

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПРИНИМАЕМЫХ В ХОДЕ РАЗРАБОТКИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ, НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Д. М. Ненадович

ОАО «Ростелеком»

Поступила в редакцию 05.09.2012 г.

Аннотация. В представленной статье рассмотрен один из наиболее эффективных методов решения задачи (в рамках системного подхода) анализа качества проектно-технических решений, принимаемых в ходе разработки инфокоммуникационных систем (ИКС). Подход основан на базе одного из результатов теории эффективности, предусматривающего вероятностное описание экспертных показателей качества (ЭПК) функционирования инфокоммуникационных систем, где ЭПК представлены в виде условных вероятностей выполнения требований к качеству функционирования ИКС на физическом, канальном и сетевом уровне ЭМВОС, с последующей вероятностной сверткой в глобальную систему экспертных показателей качества (ГЭСПК).

Ключевые слова: инфокоммуникационные системы, эффективность, качество функционирования, проектно-технические решения, системный анализ; сетевой, канальный и физический уровень ЭМВОС; показатель качества, экспертный показатель качества, система экспертных показателей качества, глобальная экспертная система показателей качества, вероятность, условные вероятности, свертка условных вероятностей.

Annotation. In this article considered one of the most effective methods of solving the problem (through a systemic approach) of analysis of quality project and technical decisions making in development infocommunication systems (IKS). Method based on the one of the results of theory of effectiveness with providing probabilistic description of expert quality indicators (EQI) of functioning infocommunication systems where EQI presented in the form of conditional probabilities of the requirements to the quality of the functioning of IKS in the physical, data link and network layer of EMVOS, followed by contraction in the global system of expert quality indicators (GSEQI).

Keywords: infocommunication systems, effectiveness, functioning quality, project and technical decisions, network analysis; network, data link and physical layer of EMVOS; quality index; expert quality indicator; global system of expert quality indicators; probability, conditional probabilities, convolution of the conditional probabilities.

ВВЕДЕНИЕ

Результаты анализа основных положений теории эффективности, применительно к решению задач, анализа качества и формирования экспертной оценки качества проектов инфокоммуникационных систем, позволяют отметить целесообразность реализации (в качестве базового подхода) алгоритмов вероятностной оценки векторных экспертных показателей качества (ЭПК).

В общем случае последовательность действий по разработке алгоритмов формирования оценочных значений ЭПК, экспертных систем

показателей качества (ЭСПК) и глобальных экспертных систем показателей качества (ГЭСПК) проектируемой инфокоммуникационной системы (ИКС), может быть представлена следующим образом [1, 2, 3]:

- разработка статических математических моделей ЭПК, учитывающих специфику технических решений, реализуемых на физическом, канальном и сетевом уровнях ЭМВОС;
- разработка оптимальных (безизбыточных) экспертных систем ПК;
- доработка статических моделей ПК, вошедших в ЭСПК, до возможности учета динамики подпроцессов, составляющих общий процесс функционирования перспективной ИКС;

- разработка алгоритмов оценки значений экспертных ПК, при реализации в проектируемой ИКС того или иного технического решения;
- разработка алгоритмов свертки оценочных значений ЭПК в ЭСПК;
- разработка алгоритмов свертки оценочных значений ЭСПК в ГЭСПК.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

К настоящему времени накоплен значительный опыт разработки и эксплуатации ИКС подтверждающий корректность анализа характеристик ИКС на основе вероятностных моделей [1]. Поэтому, в качестве основного инструмента анализа базовых моделей экспертных систем ПК выберем стохастические модели. Высокий уровень априорной неопределенности относительно статистических характеристик протекающих в ИКС процессов и внешних воздействий, подчеркивает целесообразность использования для решения поставленной задачи метода выбора и обоснования приближенных моделей распределения. Это обусловлено тем, что получение точных аналитических соотношений на основе строгого рассмотрения точной аналитической модели наталкивается на ряд принципиальных трудностей, связанных с необходимостью максимально полного воспроизведения всей специфики стохастических процессов в системе. Выбор и обоснование приближенных моделей распределения наиболее продуктивным образом может быть осуществлён на основе анализа данных имитационного моделирования функционирования ИКС, проведённого на базе смешанных СеМО.

Сравнительная оценка качества технических решений, предполагаемых к реализации в проектируемой ИКС непосредственно по частным ЭПК противоречива, поскольку по одним показателям более эффективной может оказаться одно техническое решение, по другим же, более эффективным будет выглядеть другое.

