

А.Н. Членов¹, А.Ф. Шакирова²

(¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
²НОУ "ТАКИР"; e-mail: ntp-tsb@mail.ru)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Получены выражения для оценки зависимости вероятностных характеристик показателя качества тревожной сигнализации от эффективности системы поддержки принятия решений при проектировании.

Ключевые слова: тревожная сигнализация, система поддержки принятия решений.

A.N. Chlenov, A.F. Shakirova

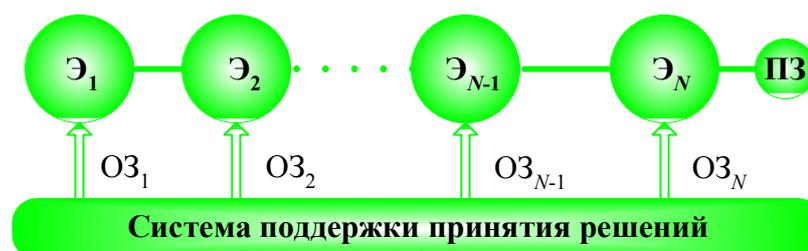
THE EFFICIENCY OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DESIGNING AN ALARM FOR COMPLEX OBJECTS

Expressions are obtained for evaluation of dependence of the probability characteristics of score quality alarm from efficiency of decision support system for designing.

Key words: alarm, decision support system.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 28 января 2011 г.

Рассмотрим период проектирования системы тревожной сигнализации (СТС), включающий ряд последовательных этапов. На каждом этапе используется система поддержки принятия решений (СППР) путем обращений исполнителей и получения информации, необходимой для решения задач проектирования (рис. 1).



$\text{Э}_1 \dots \text{Э}_N$ – этапы проектирования;
 $\text{ОЗ}_1 \dots \text{ОЗ}_N$ – ответы на запрос СППР;
ПЗ – приём заказчиком проекта

Рис. 1. Структурная схема периода проектирования СТС при наличии обращений к СППР

Обеспечение высокого качества работ на разных этапах является необходимым условием управления процессом создания СТС. От того, насколько эффективна система поддержки, зависит качественный уровень системы сигнализации при эксплуатации [1].

Введём *показатель качества* выполнения i -го этапа работы W_i и свяжем его с параметрами системы поддержки принятия проектных решений. Будем считать, что показатель качества есть величина непрерывная, принимающая значения от 0 до W_M . В относительных единицах W_i/W_M значение показателя качества W_i^* может изменяться от 0 до 1:

$$W_i^* \in 0, 1; \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Так как процесс реализации каждого этапа для сложного объекта зависит от большого числа недетерминированных условий, показатель качества реализации каждого W_i^* этапа можно считать случайной величиной. Такую случайную величину можно характеризовать плотностью распределения вероятности величины W_i^* . При наличии системы поддержки плотность вероятности величины W_i^* будет зависеть от её действенности, которую можно охарактеризовать с помощью параметра δ_i . Значение δ_i^* в относительных единицах может непрерывно изменяться в пределах от 0 до 1. Чем больше значение δ_i^* , тем эффективнее СППР влияет на показатель качества реализации i -го этапа [2].

Поскольку реализация каждого этапа определяется наличием предыдущего этапа, то значение плотности вероятности показателя качества выполнения рассматриваемого этапа будет зависеть от показателя качества реализации предыдущего этапа. Таким образом, показатель качества реализации этапа связан с условной плотностью вероятности показателя качества W_i^* :

$$P(W_i^*/W_1^*, \dots, W_{i-1}^*, \delta_i^*). \quad (2)$$

Для простой последовательной цепи:

$$P(W_i^*/W_{i-1}^*, \delta_i^*). \quad (3)$$

Значение показателя качества, при котором реализация этапа считается удовлетворительной W_{yi}^* , очевидно, находится в диапазоне $0 < W_{yi}^* \leq 1$ и определяется требованием, изначально предъявляемым к системе. Для разных этапов это значение может быть различным.

