

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Сумин В.И.¹, Никитин А.Е.², Смоленцева Т.Е.³

¹ ФКОУ ВПО «Воронежский институт ФСИН России», Воронеж, Россия (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, 1-а), viktorsumin51@yandex.ru;

² ФГКОУ ВПО «Воронежский институт министерства внутренних дел Российской Федерации», Воронеж, Россия (394070, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53);

³ ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия (398600, г. Липецк, ул. Московская, 30)

Работа посвящена решению задачи по оптимизации состава обеспечивающей информации для выработки управляющих воздействий. Рассмотрены процедуры отбора значений параметров из исходной информации и процедура, представленная в виде арифметических операций над исходными данными для получения расчетных данных результатов контроля информационного процесса. Реализован процесс по формированию функций, определяющих оптимальный состав элементов процедурного компонента, реализующего функции получения обеспечивающей информации. Решение этой задачи проводится в два этапа: определение коэффициентов важности элементов обеспечивающей информации, а также решение задачи оптимизации состава информации. Сформирован и проанализирован алгоритм по определению времени получения обеспечивающей информации с детальным рассмотрением результатов на всех этапах выполнения данного алгоритма.

Ключевые слова: исходная информация, обеспечивающая информация, ранг важности.

OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION PROVIDE INFORMATION FOR DEVELOPMENT OF CONTROL ACTIONS

¹Sumin V.I., ²Nikitin A.E., ³Smolentceva T.E.

¹ FSE VPO Voronezh Institute of the Federal penitentiary service of Russia, Voronezh, Russia (394072, Voronezh, street Irkutsk 1-A.), viktorsumin51@yandex.ru

² FGCO of higher professional education Voronezh Institute of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation, Voronezh, Russia (394070, Voronezh, street the Prospectus of Patriots 53).

³ FGBOU VPO "Lipetsk state technical University, Lipetsk, Russia (398600, Russia, Lipetsk, St. Moscow, 30).

The work is devoted to the task of optimizing the composition provide information for development of control actions. Reviewed procedures for the selection of parameter values from the initial information, and the procedure presented in the form of arithmetic operations on the raw data to obtain calculated results data control information process. Implemented a process for the formation of the functions determining the optimal composition of the procedural elements of the component that implements the function of receiving providing information. The solution to this problem is performed in two stages: determination of the coefficients of importance of the elements of providing information and solution to the problem of optimizing information. Generated and analyzed an algorithm for determining the time of receipt by providing the information with a detailed consideration of the results at all stages of implementation of this algorithm.

Keywords: background information, providing information, the rank of importance.

Информацию, которая используется для выработки управляющих воздействий (УВ), обозначим следующим образом $I = \{I_B, I_O\}$ где:

I_B - базовая информация (БИ); I_O - обеспечивающая информация (ОИ).

БИ представим в виде множества

$$I_B = \{I_{B_o}, I_{B_H}, I_{B_d}\}, \text{ где}$$

I_{B_o} - информация, контролирующая информационный процесс; I_{B_n} - информация, формируемая из нормативных документов; I_{B_d} - дополнительная информация.

ОИ представим в виде множества $I_o = \{I_{o1}, I_{o2}, \dots, I_{oN}\}$, где

I_{on} - n -й элемент ОИ; $n = \overline{1, N}$ - количество элементов ОИ.

Обозначим $D = \{d_i\}$ - процедура над БИ, которая формирует n -й элемент ОИ,

где:

d_1 - процедура отбора значений параметров для конкретной задачи;

d_2 - процедура отбора значений параметров из исходной информации;

d_3 - процедура упорядочивания значений параметров исходной информации;

d_4 - процедура в виде арифметических операций над исходными данными для получения расчетных данных результатов контроля информационного процесса;

d_5 - математические модели с использованием исходной информации;

d_6 - деловая графика.

УВ на объекты управления ($i = \overline{1, n_i}$) представим в виде множества $U = \{u_i\}$. УВ U формируется лицом, принимающим решение (ЛПР), на базе анализа информации I_o, I_{B_n} . ОИ I_o представляется в виде: $I_{on} = h_n(I_{B_o}, I_{B_d})$. Определим функции h_n , которые будут формировать необходимый набор данных и соответствующую последовательность процедур d_j из множества $d_j \in D$ над I_{B_o}, I_{B_d} для образования I_{on} .

