

И.Э. Веденяпин, кандидат технических наук, доцент НОУ
«Столичный гуманитарный институт» (Уфимский филиал)

К ВОПРОСУ О ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

НАДЕЖНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

По определению, установленному в ГОСТ 13377-75, надежность – свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в нужных пределах, соответствующих установленным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Таким образом, надежность является внутренним свойством информационной системы (далее – ИС), заложенным при ее создании и проявляющимся во времени при функционировании и эксплуатации.

На основании изучения модели анализа надежности программных средств [1] автором был разработан ориентированный граф состояния ИС, в котором каждое ребро ориентировано в соответствии с направлением последовательного перехода системы из одного состояния в другое при переходе системы из состояния работоспособности в состояние разрушения (ИС не работоспособна).

Согласно разработанному графу система при переходе из работоспособного состояния в неработоспособное может находиться в одном из следующих состояний:

- 0 – система работоспособна;
- 1 – аппаратная ошибка;
- 2 – проектная ошибка;
- 3 – ошибка системы защиты;
- 4 – программная ошибка;
- 5 – ошибка, вызванная воздействием человеческого фактора;
- 6 – разрушение процесса;
- 7 – разрушение информационной системы;
- 8 – разрушение исходной информации;
- 9 – система неработоспособна.

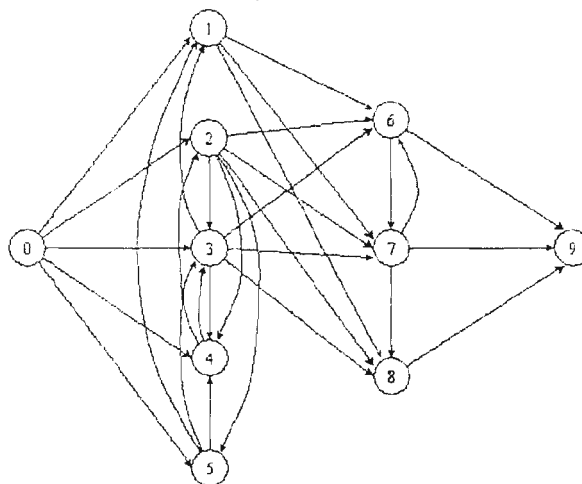


Рисунок 1. Граф надежности системы

Сгруппировав возможные причины перехода системы в неработоспособное состояние и введя состояние перехода системы в рабочий режим (стадия восстановления), получаем, что информационная система может находиться в одном из следующих состояний:

- S1 – ИС работоспособна;
- S2 – ИС неработоспособна (аппаратная ошибка);
- S3 – ИС неработоспособна (ошибка системы защиты);
- S4 – ИС неработоспособна (программная ошибка);
- S5 – ИС в стадии восстановления.

Тогда имеем следующее графическое выражение для динамической сетевой модели Маркова, описывающей состояние ИС (см. рис. 2).

Экспертно оценивая вероятность перехода ИС в то или иное состояние, получаем следующую матрицу переходов:

$$P = \begin{pmatrix} 0,93 & 0,01 & 0,05 & 0,01 & 0 \\ 0 & 0,02 & 0 & 0 & 0,98 \\ 0 & 0,05 & 0,05 & 0,05 & 0,85 \\ 0 & 0,05 & 0,05 & 0,01 & 0,89 \\ 0,93 & 0,01 & 0,01 & 0,01 & 0,04 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Рассмотрим различные состояния ИС и переходы ИС из состояния в состояние.