Выходом из этой ситуации является формирование и последующая вероятностно-временная оценка экспертной СПК (как промежуточного этапа перед формированием глобальной ЭСПК (ГЭСПК), которые бы функционально связывали все многообразие ЭПК и требования к ним.

Анализ различных методов формирования ГЭСПК информационных систем показал, что

наиболее полный учет особенностей решения задачи оценки качества функционирования ИКС, а также естественное решение проблем нормализации и свертки систем ПК достигается применением метода вероятностной скаляризации.

Суть метода заключается в использовании в качестве экспертной ГСПК совместной вероятности выполнения требований, предъявляемых пользователем к перспективной ИКС по своей временной, достоверной, и экономичной передаче сообщений

$$P_{\text{вып.ф}} = P[\vec{Y}_{\text{ф}} \leq \vec{Y}_{\text{ф.тр}}], \quad (1)$$

где $\vec{Y}_{\text{ф}}$, $\vec{Y}_{\text{ф.тр}}$ – вектора ЭПК функционирования ИКС и требований к ним.

Целесообразность выбора этого метода в качестве базового, обусловлена возможностью учета, на его основе, случайного характера изменения большинства ЭПК проектируемой ИКС, а также реальной возможностью гарантированного решения основных проблем многокритериальной оценки качества и эффективности ИКС (т.е. нормализации компонент векторных ПК и их свертки) в рамках вероятностного подхода.

Метод [1] основан на поэтапном вычислении ЭПК на каждом шаге оценивания и свертке их в ГЭСПК на этом же шаге. К основными недостатками метода могут быть отнесены сложности вычисления многомерных совместных плотностей вероятностей распределения значений ЭПК и невозможность учета на его основе особенностей многоуровневого построения ИКС в соответствии с ЭМ ВОС. Рассмотрим один из подходов к модернизации базового метода, направленный на преодоление отмеченных недостатков.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПРИНИМАЕМЫХ В ХОДЕ РАЗРАБОТКИ ИКС

В рассматриваемом случае, аналитическая формулировка ГЭСПК, может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned} P_{\text{вып.ф}} &= P[(\vec{Y}_{\text{ф}} \leq \vec{Y}_{\text{ф.тр}}) / (\vec{Y}_{\text{ТКС ТР}})] = \\ &= P_{\text{вып.ио}} [(\vec{Y}_{\text{ио}} \leq \vec{Y}_{\text{ио.тр}}) / (\vec{Y}_{\text{уип}} \leq \vec{Y}_{\text{уип.тр}})] \times \\ &\times P_{\text{вып.уип}} [(\vec{Y}_{\text{уип}} \leq \vec{Y}_{\text{уип.тр}}) / (\vec{Y}_{\text{сио}} \leq \vec{Y}_{\text{сио.тр}})] \times (2) \\ &\times P_{\text{вып.сио}} [(\vec{Y}_{\text{сио}} \leq \vec{Y}_{\text{сио.тр}}) / (\vec{Y}_{\text{су}} \leq \vec{Y}_{\text{су.тр}})] \times \\ &\times P_{\text{вып.су}} [(\vec{Y}_{\text{су}} \leq \vec{Y}_{\text{су.тр}})] \end{aligned}$$

где $P_{\text{вып ио}}[\bullet/\bullet]$, $P_{\text{вып упр}}[\bullet/\bullet]$, $P_{\text{вып сию}}[\bullet/\bullet]$ – условные вероятности выполнения требований к качеству информационного обмена и управления, программно-аппаратным комплексам (системе) информационного обмена и управления сетевого уровня ИКС соответственно, определяемые при условии выполнения требований к ЭПК системы управления (СУ): $P_{\text{вып су}}(\bullet)$ – безусловная вероятность выполнения требований к ЭПК СУ. Пример функциональной факторизации ГЭСПК наглядно представлен на рис. 1.

Выражения для расчета вероятностей выполнения требований к качеству информационного обмена, управления, качеству функционирования системы информационного обмена (СИО) и СУ могут быть записаны в следующем виде:

$$P_{\text{вып ио}}[\bullet/\bullet] = P_{\text{сд}}[(t_{\text{дос}} \leq t_{\text{дос тр}}) / (K_{\text{ош}} \leq K_{\text{ош тр}})] \times P_{\text{достов}}[(K_{\text{ош}} \leq K_{\text{ош тр}}) / (Y_{\text{упр}} \geq Y_{\text{упр тр}})] \times P_{\text{вып упр}}[(Y_{\text{упр}} \geq Y_{\text{упр тр}})]; \quad (3)$$