Следовательно, для формирования I_o существует множество функций

$$H = \{h_1, h_2, \dots, h_N\}. \quad (1)$$

Важной задачей оптимизации состава обеспечивающей информации для выработки управляющих воздействий является определение оптимального состава элементов процедурного компонента, реализующего функции получения обеспечивающей информации. Решение этой задачи проводится в два этапа: определение коэффициентов важности ω_n элементов I_{on} ОИ; решение задачи оптимизации состава обеспечивающей информации.

Рассмотрим первый этап.

Оценка важности производится с помощью различных математических методов (ММ), которые, как правило, учитывают специфику задач, и для формирования УВ необходимо использовать свой ММ. Следовательно, оптимально использовать универсальный ММ, к которому относится достаточно универсальный метод Т. Саати [1].

Главной проблемой использования ММ при принятии УВ является формализация суждений в виде численных значений на основе некоторой шкалы, который должен удовлетворять многим критериям на основе следующих требований: адекватно отражать чувства ЛПР в его суждениях; неопределенность в суждениях не должна влиять на числовое значение, присваиваемое ему; значительное расхождение в суждениях должно иметь также значительную разницу по числовой шкале; близкие суждения (результаты) должны иметь не значительную разницу по числовой шкале [4]. Построение шкалы важности будем осуществлять на основе следующих рангов важности (табл. 1).

Таблица 1

Шкала относительных предпочтений

Степень важности	Определение	Пояснения
0	Объекты несравнимы	Сравнение двух объектов бессмысленно
1	Объекты одинаково важны	Оба объекта вносят одинаковый вклад в достижение поставленной цели
3	Один немного важнее другого (слабое превосходство)	Есть некоторые основания предпочесть один объект другому, но их нельзя считать неопровержимыми
5	Один существенно важнее другого (сильное превосходство)	Существуют веские свидетельства того, что один из объектов более важен
7	Один явно важнее другого	Имеются неопровержимые основания, чтобы предпочесть один другому
9	Один абсолютно важнее другого	Превосходство одного из объектов столь очевидно, что не может вызвать ни малейшего сомнения
2, 4, 6, 8	Значения, предписываемые промежуточным суждениям	Используются, когда выбор между двумя соседними нечетными числами вызывает затруднение
Обратные		Если при сравнении с объектом j объект i получил один из вышеуказанных рангов важности, то j при сравнении с i получает обратное значение
Рациональные		Получаются при арифметических операциях с числами данной шкалы

Будем считать, что существует набор (w_1, \dots, w_n) истинных значений важности суждений для любого из n объектов, которые служат для получения сравнительных оценок различных объектов. Определим w_{ij} матрицу попарных сравнений A , которая определяет экспертную оценку отношения $w_{ij}=w_i/w_j$, т.е. это подтверждает состоятельность матрицы сравнений на основе выполнения соотношений $w_{ij}w_{jk}=w_{ik}$, и в частности $w_{ii}=1$ $w_{ji}=1/w_{ij}$.

Матрица попарных сравнений, формируемая экспертами, может оказаться и несостоятельной потому, что экспертные оценки субъективны. Для большей достоверности

целесообразно, чтобы, помимо результата сравнения i -го объекта с j -м, когда есть некоторое число w_{ij} , эксперты должны для w_{ji} определить значение $1/w_{ij}$.

В частности, для большей эффективности должны определить $w_{ii}=1$. В этом случае положив, что один объект важнее другого в w раз, эксперт обязан указать, что важность второго объекта будет определяться значением $1/w$ от важности первого.

Следовательно, при состоятельности матрица A принимает единичный ранг, и в этом случае, зная значения одной строки, не представляет проблем определить все ее остальные элементы. В том случае если известна первая строка, то $w_{ij}=w_{1j}/w_{1i}$. При условии, что $w_{1i} \neq 0$ для всех i . В том случае если результат попарного сравнения равен нулю, это означает, что два объекта вообще несравнимы.

В том случае, когда суждения не состоятельны, они нетранзитивны, т.е. если сравнительная важность объекта C_1 больше важности объекта C_2 , а сравнительная важность C_2 больше важности C_3 , то не исключено, что объект C_3 будет оценен как более важный при сравнении с C_1 .