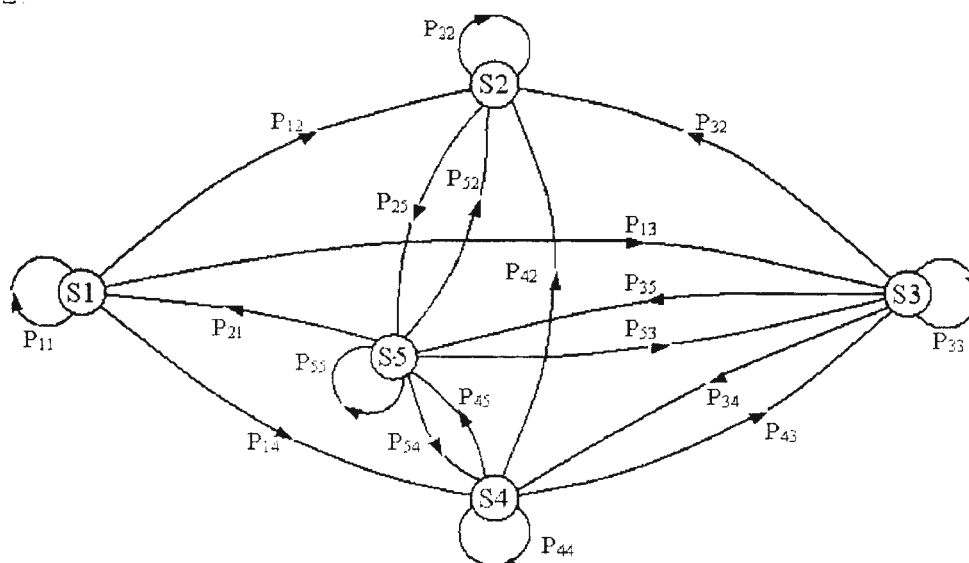


Рисунок 2. Марковская модель ИС

Состояние S1 ($P_{11}=0.93$)

- система работоспособна;
- возможен переход в состояние S2 (0,01);
- возможен переход в состояние S3 (0,05);
- возможен переход в состояние S4 (0,01).

Состояние S2 ($P_{11}=0.2$)

- система неработоспособна – аппаратная ошибка (0,02);
- возможен переход в состояние S5 (0,98).

Состояние S3 ($P_{11}=0.1$)

- система неработоспособна – ошибка системы защиты (0,05);
- возможен переход в состояние S2 (0,05);
- возможен переход в состояние S4 (0,05);
- возможен переход в состояние S5 (0,85).

Состояние S4 ($P_{11}=0.05$)

- система неработоспособна – программная ошибка (0,05);
- возможен переход в состояние S2 (0,05);
- возможен переход в состояние S3 (0,01);
- возможен переход в состояние S5 (0,89).

Состояние S5 ($P_{11}=0.05$)

- система неработоспособна – режим восстановления (0,04);
- возможен переход в состояние S1 (0,93);
- возможен переход в состояние S2 (0,01);
- возможен переход в состояние S3 (0,01);
- возможен переход в состояние S4 (0,01).

Вероятность перехода системы в состояние S_i после k интервалов времени $P_i(k)$ определяется по формуле [4]:

$$P_i(k) = M_0 * P^k * D_i \quad (2)$$

где: M_0 – вектор-строка начального состояния системы;

P^k – матрица переходных вероятностей.

D_i – вектор-столбец анализируемого состояния, который имеет все нулевые элементы, кроме одной единицы, которая стоит в позиции, соответствующей порядковому номеру анализируемого состояния.

В рассматриваемом нами случае M_0 и D_i будут иметь следующие значения:

$$A = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \quad (3)$$

$$D_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad D_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad D_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad D_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad D_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

По результатам расчета, проведенного с использованием пакета MathCad 8, получили следующие финальные вероятности доступа:

$$P_1(k) = 0.957 \quad P_2(k) = 0.0059 \quad P_3(k) = 0.011$$

$$P_4(k) = 0.0056 \quad P_5(k) = 0.021$$

Графическая интерпретация данной зависимости приведена на рис. 3.

