

К вопросу обоснования систем показателей качества процессов принятия решения и поддержки принятия решения в интересах управления информационными сетями

Underpinning the Systems of Process Quality Indicators for Decision Making and Support of Decision Making in Managing Information Systems

Парашук / Paraschuk I.

Игорь Борисович

(shchuk@rambler.ru)

доктор технических наук, профессор,
заслуженный изобретатель РФ.

ФГКВООУ ВО «Военная академия связи

имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного»

МО РФ (ВАС им. С. М. Буденного),

профессор кафедры автоматизированных систем
специального назначения.

г. Санкт-Петербург

Башкирцев / Bashkirtsev A.

Андрей Сергеевич

(ab098@ya.ru)

кандидат технических наук.

ВАС им. С. М. Буденного,

слушатель.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: информационная сеть – information network; управление – management; принятие решения – decision making; поддержка принятия решения – support of decision making; качество – quality; эффективность – efficiency; показатель качества – quality indicator.

В статье исходя из современных требований по оперативности (своевременности), обоснованности (достоверности), скрытности и затратам ресурсов, предъявляемых к процессам принятия решения и поддержки принятия решения по управлению информационными сетями, предпринята попытка синтезировать состоятельные и безызыточные системы показателей качества данных процессов в интересах анализа эффективности процедур управления.

Starting with modern requirements on timely, well-founded (veracious), concealed, resource-saving processes of decision making and decision support in managing information networks, the paper makes an attempt to synthesize authentic non-redundant systems of quality indicators for such processes in the interests of analyzing the efficiency of management procedures.

Понятие «информационная сеть» в различных источниках трактуется по-разному, однако в настоящее время выработались определенные стереотипы.

Разделяют понятия «информационная сеть» в широком и узком смысле. Так, информационная сеть (ИС) в узком

смысле – взаимодействующая совокупность объектов, образуемых устройствами передачи и обработки информации [1]. ИС в широком смысле – сложная, распределенная в пространстве техническая система, представляющая собой функционально связанную совокупность программно-технических средств обработки и обмена информацией и состоящая из территориально распределенных информационных узлов (подсистем обработки информации) и физических каналов передачи информации, их соединяющих [2, 3].

Информационная сеть создается подключением к телекоммуникационной сети (ТКС) абонентских систем (АС), причем на одной ТКС могут базироваться несколько ИС. Архитектура ИС содержит 3 уровня.

Уровень I – образуется совокупностью прикладных процессов (ПП), размещенных в территориально удаленных АС, являющихся потребителями информации и выполняющих ее содержательную обработку.

Уровень II – описывает функции и правила обмена информацией в интересах взаимосвязи ПП (пользователей) различных АС и реализуется ТКС, представляющей собой единую инфраструктуру для обмена различными видами информации в интересах пользователей ИС.

И наконец, уровень III – описывает функции и правила взаимосвязи при передаче различных видов информации между территориально удаленными АС через физические каналы связи (первичную сеть). Реализуется данный уровень транспортной сетью [2].

Особого внимания требует рассмотрение вопросов управления ИС, вопросов анализа эффективности процесса управления сложными ИС. В рамках процедур

управления ИС осуществляется процесс принятия решения (ПР) по управлению. Вспомогательным процессом, по отношению к процессу ПР, является процесс поддержки принятия решения (ППР), реализуемый в рамках автоматизированных систем управления (АСУ) ИС.

Именно в рамках анализа эффективности процесса управления сложными ИС возникают непростые задачи синтеза систем показателей качества (СПК) процессов ПР и ППР. Остановимся на этих задачах более подробно.

Основными требованиями к процессу ПР по управлению ИС являются: оперативность (своевременность) ПР, достоверность (обоснованность) ПР, скрытность ПР и ресурсопотребление процесса ПР [4–8]. Рассмотрим аналитическую взаимосвязь отдельных показателей качества (ПК) в составе СПК процесса ПР, определим ряд соотношений, позволяющих проанализировать численные значения показателей существенных свойств процесса ПР и построить модели их оценки с учетом данных требований.