Надо отметить тот факт, что проводить анализ состоятельности в виде частного случая гораздо легче, но задача и состоит в том, чтобы выбрать оптимальное УВ с учетом несостоятельности. Полагаем, что все суждения определяются одним экспертом или группой экспертов.

Как правило, эксперты испытывают некоторое затруднение из-за большого числа вопросов, чтобы получить профессиональные ответы на все $0,5n(n-1)$ суждений относительно каждой из поставленных целей при использовании обратных значений [3].

Будем полагать, что определяемый набор значений (w_1, \dots, w_n) должен удовлетворять уравнению $Aw=l_{max}$, где l_{max} – являются наибольшими собственными значениями A . В том случае если матрица A неотрицательна и неприводима, тогда приведенное выше уравнение имеет единственное неотрицательное решение w .

Когда эксперты сформировали сравнительные суждения для первой строки или столбца, следующие попарные сравнения необходимо проводить для более точного выявления важности объектов, т.к. при минимальных отклонениях от состоятельности возможно повысить устойчивость.

Если среди членов группы экспертов осуществлять независимое сравнение каждой пары объектов, тогда возможно сформировать многомерные тесты.

Для того чтобы использовать рассматриваемый метод, необходимо построить матрицу с перечнем всех объектов.

На следующем шаге этого метода необходимо определить цель, и, определив относительную важность одного объекта по сравнению с другим при достижении этой цели, необходимо последовательно заполнить элементы матрицы.

Для каждой из определенных целей процесс повторяется и формируется несколько матриц. В дальнейшем осуществлялось попарное сравнение самих целей по их вкладу в формирование общей глобальной цели [6].

Для каждой матрицы суждений A определяется решение уравнения $Aw=l_{max}$, где l_{max} - максимальное собственное значение. Определяемый вектор w формирует после нормализации коэффициенты важности, показывающие вклад каждого объекта при достижении поставленной цели.

После этого для каждой из частных целей и для матрицы сравнения самих целей определяются коэффициенты важности по каждой из целей на основе коэффициентов важности самих целей и, следовательно, определяется глобальная мера важности для всех объектов.

Предлагаемый метод имеет следующие преимущества.

1. Метод достаточно прост, т.к. экспертам незатруднительно формировать числовые значения важностей в матрице A .

2. Этот метод базируется на основе простого алгоритма вычислений, и в различных предметных областях он показал хорошие результаты.

3. Этот метод имеет положительные вычислительные преимущества, например, минимальные изменения в матрице A приводят к небольшим изменениям значений элементов этой матрицы.

Следовательно, с использованием данного метода определяется количественная оценка показателей эффективности [1; 4].

Второй этап решения задачи – определение элементов процедурной компоненты.

Данная задача является задачей линейного программирования с неотрицательными коэффициентами целевой функции и ограничениями.

Эту задачу можно решить на основе метода Лаулера-Белла. Метод Лаулера-Белла заключается в ограниченном по заданным простым правилам переборе возможных значений векторов X начиная с вектора $(0,0,\dots,0)$ по направлению к вектору $(1,1,\dots,1)$.

Постановка конкретной математической задачи проще постановки задачи в общем виде, и поэтому алгоритм решения конкретной задачи может быть упрощен по сравнению с алгоритмом метода Лаулера-Белла общего вида.

Приведем алгоритм решения задачи, основанный на упрощенном методе Лаулера-Белла [2; 5].

При рассмотрении множества векторов X можно определить их последовательность в соответствии с отношением строго порядка на множестве двоичных чисел, соответствующих этим векторам, т.е. чисел $\sum_{j=1}^n (X_j 2^{j+p-1})$.

Для каждого вектора X вектор \widehat{X} , как первый следующий за ним в последовательности вектор, у которого для одной из координат X_t выполняется условие $X_t \geq \widehat{X}_t$. Вектор \widehat{X} вычисляется как $(X \vee (X - 1)) + 1$, где \vee - логическая операция "или", а сложение и вычитание - это переход соответственно к следующему и предыдущему членам последовательности (т.е. выполнение сложения и вычитания для соответствующих двоичных чисел с условием, что $(0, 0, \dots, 0) - 1 = (0, 0, \dots, 0)$, а $(1, 1, \dots, 1) + 1 = (1, 1, \dots, 1)$).