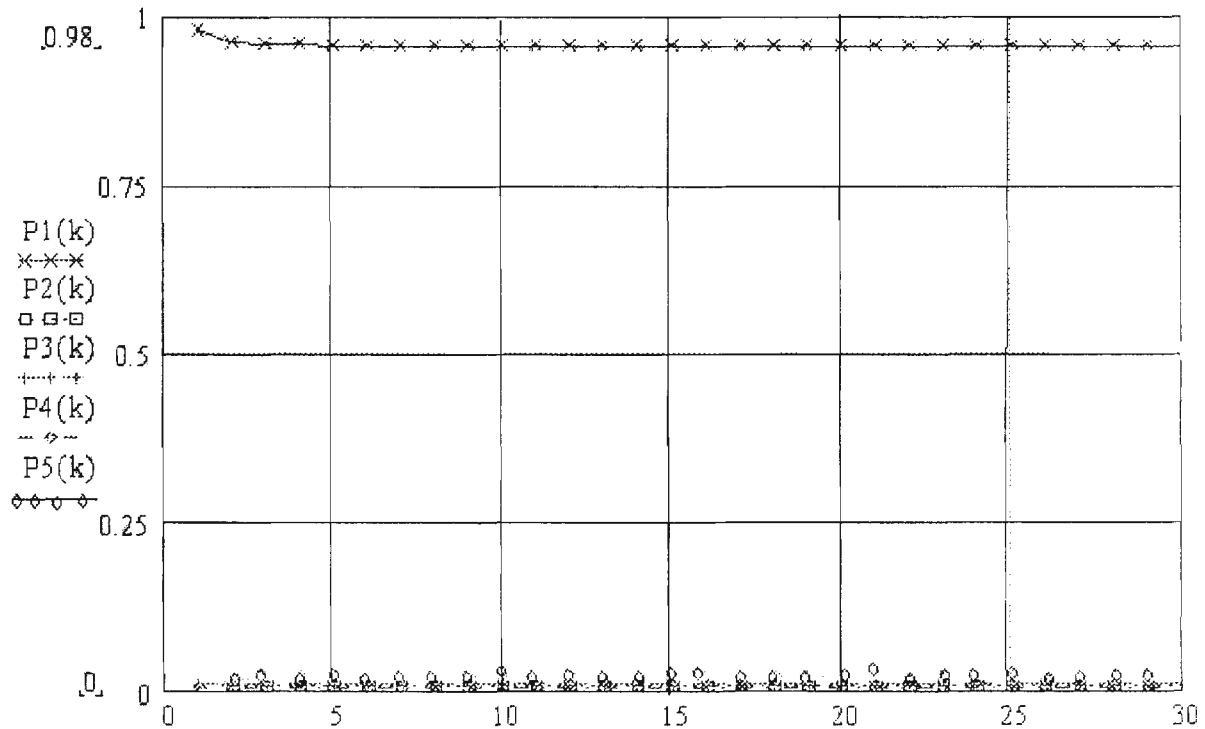


Рисунок 3. Графическая интерпретация результатов расчета

Согласно классическому определению, функция надежности R — функция, определяющая вероятность безотказной работы, — имеет следующий вид:

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \quad (5)$$

где λ — интенсивность отказов (среднее число отказов в единицу времени);

t — длительность времени безотказной работы элемента (в нашем случае — ИС).

Данная зависимость позволяет только констатировать надежность работающей системы. Для управления надежностью (т.е. для достижения требуемой надежности) в процессе создания системы необходимо разработать другие подходы.

Следует отметить, что когда имеется ряд причин, вызывающих отказ в работе ИС, интенсивность отказов λ выражается интегрально:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (6)$$

где n — количество причин отказов;

λ_i — интенсивность отказов по i -й причине.

В рассматриваемом нами случае (построение ИС) интенсивность λ можно представить как:

$$\lambda = \lambda_{\text{внешн.}} + \lambda_{\text{внутр.}} \quad (7)$$

где: $\lambda_{\text{внешн.}}$ — интенсивность отказов по причинам внешнего характера; $\lambda_{\text{внутр.}}$ — интенсивность отказов по причинам внутреннего характера.

Согласно [1] в модели анализа надежности программных средств присутствуют:

1. Ошибки внешнего характера:

– ошибки оперативного и обслуживающего персонала в процессе эксплуатации программного средства;

– искажения в каналах телекоммуникации информации, поступающей от внешних источников и передаваемой потребителям, а также не допустимые для конкретной информационной системы характеристики потоков внешней информации;

– сбои и отказы в аппаратуре вычислительных средств;

– изменения состава и конфигурации комплекса взаимодействующей аппаратуры информационной системы за пределы, проверенные при испытаниях или сертификации и отраженные в эксплуатационной документации.

2. Ошибки внутреннего характера:

– ошибки постановки задач создания ИС;
– ошибки проектирования (алгоритмизации);

– ошибки создания программного кода;

– ошибки средств защиты.

Таким образом, для определения интенсивности отказов по причинам внешнего характера $\lambda_{внешн.}$ имеем следующую зависимость:

$$\lambda_{внешн.} = \lambda_{о.п.} + \lambda_{ап} \quad (8)$$

где: $\lambda_{о.п.}$ – интенсивность ошибок по причине ошибок персонала;

$\lambda_{ап}$ – интенсивность отказов по остальным причинам внешнего характера, которые являются причинами аппаратного характера (искажение информации в каналах телекоммуникаций, ошибки аппаратуры вычислительных систем, изменение конфигурации вычислительных систем).

Следует отметить, что ошибки персонала, как правило, заключаются в следующем:

- неверно выполненная операция;
- ввод неверной информации.

Поэтому интенсивность отказов из-за ошибок персонала $\lambda_{о.п.}$ предлагается оценивать по следующей зависимости:

$$\lambda_{о.п.} = \frac{N_{\phi} - N_{\sigma}}{T_1} + \frac{N_n}{T_2} + \frac{N_{н.д.}}{T_3}, \quad (9)$$

где: N_{ϕ} – количество полей ввода информации формализованного типа (шаблоны, справочники и т.д.);

N_{σ} – количество заблокированных полей ввода информации формализованного типа;

N_n – количество полей ввода информации произвольного типа;

$N_{н.д.}$ – количество недопустимых действий;

T_1, T_2, T_3 – равные периоды времени, соответствующие слагаемым.

Отказы по причинам аппаратного характера углубленно рассматривать не будем и ограничимся только зависимостью:

$$\lambda_{ап} = M[\lambda_{ап}], \quad (10)$$

поскольку они не входят непосредственно в тематику данной статьи.

Таким образом, интенсивность отказов по причинам внешнего характера будет определяться следующим выражением:

$$\lambda_{внешн.} = \frac{N_{\phi} - N_{\sigma}}{T_1} + \frac{N_n}{T_2} + \frac{N_{н.д.}}{T_3} + M[\lambda_{ап}]. \quad (11)$$

Интенсивность отказов по причинам внутреннего характера $\lambda_{внутр.}$ предлагается оценивать следующим образом:

$$\lambda_{внутр.} = \lambda_{н.з.} + \lambda_{н.п.} + \lambda_{н.к.} + \lambda_{с.з.}, \quad (12)$$

где: $\lambda_{н.з.}$ – интенсивность отказов по причине ошибок, допущенных на этапе постановки задачи;

$\lambda_{н.п.}$ – интенсивность отказов по причине ошибок, допущенных в процессе проектирования;

$\lambda_{н.к.}$ – интенсивность отказов по причине ошибок, допущенных на этапе создания программного кода;

$\lambda_{с.з.}$ – интенсивность отказов по причине ошибок системы защиты.

Интенсивность отказов $\lambda_{н.з.}$ характеризуется степенью адекватности разработанной ИС функциональным, информационным и другим требованиям, предъявляемым в техническом задании. Поскольку степень адекватности, как правило, равна (или очень близка к) 1, можем принять, что $\lambda_{н.з.} = 0$ и в дальнейшем не учитывать в нашей работе.

Поскольку интенсивность отказов $\lambda_{н.п.}$ является параметром трудноформализуемым, предлагается оценивать его как математическое ожидание:

$$\lambda_{н.п.} = M[\lambda_{н.п.}] \quad (13)$$

Интенсивность отказов $\lambda_{н.к.}$ также предлагается оценивать как математическое ожидание:

$$\lambda_{н.к.} = M[\lambda_{н.к.}] \quad (14)$$

по следующим причинам:

- они подробно рассмотрены во многих публикациях;
- не являются непосредственной темой данной статьи.

Интенсивность отказов из-за ошибок системы защиты $\lambda_{с.з.}$ можно представить в виде следующей зависимости:

$$\lambda_{с.з.} = \frac{N_n - N_o}{T_4} \quad (15)$$

где N_n – количество предпринятых попыток нарушения системы защиты;

N_o – количество отраженных попыток нарушения системы защиты;

T_4 – соответствующий период времени, равный ранее принятым.

Таким образом, интенсивность отказов по причинам внутреннего характера может быть вычислена следующим образом:

$$\lambda_{внутр.} = M[\lambda_{np.}] + M[\lambda_{н.к.}] + \frac{N_n - N_o}{T_4} \quad (16)$$

Тогда общая интенсивность отказов λ будет выражаться как:

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda_{внешн.} + \lambda_{внутр.} = \\ &= \frac{N_\phi - N_\sigma}{T_1} + \frac{N_n}{T_2} + \frac{N_{н.о.}}{T_3} + M[\lambda_{ан.}] + \\ &+ M[\lambda_{np.}] + M[\lambda_{н.к.}] + \frac{N_n - N_o}{T_4} \end{aligned} \quad (17)$$

Представив $\lambda_{ан.}$, $\lambda_{np.}$ и $\lambda_{н.к.}$ как:

$$\lambda^* = \lambda_{ан.} + \lambda_{np.} + \lambda_{н.к.}, \quad (18)$$

и, согласно свойствам математического ожидания, их математическое ожидание как:

$$M[\lambda^*] = M[\lambda_{ан.}] + M[\lambda_{np.}] + M[\lambda_{н.к.}] \quad (19)$$

перепишем выражение (13) в следующей форме:

$$\lambda = \frac{N_\phi - N_\sigma}{T_1} + \frac{N_n}{T_2} + \frac{N_{н.о.}}{T_3} + \frac{N_n - N_o}{T_4} + M[\lambda^*] \quad (20)$$

Кроме всего вышеизложенного, следует учитывать, что по степени своего воздействия на работоспособность всего программного комплекса отказы также могут различаться. Предлагается следующая классификация отказов по степени опасности:

1) λ^I – не критичная ошибка, вызывающая остановку работы всей информационной

системы или какой-либо из ее составляющих на период не свыше 5 минут;

2) λ^{II} – малоопасная ошибка, остановка работы на срок не более 1 часа;

3) λ^{III} – опасная ошибка, остановка работы на период не более 1 рабочего дня;

4) λ^{IV} – критичная ошибка, вызванная недостатками либо отказами в работе программной или аппаратной части всей информационной системы или какой-либо из ее составляющих; остановка работы на период более 1 рабочего дня. Практически в данном случае можно говорить о полной неработоспособности информационной системы.

Тогда, в соответствии с предложенной классификацией, каждое из слагаемых зависимости (16) может быть выражено следующим образом:

$$\lambda = \lambda^I + \lambda^{II} + \lambda^{III} + \lambda^{IV} = M \left[\sum_{q=1}^Q \lambda^q \right] \quad (21)$$

Преобразуя формулу (20) в соответствии с зависимостью (21), получим:

$$\begin{aligned} \lambda &= M \left[\sum_{q=1}^Q \left(\frac{N_\phi - N_\sigma}{T_1} \right)^q \right] + M \left[\sum_{q=1}^Q \left(\frac{N_n}{T_2} \right)^q \right] + \\ &+ M \left[\sum_{q=1}^Q \left(\frac{N_{н.о.}}{T_3} \right)^q \right] + M \left[\sum_{q=1}^Q \left(\frac{N_n - N_o}{T_4} \right)^q \right] + M \left[\sum_{q=1}^Q (\lambda^*)^q \right] \end{aligned} \quad (22)$$

Полное устранение перечисленных негативных воздействий и факторов, отражающихся на надежности функционирования сложных программных средств, принципиально невозможно. Проблема состоит в выявлении факторов, от которых они зависят, в создании методов и средств уменьшения их влияния на надежность программных средств, а также в эффективном распределении ресурсов на защиту для обеспечения необходимой надежности комплекса программ, «равнопрочного» при всех реальных воздействиях.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

На основании изучения модели анализа надежности программных средств [1] можно сделать вывод, что возникновение и проявление ошибок, вызывающих сбой в работоспособности ИС той или иной степени критичности, происходит на следующих этапах жизненного цикла ПС:

Возникновение ошибки

	$\lambda_{o.n.}$	$\lambda_{an.}$	$\lambda_{np.}$	$\lambda_{n.z.}$	$\lambda_{n.k.}$	$\lambda_{c.z.}$
Анализ		■		■		■
Проектирование	■		■			■
Создание					■	
Тестирование						
Эксплуатация						

