

АЛГОРИТМ АНАЛИЗА СТРУКТУРНОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

© 2022 К. А. Плющик, Д. Е. Орлова

Воронежский институт ФСИИ России (Воронеж, Россия)

На базе системной теории управления и матричного подхода к описанию структуры сложных организационно-технических систем решается задача анализа структурной целостности программного обеспечения информационно-коммуникационных сетей. Описывается алгоритм, позволяющий выявлять нарушения структурной целостности в сетях данного класса как при их проектировании и разработки, так и в ходе эксплуатации.

Ключевые слова: информационно-коммуникационная сеть, программное обеспечение, структурная целостность, программный компонент, управление, информация, ресурс.

Введение. Предметом исследования в статье выступают модельные и алгоритмические средства анализа структурной целостности программного обеспечения (ПО) информационно-коммуникационных сетей (ИКС). При этом под структурной целостностью понимается способность ПО ИКС обеспечивать неизменность циркулирующей информации в условиях случайного и (или) преднамеренного искажения (разрушения) ее компонентов [1]. Необходимость таких исследований обусловлена, по меньшей мере, двумя обстоятельствами. Во-первых, специфика систем этого класса заключается в том, что их программные компоненты разрабатываются различными коллективами исполнителей, использующих различные технологии программирования и придерживающихся различных взглядов на использование программных сред. В итоге (и это подтверждается практикой) при комплексировании программных продуктов в систему, несмотря на принятые соглашения, возникают многочисленные внутрисистемные разногласия, разрушающие целостность конечного продукта. Второе обстоятельство связано с тем, что практически все ИКС являются объектами внешнего воздействия со стороны субъектов компьютерной преступности. В результате чего (несмотря на принимаемые меры защиты) в их программную среду внедряются вредоносные программы,

разрушающие или модифицирующие структуру ПО. Указанные причины вынуждают, начиная с самых ранних этапов проектирования ПО ИКС, проводить анализ структурной целостности и принимать меры, направленные на ее сохранение. Утилитарная важность решения такой задачи очевидна. Как показывает опыт, основные издержки при создании ПО ИКС связаны с анализом его структурной целостности и устранением внутрисистемных структурных противоречий создаваемых, заимствуемых и незаконно внедряемых программных продуктов [2]. В настоящее время эта задача рассматривается скорее, как искусство системного программирования, чем строгая наука, базирующаяся на математических моделях анализа и оптимизации проектных решений. По сути, эта задача решается методом проб и ошибок с частичным привлечением оценочных моделей для расчёта отдельных показателей типа защищенности, надежности, своевременности, безошибочности и др.

Формулировка задачи. Рассмотрим условный проект по созданию ПО для некоторой ИКС. Будем исходить из того, что проектируемое ПО представляет собой множество программных компонентов (ПК): а) разрабатываемых непосредственно исполнителями проекта; б) приобретаемых у сторонних производителей; в) внедряемых киберпреступниками. Будем считать, что каждый из ПК задан набором реальных или прогнозируемых характеристик, а именно: выполняемыми функциями, управлениями, информационными и ресурсными потребностями. Пусть в техническом задании на разработку ИКС

Плющик Кирилл Александрович – Воронежский институт ФСИИ России, адъюнкт, e-mail: victor_novo@mail.ru.

Орлова Дарья Евгеньевна – Воронежский институт ФСИИ России, кан. техн. наук, преподаватель.

определены критерии структурной целостности, которым должно удовлетворять ПО проектируемой системы. Как правило, к таким критериям относятся [2, 7]: функциональная и структурная полнота; отсутствие структурного и управленческого дублирования; информационная достаточность и избыточность; ресурсная обеспеченность и согласованность; структурная связность. Задача будет состоять в формализации описания структуры ПО ИКС и в разработке алгоритма, позволяющего проверить это описание на соответствие указанным критериям.

Формальное описание структуры ПО ИКС. В целях разработки такого описания будем отталкиваться от матричного подхода к представлению структуры сложных организационно-технических систем [4], и введем в рассмотрение совокупность следующих бинарных матриц, отражающих возможные отношения между программными компонентами, составляющими ПО ИКС [5].

$\|\hat{\alpha}_{fi}\|$, $f = 1 \div F$, $i = 1 \div I$, где $\hat{\alpha}_{fi} = 0$, если выполнение f -ой функции возложено на i -й программный компонент, 0 – в противном случае; $(1 \div I)$ – перечень программных компонентов в составе ПО ИКС, $(1 \div F)$ – общий перечень функций, выполняемых ПО ИКС.

$\|\alpha_{ij}\|$, $i = 1 \div I$, $j = 1 \div J$, где $\alpha_{ij} = 1$, если i -й программный компонент управляется по j -му параметру, 0 – в противном случае; $(1 \div J)$ – перечень параметров управления.

$\|\alpha'_{ji}\|$, $i = 1 \div I$, $j = 1 \div J$, где $\alpha'_{ji} = 1$, если выбор j -го параметра управления входит в функцию i -го программного компонента; 0 – в противном случае.

$\|\beta_{ijr}\|$, $i = 1 \div I$, $j = 1 \div J$, $r = 1 \div R$, где $\beta_{ijr} = 1$, если i -й программный компонент при выборе j -го параметра управления использует r -й ресурс, 0 – в противном случае; $(1 \div R)$ – перечень ресурсов, обеспечивающих функционирование ПО ИКС.

$\|\eta_{ii'j}\|$, $i, i' = 1 \div I$, где $\eta_{ii'j} = 1$, если выборе j -го параметра управления предусмотрено согласование между i -м и i' -м программными компонентами, 0 – в противном случае.

$\|u'_{ijk}\|$, $k = 1 \div K$, где $u'_{ijk} = 1$, если i -му программному компоненту для выбора j -го

параметра требуется k -я информация, 0 – в противном случае; $(1 \div K)$ – полный перечень информации, необходимой для обеспечения функционирования ПО ИКС.

$\|u_{ijk}\|$, $k = 1 \div K$, где $u_{ijk} = 1$, если i -й программный компонент при выборе j -го параметра управления располагает k -й информацией, 0 – в противном случае; $(1 \div K)$ – полный перечень имеющейся в системе информации.

$\|s_{ii'}\|$, $i, i' = 1 \div I$, где $s_{ii'} = 1$, если между i -м и i' -м компонентами имеется физическая связь, 0 – в противном случае.

$\|u'''_{ki}\|$, где $u'''_{ki} = 1$, если распоряжение k -ой информацией входит в функцию i -й программного компонента, 0 – в противном случае.

$\|u''_{kii'}\|$, где $u''_{kii'} = 1$, если k -я информация поступает от i -го элемента к i' -му, 0 – в противном случае.

Приведенная совокупность матриц описывает структуру ПО ИКС с точки зрения распределения функций, управления, согласования, обмена информацией и связности, то есть с той позиции, что позволяет дать достаточно полное описание структуры ПО и позволяет перейти к разработке алгоритма анализа ее целостности.

Алгоритм анализа целостности ПО ИКС. С учетом введенной формализации алгоритм анализа структурной целостности ПО ИКС сводится к последовательной проверке следующих условий.

Условие «функциональной полноты»:

$$\forall_{f \in F} \left(\sum_{i \in I} \hat{\alpha}_{fi} \right) = 1. \text{ Если } \forall_{f \in F} \left(\sum_{i \in I} \hat{\alpha}_{fi} \right) = 0,$$

то в структуре ПО отсутствуют компоненты, обеспечивающие непосредственное выполнение возложенных на нее функций. При

$$\forall_{f \in F} \left(\sum_{i \in I} \hat{\alpha}_{fi} \right) > 1 - \text{ в структуре ПО возникают}$$

ситуации, когда несколько программных компонентов выполняют одну и ту же функцию (ситуации в принципе допустимые, однако, требующие специального рассмотрения, поскольку такое дублирование может повлечь за собой сбой в процессе функционирования системы).

