

УДК 621.397

ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Сальников И.И., Шмокин М.Н.*ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия (ПГТА)»,
Пенза, e-mail: iis@pgta.ac.ru, ShMNpenza@mail.ru*

Предложен метод выбора средства реализации ТВТСО на основе функции выбора с учетом оптимальной сложности ТВТСО. В статье предлагается методика, позволяющая оптимизировать процесс выбора средств реализации сложной информационной технической системы (ИТС) на примере телевизионной технической системы охраны (ТВТСО) с использованием обобщенной характеристики – сложности, позволяющей перевести разнородные многопараметрические характеристики электронных устройств в обобщенную количественную величину, которая учитывала бы различные варианты построения системы, варианты программного обеспечения и используемые устройства, реализующие заданные функции системы.

Ключевые слова: сложность, телевизионная техническая система охраны, средства реализации

COMPLEXITY APPLICATION FOR PARAMETERS OPTIMIZATION OF AN INFORMATION ENGINEERING SYSTEM

Salnikov I.I., Shmokin M.N.*Penza State Technological Academy (PSTA), Penza, e-mail: iis@pgta.ac.ru, ShMNpenza@mail.ru*

The method of choosing realization means of a complex information engineering system (TVESS) on the basis of a function choice taking into account the optimal complexity of TVESS is also under discussion. The technique allowing us to optimize the process of choosing realization means of a complex information engineering system (IES) by example of a television engineering security system (TVESS) using a generalized characteristic – complexity – is proposed in the article. This characteristic allows us to convert heterogeneous polyvalent characteristics of electronic devices into a generalized quantitative value which should take into account different types of a system construction, software and devices being used and realizing given system functions.

Keywords: complexity, television engineering security system, realization means

В настоящее время успешно развиваются информационные технические системы (ИТС), одним из примером которых являются телевизионные технические системы охраны (ТВТСО). Основой ТВТСО являются телевизионные камеры (ТБК), которые до недавнего времени выполняли роль формирователя видеосигнала, а все функции обнаружения нарушителя в охраняемой зоне выполнялись централизованно в системе сбора и обработки изображений (ССОИ). Практически всю обработку изображений можно выполнить внутри ТБК, а на ССОИ передавать только сигнал тревоги и контрольно-измерительную информацию [1]. При этом реализация алгоритмов обнаружения нарушителя с учетом условий работы непосредственно в ТБК позволяет говорить о телевизионном датчике (ТВД) нарушения [2].

ТВТСО относятся к сложным информационным техническим системам, при проектировании которых существует проблема выбора и оптимизации параметров, которые напрямую зависят от средств реализации проектируемой ТВТСО.

Часто сложными системами называют системы, которые нельзя корректно описать математически, потому что в системе имеется очень большое число элементов, неизвестным образом связанных друг с другом [3].

Прежде чем оптимизировать параметры, необходимо определить и обосновать

структурную схему ТВТСО. Примером сложной ИТС может служить мобильная телевизионная техническая система охраны, в состав которой должны входить следующие **основные блоки**: система сбора и обработки информации; устройства формирования радиоканала; телевизионные камеры.

1. Оценка сложности ТВТСО

Рассмотрев состав структурной схемы ТВТСО, основные технические характеристики, условия работы и эксплуатации системы, определяют **многопараметрические и разнородные условия**, при которых необходимо спроектировать ТВТСО. Для формализации задачи выбора и обоснования средств и характеристик реализации проектируемой ТВТСО, конкретизации и использования количественного описания процесса обоснования выбора, необходимо ввести обобщенную характеристику системы, которая учитывала бы различные варианты построения системы, варианты программного обеспечения и используемые устройства, реализующие заданные функции системы. В качестве такой характеристики будем использовать **сложность ТВТСО** – $C_{\text{ТВТСО}}$ [4].

Введение понятия сложности $C_{\text{ТВТСО}}$ обусловлено попыткой перевести разнородные количественные параметры электронных устройств, входящих в ТВТСО, в некоторую обобщенную характеристику, имеющую количественную величину.