$$P_{\text{вып упр}}[\bullet/\bullet] = P_{\text{опер}}[(\nabla_{\text{цу}} \leq \nabla_{\text{цу доп}})] \times P_{\text{точ упр}}[(\Delta \vec{Y}_{\text{ио}} \leq \Delta \vec{Y}_{\text{ио доп}}) / (\vec{Y}_{\text{непр}} \leq \vec{Y}_{\text{непр тр}})] \times P_{\text{непр}}[(\vec{Y}_{\text{непр}} \leq \vec{Y}_{\text{непр тр}}) / (\vec{Y}_{\text{су}} \leq \vec{Y}_{\text{су тр}})] \times P_{\text{вып су}}[(\vec{Y}_{\text{су}} \leq \vec{Y}_{\text{су тр}})]; \quad (4)$$

$$P_{\text{вып сию}}[\bullet/\bullet] = \left[P_{\text{вып в}}[(\vec{Y}_{\text{вып в сию}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в сию тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып ст н}} \vec{Y}_{\text{вып ст н тр}})] \times P_{\text{вып ст н(сет)}}[(\vec{Y}_{\text{вып ст н}} \geq \vec{Y}_{\text{вып ст н тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып тн}} \geq \vec{Y}_{\text{вып тн тр}})] P_{\text{вып тн(физ)}}[(\vec{Y}_{\text{вып тн}} \geq \vec{Y}_{\text{вып тн тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып су}} \geq \vec{Y}_{\text{вып су тр}})] P_{\text{вып су}}[(\vec{Y}_{\text{вып су}} \geq \vec{Y}_{\text{вып су тр}})] \right] / \vec{3} \leq \vec{3}_{\text{тр}}; \quad (5)$$

$$P_{\text{вып в}} = P_{\text{сет в}}[(\vec{Y}_{\text{вып в сию}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в сию тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып в кан}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в кан тр}})] P_{\text{кан в}}[(\vec{Y}_{\text{вып в кан}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в кан тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып в физ}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в физ тр}})] P_{\text{физ в}}[(\vec{Y}_{\text{вып в физ}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в физ тр}})]; \quad (6)$$

$$P_{\text{вып су}}[\bullet/\bullet] = \left[P_{\text{вып в су}} \times [(\vec{Y}_{\text{вып в су}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в су тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып пр су}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр су тр}})] P_{\text{вып пр су}}[(\vec{Y}_{\text{вып пр су}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр су тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып тн су}} \geq \vec{Y}_{\text{вып тн су тр}})] P_{\text{вып тн су}}[(\vec{Y}_{\text{вып тн су}} \geq \vec{Y}_{\text{вып тн су тр}})] \right] / \vec{3} \leq \vec{3}_{\text{тр}}; \quad (7)$$

$$P_{\text{вып в су}} = P_{\text{вып в сет}} \times [(\vec{Y}_{\text{вып в сет}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в сет тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып в кан}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в кан тр}})] P_{\text{вып в кан}}[(\vec{Y}_{\text{вып в кан}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в кан тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып в физ}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в физ тр}})] \times P_{\text{вып в физ}}[(\vec{Y}_{\text{вып в физ}} \geq \vec{Y}_{\text{вып в физ тр}})]; \quad (8)$$

$$P_{\text{вып пр су}} = P_{\text{вып пр сет}} \times [(\vec{Y}_{\text{вып пр сет}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр сет тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып пр кан}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр кан тр}})] P_{\text{вып пр кан}}[(\vec{Y}_{\text{вып пр кан}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр кан тр}}) / (\vec{Y}_{\text{вып пр физ}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр физ тр}})] \times P_{\text{вып пр физ}}[(\vec{Y}_{\text{вып пр физ}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр физ тр}})]; \quad (9)$$

где $P_{\text{сд}}$ – вероятность своевременной доставки сообщений, $P_{\text{достов}}$ – вероятность выполнения требований к показателям достоверности информации, циркулирующей в ИКС, $K_{\text{ош}}$ – коэффициент ошибок, $P_{\text{опер}}$ – вероятность выполнения требований к показателям оперативности управления, $P_{\text{точ упр}}$ – вероятность выполнения требований к показателям точности (действенности) управления, $P_{\text{непр}}$ – вероятность выполнения требований к показателям непрерывности управления, $P_{\text{вып в су}}$ – вероятность выполнения требований к показателям пропускной способности каналов (выделенных физических, выделенных логических, логических) обмена управляющей информацией, $P_{\text{вып ст н(сет)}}$ – вероятность выполнения требований к показателям структурной надежности ИКС, $P_{\text{вып тн(физ)}}$ – вероятность выполнения требований к показателям технической надежности, $P_{\text{сет в}}$ – вероятность выполнения требований к показателям пропускной способности сетевого уровня ИКС, $P_{\text{кан в}}$ – вероятность выполнения требований к показателям пропускной способности канального уровня ИКС,