Поскольку конечным и наиболее важным для СТС является заключительный этап сдачи проекта заказчику (ПЗ), представляет интерес решение задачи нахождения вероятности получения положительной и отрицательной оценки качества для данного этапа. Для решения данной задачи рассмотрим вариант последовательной реализации этапов при отсутствии контуров обратной связи. Поскольку случайные события реализации этапов осуществляются последовательно, математическая модель периода проектирования СТС представляет собой простую Марковскую цепь событий, для которой n -мерная плотность вероятности показателя качества вдоль всей цепи может быть представлена в виде:

$$\begin{aligned} P(W_0^*, W_1^*, \dots, W_n^*, \delta_1^*, \dots, \delta_n^*) = \\ = P(W_0^*) P(W_1^*/W_0^*, \delta_1^*) \dots P(W_n^*/W_{n-1}^*, \delta_n^*), \end{aligned} \quad (4)$$

где $P(W_0^*)$ – плотность распределения вероятности показателя качества на входе цепи.

С учётом этого, вероятность оценки качества проектирования выше удовлетворительной в результате создания СТС будет:

$$P(W_1^*, \delta_1, \dots, \delta_n) = \int_{W_{y1}^*}^1 \dots \int_{W_{yn}^*}^1 P(W_1^*) P(W_1^*/W_0^*, \delta_1) P(W_2^*/W_1^*, \delta_2) \times \dots \times P(W_n^*/W_{n-1}^*, \delta_n) dW_0^* \dots dW_n^* \quad (5)$$

где $W_0^*, W_i^*, \dots, W_n^*$ - относительное значение показателя качества системы на соответствующем этапе;

$\delta_0, \delta_i \dots \delta_n$ - относительное значение эффективности поддержки принятия решения на соответствующем этапе;

$P(W_{i-1}^*, \delta_i)$ - условная плотность вероятности показателя качества на i -ом этапе.

Среднее значение показателя качества можно определить с помощью выражения:

$$\bar{W}^*(\delta_1, \dots, \delta_n) = \int_{W_{y1}^*}^1 \dots \int_{W_{yn}^*}^1 W_0^* W_1^* \dots W_n^* P(W_0^*) P(W_1^*/W_0^*, \delta_1^*) \times \dots \times P(W_n^*/W_{n-1}^*, \delta_n^*) dW_0^* \dots dW_n^* \quad (6)$$

Выражения (5), (6) для случая дискретной оценки показателя качества W_i после окончания i -го этапа проектирования могут быть решены для известного закона распределения вероятности $P(W_i^*/W_{i-1}^*, \delta_i^*)$. Функция плотности вероятности может быть найдена экспериментально. Вместе с тем априорно могут быть определены некоторые свойства, которыми она должна обладать:

1. Чем эффективнее используется СППР, тем выше вероятность более качественного выполнения этапа проектирования.
2. Чем выше качество выполнения предыдущего этапа, тем выше вероятность более высокого качества выполнения последующего этапа.
3. Функция плотности вероятности должна удовлетворять условию нормировки

$$\int_0^{W_M} P(W_i^*/W_{i-1}^*, \delta_i^*) dW_i = 1 \quad (7)$$

Приведенные свойства позволяют аппроксимировать функцию плотности вероятности простой функцией, например, линейной. Такая аналитическая зависимость может быть представлена в следующем виде:

$$P(W_i^*/W_{i-1}^*, \delta_i^*) = \frac{1}{W_M} - \frac{\delta_i^*}{2 - \delta_i^*} \left(\frac{2W_{i-1}^* - W_M}{W_M} \right) \left(1 - \frac{2W_i^*}{W_M} \right) \quad (8)$$

Как следует из графика, он отражает свойства функции плотности вероятности, указанные выше. Функция (8) является функцией трех переменных. Графики семейств кривых при одном фиксированном параметре представлены на рис. 2, 3. На рис. 2 для максимальной эффективности поддержки $\delta_i^* = 1$ показана зависимость функции плотности вероятности от качества проведения i -го этапа при разных значениях показателя качества на предыдущем этапе. На рис. 3 показано влияние эффективности поддержки δ_i^* на вид зависимости (8). При изменении δ_i^* в диапазоне $1 \geq \delta_i^* \geq 0$ характер зависимости не изменяется, однако изменяется амплитуда этой зависимости. При $\delta_i^* = 0$ влияние системы поддержки полностью отсутствует.