Условие «управленческой полноты»:
 $\forall_{j \in J} \left[\left(\sum_{i \in I} \alpha_{ij} \neq 0 \right) \rightarrow \left(\sum_{i \in I} \alpha'_{ij} = 1 \right) \right]$. В том

случае, когда

$\forall_{j \in J} \left[\left(\sum_{i \in I} \alpha_{ij} \neq 0 \right) \rightarrow \left(\sum_{i \in I} \alpha'_{ij} = 0 \right) \right]$, в ПО при-

сутствуют неуправляемые программные компоненты, функционирующие сами по себе, без контроля со стороны системы. При

$\forall_{j \in J} \left[\left(\sum_{i \in I} \alpha_{ij} \neq 0 \right) \rightarrow \left(\sum_{i \in I} \alpha'_{ij} > 0 \right) \right]$ – в струк-

туре ПО присутствуют программные компоненты, являющиеся объектами управления со стороны нескольких других программных компонентов или управляемые по одному и тому же вопросу из разных мест. Ситуации такого типа характерны для ПО ИКС, являющегося объектом воздействия со стороны злоумышленников и преступных элементов, внедряющих вирусные программы, которые блокируют работу функциональных ПК или берут на себя управление ими.

Условие «информационного соответствия»: $\forall_{i \in I} \forall_{j \in J} \left(\sum_{k \in K} u_{ijk} u'_{ijk} \neq 0 \right)$. Если не

выполняется это условие, то в структуре ПО имеет место либо избыточная информационная избыточность (при $u_{ijk} = 1$ и $u'_{ijk} = 0$), либо информационная недостаточность (при $u_{ijk} = 0$ и $u'_{ijk} = 1$). В первом случае ситуация допустимая, однако требующая специального рассмотрения, поскольку избыток информации может повлечь за собой снижение скорости работы программных компонентов, осуществляющих, например, потоковую обработку данных. Во втором случае ситуация недопустимая, однозначно влекущая сбой в процессе функционирования ПО.

Условие «управляемости информационными потоками»: $\forall_{k \in K} \left(\sum_{i \in I} u'''_{ik} = 1 \right)$.

Нарушение этого условия свидетельствует о том, что в рассматриваемом ПО образуются неуправляемые информационные потоки, то есть в ПО циркулирует информация, которой либо никто не распоряжается (при $\sum_{i \in I} u'''_{ik} = 0$), либо несколько компонентов распоряжаются одной и той же информаци-

ей (при $\sum_{i \in I} u'''_{ik} > 1$). Обе ситуации допустимы, но требуют специального рассмотрения, поскольку как в том, так и в другом случае могут иметь место сбои в ПО, особенно в случае программно-информационного вторжения со стороны злоумышленников и преступных элементов.

Условие «ресурсной обеспеченности решений»: $\forall_{i \in I} \forall_{j \in J} \left(\sum_{r \in R} \beta_{ijr} \geq 1 \right)$. При несо-

блюдении этого условия в структуре ПО могут возникнуть ситуации, когда вырабатываемые управления не подкрепляются соответствующими ресурсами. Очевидно, что реализация таких управлений невозможна. Ситуации такого типа характерны для случая внедрения вирусных программ блокирующих доступ функциональных ПК к информационным или вычислительным ресурсам.

Условие «ресурсного согласования решений»:

$$\forall_{i \in I} \forall_{i' \in I} \forall_{j \in J} \left\{ \left(\sum_{r \in R} \beta_{ijr} > 1 \right) \rightarrow \left(\eta_{ii'} = 1 \right) \right\}.$$

При невыполнении этого условия в структуре ПО могут возникать ситуации, связанные с неправильным выбором ресурсно-зависимых управлений. Проявлением таких противоречий будут искусственно вызванные ситуации дефицита ресурсов, когда такого дефицита на самом деле нет, а имеет место неправильное (несогласованное) использование имеющегося и вполне достаточного информационного или вычислительного ресурса.