Локальная система ПК процесса ПР по управлению ИС включает длительность цикла ПР $T_{ЦПР}(k)$; коэффициент принятия неверного решения $K_{ПНР}(k)$; коэффициент скрытности процесса ПР $K_{СКР}(k)$; вектор затрат ресурсов $\vec{Z}_{ПР}(k)$ на процесс ПР на k -ом этапе функционирования ИС:

$$\vec{Y}_{ПР}(k) = (T_{ЦПР}(k); K_{ПНР}(k); K_{СКР}(k); \vec{Z}_{ПР}(k))^T. \quad (1)$$

Длительность цикла ПР $T_{ЦПР}(k)$ на k -ом этапе функционирования ИС и управления ею характеризует оперативность (своевременность) процесса ПР, под которой понимается способность органов управления ИС принимать решения по управлению сетью в установленные сроки. Длительность цикла ПР определяется выражением

$$T_{ЦПР}(k) = T_{ВР}(k) + t_{ПР}(k), \quad (2)$$

где $T_{ВР}(k)$ – время выработки вариантов решений, включающее время принятия диагностических и организационных решений и равно

$$T_{ВР}(k) = (t_{СБ}(k) + t_{ОЦ}(k) + t_{ПНР}(k)), \quad (3)$$

где $t_{СБ}(k) = Q_{ИНФ}^y(k) / C_n^y(k)$ – время сбора и обработки информации, необходимой для принятия диагностического решения о состоянии управляемых параметров $\vec{Y}_{Ф}(k)$ ИС, причем $Q_{ИНФ}^y(k)$ – объем информации о состоянии управляемых параметров $\vec{Y}_{Ф}(k)$, подлежащей сбору и обработке на k -ом шаге функционирования сети; $C_n^y(k)$ – скорость передачи информации (команд управления) о состоянии управляемых параметров $\vec{Y}_{Ф}(k)$ в каналах управления n -го уровня иерархии АСУ ИС; $t_{ОЦ}(k) = Q_{ОЦ}^y(k) / \Pi_{ОЦ}^y(k)$ – время установления процессов в устройстве оценки параметров сети (устройстве оценки качества и эффективности функциони-

рования ИС) – время получения диагностического решения, причем, $Q_{ОЦ}^y(k)$ – количество вычислительных операций, необходимое для оценки состояния параметров (анализа эффективности) сети; $\Pi_{ОЦ}^y(k)$ – производительность вычислительных средств оценки параметров сети органа управления n -го уровня иерархии, зависящее также от требуемой точности управления $\Delta \vec{Y}_{Ф}^y(k)$ и выделенного ресурса; $t_{ПНР}(k)$ – время поддержки ПР (выработки вариантов решений и их анализа – время принятия организационного решения по управлению ИС), численно равно

$$t_{ПНР}(k) = \sum_{u=1}^{U_{ВАР}} t_{ВВU}(k) + t_{АВU}(k), \quad (4)$$

где $t_{ВВU}(k) = Q_{ОПВВР}(k) / \Pi_{ВВР}(k)$ – время выработки (генерации) u -го варианта из $U_{ВАР}$ возможных вариантов решений, определяемое количеством вычислительных операций, необходимых для выработки варианта решения $Q_{ОПВВР}(k)$, производительностью вычислительных средств выработки вариантов решений $\Pi_{ВВР}(k)$ и временем реакции лиц, обеспечивающих решение (ЛОР); $t_{АВU}(k) = Q_{ОПАВР}(k) / \Pi_{АВР}(k)$ – время анализа u -го варианта решения, определяемое количеством вычислительных операций, необходимых для анализа варианта решения $Q_{ОПАВР}(k)$, производительностью вычислительных средств анализа вариантов решений $\Pi_{АВР}(k)$ и временем реакции ЛОР.

Таким образом, окончательное выражение для оценки длительности цикла принятия решений имеет вид

$$T_{ЦПР}(k) = \left(t_{СБ}(k) + t_{ОЦ}(k) + \left(\sum_{u=1}^{U_{ВАР}} t_{ВВU}(k) + t_{АВU}(k) \right) \right) + t_{ПР}(k), \quad (5)$$

Коэффициент (риска) принятия неверного решения $K_{ПНР}$ характеризует достоверность (обоснованность) ПР, под которой понимается способность органов управления ИС обеспечить максимально возможное качество ПР [4]. Иногда под обоснованностью ПР понимается свойство АСУ, заключающееся в ее способности находить правильные решения [9].

Результаты анализа литературы [4, 6–10] позволяют сделать вывод о том, что законченных и апробированных методик оценки качества (обоснованности, достоверности) ПР не существует. Существуют лишь отдельные теоретические подходы (методы), а именно: метод оценки по внешнему критерию; вариантный метод и вероятностный метод.

Метод оценки по внешнему критерию базируется на сравнении значений эффективности продукта ПР – процесса функционирования сети при выборе оптимального решения и эффективности функционирования сети после выбранного (анализируемого) варианта ПР. В этом случае обоснованность характеризует степень приближения решения к оптимальному по критерию прогнозируемой эффективности функционирования ИС.

Недостатками данного метода являются невозможность использования полученных результатов для рационализации самого процесса управления (т.е. оценки его качества) и невозможность учета неопределенности (или нечеткости) исходной информации.

При вариантном методе за меру обоснованности принимается отношение числа фактически рассмотренных вариантов решения ($m_{\text{фак}}$) к заданному числу ($m_{\text{зад}}$). Основным недостатком данного метода является субъективизм в задании $m_{\text{зад}}$, поскольку нет механизма определения числа необходимых вариантов, а есть лишь необходимость в их избыточности, вызванная наличием объективной неопределенности в исходной информации для управления ИС.

Вероятностный метод учитывает большее количество факторов, рассматривает обоснованность как вероятность принятия оптимального решения. Здесь учитываются полнота и точность (адекватность) математических моделей, полнота информации об обстановке, количество анализируемых вариантов решения. Несмотря на кажущуюся практическую ценность данного метода, необходимо отметить, что в нем отсутствует собственно механизм ПР, что предопределяет невозможность его использования для оценки вероятности принятия оптимального решения.

В работе [4] предложен подход, при котором, с учетом достоинств и недостатков рассмотренных методов, в качестве критерия (показателя) обоснованности принят коэффициент (риска) принятия неверного решения, который определяется в соответствии с выражением

$$K_{\text{нпр}}(k) = \frac{m_{\text{вр}}^{\text{р}}(k)}{m_{\text{вр}}^{\text{тр}}(k)} [2\Phi_0(\varepsilon(k)/\Delta(k))]^{u(k)-\mu(k)-\rho(k)}, \quad (6)$$

где $m_{\text{вр}}^{\text{р}}(k)$ – количество реально проанализированных вариантов решения на k -ом шаге функционирования сети; $m_{\text{вр}}^{\text{тр}}(k)$ – число вариантов решения, которое необходимо проанализировать исходя из особенностей условий организации оперативно-технического управления (ОТУ) ИС на k -ом шаге функционирования сети; $\Phi_0(*)$ – интеграл Лапласа, с помощью которого оценивается вероятность того, что показатель целевой функции ИС (или эффективности, например реальная пропускная способность $N_{\text{реал}}^{\text{КС}}(k)$ на k -ом шаге функционирования сети) будет отклоняться от оптимальной на допустимую величину; $\varepsilon(k)$ – максимально допустимое отклонение среди ПК, определяющих эффективность сети и обусловленное погрешностями используемых математических моделей; $\Delta(k)$ – среднеквадратичное отклонение (СКО) показателя эффективности сети от оптимального значения на k -ом шаге функционирования; $u(k)$ – количество частных ПК, определяющих эффективность функционирования сети на k -ом шаге функционирования; $\mu(k)$ – количество неоптимизируемых (неуправляемых) параметров модели для оценки целевой функции (эффективности) сети; $\rho(k)$ – количество параметров, которое фиксировано (закреплено)

лицом, принимающим решения, (ЛПР) в модели на k -ом шаге функционирования и управления.

В выражении (6) учтены все основные факторы, которые влияют на качество ПР, однако наибольшую сложность, как и в случае использования вариантного метода, вызывает процесс обоснования требуемого количества рассматриваемых (анализируемых) вариантов решения $m_{\text{вр}}^{\text{тр}}(k)$. В работе [4] предложен подход, описывающий $m_{\text{вр}}^{\text{тр}}(k)$ как сумму

$$m_{\text{вр}}^{\text{тр}}(k) = m_{\text{нни}}^{\text{тр}}(k) + m_{\text{овм}}^{\text{тр}}(k), \quad (7)$$

где $m_{\text{нни}}^{\text{тр}}(k)$ – количество требуемых вариантов решения, обусловленное неопределенностью (нечеткостью) исходной информации о прогнозируемых условиях функционирования ИС и управления ею; $m_{\text{овм}}^{\text{тр}}(k)$ – количество требуемых вариантов решения, которые необходимо рассмотреть дополнительно из-за ограниченных возможностей используемых моделей. Причем $m_{\text{нни}}^{\text{тр}}(k)$ определяется типом решения и конкретными условиями его принятия [4], где многовариантность условий функционирования ИС и управления ею определяется ЛПР, системой ППР (СППР) с использованием, например, методов экспертного опроса. В свою очередь, $m_{\text{овм}}^{\text{тр}}(k)$ может быть получено путем мультипликативной свертки чисел возможных состояний каждого из неоптимизируемых ПК в модели оценки целевого эффекта (или эффективности функционирования) ИС.

В работе [6] предложена иная трактовка коэффициента риска принятия неверного (некачественного) решения. Здесь также учитываются неопределенность исходной информации и качество используемых в процессе ПР моделей, причем, с целью учета неопределенности исходной информации, рассматривается избыточное число вариантов ОТУ сетью (m_0). Избыточность в данном случае подразумевает введение альтернативных трактовок различных аспектов, учет которых необходим в процессе выработки решения. Число вариантов m_0 определяется типом решения и конкретными условиями его принятия, как и $m_{\text{овм}}^{\text{тр}}(k)$.

К примеру, для информационного (диагностического) решения m_0 может быть получено следующим образом. Известно, что информационное (диагностическое) решение, например оценка помехоустойчивости сети, принимается на основе анализа четырех аспектов информации: о возможностях противника по постановке помех, о возможностях сети противостоять помехам противника, о структурно-топологических характеристиках ИС и времени. Тогда m_0 есть количество комбинаций и определяется как произведение числа возможных реализаций каждого из рассматриваемых аспектов информации:

$$m_0^{\text{инф}}(k) = \prod_{i=1}^4 n_i(k), \quad (8)$$

где $n_i(k)$ – число возможных реализаций i -го аспекта информации на k -ом шаге функционирования сети и управления ее параметрами.

Учитывая, что ресурсные возможности органов управления ИС ограничены, реально имеется возможность рассмотреть не m_0 , а только m вариантов, число которых можно определить в соответствии с выражением

$$m(k) = \frac{t(k)}{\Delta t(k)}, \quad (9)$$

где $t(k)$ – время, отводимое на принятие решения на k -ом шаге функционирования сети и управления ее параметрами, $\Delta t(k)$ – время задания и решения одного варианта. Таким образом, в рамках ОТУ ИС почти всегда выполняется соотношение $m_0 \gg m$, хотя в случаях, когда принятие решение опирается на конкретную информацию как об условиях функционирования и о состоянии ИС, можно полагать $m_0 \approx m$. Однако для большинства ИС специального назначения, вследствие неопределенности действий противоборствующей стороны, почти всегда справедливо соотношение $m_0 > m$.

Учет качества используемых в процессе ПР моделей также описан в работе [6]. Причем рассматривается не общее число частных ПК в модели, так как не всегда в процессе управления используются полностью формализованные модели, а вводится некоторая функция $\varphi(k)$, которая отражает качество моделей. Диапазон ее изменения – от 0 до 1, а конкретное значение определяется исходя из типа применяемой в данном случае модели.

Расчетное соотношение для определения коэффициента риска подготовки некачественного решения может иметь следующий вид [6]:

$$K_{\text{мпр}}(k) = 1 - \frac{t(k)}{\Delta t(k) \cdot m_0(k)} \varphi(k). \quad (10)$$

Коэффициент скрытности процесса ПР $K_{\text{скр}}(k)$ характеризует скрытность процесса ПР на k -ом шаге функционирования сети и управления ее параметрами. Под скрытностью процесса ПР понимается способность органов управления сохранять в тайне от противника как процесс ПР, так и само полученное решение. Скрытность процесса ПР достигается за счет ограничения числа должностных лиц, допущенных к данному процессу, и закрытия основных каналов утечки при сборе, обработке информации, генерации решений и их анализе с помощью средств автоматизации и обмене информацией по техническим средствам связи [6]. Эти аспекты скрытности могут достаточно эффективно контролироваться в органе управления.

В качестве показателя в работах [4, 6] введен коэффициент скрытности $K_{\text{скр}}(k)$ имеющий смысл обратный риску компрометации принятого решения

$$K_{\text{скр}}(k) = 1 - P_{\text{компр}}(k), \quad (11)$$

где $P_{\text{компр}}(k)$ – вероятность компрометации принятого решения на k -ом шаге функционирования ИС и управления ею.

Компрометация решения может произойти как при ведении переговоров в процессе управления, так и при передаче команд управления и документов по каналам управления и сигнализации. В этом случае вероятность компрометации определяется так:

$$P_{\text{компр}}(k) = 1 - \left((1 - P_{\text{ком вп}}(k)) (1 - P_{\text{ком дс}}(k)) \right), \quad (12)$$

где $P_{\text{ком вп}}(k)$, $P_{\text{ком дс}}(k)$ – вероятности компрометации решения при ведении переговоров и использовании каналов документальной связи соответственно. Причем $P_{\text{ком вп}}(k)$ зависит как от числа должностных лиц (ДЛ), участвовавших в управлении, так и от соотношения числа закрытых $N_3^{\text{тф}}(k)$ и незакрытых каналов телефонной связи $N_{\text{нз}}^{\text{тф}}(k)$. Первый фактор можно учесть введением коэффициента числа должностных лиц в виде

$$K_{\text{дл}}(k) = 1 - \exp \left[- \frac{N_{\text{дл}}^{\text{р}}(k)}{N_{\text{дл}}^{\text{о}}(k)} \right], \quad (13)$$

где $N_{\text{дл}}^{\text{р}}(k)$ – число должностных лиц, реально участвующих в процессе ПР на k -ом шаге функционирования ИС и управления ею, а $N_{\text{дл}}^{\text{о}}(k)$ – общее число должностных лиц, которые могут участвовать в этом процессе.

Коэффициент закрытия каналов телефонной связи может быть определен по формуле [6]:

$$K_3^{\text{тф}}(k) = \frac{N_3^{\text{тф}}(k)}{N_{\text{нз}}^{\text{тф}}(k) + N_3^{\text{тф}}(k)}. \quad (14)$$

В этом случае вероятность компрометации решения за счет ведения переговоров $P_{\text{ком вп}}(k)$ определяется следующим образом

$$P_{\text{ком вп}}(k) = K_{\text{дл}}(k) (1 - K_3^{\text{тф}}(k)). \quad (15)$$

Влияние на скрытность процесса ПР использования средств документальной связи учитывает закрытые и незакрытые телеграфные каналы, по которым передаются данные ($N_3^{\text{тг}}(k)$, $N_{\text{нз}}^{\text{тг}}(k)$), а также каналы передачи данных, по которым циркулируют массивы контрольных данных и управляющая информация $N_{\text{у-с}}^{\text{пл}}(k)$. Тогда $P_{\text{ком дс}}(k)$ определяется через соответствующий коэффициент $K_3^{\text{дс}}(k)$ [6]:

$$P_{\text{ком дс}}(k) = 1 - K_3^{\text{дс}}(k) = 1 - \frac{N_3^{\text{дс}}(k)}{N_3^{\text{дс}}(k) + N_{\text{нз}}^{\text{тг}}(k)}, \quad (16)$$

где количество закрытых каналов документальной связи определяется как сумма $N_3^{\text{дс}}(k) = N_{\text{у-с}}^{\text{пл}}(k) + N_3^{\text{тг}}(k)$. Сопоставив выражения (15) и (16), получаем выражение для $K_{\text{скр}}(k)$:

$$K_{\text{скр}}(k) = K_3^{\text{дс}}(k) \left[1 - K_{\text{дл}}(k) (1 - K_3^{\text{тф}}(k)) \right]. \quad (17)$$

Вектор затрат ресурсов $\bar{Z}_{np}(k)$ на процесс ПР характеризует ресурсопотребление данного процесса $R_{np}(k)$, под которым понимается совокупность величин временного ресурса $T_{цппр}(k)$, выделяемого на процесс ПР на k -ом шаге функционирования ИС и управления ею, ресурса должностных лиц $N_{дл}^p(k)$ и вычислительного ресурса средств автоматизации, который учитывает прирост возможностей органа управления с введением перспективных информационных технологий и может быть выражен через коэффициент производительности средств автоматизации $\alpha_{пса}(k)$. В этом случае

$$\bar{Z}_{np}(k) = (\alpha_{пса}(k); T_{цппр}(k); N_{дл}^p(k))^T; \quad (18)$$

$$R_{np}(k) = \alpha_{пса}(k) \cdot T_{цппр}(k) \cdot N_{дл}^p(k), \quad (19)$$

причем

$$\alpha_{пса}(k) = f(\Pi_{оил}^y(k); \Pi_{ввр}(k); \Pi_{авр}(k)), \quad (20)$$

где $\Pi_{оил}^y(k)$ – производительность вычислительных средств оценки параметров ИС органа управления n -го уровня иерархии, зависящее от требуемой точности управления $\Delta \bar{Y}_{\phi}^y(k)$; $\Pi_{ввр}(k)$ – производительность вычислительных средств выработки вариантов решений на k -ом шаге функционирования ИС и управления ею; $\Pi_{авр}(k)$ – производительность вычислительных средств анализа вариантов решений на k -ом шаге функционирования и управления ИС.

Рассмотрим вспомогательный, по отношению к процессу ПР, процесс, а именно процесс ПППР, реализуемый в рамках АСУ ИС. Разработаем СПК процесса ПППР.

Анализ литературы, посвященной проблемам ПР и ПППР при управлении сложными организационно-техническими объектами [4–8], позволил выделить ключевые требования к процессу ПППР по управлению ИС: оперативность (своевременность) ПППР, обоснованность (достоверность) ПППР, скрытность процесса ПППР и ресурсопотребление процесса ПППР. Локальная система ПК процесса ПППР по управлению ИС включает длительность цикла ПППР $t_{ппр}(k)$; коэффициент риска поддержки принятия неверного решения $K_{пппр}(k)$; коэффициент скрытности процесса ПППР $K_{скр\ пппр}(k)$; вектор затрат ресурсов $\bar{Z}_{ппр}(k)$ на процесс ПППР:

$$\bar{Y}_{ппр}(k) = (t_{ппр}(k); K_{пппр}(k); K_{скр\ пппр}(k); \bar{Z}_{ппр}(k))^T, \quad (21)$$

В подавляющем большинстве требования к процессу ПППР перекликаются с требованиями, а значит, и критериями оптимальности (ПК) процесса ПР. Рассмотрим сходные и различные аспекты критериев оптимальности данных процессов.

Длительность цикла ПППР $t_{ппр}(k)$ на k -ом этапе функционирования ИС и управления ею характеризует оперативность (своевременность) процесса ПППР, под которой понимается способность органов управления

ИС вырабатывать (генерировать) множество вариантов возможных решений, анализировать данные варианты и выдавать ЛППР результаты анализа в установленные сроки. Длительность цикла ПППР может быть определена с помощью выражения

$$t_{ппр}(k) = \sum_{u=1}^{U_{ввр}} t_{вву}(k) + t_{аву}(k), \quad (22)$$

где $t_{вву}(k) = Q_{оп\ ввр}(k) / \Pi_{ввр}(k)$ – время выработки (генерации) u -го варианта (из $U_{ввр}$ возможных вариантов) решения, определяемое количеством вычислительных операций, необходимых для выработки варианта решения $Q_{оп\ ввр}(k)$, производительностью вычислительных средств выработки вариантов решений $\Pi_{авр}(k)$ и временем реакции ЛОР; $t_{аву}(k) = Q_{оп\ авр}(k) / \Pi_{авр}(k)$ – время анализа u -го варианта решения, определяемое количеством вычислительных операций, необходимых для анализа варианта решения $Q_{оп\ авр}(k)$, производительностью вычислительных средств анализа вариантов решений $\Pi_{авр}(k)$ и временем реакции ЛОР.

Коэффициент (риска) поддержки принятия неверного решения $K_{пппр}(k)$ характеризует достоверность (обоснованность) ПППР, под которой понимается способность органов управления ИС обеспечить максимально возможное качество ПППР [4]. В работе [10] под достоверностью (обоснованностью) понимается степень соответствия решений, получаемых при использовании систем ПППР, задачам управления ИС в конкретных условиях обстановки. В общем случае достоверность (обоснованность) ПППР зависит от достоверности и полноты обрабатываемой информации о состоянии ИС и внешней среды; достоверности, точности и полноты моделей, методик и алгоритмов преобразования информации (оценки состояния, выработки (генерации) решений, анализа решений); способности СПППР реализовать поддержку ПР, учитывая противодействие противника; способности адаптации ПК и критериев выбора, исходя из сложившейся ситуации.