Сложность является обобщенной характеристикой, имеющей признаки **субъективизма**. Она является связующим звеном между субъективными понятиями, которые ближе всего к экспертным оценкам и количественным параметрам системы принятия решения, с которыми можно проводить преобразования и закладывать в алгоритм принятия решений в виде некоторой метрики [5]. При использовании экспертных оценок предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта. При этом методы опроса и обработки основываются на использовании принципа «хорошего измерителя», т.е. эксперт – качественный источник информации; групповое мнение экспертов близко к истинному решению. Однако в некоторых теоретических исследованиях отмечается, что это предположение не является очевидным [6].

На основе анализа технических характеристик электронных устройств предлагается сформировать их обобщенные количественные характеристики – сложности C_i и затем уже оперировать сложностями отдельных электронных устройств C_i , входящих в проектируемую ТВТСО с целью оптимизации её характеристик.

Отметим **основные принципы формирования сложности** электронных устройств C_i , входящих в проектируемую ТВТСО:

- сложность должна быть безразмерной величиной;
- сложность должна включать в себя основные технические параметры электронных устройств;
- зависимость сложности от технических параметров должна быть близка к прямо пропорциональной, либо обратно пропорциональной;
- если значения некоторого параметра доминируют над другими, то следует использовать логарифмирование для сжатия диапазона изменения этого параметра.

Например, как оценить сложность АЦП? АЦП – это электронное устройство, предназначенное для преобразования аналогового сигнала в поток цифровых кодов, в котором выполняется дискретизация по времени и квантование по уровню [4]. АЦП характеризуется следующими техническими параметрами:

- разрядностью получаемого цифрового кода $n_{\text{АЦП}}$;
- временем преобразования, $t_{\text{прб}}$;
- основным тактовым периодом T_0 ;
- максимальным S_{max} и минимальным S_{min} значением преобразуемого аналогового напряжения;
- динамическим диапазоном входного напряжения

$$D_S = |S_{\text{max}} - S_{\text{min}}|. \quad (1)$$

Тогда возможна следующая эмпирическая зависимость, полученная на основе экспертных оценок:

$$C_{\text{АЦП}} = \log_2 n_{\text{АЦП}} \cdot \frac{T_0}{t_{\text{прб}}} \cdot \frac{|S_{\text{max}}|}{D_S}, \quad (2)$$

из которой следует, что сложность АЦП логарифмически растет с увеличением разрядности $n_{\text{АЦП}}$ и с уменьшением времени преобразования $t_{\text{прб}}$. Чем меньше D_S , тем сложнее в АЦП реализовать заданную разрядность, поэтому зависимость $C_{\text{АЦП}}$ от D_S должна быть обратно пропорциональной. Параметры $t_{\text{прб}}$ и D_S нормируются по T_0 и S_{max} соответственно, в результате получается безразмерная характеристика сложности АЦП (2). Необходимо отметить, что зависимость сложности АЦП от технических параметров явно не линейна и определяется его структурной организацией.

Подобных электронных устройств в ТВТСО большое количество и сравнить их по техническим характеристикам **невозможно**. С введением сложности C_i появляется возможность сравнения отдельных устройств между собой.

Получив для каждого электронного устройства сложность C_i , следует объединить их в обобщенную характеристику – сложность ТВТСО $C_{\text{ТВТСО}}$. Наиболее простым и удобным способом объединения сложностей C_i является суммирование C_i с весовыми коэффициентами q_i :

$$C_{\text{ТВТСО}} = \sum_{i=1}^n q_i C_i. \quad (3)$$

Весовые коэффициенты q_i либо выравнивают влияние сложностей отдельных электронных устройств, либо учитывают их приоритеты в общей сложности $C_{\text{ТВТСО}}$. Определение весовых коэффициентов q_i является не менее важной задачей, чем определение сложностей электронных устройств, входящих в ТВТСО. Весовые коэффициенты определяются на основе анализа функции выбора.