Если на каждом рассматриваемом этапе проектирования СТС используется СППР, можно оценить её влияние на качество системы тревожной сигнализации [2]. Для известного распределения плотности вероятности могут быть получены аналитические зависимости усреднённого значения показателя качества $\bar{W}^* = f(n, \delta)$ для различных значений эффективности поддержки $\delta_i^* = \delta$, связанных с числом обращений m к СППР. Очевидно, что среднее значение показателя качества нелинейно растёт с увеличением количества обращений к СППР, стремясь к 1. Характерный вид этих зависимостей может быть представлен с помощью графика (рис. 4).

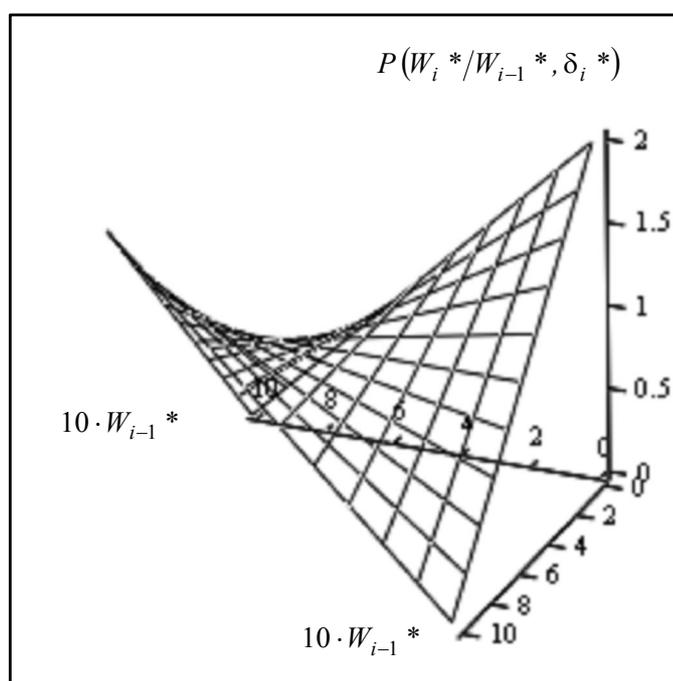


Рис. 2. Вид функции плотности вероятности оценки показателя качества СТС на одном из этапов проектирования W_i^* в зависимости от качества выполнения предыдущего этапа W_{i-1}^* при $\delta_i^* = 1$