Кроме того, в работе [10] достоверность ПППР определяется как отношение числа правильных решений комплекса задач управления ИС с использованием СПППР к общему числу решений. Полнота учитываемых факторов в процессе ПППР выражается через отношение числа учитываемых факторов к общему числу факторов, подлежащих учету.

С достаточной для целей исследования точностью и с учетом рассмотренных зависимостей, обоснованность (достоверность) процесса ПППР может быть представлена коэффициентом (риска) поддержки принятия неверного решения $K_{пппр}(k)$, который может быть описан выражением

$$K_{пппр}(k) = K_{ппр}(k) = \frac{m_{вр}^p(k)}{m_{вр}^{пр}(k)} [2\Phi_0(\varepsilon(k) / \Delta(k))]^{u(k) + (k) - \rho(k)}, \quad (23)$$

где все переменные имеют физический смысл, ранее оговоренный при описании выражения (6), но применительно к процессу ПППР.

Как и в случае ПР, в ходе процесса ППР тяжело обосновать требуемое количество рассматриваемых (анализируемых) вариантов решения $m_{вр}^{тп}(k)$. В нашем случае логично воспользоваться выражением (7), учитывающим неопределенность (нечеткость) исходной информации и возможности используемых моделей ПР.

Коэффициент скрытности процесса ППР $K_{скр ппр}(k)$ характеризует скрытность процесса ППР на k -ом шаге функционирования сети и управления ее параметрами. Под скрытностью процесса ППР понимается способность органов управления сохранять в тайне от противника процесс ППР и полученные результаты. Скрытность процесса ППР, как и в случае с процессом ПР, достигается за счет ограничения числа должностных лиц, допущенных к процессу ППР, и закрытия основных каналов утечки при сборе, обработке информации, генерации решений и их анализе с помощью средств автоматизации и обмена информацией по техническим средствам связи [6].

В качестве показателя скрытности процесса ППР введен коэффициент скрытности $K_{скр ппр}(k)$, имеющий смысл обратный риску компрометации вариантов решения и результатов их анализа

$$K_{скр ппр}(k) = 1 - P_{компр вр}(k), \quad (24)$$

где $P_{компр вр}(k)$ – вероятность компрометации вариантов решения и результатов их анализа на k -ом шаге функционирования ИС и управления ею.

Компрометация вариантов решения и результатов их анализа может произойти как при ведении переговоров в процессе ППР, так и при передаче команд, запросов и данных по каналам межмашинного обмена (КМО). В этом случае вероятность компрометации вариантов решения и результатов их анализа определяется так:

$$P_{компр}(k) = 1 - ((1 - P_{ком вр}(k))(1 - P_{ком КМО}(k))), \quad (25)$$

где $P_{ком вр}(k)$, $P_{ком КМО}(k)$ – вероятности компрометации вариантов решения и результатов их анализа при ведении переговоров и использовании КМО соответственно. В этом случае $P_{ком вр}(k)$ зависит от числа экспертов (ЛОР), участвовавших в процессе ППР, и от соотношения числа закрытых $N_3^{тф}(k)$ и незакрытых каналов телефонной связи $N_3^{тп}(k)$. Коэффициент числа экспертов (ЛОР), участвующих в процессе ППР, может быть определен

$$K_3(k) = 1 - \exp\left[-\frac{N_3^p(k)}{N_3^o(k)}\right], \quad (26)$$

где $N_3^p(k)$ – число экспертов, реально участвующих в процессе ППР на k -ом шаге функционирования ИС и управления ею, $N_3^o(k)$ – общее число экспертов, которые могут участвовать в процессе поддержки принятия решения.