Проявление ошибок

	$\lambda_{o.n.}$	$\lambda_{an.}$	$\lambda_{np.}$	$\lambda_{n.z.}$	$\lambda_{n.k.}$	$\lambda_{c.z.}$
Анализ						
Проектирование				■		
Создание			■	■		
Тестирование	■	■	■	■	■	■
Эксплуатация	■	■	■	■	■	■

Поскольку этап анализа также можно отнести к обследованию, то есть к самому началу этапа проектирования, можно сделать вывод, что более 50% от общего числа ошибок возникает на этапе проектирования. Как следствие, из сказанного возникает задача разработки показателя (или системы показателей) качества, который позволит производить оперативный контроль процесса проектирования и, наряду с этим, облегчить и ускорить процесс выявления и устранения ошибок.

Данная задача может быть частично решена путем улучшения параметров, характеризующих процесс проектирования ИС, в ходе предварительного обследования и проектирования. Основными такими параметрами являются следующие:

1. Достоверность и полнота функционального моделирования имеющихся бизнес-процессов.

2. Достоверность и степень охвата информационной среды учреждения.

3. Удобство интерфейса и простота освоения.

Здесь необходимо четко определиться с обоими этапами – обследования и проведения моделирования. Это обусловлено тем, что если на этапе обследования варьируемые значения параметров определить и отобразить математически – достаточно простая задача, то некоторые параметры оптимизации этапа проектирования описать математически не представляется возможным. Примером может служить установление новых стандартов

на выполнение тех или иных единичных бизнес-функций: непонятно, что может служить в данном случае оптимальным значением. Исходя из вышесказанного проведем исследование оптимизации перечисленных параметров только на этапе обследования.

Учитывая то, что:

– эти параметры играют для нас примерно равнозначную роль,

– результатом любого обследования является в первую очередь описание выполняемых бизнес-функций, примем для каждой из указанных характеристик следующие весовые коэффициенты – 0,33; 0,33 и 0,33 соответственно, т.е. примем их равными. Необходимо уточнить, что весовые коэффициенты принимаются экспертно, по согласованию с заказчиком (в зависимости от значимости той или иной характеристики).

Следует также отметить, что здесь не учитывается максимальное соответствие проекта ИС таким общесистемным принципам, как масштабируемость, переносимость, открытость, адаптивность и прочие, поскольку априорно считаем, что проект разрабатываемой ИС, как это предполагается выбранной технологией проектирования, этим принципам соответствует в полной мере.

Рассмотрим более подробно указанные выше характеристики.

1. Достоверность и полнота функционального моделирования бизнес-процессов (показатель качества функционального моделирования)

Оптимальное значение достигается созданием достоверной и полной функциональной модели, охватывающей все виды деятельности (вплоть до единичных функций) учреждения.

Достоверность функциональной модели можно выразить следующими параметрами:

1) соответствие единичных функций (не автоматизированной и автоматизированной);

2) полное соответствие номенклатуры функций, которое можно определить двояким образом:

– соответствие функций на входе и выходе функциональной модели (принцип «черного ящика»);

– полное соответствие всех единичных – не автоматизированных и автоматизированных – функций (в дальнейшем будем рассматривать только этот вариант);

3) степень (полнота) охвата функциональной моделью всей номенклатуры бизнес-процессов.

Введем понятие единичной функции.

Единичной функцией будем называть разовое (единичное) функциональное действие сотрудника учреждения. В зависимости от уровня декомпозиции единичная функция может иметь разное содержание – как заполнение одной графы какого-либо создаваемого или существующего документа, так и создание документа в целом. В рассматриваемом случае за единичную функцию принимаем одно разовое действие, совершаемое с документом, – создать документ, передать документ и т.д.

Соответствие единичной функции можно определить как точное автоматизированное воспроизведение производственной (не автоматизированной) функции, исполняемой сотрудником учреждения:

$$f_{np} \equiv f_{авт}, \tag{23}$$

где f_{np} – производственная функция;

$f_{авт}$ – автоматизированная функция.

