

*И.Г. Дровникова¹, В.П. Алферов², С.А. Змеев², А.В. Хвостов²,
А.А. Окрачков³, О.Ю. Макаров²*

(¹Воронежский институт МВД России, ²Воронежский Государственный Технический Университет; ³Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина; e-mail: idrovnikova@mail.ru)

О ПОКАЗАТЕЛЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТИПОВОГО МНОГОУРОВНЕВОГО WEB-САЙТА

Проведен анализ показателей информационной безопасности элементов типового многоуровневого web-сайта и построена его логическая функция информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, логическая функция.

*I.G. Drovnikova, V.P. Alferov, S.A. Zmeev, A.V. Khvostov,
A.A. Okrachkov, O.Y. Makarov*

ABOUT INDICATORS OF INFORMATION SAFETY OF ELEMENTS OF TYPICAL MULTILEVEL WEB-SITE

Analysis of Indicators of information safety of elements of typical multilevel web-site and built its logical function of information security.

Key words: information safety, logic function.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 11 марта 2014 г.

Web-технологии в настоящее время постоянно развиваются. Тенденцией развития является экспоненциальный рост количества сайтов и увеличивающееся разнообразие предоставляемых ими сервисов. Реализуются концепции электронной коммерции, цифровых библиотек, видео по требованию, распределенные вычисления. Предоставление многими правительственными учреждениями России web-сервисов также существенно увеличивает значимость web-технологий в современном мире.

Популярные web-сайты получают миллионы запросов в день. При этом самым критическим параметром сайта является время отклика на запрос пользователя. Большое время отклика становится источником разочарования для многих web-пользователей и проблемой для менеджеров и администраторов сайтов.

Проблема обеспечения должного качества обслуживания, требуемого пользователями, связана с адекватным определением размеров инфраструктуры, с точки зрения информационных технологий. На администраторов сайтов возлагается обеспечение производительности и предлагаемых ими сервисов путем содержания сложной структуры аппаратной и программной составляющих, определяющих понятие web-сайт.

В то же время, web-сайты являются объектами для реализации многочисленных угроз *несанкционированного доступа (НСД)* к ним, направленных на нарушение как конфиденциальности и целостности информации, так и доступности. Соответственно, при построении сайтов не ограничиваются одними настройками программного обеспечения, а применяется целый комплекс *средств защиты информации (СЗИ)* таких как [1-3]: межсетевые экраны, прокси-серверы, модули безопасности web-сервера Apache, модули преобразования URL из одного вида в другой и т.п.

Применение СЗИ, наряду с повышением защищенности информации, может оказывать и отрицательное воздействие на эффективность web-сайта по прямому назначению. В частности, снижается производительность. Системы защиты, как и любые *программные системы (ПС)*, могут иметь в своем программном коде ошибки, не обнаруженные при их тестировании. На практике это приводит к снижению общей надежности web-сайта. Системы защиты отвлекают для выполнения своих функциональных задач часть вычислительного ресурса, требуют дополнительных усилий администраторов и пользователей, что усложняет технологический цикл обработки информации и влияет на безошибочность их действий.

В связи с этим существует два противоречивых требования: обеспечения приемлемого качества обслуживания (времени реакции на запрос пользователя) и высокой защищенности от НСД.

Разрешение этого противоречия возможно путём нормирования требований к показателям *информационной безопасности (ИБ)* web-сайта. Однако решение задачи нормирования невозможно без наличия количественных зависимостей показателей эффективности web-сайта от количественных характеристик подсистемы обеспечения ИБ элементов – функции связи.

Целью статьи является конструирование функций связи показателей ИБ элементов web-сайта с показателями его эффективности.

Проведем конструирование функций связи для типовой многоуровневой структурной схемы web-сайта, приведённой в [1]. Типовая структурная схема многоуровневого сайта представлена на рис. 1.

Архитектура поставщика web-служб состоит из множества уровней серверов, каждый из которых обрабатывает конкретный набор функций. Типовая многоуровневая структура обычно включает в себя [1]:

- маршрутизатор и балансировщик нагрузки;
- межсетевой экран;
- web-серверы;
- серверы приложений;
- серверы данных.