2. Влияние сложности устройств на технические характеристики ТВТСО

Прежде чем определить сложность отдельных устройств, входящих в ТВТСО, требуется определить, как будут влиять основные технические характеристики системы на сложность $C_{\text{ТВТСО}}$.

Среди технических характеристик особое место занимает время автономной работы системы, которое уменьшается при увеличении потребляемой мощности и уменьшается с ростом сложности как системы в целом, так и сложности отдельных устройств, то есть чем больше аппаратных затрат, тем меньше времени автономной работы системы при заданной емкости аккумулятора.

Разнообразные характеристики ТВТСО можно разделить на две части, которые противодействуют друг другу: увеличение значений для одной части характеристик приводит к росту сложности системы $C_{\text{ТВТСО}}$, а для другой – к уменьшению $C_{\text{ТВТСО}}$ [4].

Характеристики, увеличение значений которых приводит к росту сложности системы: объем охраняемой зоны – $Q_{\text{ОЗ}}$; скорость передачи информации – V_I ; вероятность правильного обнаружения – $P_{\text{ПРАВ}}$.

Технические характеристики $Q_{\text{ОЗ}}$, V_I , $P_{\text{ПРАВ}}$ назовем **информационными характеристиками системы** $H_{\text{ТВТСО}}$.

С другой стороны, при увеличении сложности системы наблюдается уменьшение таких характеристик ТВТСО, как время автономной работы $T_{\text{АР}}$ и вероятность ложной тревоги $P_{\text{ЛГ}}$.

На рис. 1 представлены графики поведения технических характеристик системы в зависимости от сложности системы.

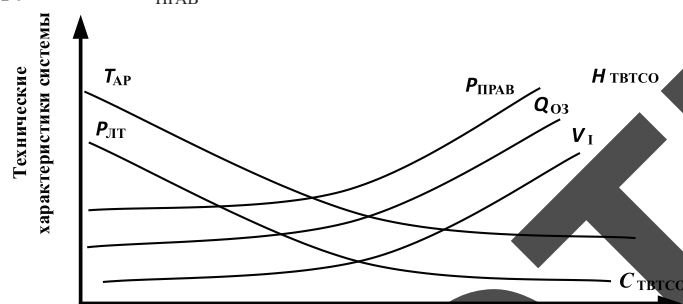


Рис. 1. Влияние сложности на характеристики системы

Следует заметить, что реально технические характеристики влияют на сложность системы, являясь аргументом для сложности. Но для дальнейшего рассмотрения удобнее в качестве аргумента выбрать сложность системы, тогда как технические характеристики будут являться функцией сложности $C_{\text{ТВТСО}}$, что и показано на рис. 1.

3. Функция выбора средства реализации ТВТСО

Для объективного решения задачи выбора средства реализации ТВТСО и обоснования этого выбора необходимо использовать количественную оценку характеристик системы, которые увязаны в некоторую функцию выбора [4].

Функция выбора средства реализации модели системы $\beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}})$ определя-

ет зависимость информационных характеристик системы $H_{\text{ТВТСО}}(C_{\text{ТВТСО}})$ и времени автономной работы системы $T_{\text{АР}}(C_{\text{ТВТСО}})$ от сложности системы и позволяет определить оптимальное значение сложности системы $C_{\text{ТВТСО.ОПТ}}$ при заданных параметрах устройств, входящих в систему.

Сформулируем требования к функции выбора:

- значения функции выбора $\beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}})$ должны изменяться в пределах (0...1);

- функция выбора должна иметь минимум.

Для формирования функции выбора используем экспоненциальные зависимости – растущую $f(x) = e^x - 1$ и падающую $f(x) = e^{-x}$, которые в сумме дадут нам искомый вид функции выбора (рис. 2).

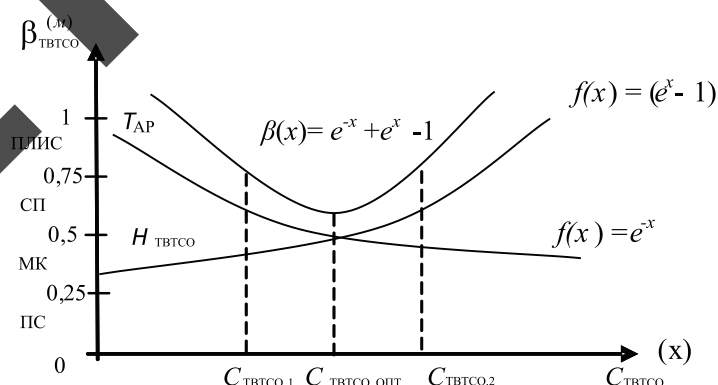


Рис. 2. Определение аналитического вида функции выбора

Предлагается следующий вид аналитической зависимости функции выбора средства реализации модели ТВТСО от сложности системы:

$$\beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(x) = e^{-K_1 x} + e^{K_2 K_3 x} - 1. \quad (4)$$

Аргументом функции выбора будет являться сложность системы $x = C_{\text{ТВТСО}}$, опре-

деляемая сложностью отдельных устройств. Кроме $C_{\text{ТВТСО}}$ в функцию выбора включены ряд коэффициентов K_1, K_2, K_3 , которые имеют приоритет или доминирующее воздействие на функцию выбора по сравнению со сложностью и с помощью которых будет учитываться ряд требований при проектировании системы.

В качестве коэффициентов K_1, K_2, K_3 для выражения (4) будем использовать следующие коэффициенты:

– коэффициент автономной работы $K_{\text{АР}}$, учитывающий емкость аккумулятора, потребляемую мощность и время автономной работы системы;

– коэффициент реального времени $K_{\text{РВ}}$, учитывающий быстродействие системы и изменяющийся от 1 (для ТВТСО работающих в реальном времени) и до 0 при уменьшении быстродействия системы;

– коэффициент информационных возможностей системы $K_{\text{ИВ}}$, учитывающий объем охраняемой зоны, вероятность правильного обнаружения, скорость передачи информации по каналу связи ТВД с ССОИ [7].

Таким образом, широкий спектр параметров и характеристик ТВТСО делится на 4 группы: $K_{\text{АР}}, K_{\text{РВ}}, K_{\text{ИВ}}$ и $C_{\text{ТВТСО}}$, которые являются аргументом для функции выбора.

Функция выбора средства реализации модели информационной системы $\beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}})$ должна иметь минимальное значение, соответствующее оптимальному значению сложности системы $C_{\text{ТВТСО,ОПТ}}$ при заданной емкости аккумулятора E_A (см. рис. 2).

Оптимальная сложность $C_{\text{ТВТСО,ОПТ}}$ – это значение сложности ИТС при заданной емкости аккумуляторов E_A , когда достигается максимальное значение информационной характеристики $H_{\text{ИС}}$ при максимальном значении $T_{\text{АР}}$.

Из рис. 2 следует, что для заданной емкости аккумулятора:

– при $C_{\text{ТВТСО}} = C_{\text{ТВТСО,2}}$, $\frac{d\beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}}{dC_{\text{ТВТСО}}} > 0$, то есть не выполняется условие автономной работы по времени;

– при $C_{\text{ТВТСО}} = C_{\text{ТВТСО,1}}$, $\frac{d\beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}}{dC_{\text{ТВТСО}}} < 0$, то есть время автономной работы больше, чем требуется. Это резерв, при этом можно увеличить сложность, повысив информационные характеристики системы.

Для разработки метода выбора средства реализации выполним равномерное разделение диапазона значений функции выбора на 4 зоны, так как не известен приоритет средства реализации (см. рис. 2). Каждой зоне соответствует определенное средство

реализации, исходя из требований по быстродействию и аппаратным затратам.