Результатом данной функции является логическое заключение “TRUE” или “FALSE”, поскольку соответствие единичной автоматизирующей функции может или быть, или его может не быть – третьего варианта, если мы рассматриваем единичную функцию, нет. Переходя к числовым значениям, имеем, что результатом данной функции является одно из двух возможных значений – 0 или 1.

Полное соответствие всех единичных автоматизированных и производственных функций выражается как сумма (соответственно) всех единичных производственных или автоматизированных функций. При равенстве суммы производственных функций сумме автоматизированных функций имеем полное количественное и качественное соответствие:

$$F_{иф} = \sum_{i=1}^n f_{ифi}, \tag{24}$$

где $f_{иф}$ – единичная автоматизированная функция;

n – количество всех автоматизированных функций;

$F_{иф}$ – полная автоматизированная функция.

$$F_{np} = \sum_{j=1}^m f_{npj}, \tag{25}$$

где f_{np} – единичная производственная (не автоматизированная) функция;

m – количество всех производственных (не автоматизированных) функций;

F_{np} – полная производственная (не автоматизированная) функция.

Степень (полнота) охвата функциональной модели определяется как отношение суммы всех автоматизирующих функций к сумме всех производственных функций и принимает значения от 0 до 1:

$$Q_{\phi} = \frac{F_{иф}}{F_{np}}. \tag{26}$$

Результат данной функции можно также выражать в процентном отношении.

В случае полного соответствия разработанной модели реальному прототипу качество функционального моделирования будет стремиться к 1 и, следовательно, может быть выражено следующим образом:

$$Q_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ифi}}{\sum_{j=1}^m f_{npj}} \Rightarrow 1 \tag{27}$$

2. Достоверность и степень охвата информационной среды учреждения (качество информационного моделирования)

Оптимальное значение достигается разработкой информационной модели всего образовательного учреждения по результатам проведения полного и достоверного обсле-

дования всех сфер деятельности (учебной, научной и производственной) и изучения и анализа номенклатуры входящих и исходящих документов.

Аналогично функциональной модели качество информационного моделирования будем оценивать по следующим параметрам:

- точность информатизации единичного содержательного параметра;
- степень (полнота) охвата информационной модели.

Введем понятие единичного содержательного параметра.

Единичным содержательным параметром будем называть единицу информации, курсирующую в информационных потоках учреждения или содержащуюся в учрежденческой базе данных. В зависимости от уровня декомпозиции понятие единичного содержательного параметра имеет различное наполнение – одно поле таблицы, одна запись, один документ и т.д. В нашем случае за единичный содержательный параметр принимаем информацию, содержащуюся в одном документе.

Точность информатизации единичного содержательного параметра можно определить как точное автоматическое воспроизведение содержательного параметра, фигурирующего в качестве единичной информационной составляющей бумажного документа:

$$i_{\text{док}} \equiv i_{\text{авт}} \quad (28)$$

где $i_{\text{док}}$ – содержательный параметр (единичная информационная составляющая бумажного документа);

$i_{\text{авт}}$ – информационный параметр (автоматическое воспроизведение содержательного параметра).

Результатом данной функции является логическое заключение “TRUE” или «FALSE», поскольку соответствие единичного содержательного параметра своему автоматическому воспроизведению может или быть, или его может не быть – третьего варианта, если мы рассматриваем единичный содержательный параметр, нет. Переходя к числовым значениям, имеем, что результатом данной функции является одно из двух возможных значений – 0 или 1.

Полное соответствие всех единичных содержательных и информационных параметров

выражается как сумма (соответственно) всех единичных содержательных или информационных параметров. При равенстве суммы содержательных параметров сумме информационных параметров имеем полное количественное и качественное соответствие.

$$I_{\text{авт}} = \sum_{j=1}^n i_{\text{авт}j}, \quad (29)$$

где $i_{\text{авт}}$ – единичный информационный параметр;

n – количество всех информационных (автоматизированных) параметров;

$I_{\text{авт}}$ – полный информационный (автоматизированный) параметр.

$$I_{\text{док}} = \sum_{l=1}^m i_{\text{док}l} \quad (30)$$

где $i_{\text{док}}$ – единичный содержательный параметр;

m – количество всех содержательных (не автоматизированных) параметров;

$I_{\text{док}}$ – полный содержательный (не автоматизированный) параметр.

Степень (полнота) охвата информационной моделью определяется как отношение суммы всех информационных (автоматизированных) параметров к сумме всех содержательных (не автоматизированных) параметров и принимает значения от 0 до 1:

$$Q_{\text{инф}} = \frac{I_{\text{авт}}}{I_{\text{док}}}. \quad (31)$$

Результат данной функции можно также выражать в процентном отношении.

В случае полного соответствия разработанной модели реальному прототипу качество информационного моделирования будет стремиться к 1 и, следовательно, может быть выражено следующим образом:

$$Q_{\text{инф}} = \frac{\sum_{j=1}^n i_{\text{авт}j}}{\sum_{l=1}^m i_{\text{док}l}} \Rightarrow 1 \quad (32)$$

3. Удобство интерфейса и простота освоения

Данный параметр характеризует сложность внедрения информационной системы, ее сопровождение и доработку с точки зрения минимизации временных ресурсов.

Оптимальное значение этого параметра достигается следующим путем:

- разработка интерфейс-прототипа на стадии проектирования;
- доработка, согласование и утверждение интерфейс-прототипа заказчиком;
- функциональное моделирование разработанного интерфейс-прототипа [5].

Данные работы проводятся в прямом контакте с представителями заказчика информационной системы.

Параметры, определяющие достижение оптимального значения в оценке удобства интерфейса и простоты его освоения, являются наиболее сложно формализуемыми. Это обусловлено наличием многих личностных характеристик пользователя, таких, как уровень образования, возраст, специфика образования, опыт предыдущей работы, обучаемость и т.д.

Для получения числовой характеристики указанных параметров предлагается применять следующие зависимости:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n a_{uzi}}{k} + \frac{\sum_{j=1}^m a_{uzj}}{k}, \quad (33)$$

где C – понятность интерфейса;

$\sum a_{uzi}$ – сумма понятных информационных элементов экрана; n – количество всех понятных информационных элементов экрана;

$\sum a_{uzj}$ – сумма всех элементов интерфейса, составляющих информационную сущность экрана;

m – количество всех элементов интерфейса, составляющих информационную сущность экрана.

В свою очередь показатель качества интерфейса $Q_{инт}$ пропорционален понятности интерфейса:

$$Q_{инт} = f(C) = k * C, \quad (34)$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от уровня образования, опыта работы в сфере ИТ и т.д.

4. Показатель качества информационной системы

Согласно рекомендациям, приведенным в [3], для решения задачи векторной оптимизации используем аддитивный критерий. Тогда имеем следующее выражение для характеристики показателя качества алгоритмизации информационной системы:

$$Q_{alg} = k_1 * \frac{\sum_{i=1}^n f_{уфи}}{n} + k_2 * \frac{\sum_{j=1}^m i_{устmj}}{m} + k_3 * k * C, \quad (35)$$

где k_1 – весовой коэффициент параметра, характеризующего достоверность и полноту функционального моделирования;

k_2 – весовой коэффициент параметра, характеризующего достоверность и степень охвата информационной среды учреждения;

k_3 – весовой коэффициент параметра, характеризующего удобство интерфейса и простота освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липаев В.В. Надежность программных средств. Серия «Информатизация России на пороге XXI века». М.: СИНТЕГ, 1998. 232 с.
2. Мамиконов А.Г. Теоретические основы автоматизированного управления. М.: Высшая школа, 1994. 489 с.
3. Теоретические основы САПР: Учеб. для вузов / В.П. Корячко, В.М. Курейчик, И.П. Норенков. М.: Энергоатомиздат, 1987. 400 с.
4. Васильев В.И., Бабкова Т.О. Динамические сетевые модели для оценки защищенности объектов информатизации // Информация и безопасность: Материалы международной науч.-практ. конф. Воронеж: ВГТУ, 2002. Вып. 2. С.190-193.
5. Мартынов В.В., Веденяпин И.Э. Функциональное моделирование интерфейса при проектировании информационных систем/ Научный сервис в сети Интернет: Тр. Всероссийской науч. конф. (24–29 сентября 2001г., Новороссийск). М.: Изд-во МГУ, 2001. С.230–232.