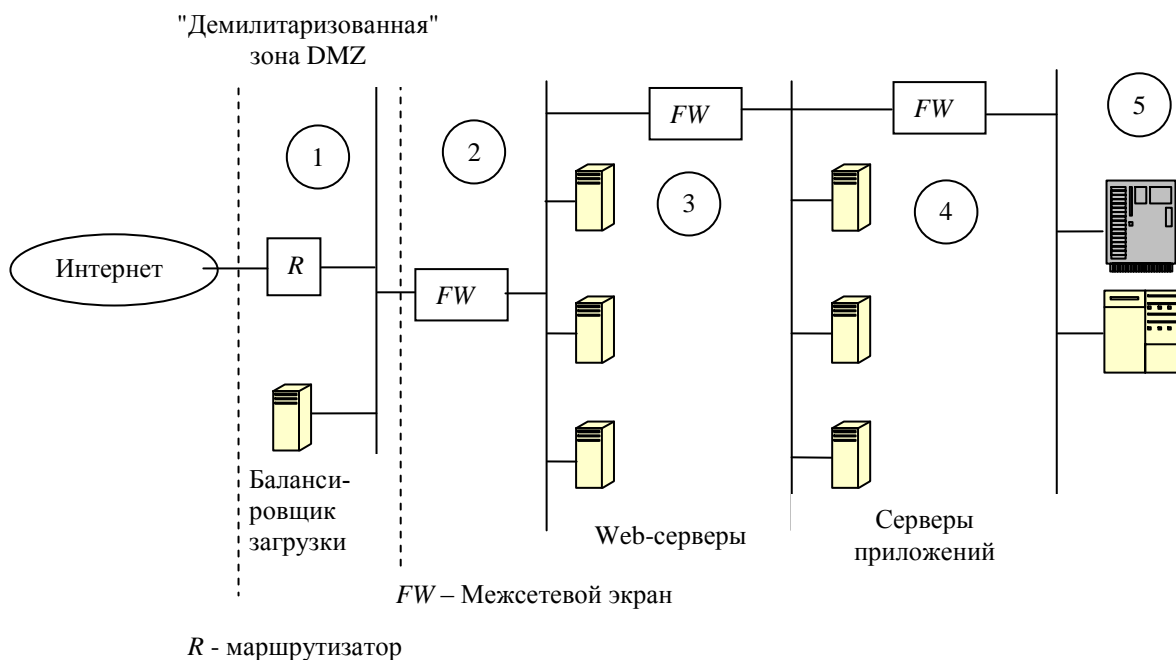


Рис. 1. Типовая многоуровневая архитектура web-сайта

Эти различные элементы взаимосвязаны через разнообразные локальные сети, маршрутизаторы и межсетевые экраны. Запросы пользователей поступают на балансировщик загрузки через маршрутизатор, который соединяет сайт с Интернетом. Затем балансировщик нагрузки решает, какой из web-серверов должен получить запрос. Межсетевой экран изолирует сеть сайта от внешней сети. Web-серверы обращаются к серверам приложений и, далее, к серверам баз данных. Информационные связи элементов определяется конкретной логикой предоставляемого web-сервиса.

В основу метода построения функций связи может лечь анализ информационно-логической структуры web-сайта.

Информационно-логическая структура системы определяет основные функциональные части системы, их назначение и взаимосвязи. Выделяемые в системе функциональные части называются блоками. Под блоком обычно понимают устройство, функционально законченное и оформленное в виде отдельного целого [4].

Основными принципами выделения блоков при составлении информационно-логических схем являются возможность функционального описания блока и однонаправленность его действия.

Методика разработки информационно-логических схем состоит в следующем [5].

1. Система разбивается на блоки, которые изображаются в виде условных символов с обозначением роли элемента в системе.

2. Информационные связи, учет которых необходим при исследовании системы, изображаются в виде линий между элементами, для которых эти связи существуют.

3. Отношения между блоками определяются обозначением направленности процессов в системе с использованием стрелок на линиях связи.

Вершинный граф, соответствующей одному из вариантов информационно-логической схемы многоуровневого web-сайта представлен на рис. 2.

Основная идея логико-вероятностного метода состоит в использовании математического аппарата булевой алгебры на начальной стадии анализа конструирования функции связи структурно-сложной системы. По аналогии с расчётом показателей надёжности сложной системы логико-вероятностным методом, конструирование функции связи можно провести в три этапа [6-8].