Поведение функции выбора должно зависеть от требований к информационной системе в следующем виде:

– требование по увеличению времени автономной работы, когда $K_{\text{АР}}$ растет, приводит к необходимости увеличивать емкость аккумуляторной батареи или уменьшать потребляемую мощность, то есть функция выбора должна падать и оптимальное значение должно попадать в область программных средств ПС;

– требование по увеличению быстродействия, когда $K_{\text{РВ}}$ растет, наилучшим образом реализуется с помощью программируемой логики ПЛИС, то есть функция выбора должна расти и оптимальное значение должно попадать в область ПЛИС;

– требование по увеличению информационных возможностей, когда $K_{\text{ИВ}}$ растет, также наилучшим образом реализуется с помощью программируемой логики ПЛИС, то есть оптимальное значение должно попадать в область ПЛИС.

Объединим полученные результаты в общее выражение для функции выбора, общий вид которой представлен в виде формулы (5).

$$\beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}}) = e^{-aC_{\text{ТВТСО}}K_{\text{АР}}} + e^{bC_{\text{ТВТСО}}\frac{K_{\text{РВ}}}{K_{\text{ИВ}}}} - 1. \quad (5)$$

4. Метод выбора средства реализации ТВТСО

Метод выбора средства реализации ТВТСО заключается в следующем:

– по конкретным значениям исходных параметров ТВТСО (количество ТВД, скорость передачи по каналам связи, время автономной работы, потребляемая мощность ТВД, потребляемая мощность ССОИ, дальность действия ТВД, ширина охраняемой зоны, вероятность правильного обнаружения, вероятность ложной тревоги), рассчитывается реальная сложность $C_{\text{ТВТСО}}^{(P)}$ и по формуле (5) рассчитывается значение функции выбора $\beta_{\text{ТВТСО}}^{(P)}$ для конкретной ТВТСО;

– попадание функции выбора $\beta_{\text{ТВТСО}}^{(P)}$ в соответствующие зоны дает рекомендованные средства реализации проектируемой системы. Средства реализации информационных преобразователей, входящих в ТВТСО, определим в виде следующего множества: $CP \in \{\text{ПС, МК, СП, ПЛ}\}$.

На рис. 3 представлен общий вид разработанного программного средства (ПС), функция выбора (5) и метод на ее основе.

Первая зона для

$$(0 \leq \beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}}) < 0,25),$$

что соответствует программным средствам (ПС), которые требуют использования универсальной ЭВМ с необходимым программным обеспечением.

Вторая зона для

$$(0,25 \leq \beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}}) < 0,5),$$

соответствует микроконтроллерам (МК).

Третья зона для

$$(0,5 \leq \beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}}) < 0,75),$$

соответствует сигнальным процессорам (СП).

