

УДК 001.891.573:004.03

СИНТЕЗ ОТКРЫТЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ СТРУКТУР КАК МОДЕЛЕЙ

Ломакина Л.С., Жевнерчук Д.В.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: llomakina@list.ru

В настоящее время задача синтеза сложных технических систем, к которым относятся и открытые информационные системы, решена фрагментарно и требует непосредственного привлечения аналитика. Целью работы является построение теоретической модели межкомпонентного взаимодействия открытых информационных систем, а также методики, позволяющей реализовывать системы поддержки принятия решения в этой сфере. В работе решение задачи синтеза открытых информационных систем с теоретической точки зрения предполагает блочно-иерархическое представление информационных процессов, сервисов автоматизированных систем, ограничений с интерфейсами, которые могут быть описаны множеством обобщенных свойств блока, а также системы морфизмов между интерфейсами. С методологической точки зрения процесс синтеза формализован посредством аппарата семантических сетей и правил синтеза классов и объектных свойств.

Ключевые слова: О-интерфейс, И-компонент, категория, морфизм, моноид, семантическая сеть

SYNTHESIS OF OPEN INFORMATION SYSTEMS USING ALGEBRAIC STRUCTURES AS MODELS

Lomakina L.S., Zhevnerchuk D.V.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: llomakina@list.ru

At present, the task of synthesizing complex technical systems, including open information systems, has been solved fragmentarily and requires direct involvement of the analyst. The aim of the work is to construct a theoretical model of intercomponent interaction of open information systems, as well as a methodology that allows implementing decision support systems in this field. In the work, the solution of the open information systems synthesis problem from the theoretical point of view presupposes a block-hierarchical representation of information processes, services of automated systems, constraints with interfaces that can be described by a set of generalized block properties, and a system of morphisms between interfaces. From a methodological point of view, the synthesis process is formalized through the apparatus of semantic networks and rules for the synthesis of classes and object properties.

Keywords: G-interface, I-component, category, morphism, monoid, semantic network

Современная информационная инфраструктура состоит из информационных и вычислительных ресурсов, объединяемых цифровыми средствами телекоммуникаций, представляет собой гетерогенную среду, построенную на разнородных платформах – от персональных компьютеров до супер-ЭВМ, использующих различные операционные системы.

В процессе создания сложных информационных систем неизбежно возникает проблема совместимости входящих в среду компонент. В настоящее время общепризнано, что информационная инфраструктура любого уровня – глобальная, национальная, региональная, отраслевая, организации и т.д. – должна основываться на принципах открытых систем, существо которых состоит в обеспечении совместимости всех используемых программно-аппаратных компонентов за счет согласованного набора стандартов [1] – профиля. Применение системы стандартов, определяющей требования к техническим характеристикам про-

граммных компонент возможно только при создании или модифицировании исходного кода, что затрудняет интеграцию существующих сложных программных комплексов в открытую систему, и это приводит к тому, что на проектирование и внедрение открытой информационной системы тратится много времени и средств, и конечный результат часто не полностью удовлетворяет целевым нуждам [2–4].

Можно выделить ряд свойств [2], которыми обладают современные информационные системы: гетерогенность, способность быть встраиваемым в другие системы компонентом, мобильность, как самой системы, так и ее компонентов, к тому же известны проблемы, возникающие на разных этапах жизненного цикла: управление переходными процессами, управление профилем, управление ресурсом.

В статье предложена модель открытой информационной системы на основе алгебраических структур [5–7], в которой формализована система базовых морфизмов

между обобщенными свойствами, интерпретируемыми как интерфейс отдельных блоков. Также описана методика синтеза открытых информационных систем.

Теоретическая часть

Любая информационная система может быть представлена системой блоков и связей между ними, причем с каждым блоком ассоциируется множество точек входа и выхода, а также подмножество элементарных свойств блока, описывающее интерфейсы взаимодействия блока с внешней средой.

Определение 1. Обобщенное свойство блока – это такое подмножество элементарных свойств блока, которое может быть интерпретировано.

Один блок может обладать двумя и более обобщенными свойствами, поэтому имеет смысл говорить о семействах обобщенных свойств, связанных с блоками информационных систем.

Определение 2. Семейство обобщенных свойств блока – это множество всех обобщенных свойств блока.

Обобщенные свойства могут интерпретироваться как интерфейсы или как поведение блока и вводятся для удобства описания их представления системой элементарных свойств.

Определение 3. О-интерфейс (обобщенный интерфейс) блока – это множество пар обобщенных свойств, интерпретируемых как интерфейс, причем для первого и для второго элемента пары установлено соответствие с множеством точек входа и точек выхода соответственно.

Определение 4. И-компонент (интероперабельный компонент) – это блок информационной системы, для которого определен обобщенный интерфейс.

Информационные процессы, на поддержку которых направлена целевая информационная система, ее блоки, а также внешние ограничения могут быть представлены интероперабельными компонентами, при этом межкомпонентное взаимодействие описывается системой морфизмов [6, 7] между множествами, на которых определены обобщенные свойства, интерпретируемые как интерфейсы.

В работе предлагается использовать конструкцию «Категория» [6], позволяющую формализовать систему морфизмов в виде шаблона (паттерна), представляющего собой ориентированный граф, узлами которого являются абстрактные объекты, а ребрами – морфизмы.

Определение 5. Категория C задается: а) классом объектов $Ob(C)$; б) для любых двух объектов $A, B \in Ob(C)$, множеством

$Hom_C(A, B)$, элементы которого называются **морфизмами** из A в B в категории C ; в) для любых трех объектов $A, B, D \in Ob(C)$ задана композиция

$$Hom_C(A, B) \times Hom_C(B, D) \rightarrow Hom_C(A, D),$$

$$\left(A \xrightarrow{f} B, B \xrightarrow{g} D \right) \rightarrow \left(A \xrightarrow{fg} D \right).$$

Причем выполняются следующие аксиомы:

Аксиома 1. Различные множества морфизмов не пересекаются: пусть $A, B, D, E \in Ob(C)$; тогда если $Hom_C(A, B) \cap Hom_C(D, E) \neq \emptyset$, то $A = B$ и $D = E$ и можно говорить о классе всех морфизмов $Hom(C) := \coprod_{A, B \in Ob(C)} Hom_C(A, B)$.

Аксиома 2. Композиция морфизмов ассоциативна, т.е. для всех

$$A \xrightarrow{f} B \xrightarrow{g} D \xrightarrow{h} E : f(gh) = (fg)h.$$

Аксиома 3. У любого объекта $A \in Ob(C)$ существует (и единственный в силу ассоциативности) тождественный морфизм $1_A \in Hom_C(A, A)$. При этом для любых двух объектов $A, B \in Ob(C)$ и для любого морфизма $f \in Hom_C(A, B)$ выполнено $1_A \circ f = f = f \circ 1_B$.

Пусть блок $B1$ определяется свойствами $P_{B1} = \{p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1n}\}$, а блок $B2$ определяется свойствами $P_{B2} = \{p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2m}\}$, причем $Q \cap R = \emptyset$, где $Q \subseteq P_{B1}, R \subseteq P_{B2}$, если выполняются следующие условия:

1. $\exists q \in Q, r \in R : Id_q = Id_r$ (идентификаторы свойств равны, причем под идентификатором может пониматься уникальное имя или дескриптор, содержащий кроме имени дополнительные параметры).

2. Если q определено на множестве точек входа/выхода блока $B1$, а r – на множестве точек выхода/входа $B2$ соответственно.

3. Если для q, r , привязанного к точке входа блока $B1$ и r , привязанного к точке выхода блока $B2$: $Dom(q) \subseteq Dom(r)$, где Dom – область определения элементарного свойства блока.

Определение 6. Совмещение – операция пересечения (1) с условиями (1–3).

Операция совмещения позволяет для двух И-компонентов выявить подмножество элементарных свойств, которые поэлементно обладают общим дескриптором, базовым типом и область определения свойства, привязанного к точке выхода одного И-компонента, является подмножеством области определения свойства, привязанного к точке входа другого.

Определение 7. Моноид – это категория с одним объектом, определяемая множе-

ством своих стрелок, единичной стрелкой и правилом композиции стрелок и описываемое как множество M с бинарной операцией $M \times M \rightarrow M$, ассоциативной и имеющей единицу.

Поскольку обобщенный интерфейс определяется различными подмножествами элементарных свойств блоков, то имеет смысл ввести понятие состояния обобщенного интерфейса.

Определение 8. Состояние О-интерфейса – это подмножество элементарных свойств, обладающих устойчивыми значениями дескрипторов, базовых типов и ограничений, определенное на двух и более блоках, причем существует как минимум одна точка входа и как минимум одна точка выхода, к которой это подмножество свойств привязано.

Утверждение 1. Существуют такие состояния О-интерфейса, в которых процесс межкомпонентного взаимодействия может быть описан моноидом.

Следствие. В общем случае процесс межкомпонентного взаимодействия может быть описан множеством моноидов.

Действительно, представление межкомпонентного взаимодействия в форме моноида возможно, если компонент является И-компонентом, причем существует единственный базовый тип каждого элементарного свойства, определяющего состояние обобщенного интерфейса (рис. 1).

Обобщенный интерфейс может находиться в однородном (рис. 1, а) и гетерогенном (рис. 1, б) состоянии. Первому случаю соответствует моноид, на котором в качестве умножения принята операция совмещения (1).

На основе определений обобщенного интерфейса, интероперабельного компонента, а также базовых алгебраических моделей была построена методика синтеза открытых информационных систем.

Методика синтеза открытых информационных систем

Основная идея методики состоит в унифицированном компонентном представлении информационных процессов, программных и аппаратных модулей, программного кода, а также конструктивных, электрических/оптических, информационных ограничений как элементов информационных систем, обладающих интерфейсами (рис. 2).

При переходе от блочного [8] к компонентному представлению открытой информационной системы с каждым блоком, описываемым классом семантической сети [3], связывается множество элементарных свойств, на основе которых формируются обобщенные свойства, определяющие поведение и интерфейсы блока (рис. 3).

Блок информационной системы, на котором определено множество поведений и интерфейсов, будем называть компонентом информационной системы.

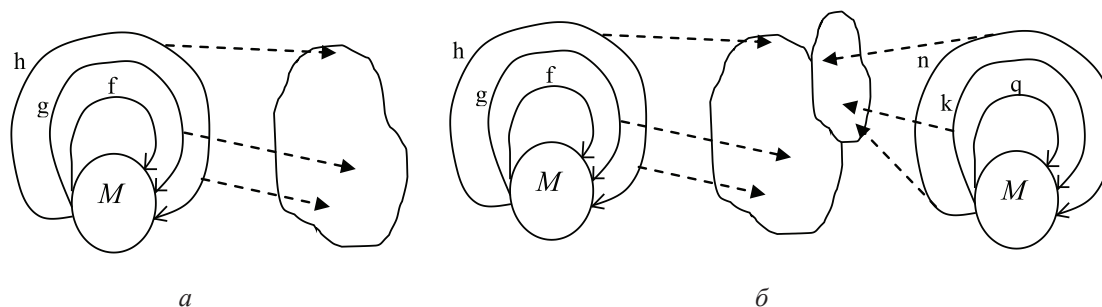


Рис. 1. Модели межкомпонентного взаимодействия на основе категорий а) обобщенный интерфейс в однородном состоянии, б) обобщенный интерфейс в гетерогенном состоянии

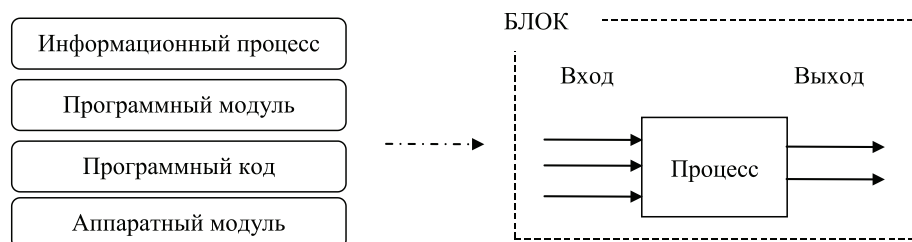


Рис. 2. Элементы информационных систем. Блочное представление

Методика включает в себя правила семантического описания информационных систем на четырех уровнях, на каждом из которых определяются блоки с множеством элемен-

тарных свойств, на основе которых формируются обобщенные свойства и И-компоненты, которые объединяются в классы совместимости и интероперабельности (рис. 4).

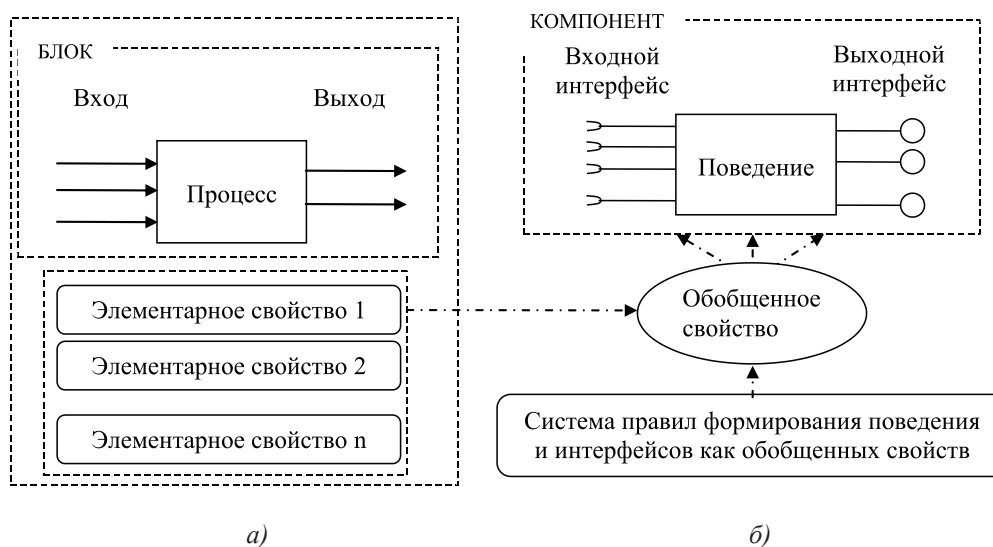


Рис. 3. Компонентная архитектура с поведением и интерфейсами как обобщенными свойствами блоков: а) блочное представление, б) компонентное представление

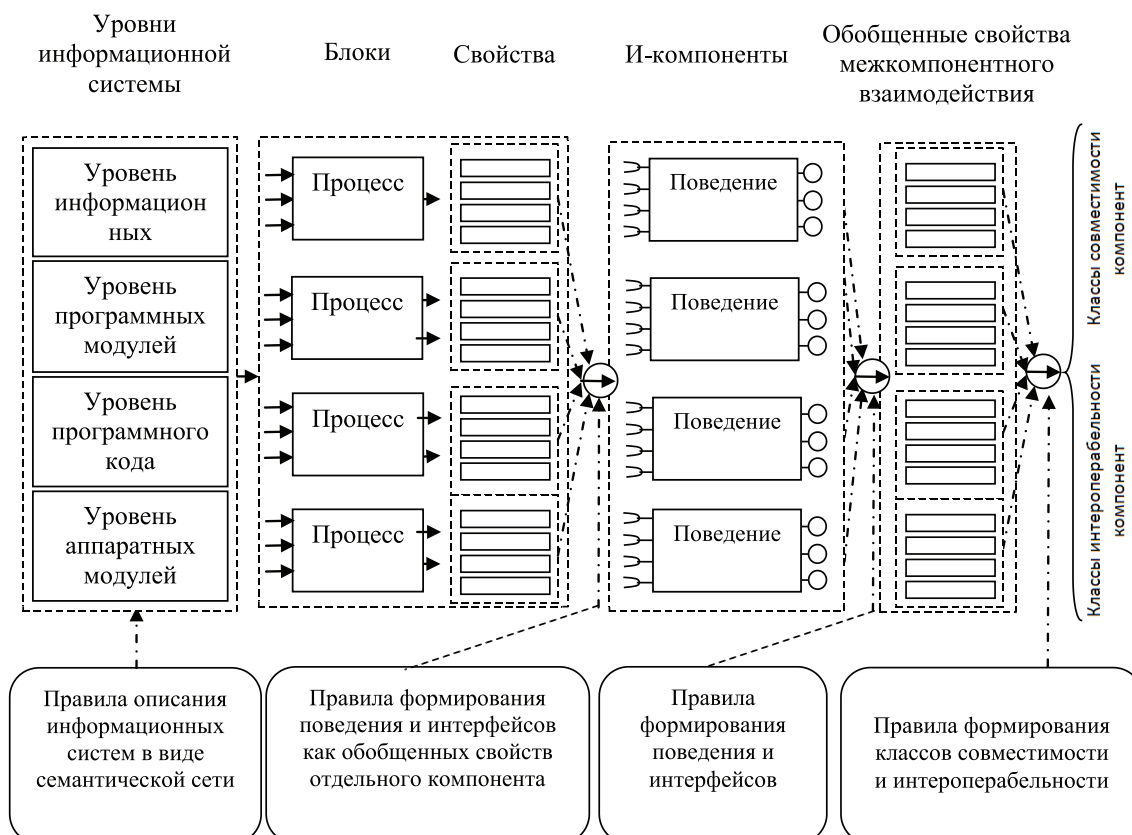


Рис. 4. Структура совместимости и интероперабельности компонент

Обобщенные свойства межкомпонентного взаимодействия, И-компоненты, классы совместимости и интероперабельности могут быть частично или полностью построены в автоматическом режиме, посредством системы правил логического вывода.

Предлагаемая методика относится к базовым и позволяет обобщить понятие внешней среды, а также унифицированно представить комплексные системы в виде совокупности компонентов, обладающих интерфейсами, причем каждый компонент рассматривается как самостоятельная функциональная единица, обладающая некоторым поведением во внешней среде на любом уровне вложения (рис. 5).

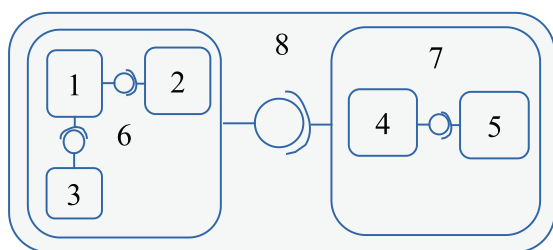


Рис. 5. Многоуровневая структура компонента

Для примера рассмотрим компонент 8, включающий в качестве составных частей компоненты 6 и 7, которые, в свою очередь, также состоят из компонентов. В зависимости от точки зрения компонент 6 может одновременно рассматриваться как часть системы 8 (элемент системы 8) и как компонент внешней системы по отношению к компоненту 7. Компонент 3 рассматривается как внутренний компонент системы 6 и как компонент внешней среды по отношению к 1 и 2.

Поскольку любой компонент может быть представлен как фрагмент внешней среды, то среда, для функционирования в которой синтезируется информационная система, также может быть представлена в виде системы компонент, обладающих интерфейсами. Применяемый подход позволяет в едином представлении описывать информационные системы, функционирующие во внешней среде, где в качестве компонент внешней среды могут рассматриваться факторы воздействия на информационные системы, например нагрузка ее запросами.

При описании взаимодействия двух и более компонент можно говорить, что поведение и интерфейсы каждого из них являются динамическими, поскольку они переопределяются для разных комбинаций компонент.

Используя дополнительную сегментацию обобщенных свойств (поведения и ин-

терфейсов), можно перейти к классам совместимости и интероперабельности.

Выводы

В статье были формализованы понятия интероперабельного компонента и обобщенного интерфейса. Предложенные базовые модели межкомпонентного взаимодействия на основе алгебраических структур позволили системно рассмотреть процессы синтеза открытых информационных систем и построить методику, которая может быть использована в качестве базовой при создании прикладных методик для решения следующих задач:

1. Унификация базы ресурсов предприятия [8].
2. Проектирование единых информационных пространств уровня предприятия, группы предприятий, отрасли [8].
3. Синтез систем планирования и балансировки ресурсов, адаптивных к внешним нагрузкам.
4. Разработка динамических моделей комплексного ресурса на основе результатов мониторинга.
5. Синтез структуры информационных систем, определяющих физическую, конструктивную, электрооптическую и информационную совместимость (интероперабельность) компонент.

Список литературы

1. ГОСТ Р 55062-2012. Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
2. Гуляев Ю.В. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор / Ю.В. Гуляев, Е.Е. Журавлев, А.Я. Олейников // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2012. – № 3.; URL: <http://jre.cplire.ru/jre/mar12/2/text.pdf> (дата обращения: 10.07.2017).
3. Кондратьев В.В. Применение методов теории самоорганизации в задачах управления профилированием и конфигурированием вычислительных систем / В.В. Кондратьев, Д.В. Жевнерчук // Доклады академии наук. – 2014. – Т. 459, № 4. – С. 409–412.
4. Жевнерчук Д.В. Онтологический каркас поддержки профилирования вычислительных систем / Д.В. Жевнерчук // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – № 2.1 (56). – С. 187–190.
5. Ван дер Варден Б.Л. Алгебра / Б.Л. Ван дер Варден. – М.: Наука, 1979. – 624 с.
6. Mike Vanier, Yet Another Monad Tutorial // Mike's World-O-Programming. – 2010 [Электронный ресурс]. – URL: <http://mvanier.livejournal.com/3917.html> (дата обращения: 10.07.2017).
7. Bartosz Milewski, Category Theory // Bartosz Milewski's Programming Cafe. – 2017 [Электронный ресурс]. – URL: <https://bartozmlewski.com/category/category-theory/> (дата обращения: 10.07.2017).
8. Корпачева Л.Н. Оптимизация формирования информационного бизнеса в интерактивных адаптивно-обучающих системах: дис. ... канд. техн. наук. – Красноярск, 2006. – 186 с.