Этап 1. Каждому элементу системы сопоставляется логическая переменная x_i , принимающая два значения: 1, если элемент в состоянии безопасности и 0, если элемент в состоянии нарушения безопасности.

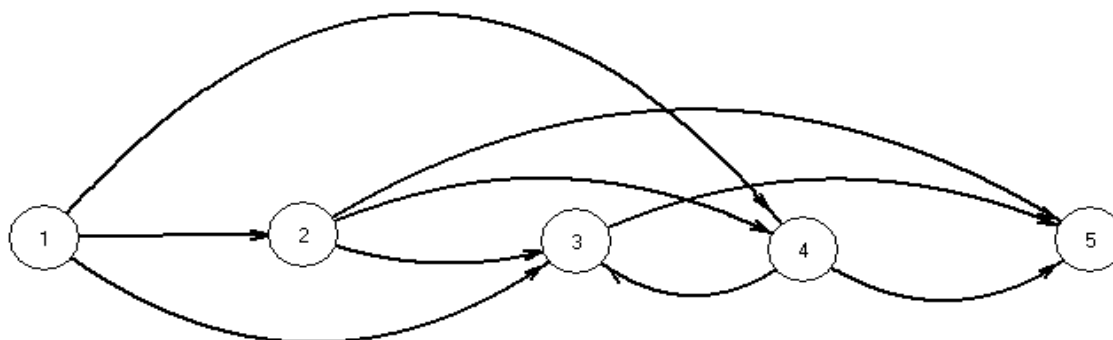


Рис. 2. Вершинный граф, соответствующий структуре многоуровневой архитектуры web-сайта

Затем из условий работоспособности в условиях угроз к элементам системы составляется **логическая функция информационной безопасности (ЛФИБ)** вида $F(X)$, где $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор-строка логических переменных, многомерный аргумент функции. Функция $F(X) = 1$, если есть хотя бы один безопасный путь от входного полюса к выходному. Путь безопасен, если безопасны все входящие в него элементы. Каждому пути в ЛФИБ соответствует элементарная конъюнкция булевых переменных, соответствующих входящим в путь элементам, в ЛФИБ есть дизъюнкция всех элементарных конъюнкций, соответствующих возможным путям между входным и выходным полюсами. Полученная таким образом форма ЛФИБ является исходной.

Этап 2. Исходная форма преобразуется к одной из стандартных форм перехода к полному замещению логических переменных вероятностями, а логических операций — арифметическими.

Этап 3. В стандартной форме логической функции проводится замещение логической переменной x_i вероятностью $p_i = P(x_i)$, отрицания логической переменной \bar{x}_i вероятностью $q_i = 1 - p_i = P(x_i = 0)$, дизъюнкция \vee сложением $+$, конъюнкция \wedge умножением \times , логического отрицания $\neg y$ вычитанием из единицы $1 - P(y = 1)$.

Определим полный перечень путей из вершины 1 графа, соответствующего информационно-логической схеме многоуровневого web-сайта, до вершины 5 в соответствии с [4, 10].

Матрица смежности графа, представленного на рис. 2 выглядит следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Матрица непосредственных путей, соответствующая матрице смежности, выглядит следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 0 & u_{12} & u_{13} & u_{14} & 0 \\ 0 & 0 & u_{23} & u_{24} & u_{25} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & u_{35} \\ 0 & 0 & u_{43} & 0 & u_{45} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Поиск всех путей графа из вершины 1 в вершину 5 можно осуществить методом, основанным на использовании алгебры квазиминоров и применимым к ориентированным графам без петель и кратных дуг. В соответствии с этим методом проведем разложение квазиминоров по элементам строк, индексы которых заходят в выделенные пути:

$$a_{15} = |u_{ij-51}|_{15} = \begin{vmatrix} u_{12} & u_{13} & u_{14} & 0 \\ 0 & u_{23} & u_{24} & u_{25} \\ 0 & 0 & 0 & u_{35} \\ 0 & u_{43} & 0 & u_{45} \end{vmatrix} = u_{12} \begin{vmatrix} u_{23} & u_{24} & u_{25} \\ u_{43} & 0 & u_{45} \end{vmatrix} + u_{13} \begin{vmatrix} 0 & u_{24} & u_{25} \\ 0 & 0 & u_{35} \end{vmatrix} + u_{14} \begin{vmatrix} 0 & u_{23} & u_{25} \\ 0 & 0 & u_{35} \end{vmatrix}.$$