Функционал можно представить как $G_0 X$, где левая часть неравенства - $G_t X$, $t=1, 2, \dots, s$, а правая часть \widehat{G}_t , $t=1, 2, \dots, s$. В силу того что все коэффициенты в функционалах G_t , $t=0, 1, \dots, s$ неотрицательны, они являются монотонно неубывающими по всем переменным.

Вектор $\widehat{X} - 1 = X \vee (X - 1)$ обладает тем свойством, что каждая из его координат не меньше соответствующих координат векторов X , $X+1, \dots, \widehat{X} - 2$, а, следовательно, в силу свойства монотонного неубывания функционалов $G_t X$, $t=0, 1, \dots, s$, значение $G_t (\widehat{X} - 1)$ всегда больше значений $G_t X$, $G_t (X + 1), \dots, G_t (\widehat{X} - 2)$ ($t = 0, 1, \dots, s$).

Обозначим \widehat{G} - текущее минимальное значение функционала $G_0 X$. Тогда упрощенный алгоритм решения задачи с помощью метода Лаулера-Белла имеет следующий вид.

1. $X=0$.
2. Вычисление значения $\widehat{X} - 1$.
3. Организация цикла по значениям $t=1, 2, \dots, s$, в котором осуществляется вычисление значений $G_t (\widehat{X} - 1)$ и проверка выполнимости неравенств $G_t (\widehat{X} - 1) \geq \widehat{G}$. Если хотя бы одно из указанных неравенств не выполняется, переход к п. 6.
4. Организация цикла по значениям $t=1, 2, \dots, s$, в котором осуществляется вычисление значений $G_t X$ и проверка выполнимости неравенств $G_t X \geq \widehat{G}$. Если хотя бы одно из указанных неравенств не выполняется, переход к п. 7.
5. Вычисление значения $G_0 X$. Если ранее значение \widehat{G}_0 не вычислялось или если $\widehat{G}_0 > G_0 X$, то $G_0 = \widehat{G}_0 X$, $\widehat{X} = X$.
6. Если $X=(1, 1, \dots, 1)$, то \widehat{X} - искомое решение задачи, а \widehat{G} - минимальное значение целевой функции. Иначе - вычисление значения \widehat{X} , присвоение $X = \widehat{X}$, переход к п. 2.
7. Если $X=(1, 1, \dots, 1)$, то \widehat{X} - искомое решение задачи, а \widehat{G}_0 - минимальное значение целевой функции.

Иначе - присвоение $X=X+I$ и переход к п. 2.

Приведенный алгоритм является видоизменением варианта алгоритма решения задачи линейного программирования методом Лаулера-Белла. Его корректность следует из приведенных выше свойств функционалов $G_t X$, $t=0,1,\dots,s$.

Если найдено решение X задачи, то время получения обеспечивающей информации определяется в соответствии с выражением

$$T_0(x) = \sum_{n=1}^N \left(x_n^* \sum_{i=1}^6 a_{On}^i q_i(V_{On}^i, t_{On}^{-i}) \right), \text{ а общая длительность шага принятия решения -}$$

$$T(x) = \frac{V_B}{V_B} \bar{t}_B + \sum_{n=1}^N \left(x_n^* \sum_{i=1}^6 a_{On}^i q_i(V_{On}^i, t_{On}^{-i}) \right) + T_{ЛПР}.$$

Список литературы

1. Замятина О.М. Моделирование систем. - Изд-во ТПУ, 2009. – С. 204.
2. Саати Т.В. Аналитическое планирование: организация систем. – М. : Радио и связь, 1998. – 224 с.
3. Системный анализ и структуры управления / под ред. проф. В.Г. Шорина. - М. : Знание, 1975. - Кн. 8. - 304 с.
4. Сумин В.И., Смоленцева Т.Е. Моделирование обучения с использованием временных рядов наблюдений : монография. - Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2014. – 104 с.
5. Сумин В.И., Смоленцева Т.Е., Колыхалин В.М. Описание функционирования информационного процесса сложных систем // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.
6. Сумин В.И., Смоленцева Т.Е., Дыбова М.А. Методика группирования базовой информации для информационных процессов сложных систем // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 2 (часть 5). - С. 931-934.

Рецензенты:

Дубровин А.С., д.т.н., доцент, профессор кафедры управления и информационно-технического обеспечения Воронежского института ФСИИ России, г. Воронеж;
Стариков А.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж.