

# ТЕХНИЧЕСКАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Д.В. Жевнерчук**

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева*  
Россия, 603950, Нижний Новгород, ГСП-41, Минина ул., 24  
E-mail: [zhevnerchuk@yandex.ru](mailto:zhevnerchuk@yandex.ru)

**Ключевые слова:** концептуальный каркас, онтология, синтез, техническая самоорганизация, открытая информационная система.

**Аннотация:** обсуждается концепция технической самоорганизации и методология структурно-параметрического синтеза информационных систем различного назначения, предложены алгебраическая модель и обобщенный метод синтеза многокомпонентных интероперабельных структур, реализующий принципы самоструктурирования, самодиагностики и самоконфигурирования, а также их приложения для разработки алгоритмического обеспечения средств интеллектуальной поддержки компонентной сборки.

## 1. Введение

В информационной инфраструктуре любого уровня – глобальной, национальной, региональной, отраслевой и т.п. в качестве основы для интеграции необходимо использовать общие принципы открытых информационных систем, суть которых состоит в обеспечении совместимости всех используемых компонентов системы за счет согласованного набора стандартов. Тем не менее, в процессе создания открытых информационных систем неизбежно возникают проблемы обеспечения взаимодействия входящих в среду компонент, а также формирования многокомпонентных структур с учетом требований и ограничений информационных процессов, т.е. обеспечения их интероперабельности.

Необходимо отметить, что проблема реализации общих принципов открытых информационных систем (ОИС) связана с отсутствием общих методов прогнозирования внешних воздействий, а также качественных и количественных показателей перехода информационной системы в состояние, удовлетворяющее новым требованиям и ограничениям, и, с другой стороны, отсутствие эффективных моделей и алгоритмов синтеза многокомпонентных структур не позволяет строить ОИС в условиях неопределенности.

Современный уровень теории искусственного интеллекта и возможности вычислительной техники создают основу для формализации, хранения и извлечения знаний об информационных системах, их компонентах, требованиях и ограничениях, что и позволяет создавать адаптивные ОИС с позиций технической самоорганизации, при этом используя набор интеллектуальных средств, обеспечивающих заданную работоспособность. Существующие методы синтеза ОИС, как правило, направлены на решение задачи выбора эффективных структур из конечного набора вариантов, а процесс формирования и формализации альтернативных вариантов остается ресурсоемкой задачей.

Существующие направления исследования открытых информационных систем представлены отечественными и зарубежными школами, в том числе: методология проектирования информационных систем (Буч Г., Рамбо Дж, Якобсон А., Ритчи Д., Бек К., Хелм Р., Джонсон Р. и др), технология открытых систем (Ю. В. Гуляев, Олейников А.Я., Батоврин В.К., Васютович В.В., Журавлев Е.Е., Петров А.Б., Теряев Е.Д., В.А. Сухомлин и др.).

В нашей стране в развитие методов структурного синтеза сложных систем внесли свой вклад исследования Цыпкина Я.З., Ивахненко А.Г., Курейчика В.М., Батищева Д.И., Виноградова Г.П., Вашкевича Н.П., Шалыто А.А., и др.

## 2. Открытые информационные системы и их анализ

В теории открытых информационных систем в качестве базовых элементов ОИС принято использовать подсистемы/сервисы/компоненты/модули, представляющие собой блоки (преобразователи информации), обладающие входными/выходными интерфейсами, которые должны быть стандартизированы и поддерживаться системой эталонных и прикладных моделей и спецификаций. Независимо от масштаба элемента, его можно представить в виде абстрактного блока, обладающего свойствами.

Точки доступа к блокам могут быть представлены элементами множества  $A$ , причем его элементы могут являться точкой входа  $a^{in} \in A^{in}$ , точкой выхода  $a^{out} \in A^{out}$ , а также одновременно и точкой входа и точкой выхода  $a^{dup} \in A^{in} \cap A^{out}$ . Один блок может обладать двумя и более точками доступа, с которыми связываются свойства блока.

Предложено теоретико-множественное представление открытых информационных систем. На множестве свойств  $P$  введем отображение  $P \rightarrow A$ , где  $A$  – множество точек доступа. Четверка  $(b, A^b, P^b, M)$  с отображением  $P \rightarrow A$ , где  $M$  – множество способов отображения данных с входного интерфейса  $a^{in}_b$  на выходной  $a^{out}_b$ , представляет собой модель абстрактного преобразователя данных (рис. 1а). Стандартизация свойств блоков выполняется посредством сопоставления каждого элемента множества  $P$  элементу множества стандартизированных параметров  $S$ , для которых определены доменные ограничения, а также диапазоны значений, определяющие режимы взаимодействия. Элементы множества  $S$  регламентируются открытыми спецификациями и могут быть разбиты по сортам  $n : S \rightarrow D$ , где  $D$  – множество сортов, которое одновременно является множеством индексов доменов. Очевидно, что свойства двух и более блоков могут отображаться на общий элемент  $d \in D$ . Множество  $D$  является результатом прямого декартового произведения элементов нескольких множеств:  $T$  (множество базовых типов),  $R$  (множество диапазонов),  $Ptrn$  (множество морфизмов, определяющих подмножество базового типа).

Выполнен переход от теоретико-множественного к категорийному описанию элементов ОИС (рис. 1б).

Множество  $D$  может быть использовано в качестве комплекта элементов порождающей алгебры интерфейсов.

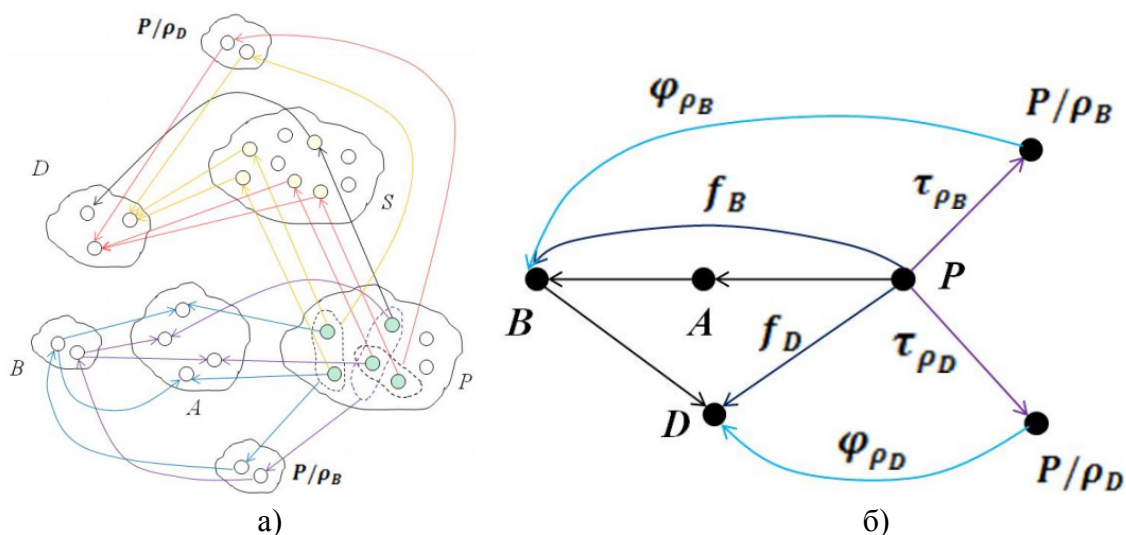


Рис. 1. Представление элементов ОИС: а) теоретико-множественное; б) категорийное

Обобщенный интерфейс (О-интерфейс) блока – пара стандартизированных свойств блоков, домены которых имеют попарно равные проекции  $D \rightarrow T, D \rightarrow R, D \rightarrow Ptrn$ , причем

$$\exists \left( (f_{A_{in}}(p_1) \neq \emptyset) \cap (f_{A_{out}}(p_2) \neq \emptyset) \right) \cup \left( (f_{A_{in}}(p_2) \neq \emptyset) \cap (f_{A_{out}}(p_1) \neq \emptyset) \right),$$

где  $p_1$  и  $p_2$  – первый и второй элемент пары.

Компонент может быть представлен тройкой  $(P^{in}, P^{out}, M)$ , где  $P^{in}, P^{out}$  – множества параметров, определяющих входной и выходной интерфейсы компонента,  $M$  – отображения значений параметров входного интерфейса на параметры выходного.

Введем операцию одноуровневого сопряжения компонентов, определенную на множестве  $C: \theta: (C \times C) \rightarrow C$ . Поскольку компонент определяется тройкой  $(P^{in}, P^{out}, M)$ , то операция и может быть переписана следующим образом:  $(c_i \theta c_j) = (P^{in}_i, P^{out}_i, M_i) \theta (P^{in}_j, P^{out}_j, M_j) = (P^{in}_i, P^{out}_j, M_i \circ M_j)$ .

Введена операция межуровневого сопряжения компонентов (сопряжение компонентов с фильтрацией или просто фильтрация)  $\varphi: (C^\beta \times C^\phi) \rightarrow C^\gamma \subset C^\beta$ , где  $C^\beta \subset C$  – базовое (фильтруемое) множество компонентов,  $C^\phi \subset C$  – фильтрующее множество компонентов.

### 3. Принципы технической самоорганизации открытых информационных систем

Согласно концепции технической самоорганизации [1] ОИС должна быть способна принимать внешний поступающий управляющий информационный поток и осуществлять реорганизацию своей структуры с целью перехода в новое устойчивое состояние, удовлетворяющее новым требованиям и ограничениям внешней неравновесной среды. Кроме того, для осуществления переходных процессов ОИС должна обладать необходимым ресурсом.

В рамках концепции технической самоорганизации были сформулированы принципы самоструктурирования, самодиагностики, самоконфигурирования.