Далее, проводя преобразования по методике [4], получим:

$$a_{15} = |u_{ij-51}|_{15} = u_{12}u_{23}u_{35} + u_{12}u_{24}u_{43}u_{35} + u_{12}u_{24}u_{45} + u_{12}u_{25} + u_{13}u_{35} + u_{14}u_{43}u_{35} + u_{14}u_{45}.$$

В соответствии с данным выражением в графе, представленном на рис. 2, имеется семь путей из вершины 1 в вершину 5. Граф содержит следующие пути:

$$v_1 = \langle 1, 2, 3, 5 \rangle, v_2 = \langle 1, 2, 4, 3, 5 \rangle, v_3 = \langle 1, 2, 4, 5 \rangle \\ v_4 = \langle 1, 2, 5 \rangle, v_5 = \langle 1, 3, 5 \rangle, v_6 = \langle 1, 4, 3, 5 \rangle, v_7 = \langle 1, 4, 5 \rangle.$$

В соответствии с полученными путями графа ЛФИБ будет выглядеть следующим образом:

$$f(\overline{X}) = x_1x_2x_3x_5 \cup x_1x_2x_4x_3x_5 \cup x_1x_2x_4x_5 \cup x_1x_2x_5 \cup x_1x_3x_5 \cup x_1x_4x_3x_5 \cup x_1x_4x_5.$$

После преобразования в нормальную конъюнктивную форму математическое выражение логической функции информационной безопасности примет следующий вид:

$$f(\bar{X}) = (((((x_1 x_4) x_5 (x_1 \cup x_2)) (x_1 \cup x_3)) (x_1 \cup x_4)) (x_1 \cup x_5)).$$

Используя свойство транзитивности булевых операций и последовательно применив к данному выражению операции поглощения, склеивания и преобразование с использованием правила де Моргана, получим неповторную форму ЛФИБ в базе конъюнкция отрицание в виде:

$$f(\bar{X}) = x_1 x_4 x_5 (x'_2 x'_3)'$$

Согласно [7, 8] данное математическое выражение является формой перехода к полному замещению. Построенная в соответствии с данным математическим выражением функция связи имеет следующий вид:

$$P_c = p_1 p_4 p_5 (1 - q_2 q_3);$$
$$q_2 = 1 - p_2, q_3 = 1 - p_3.$$

Таким образом, с использованием топологического анализа инфологической структуры типовой многоуровневой архитектуры Web-сайта и логико-вероятностного метода конструирования функций связи построено аналитическое выражение, связывающее показатели ИБ элементов с показателями эффективности системы. Данная формульная зависимость предназначена для проведения нормирования требований к ИБ сайтов, использующих технологию web-для предоставления доступа к данным.

Литература

1. *Алмейда М., Менаске Д.* Производительность Web служб. Анализ, оценка и планирование: пер. с англ. С.Пб.: ДиаСофтЮП, 2003. 408 с.
2. *Фленов М.Е.* Web-сервер глазами хакера. С.-Пб.: БХВ-Петербург, 2007. 288 с.
3. *Мак-Клар С., Шах С., Шах Ш.* Хакинг в WEB: атака и защита. М.: Вильямс, 2003. 384 с.
4. *Нечипоренко В.И.* Структурный анализ систем (эффективность и надёжность). М.: Сов. Радио 1977 г. 216 с.
5. *Алиев Р.А.* Методы интеграции в системах управления производством. М.: Энергоатомиздат, 1989 г. 271 с.
6. *Рябинин Г.Н., Черкесов Г.Н.* Логико-вероятностные методы исследования надёжности сложных систем. М.: Радио и связь, 1981. 264 с.
7. *Черкесов Г.Н.* Надёжность аппаратно-программных комплексов: учебное пособие. С.-Пб.: Питер, 2005. 479 с.
8. *Черкесов Г.Н.* Логико-вероятностные методы расчета надёжности структурно-сложных систем. М.: Знание, 1991. 64 с.
9. *Авондо-Бодино Дж.* Применение в экономике теории графов. М.: Прогресс, 1966. 160 с.
10. *Кирсанов М.Н.* Графы в MAPLE. Задачи, алгоритмы, программы. М.: Физматлит, 2007. 91 с.