ресурсов, в окончательной общей форме имеет вид:

$$\begin{cases} \gamma_{11}\beta_{11} + \gamma_{21}\beta_{21} + \ldots + \gamma_{m1}\beta_{m1} = \delta x^y{}_1; \\ \gamma_{12}\beta_{12} + \gamma_{22}\beta_{22} + \ldots + \gamma_{m2}\beta_{m2} = \delta x^y{}_2; \\ \ldots \\ \sum\limits_{i=1}^{N} \beta_{1i} = 1, \quad \sum\limits_{i=1}^{N} \beta_{2i} = 1, \ldots, \sum\limits_{i=1}^{N} \beta_{mi} = 1. \end{cases} \qquad (1)$$

Важным преимуществом подобного описания является его независимость (инвариантность) от абсолютных значений имеющихся ресурсов β_1, …, β_m и их физического содержания (равно как и физического содержания параметров управления). Это, в свою очередь, позволяет уйти от рассмотрения ограничений на ресурсы, неизбежных в любой реальной ситуации.

Дальнейший анализ полученной системы уравнений и входящих в нее переменных и параметров, реально не зависящих друг от друга (ресурсов – по их смысловому содержанию, параметров управления – в силу их выбора при формировании нижнего уровня иерархии графа причинно-следственных связей), позволяет предположить в общем случае линейную независимость системы уравнений (1) и, следовательно, существование в общем случае решения поставленной задачи.

Так как принципиальной особенностью анализируемой системы (1) является существенное превышение размерности вектора искомых переменных $\beta_{11}, \ldots, \beta_{mN}$, по сравнению с размерностью системы (1) ($mN > m + N$), то очевидна возможность неоднозначного выбора вектора решения, что, в свою очередь, требует разработки нетрадиционных способов решения, соответствующих специфике рассматриваемой задачи.

Тривиальным вариантом формирования однозначного решения системы (1) могло бы явиться введение дополнительных условий – ограничений на искомые переменные $\beta_{11}, \ldots, \beta_{mN}$ – в виде соответствующих уравнений, но, на взгляд автора, такой путь бесперспективен, так как число подобных ограничений в реальной ситуации, как правило, весьма невелико.

В качестве одного из возможных вариантов решения, ориентированного на специфику поставленной задачи, рассмотрим следующий алгоритм.

На 1-м шаге решения формируется вариационный (ранжированный) ряд управляющих параметров $\{\delta x^y{}_i\}$ по признаку степени их влияния на параметры предыдущего (высшего) уровня иерархии графа причинно-следственных связей.

Подобная операция никакой сложности не представляет, так как, по существу, она уже была осуществлена в процессе определения непосредственно значений $\delta x^y{}_i$ в соответствии с приведенным ранее алгоритмом.

На 2-м шаге решения строится вариационный ряд ресурсов $\{\beta_i\}$по признаку степени их обеспеченности (или степени влияния на параметры управления).

Данная операция очевидна и требует лишь наличия информации о состоянии всех ресурсов.

На 3-м шаге из всей системы уравнений (1) выбирается уравнение, соответствующее наиболее значимому управляющему параметру $\delta x^y{}_s$ – первому в вариационном ряду $\{\delta x^y{}_i\}$. Далее в этом уравнении исключаются все составляющие, кроме слагаемого, соответствующего виду наиболее обеспеченного ресурса β_r, то есть первого в вариационном ряду $\{\beta_i\}$. Таким образом, формируется уравнение

$$\gamma_{\mathrm{rs}}\beta_{\mathrm{rs}} = \delta x^y{}_s. \qquad (2)$$

Так как уравнение для данного параметра содержало и другие составляющие, соответствующие остальным видам ресурсов, то, исходя из физического смысла данного обстоятельства, отражающего комплексный характер обеспечения, можно сделать вывод о невозможности полного управления S-м параметром $\delta x^y{}_s$ за счет r-го ресурса β_{rs} – то есть выполнение равенства (2) оказывается в реальной ситуации невозможным.

В связи с этим на 4-м шаге решения определяется максимальное значение той части β_{rs} ресурса β_r, которая может быть затрачена на управление параметром $\delta x^y{}_s$, – то есть $\beta_{rs\,max}$. После чего вычисляется управление, обеспечиваемое за счёт $\beta_{rs\,max}$: $\delta x^{y^*}{}_s = \gamma_{rs}\cdot\beta_{rs\,max}$.

На 5-м шаге рассчитывается невязка $\delta^2 x^y{}_s = \delta x^y{}_s - \delta x^{y^*}{}_s$ и из вариационного ряда $\{\beta_i\}$ выбирается следующий по обеспеченности – второй в ряду, вид ресурса β_p.

На 6-м шаге решения в полном соответствии с алгоритмом, предложенным для 3-го и 4-го шагов, вычисляется вторая часть управления

$\delta^2 x^{y^*}{}_s = \gamma_{rs}\cdot\beta_{rs\,max}$.

На 7-м шаге рассчитывается невязка $\delta^3 x^y{}_s = \delta^2 x^y{}_s - \delta^2 x^{y^*}{}_s$
и т.д., до момента останова процедуры при $\delta^k x^y{}_s = 0$ $(k \le m)$.