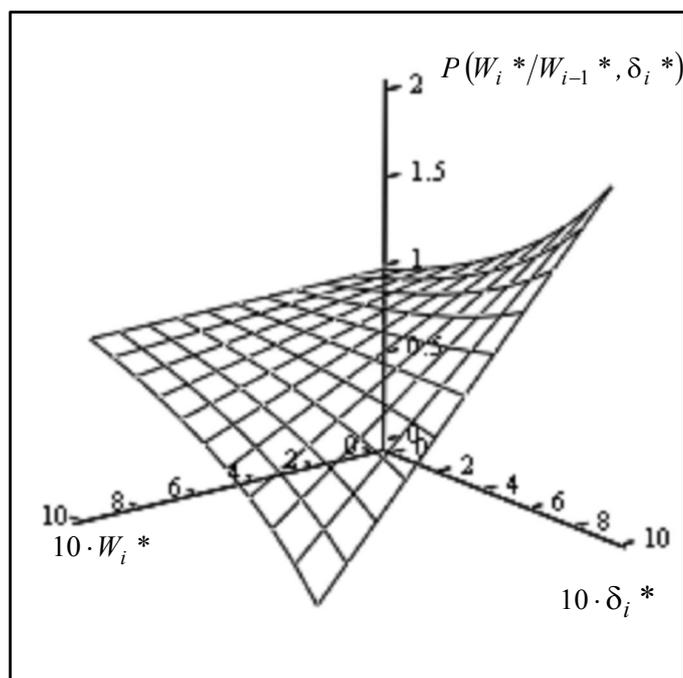


Рис. 3. Вид функции плотности вероятности оценки показателя качества СТС на одном из этапов проектирования W_i^* в зависимости от качества поддержки принятия решений δ_i^* при $W_{i-1}^* = 1$

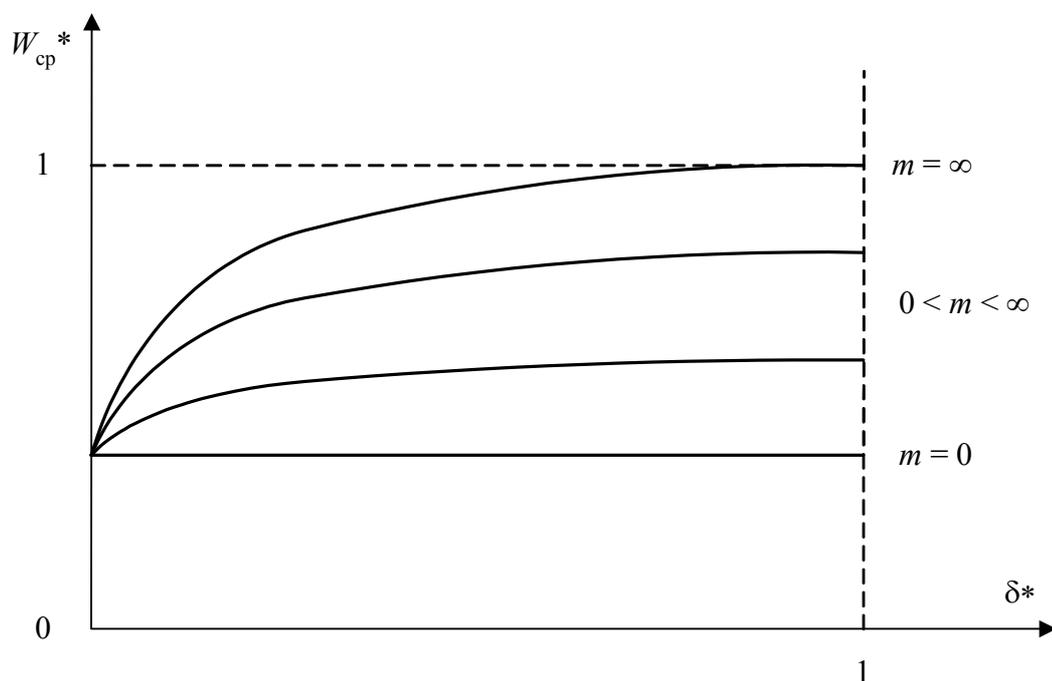


Рис. 4. Значение усреднённого значения оценки качества СТС от эффективности СППР

Полученные выражения дают представление о влиянии СППР на качество проектируемой СТС. На их основе может быть определено количество обращений m к СППР, при котором достигается требуемое среднее значение показателя качества W_{cp}^* СТС, то есть требования к составу и уровню информационного наполнения СППР.

Литература

1. **Членов А.Н.** Оценка качества систем охранно-пожарной сигнализации на этапах жизненного цикла // Материалы седьмой международной конференции "Системы безопасности" – СБ-98. М.: МИПБ МВД России, 1998. С. 228, 229.
2. **Топольский Н.Г., Членов А.Н.** Вероятностно-статистический подход к решению задач создания сложных систем безопасности объектов // Материалы XV научно-практической конференции "Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков". М.: ВНИИПО МВД России, 1999. С. 141, 142.