Четвертая зона для

$$(0,75 \leq \beta_{\text{ТВТСО}}^{(M)}(C_{\text{ТВТСО}}) < 1,0),$$

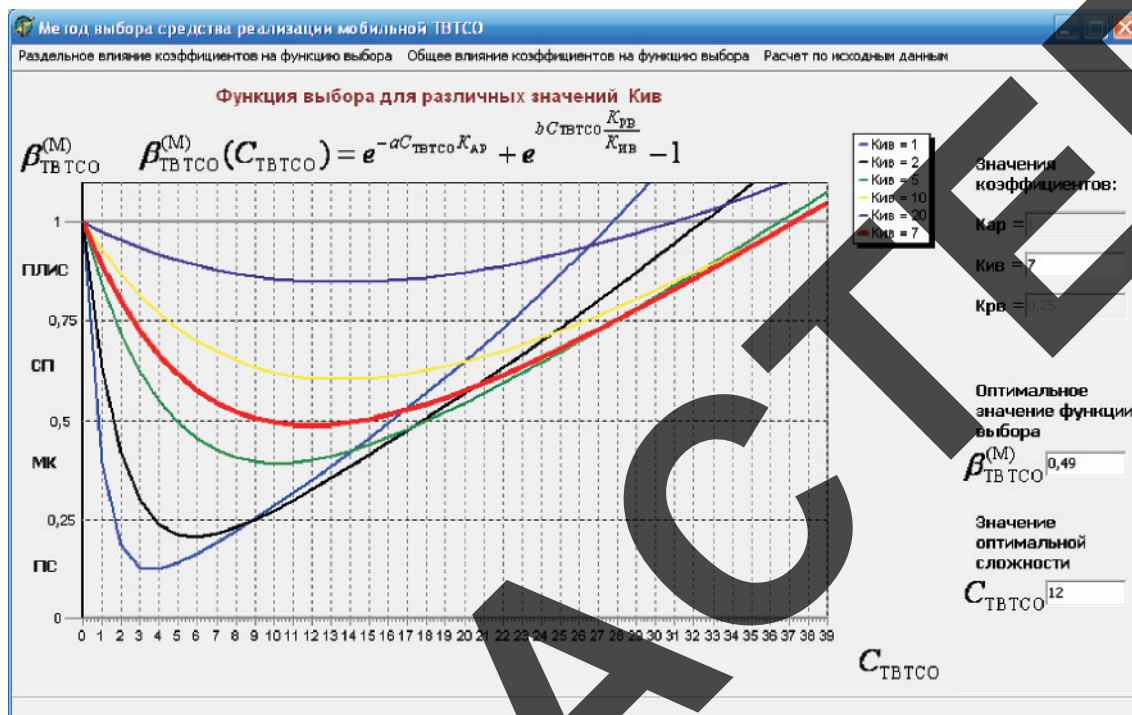


Рис. 3. Пример работы ПС оптимизации параметров мобильной ТВТСО

что соответствует программируемой логике (ПЛ) или программируемым логическим интегральным схемам (ПЛИС), которые используются для аппаратной реализации функций ТВТСО.

Заключение

Таким образом, в результате использования обобщающего параметра-сложности ($C_{\text{ТВТСО}}$) связанного с техническими характеристиками ТВТСО, и увязки его оптимального значения, в некоторую функцию выбора $\beta_{\text{ТВТСО}}^{(P)}$ предложен, в общем виде, метод выбора средств реализации мобильной телевизионной технической системы охраны. Попадание значения функции выбора $\beta_{\text{ТВТСО}}^{(P)}$ в соответствующие зоны модели дает рекомендованные средства реализации.

Список литературы

1. Сальников И.И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений. – М.: Физматлит, 2009. – С. 50–52.
2. Шмокин М.Н. Интеллектуальные системы видеонаблюдения в телевизионных системах охраны // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: тезисы докл. VIII Всерос. конф. (Пенза, 25–26 мая 2010 г.). – Пенза, 2010. – С. 99–101.
3. Вавилов А.А., Фомин Б.Ф., Бачурин А.С. Прикладное программное обеспечение структурных исследований в системном моделировании // Теория сложных систем и ме-

тоды их моделирования: тр. семинара. – М.: Всесоюз. НИИ системных исследований АН СССР, 1984. – С. 48–68.

4. Сальников И.И., Шмокин М.Н. Применение коэффициента сложности при оптимизации параметров информационных систем // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: тезисы докл. VIII Междунар. конф. (Курск, 13–15 мая 2008 г.). – Курск, 2008. – С. 99–101.

5. Воронин А.А., Мишин С.П. Алгоритмы поиска оптимальной структуры организационной системы // Автоматика и Телемеханика. – 2002. – №5. – С. 120–132.

6. Качанова Т.Л. Решение общей задачи реконструктивного анализа сложных систем по эмпирическим описаниям: дис. ... д-ра техн. наук. – СПб.: ГЭТУ «ЛЭТИ», 2002. – С. 54–55.

7. Сальников И.И., Шмокин М.Н. Информационные возможности телевизионной технической системы охраны // Современные охраняемые технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов: тезисы докл. VIII Всерос. конф. (Пенза – Заречный, 6–8 окт. 2010 г.). – Пенза, 2010. – С. 207–211.

Рецензенты:

Федотов Н.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой экономической кибернетики ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза;

Светлов А.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой радиотехники и радиотехнических систем ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.

Работа поступила в редакцию 22.09.2011.