Далее найденные значения частей ресурсов $\{\beta_{rs\,max}, \beta_{ps\,max}, \ldots, \beta_{zs\,max}\}$ считаются обеспечением управляющего параметра $\delta x^y{}_s$ и исключаются из дальнейшего рассмотрения, что на формальном уровне соответствует следующей трансформации уравнений:

$$\sum_{\substack{i=1\\ i\neq s}}^{N}\beta_{ri} = 1-\beta_{rs\,max}, \sum_{\substack{i=1\\ i\neq s}}^{N}\beta_{pi} = 1-\beta_{ps\,max}, \ldots, \sum_{\substack{i=1\\ i\neq s}}^{N}\beta_{zi} = 1-\beta_{zs\,max}.$$

Очевидными преимуществами рассмотренного алгоритма являются его простота и конечная сходимость (число шагов для каждого параметра управления $\le m$).

Последующая процедура решения аналогична вышеописанной, но уже для следующего по значимости управляющего параметра $\delta x^y{}_Q$ – второго в ряду $\{\delta x^y{}_i\}$, потом – третьего и т.д. Потенциальная возможность нехватки для управления всеми параметрами привлекаемых в первую очередь обеспеченных ресурсов для управления наименее значимыми параметрами легко может быть исключена введением соответствующих ограничений на $\beta_{lk\,max}$ на всех шагах процедуры.

Блок-схема алгоритма решения поставленной задачи представлена на рис 1.

Таким образом, предложенный подход позволяет достаточно просто и с вычислительной точки зрения весьма эффективно решать задачу распределения ресурсов.

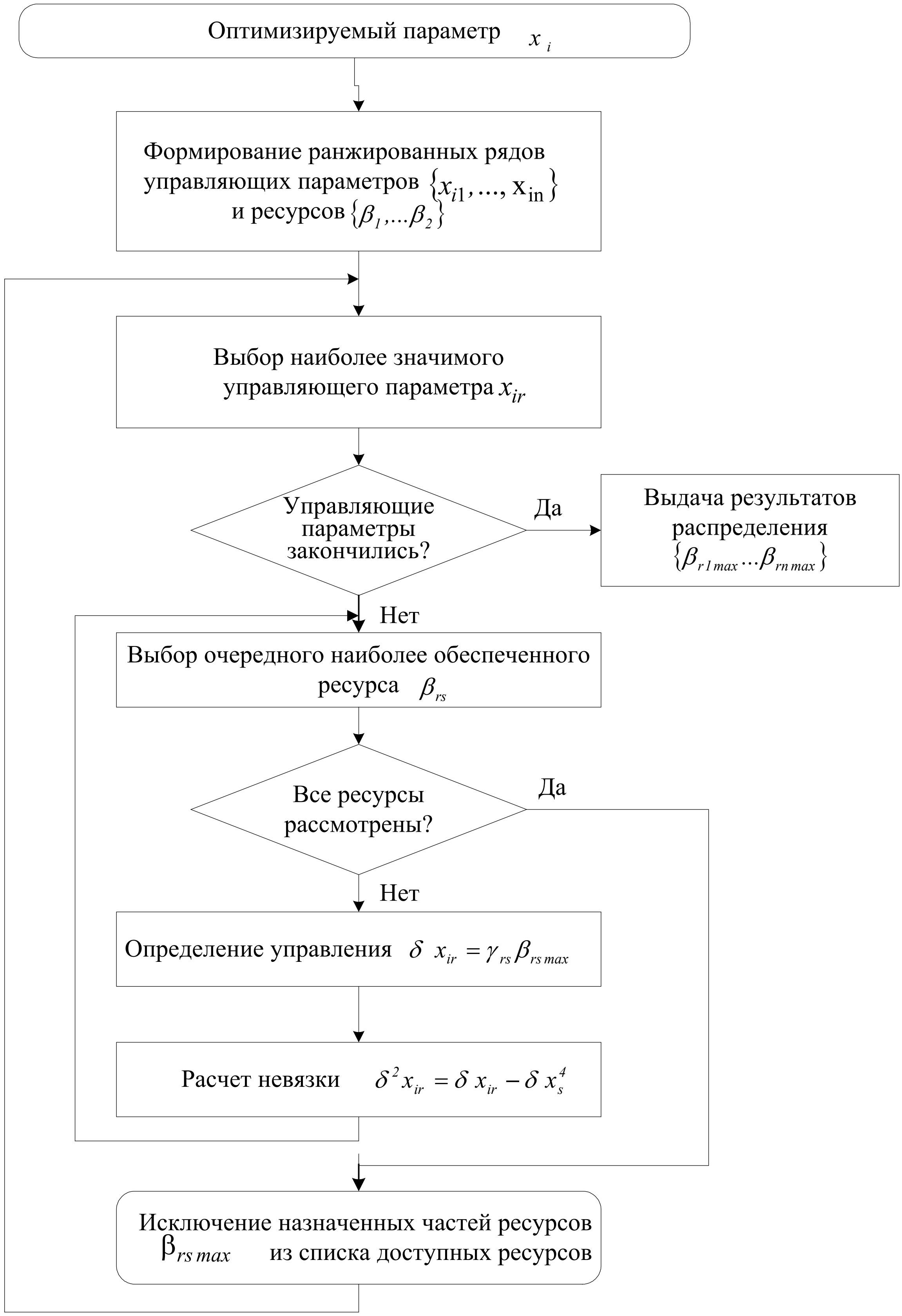

Рис. 1. Алгоритм распределения ресурсов

Литература

1.Топольский Н.Г., Святенко И.Ю., Холостов А.Л., Трефилов Г.Б., Ярош В.Л. Анализ эффективности функционирования автоматизированной интегрированной системы безопасности и жизнеобеспечения критически важных объектов как единой системы // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности", 2007, №1. - http//ipb.mos.ru/ttb.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 26 августа 2009 г.