При этом вероятность компрометации вариантов решения и результатов их анализа за счет ведения переговоров $P_{ком вр}(k)$ определяется

$$P_{ком вр}(k) = K_3(k)(1 - K_3^{тф}(k)). \quad (27)$$

Влияние на скрытность процесса ППР с точки зрения использования КМО учитывает закрытые и незакрытые каналы передачи данных $N_3^{тп}(k)$, $N_3^{тф}(k)$ между базами данных (БД), базами знаний (БЗ) и т.п., по которым циркулируют массивы данных, необходимые в ходе ППР. Тогда $P_{ком КМО}(k)$ определяется через соответствующий коэффициент $K_3^{КМО}(k)$:

$$P_{ком КМО}(k) = 1 - K_3^{КМО}(k) = 1 - \frac{N_3^{тп}(k)}{N_3^{тп}(k) + N_3^{тф}(k)}. \quad (28)$$

Тогда выражение для $K_{скр ппр}(k)$:

$$K_{скр ппр}(k) = K_3^{КМО}(k)[1 - K_3(k)(1 - K_3^{тф}(k))]. \quad (29)$$

Вектор затрат ресурсов $\bar{z}_{ппр}(k)$ на процесс ППР характеризует ресурсо-потребление данного процесса $R_{ппр}(k)$, под которым понимается совокупность величин временного ресурса $t_{ппр}(k)$, выделяемого на процесс ППР на k -ом шаге функционирования ИС и управления ею, ресурса экспертов (ЛОР) $N_3^p(k)$, а также вычислительного ресурса средств автоматизации, вычислительного ресурса СППР. По аналогии с процессом ПР, вычислительный ресурс средств автоматизации процесса ППР учитывает прирост возможностей органа управления с введением перспективных информационных технологий и может быть выражен через коэффициент производительности средств автоматизации $\alpha_{пса}(k)$.

В конечном итоге получим:

$$\bar{z}_{ппр}(k) = (\alpha_{пса}(k); t_{ппр}(k); N_3^p(k)); \quad (30)$$

$$R_{ппр}(k) = \alpha_{пса}(k) \cdot t_{ппр}(k) \cdot N_3^p(k), \quad (31)$$

причем $\alpha_{пса}(k)$ находят в соответствии с выражением (20), но с учетом особенностей процесса поддержки принятия решений.

Таким образом, предложен вариант системы показателей качества процессов принятия решения и поддержки принятия решения в интересах анализа эффективности и управления информационными сетями. Синтезированные СПК состоятельны, безызбыточны и учитывают требования к данным процессам с точки зрения оперативности (своевременности), обоснованности (достоверности), скрытности и затрат ресурсов.

Литература

1. Информационные сети и системы. Справочная книга / Под ред. Э.А. Якубайтиса. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 368с.
2. Новые информационные и сетевые технологии в системах управления военного назначения. Учебник / Под ред. С.М. Одоевского. – СПб.: ВАС, 2010г. – 432 с.
3. Телекоммуникации. Толковый словарь основных терминов и сокращений / В.Е. Кузнецов [и др.] ; под ред. А.М. Лихачева, С.П. Присяжнюка. – СПб.: АИН РФ, Институт телекоммуникаций, 2001. – 799 с.
4. Рунеев, А. Ю. Организация космической связи. Методология и математические модели оценки эффективности / А.Ю. Рунеев. – СПб.: ВАС, 1992. – 98 с.
5. Основы теории управления в системах специального назначения. Учебник / Под общей ред. Ю.В. Бородакия, В.В. Масановца, – М.: Управление делами Президента РФ, 2008. – 400 с.
6. Основы теории управления в системах военного назначения. Часть II / Под ред. А.Ю. Рунеева, И.В. Котенко. – СПб.: ВУС, 2000. – 158 с.
7. Военная системотехника и системный анализ. Модели и методы подготовки и принятия решений в сложных организационно-технических комплексах в условиях неопределенности и многокритериальности / Под ред. Б.В. Соколова. – СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999. – 497 с.
8. Калинин, В. Н. Теоретические основы системных исследований: краткий авторский курс / В.Н. Калинин. – 2-е изд. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013. – 278 с.
9. Гвардейцев, М. И. Специальное математическое обеспечение управления / М.И. Гвардейцев, В.П. Морозов, В.Я. Розенберг. – М.: Советское радио, 1980. – 536 с.
10. Котенко, И. В. Теория и практика построения автоматизированных систем информационной и вычислительной поддержки процессов планирования связи на основе новых информационных технологий / И.В. Котенко. – СПб.: ВАС, 1998. – 404 с.