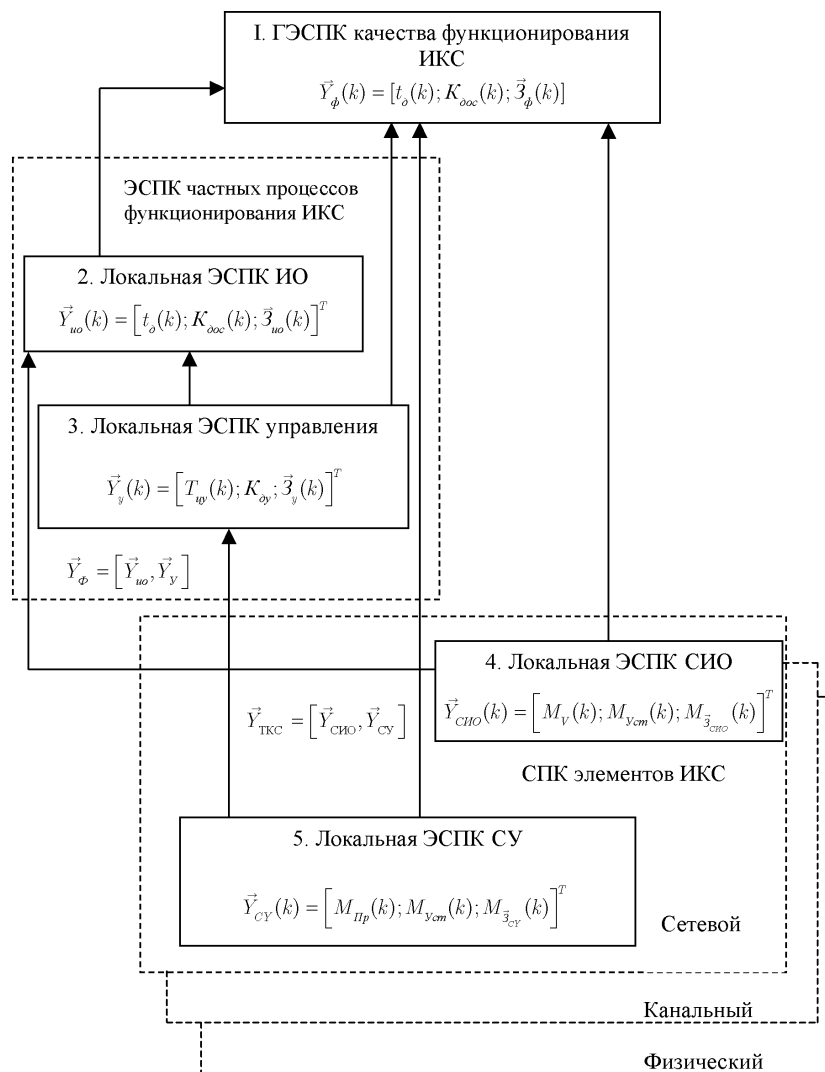


Рис. 1. Пример функциональной факторизации глобальной экспертной системы показателей качества ИКС

$P_{\text{Физ } v}$ – вероятность выполнения требований к показателям пропускной способности физического уровня ИКС, $P_{\text{Вып Пр СУ}}$, $P_{\text{Вып Пр Кан}}$, $P_{\text{Вып Пр Физ}}$ – вероятности выполнения требований к показателям производительности СУ в интересах сетевого, канального и физического уровней ЭМ ВОС соответственно, $\vec{z} \leq \vec{z}_{\text{тр}}$ – условие выполнения требований по эксплуатационным расходам. При необходимости, в рамках общего вероятностного подхода, требование может быть представлено в виде безусловной вероятности описываемой, например, дельта-функцией:

$$\begin{aligned} \omega(\vec{z}_{\text{СИО(СУ)}} / \vec{Y}_{\text{СИО}}; \vec{Y}_{\text{СУ}}) = \\ = \delta(\vec{z}_{\text{СИО(СУ)}} - \vec{z}_{\text{СИО(СУ) тр}}). \end{aligned} \quad (10)$$

Обобщенными исходными данными, необходимыми для формирования экспертной оценки качества проектируемой ИКС являются:

- требования, предъявляемые к ГЭСПК и отдельным системам показателей качества;
- предлагаемая разработчиками ИКС схема организации информационного обмена (состав средств информационного обмена, план распределения нагрузки и ресурсов и т.д.);
- возможные варианты воздействий на ИКС со стороны среды распространения и источников помех с набором технических характеристик для каждого варианта;
- предлагаемая разработчиками структура СУ ИКС (состав задач и органов управления, ресурсы, планы распределения задач и ресурсов по структуре СУ);

– сведения о методах модуляции, коммутации, мультиплексирования и маршрутизации, принятых к реализации в проектируемой системе на физическом, канальном и сетевом уровнях ЭМ ВОС;

– диапазон изменения параметров нагрузки от пользователей;

– допустимый диапазон изменения управляемых параметров;

– алгоритмы управления и их характеристики.

На основании обобщенных исходных данных формируются и вводятся:

– перечень экспертных показателей качества;

– перечень требований к экспертным показателям качества;

– совокупность одномерных законов плотностей распределения вероятностей;

– формулы для расчета значений ЭПК.

Приведем пример алгоритма вычисления ЭПК СУ ИКС (8), включающего в себя, в рассматриваемом случае пять основных этапов: 1) определение вероятности выполнения требований к показателям производительности системы управления ИКС на физическом уровне $P_{\text{вып пр физ}}[\vec{Y}_{\text{вып пр физ}} \geq Y_{\text{вып пр физ тр}}]$ (событие H_1); 2) определение вероятности выполнения требований к производительности СУ на канальном уровне $P_{\text{вып пр кан}}[(\vec{Y}_{\text{вып пр кан}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр кан тр}})] / H_1$, условной по событию H_1 ; $Y_{\text{вып пр физ}} \geq Y_{\text{вып пр физ тр}}$; 3) определение вероятности выполнения требований к производительности СУ ИКС в целом $(\vec{Y}_{\text{вып пр сет}} \geq \vec{Y}_{\text{вып пр сет тр}})$, условной по событиям H_1 и H_2 ; $Y_{\text{вып пр кан}} \geq Y_{\text{вып пр кан тр}}$; 4) определение вероятности выполнения требований к производительности СУ ИКС $P_{\text{вып пр су}} = P_{\text{вып пр сет}} P_{\text{вып пр кан}} P_{\text{вып пр физ}}$ и подстановка полученного значения в выражение для вычисления $P_{\text{вып су}}[\bullet / \bullet]$. 5) повторение этапов 1–4 при реализации альтернативных технических решений, определение максимального значения

ЭПК из вариантов удовлетворяющих условиям критерия. Аналогичным образом производится свертка составляющих ЭПК для остальных подпроцессов и подсистем до момента вычисления значения $P_{\text{вып.ф}} = P[\vec{Y}_{\text{ф}} \leq \vec{Y}_{\text{ф.тр}}]$.

Таким образом, выражения (3–9) реализуются не в виде простого перемножения вероятностей, а посредством последовательно вычисления условных вероятностей начиная с последнего (безусловного) элемента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо отметить, что разработанная методика, в отличии от методики представленной в работах [1, 2], позволяет учесть особенности проектно-технических решений, реализуемых на физическом, канальном и сетевом уровнях ИКС. Кроме того, в рассматриваемом случае, реализуется последовательная свертка одномерных условных вероятностей, тогда как в работе [1], рассматриваются многомерные условные плотности вероятности, что существенно усложняет практическое применение предлагаемых методик.

Таким образом, предложенный подход позволяет формировать оценку качества проектно-технических решений на основе анализа численных значений ЭПК. Анализ численных значений позволит в значительной мере снизить степень субъективности экспертных оценок и упростить процедуру принятия экспертного решения относительно качества проектных вариантов построения ИКС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Часть 1. Методология, методы, модели. – С.-Пб.: МО СССР, 1989. – 660 с.
2. Терентьев В. М., Паращук И. Б. Теоретические основы управления сетями многоканальной радиосвязи. – СПб.: ВАС, 1995. – 195 с.
3. Ненадович Д. М. Методологические аспекты экспертизы телекоммуникационных проектов. – М. Горячая линия – Телеком, 2008 – 272 с.

Ненадович Дмитрий Михайлович – менеджер проектов Департамента управления проектами Корпоративного центра ОАО «Ростелеком», доктор технических наук. Тел.: +7 916 176 34 27, +7 915 359 01 72. E-mail: nend@mail.ru

Nenadovich Dmitriy – Manager Project Department Management Project Center Corporate, Doctor of Sciences in Technology. Tel.: +7 916 176 34 27, +7 915 359 01 72. E-mail: nend@mail.ru