Условие «структурной связности»:

$$\forall_{i \in I} \forall_{i' \in I} \forall_{j \in J} \forall_{k \in K} \left\{ \left[\left(\alpha'_{ji} = 1 \right) \vee \left(\eta_{ii'} = 1 \right) \vee \left(u'''_{kii'} = 1 \right) \right] \rightarrow \left(s_{ii'} = 1 \right) \right\}.$$

Если не выполняется это условие, то структура анализируемого ПО такова, что коммуникационные потребности, составляющих ее программных компонентов, не поддерживаются соответствующими каналами связи. Ситуации этого типа наиболее характерны для пространственно-распределенных ИКС, в которых каналы связи подвержены преднамеренным помехам со стороны злоумышленников и преступных элементов.

В своем графическом изображении алгоритм анализа структурной целостности ПО ИКС представлен на рисунке.

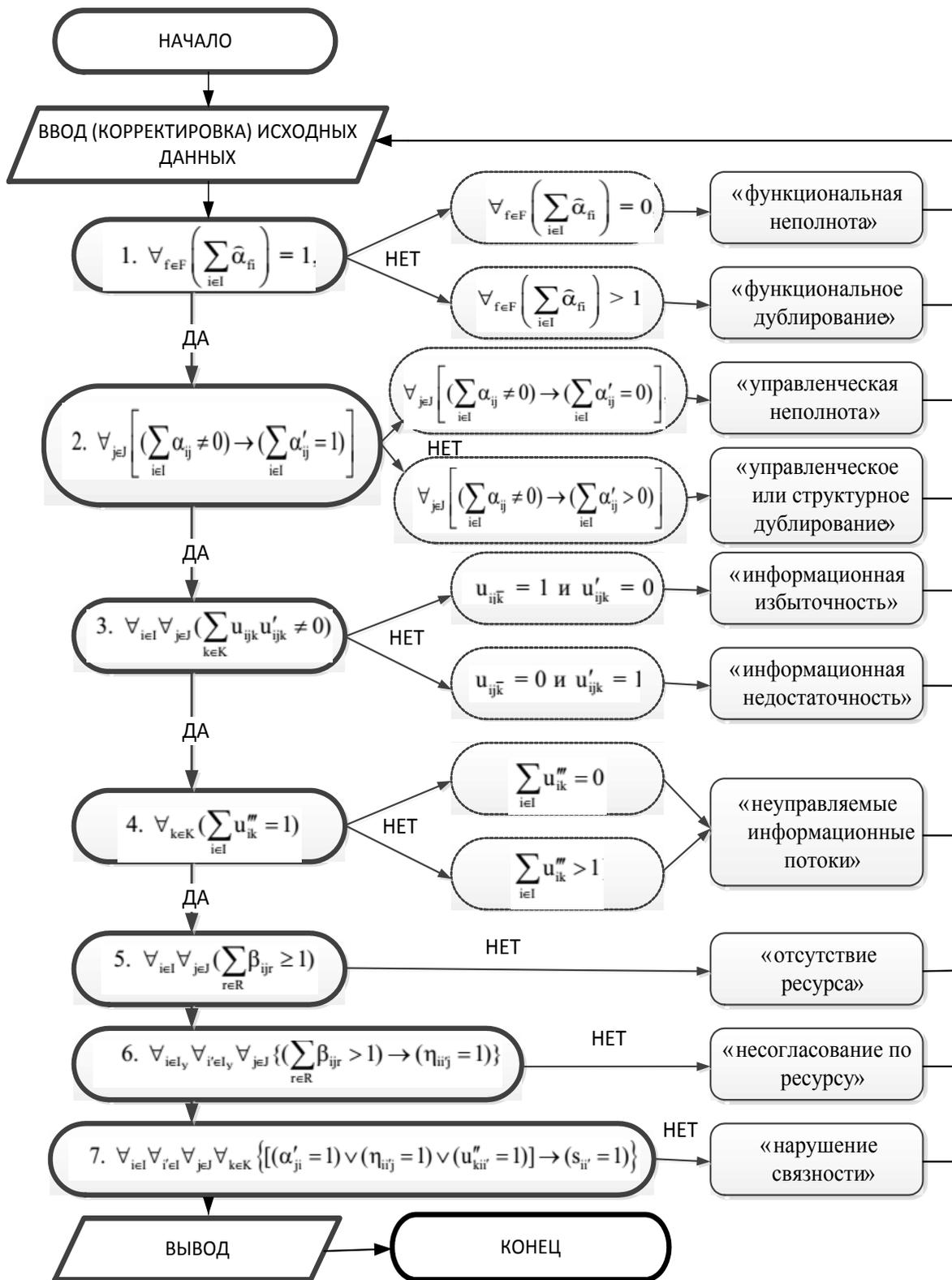


Рисунок. Алгоритм анализа структурной целостности ПО ИКС

Заключение. В статье предложен алгоритм анализа структурной целостности программного обеспечения информационно-коммуникационных сетей различного назначения. В результате его применения могут быть выявлены нарушения целостности одиннадцати типов, а именно: «функциональной неполноты», «функционального дублирования», «управленческой неполноты», «структурного дублирования», «управленческого дублирования», «информационной избыточности», «информационной недостаточности», «неуправляемых информационных потоков», «отсутствия ресурса», «несогласованности по ресурсу», «нарушения связности». Достоинство алгоритма в том, что он позволяет в реальном масштабе времени решать задачи выявления узких мест в ПО ИКС различного назначения, а также на этапах их проектирования производить выбор структур, удовлетворяющих требованиям функциональной и структурной полноты, информационной без избыточности и достаточности, ресурсной обеспеченности и согласованности, отсутствия структурного и управленческого дублирования и связности. Причем, чем сложнее сеть, тем эффективнее становится применение данного алгоритма. Будучи реализованным на языке программирования, алгоритм может использоваться в качестве программного компонента, обеспечивающего контроль структурной целостности ПО ИКС в условиях деструктивных воздействий [3].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гостехкомиссия России, «Руководящий документ: Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и