Принцип самоструктурирования представлен следующими положениями:

- целевая открытая информационная система описывается посредством преобразователей информационных потоков, представленных в форме компонентов, обладающих стандартизированными интерфейсами, а также информационными связями между ними, в форме правил сопряжения через их интерфейсы;
- процесс формирования многокомпонентных структур является иерархическим,
- переход к следующему уровню выполняется на основе системы фактов и аксиом, определяющих локальные связи между структурами текущего уровня;
- расширяемость системы обеспечивается построенной универсальной конструкцией «Component», к которой сводятся преобразователи информации;

Принцип самодиагностики представлен следующими положениями:

- все интерфейсы компонентов делятся на две группы: фильтрующие и не фильтрующие;
- информационные процессы, требования и ограничения внешней среды должны быть представлены в унифицированной компонентой форме, что обеспечивает их встраивание в структуру ОИС;
- компоненты требований/ограничений являются фильтрующими по отношению к компонентам информационных процессов и преобразователей информации. Компоненты информационных процессов являются фильтрующими по отношению к компонентам преобразователей информации.

Принцип самоконфигурирования представлен следующими положениями:

- введены три типа объектов: источники ресурсов, потребители ресурсов, поставщики ресурсов: *источник ресурсов* моделирует программно-аппаратный сервис, используемый для обработки запросов потребителей, *потребитель ресурса* моделирует вычислительный процесс, связанный с формированием многокомпонентных интероперабельных структур, *поставщик ресурса* моделирует коммуникационную среду, связывающую потребителей с источниками ресурсов;
- в процессе планирования ресурсов потребители могут принимать решение о добавлении или уничтожении источников ресурсов, т.е. происходит самоорганизация ресурса;
- целевой ресурс для обработки процессов формирования многокомпонентных интероперабельных структур представим аттрактором.

#### 4. Синтез многокомпонентных интероперабельных структур

На этапе синтеза формируется представление открытой информационной системы, определяемой композицией многокомпонентных интероперабельных структур в контексте фильтрующего информационного процесса, функциональных, нефункциональных и иных требований и ограничений, что не противоречит определению синтеза [1-3]. Синтез открытых информационных систем иерархичен, адаптивен и является распределенным, поскольку как было показано, формирование новых конструкций выполняется независимо на разных уровнях. Целью этапа синтеза открытых информационных систем является формирование структур на основе множеств большой размерности, элементами которых являются пары (идентификатор, домен), связанные ассоциативно с точками доступа (вход, выход), которые в свою очередь разбиты на непересекающиеся подмножества, ассоциированные со структурными элементами, ранее названными блоками.

Процесс формирования многокомпонентных структур предполагает формирование цепочек (последовательностей), элементами которых являются блоки, причем два со-

седних блока могут быть сопряжены по входам/выходам. Процесс формирования последовательностей сопрягаемых блоков является многоэтапным.

Получаемые в процессе структурного синтеза последовательности сопрягаемых блоков также обладают большой размерностью, включают подпоследовательности сопряжения, которые могут рассматриваться как альтернативные (подпоследовательности содержат блоки, предназначенные для осуществления одних и тех же процессов).

Фактически, в результате структурного синтеза формируется множество структур, элементы которых могут быть сопряжены по входам/выходам. В главе 3 было показано, что такие структуры могут быть применены для формализации и унификации: преобразователей сигналов (данных, информации), информационных процессов, требований/ограничений, что позволит применять компонентную алгебру.

Сущностью параметрического анализа является определение необходимой и достаточной совокупности показателей, характеризующих все исследуемые свойства системы, и формирование зависимостей, характеризующих суммарный эффект от применения системы или ее элементов. Стандартизированные свойства блоков маркируются дополнительной связью и с ними связывается домен, проекциями которого являются базовый тип и ограничение. Параметрический синтез интерфейсов является необходимым этапом на котором базируется синтез многокомпонентных структур.

Процесс формирования интероперабельных структур включает несколько этапов: а) синтез фильтрующих интерфейсов, б) фильтрация информационными процессами в) фильтрация требованиями и ограничениями.

## 5. Заключение

Предложенные алгебраическая модель открытых информационных систем, концепция и принципы технической самоорганизации определяют теоретический и концептуальный аспекты методологии структурно-параметрического синтеза открытых информационных систем, обеспечивающих их интероперабельность и адаптивность.

Основными перспективами развития являются:

1. Построение прикладных алгебр, позволяющих описывать задачи структурно-параметрического синтеза открытых информационных систем в форме алгебраических уравнений.

2. Построение категории открытых информационных систем, исследование функторов между категориями широкого класса и категорией ОИС.

3. Создание методологии интеграции существующих онтологических, алгоритмических, грамматических подходов к представлению методик проектирования САПР с системой онтологических каркасов синтеза открытых информационных систем.

4. Развитие комплексов параллельных алгоритмов, поддерживающих спецификации MPI, OpenMP, OpenACC.

## Список литературы

1. Жевнерчук Д.В., Кондратьев В.В. Применение методов теории самоорганизации в задачах управления профилированием и конфигурированием вычислительных систем // Доклады академии наук. 2014. Т. 459, № 4. С. 409-412.
2. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968. 400 с.
3. Жевнерчук Д.В., Ломакина Л.С., Синтез открытых информационных систем с использованием алгебраических структур как моделей // Фундаментальные исследования. 2017. № 10. С. 29-33.