определения». – М.: Военное издательство, 1992. – 134 с.

2. Демин Б. Е. Методологические основы и модели обоснования проектов крупномасштабных информационно-коммуникационных систем / Б. Е. Демин. – Воронеж: Научная книга, 2006. – 332 с.

3. Поляничко М. А. Методика автоматизированного диагностирования конфликтов в комплексе программных средств защиты информации компьютерной системы: диссертация ... кандидата технических наук. – СПб: Санкт-Петербург. гос. ун-т путей сообщ., 2013. – 135 с.

4. Логико-лингвистические модели в военных системных исследованиях / В. И. Новосельцев [и др.] – М.: Воениздат, 1988. – 280 с.

5. Новосельцев В. И. Системная теория конфликта / В. И. Новосельцев, Б. В. Тарасов. – М: Майор, 2011. – 336 с.

6. Управление конфликтами: учебное пособие для вузов / В. П. Балан, А. В. Душкин, В. И. Новосельцев и др.; Под ред. В. И. Новосельцева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 144 с.

7. Потудинский А. В. Модели для определения моментов контроля в многоуровневых организационных системах / А. В. Потудинский, А. П. Преображенский. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т. 8. № 2 – (29). – [Электронный ресурс]: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=786> (дата обращения 10.09.2022).

8. Clark D., Wilson D. A comparison of Commercial and Military Computer Security Policies / Proce. Of the 1987 IEEE Symposium on Security and Privacy. – Oakland. Cal., 1987.

ALGORITHM FOR ANALYZING THE STRUCTURAL INTEGRITY OF INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS SOFTWARE

© 2022 K. A. Plushik, D. E. Orlova

Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia (Voronezh, Russia)

On the basis of the system theory of management and the matrix approach to the description of the structure of complex organizational and technical systems, the problem of analyzing the structural integrity of the software of information and communication networks is solved. An algorithm is described that allows detecting structural integrity violations in networks of this class both during their design and development, and during operation.

Keywords: information and communication network, software, structural integrity, software component, management, information, resource.