

УДК: 004.6

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В
САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

© В. В. ДРОЖДИН

Пензенский государственный университет,
кафедра прикладной математики и информатики
e-mail: drozhdin@self-organization.ru

Дрождин В. В. — Моделирование предметной области в самоорганизующейся информационной системе // *Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского*. 2012. № 30. С. 284–289. — Предложен подход к концептуальному моделированию предметной области в самоорганизующейся информационной системе на основе трехслойной модели, позволяющей комплексно отражать в системе реальный мир и более активно взаимодействовать с системой пользователей. Формирование и изменение концептуальной модели непосредственно пользователями позволяет создавать информационную систему естественным путем и поддерживать ее адекватность внешней среде более длительное время.

Ключевые слова: Самоорганизующаяся информационная система, моделирование предметной области, концептуальная модель

Drozhdin V. V. — Modeling of knowledge domain in self-organizing information system // *Izv. Penz. gos. pedagog. univ. im. V. G. Belinskogo*. 2012. № 30. P. 284–289. — The article considers the approach to the modeling of knowledge domain in self-organizing information system on the basis of three-layered model, allowing a full system reflection of the real world and a more active interaction with a system of users. The formation and changing of conceptual model directly made by users allows to develop an information system in a natural way and to support its adequacy in external environment for a longer time.

Keywords: Self-organizing information system, modeling of knowledge domain, conceptual model

Существующие автоматизированные информационные системы (АИС) разрабатываются и используются для автоматизации определенных информационных задач. При этом представление предметной области в системе и автоматизированное решение задач пользователями реализуется приложением. В связи с этим моделирование предметной области и поддержка адекватности АИС внешней среде имеют следующие особенности:

- в явном виде не требуется создание и поддержка в АИС формализованной концептуальной модели предметной области;
- моделирование предметной области осуществляется на этапе проектирования АИС;
- в модели предметной области содержится информация, необходимая только для решения автоматизируемых задач;
- в случае существенных изменений предметной области (появление новых типов объектов, изменение методов решения задач, необходимость решения новых задач и др.) осуществляется модернизация

АИС путем изменения структуры базы данных и программного кода приложения или разработка новой АИС.

Вследствие указанных особенностей существующие АИС могут нормально функционировать в течение ограниченного времени, а их создание и модернизация осуществляются специалистами в области проектирования и создания программно-информационных систем.

Однако моделирование предметной области и поддержка адекватности системы внешней среде в самоорганизующейся информационной системе (СИС) принципиально отличаются от АИС.

СИС предназначена для длительной автоматизации решения информационных задач в существенно изменяющейся предметной области. Поэтому СИС должна обладать следующими особенностями:

- являться автономной системой с мощными механизмами адаптации к внешней среде и оптимизации внутренней организации на основе самообучения и самоорганизации;
- обладать свойствами активных и интенсивных систем;
- допускать создание и модификацию системы в широких пределах непосредственно пользователями без проектирования и написания программного кода;
- совершенствовать свои структуру и функциональность и поддерживать их соответствие в форме системного изоморфизма и системного полиморфизма;
- в стабильных условиях внешней среды СИС должна повышать свою эффективность, а в изменяющихся условиях — накапливать отклонения для дальнейшего выявления новых закономерностей и использования их в своем функционировании.

Необходимым условием приобретения указанных возможностей является формирование и поддержка формализованной концептуальной модели предметной области (КМПРО), комплексно и адекватно представляющей в СИС реальный мир. Для этого КМПРО должна удовлетворять следующим требованиям:

- обладать высоким уровнем абстракции и единообразия представления объектов и процессов предметной области для обеспечения простого и эффективного взаимодействия пользователей с СИС;
- обеспечивать корректное и надежное функционирование СИС путем самостоятельного формирования внутренней организации на основе КМПРО;
- являться семантической и строиться из понятий и отношений между понятиями;
- обеспечивать высокую адекватность отражения реального мира на основе развитой системы отношений между понятиями;
- обеспечивать высокий уровень защиты информации без использования специальных средств.

Существующие подходы к моделированию предметной области на основе модели сущность–связь (ER-модели), семантических сетей, объектно-ориентированного подхода, методологии онтологического моделирования IDEF5, технологии концептуального моделирования предметной области “Браво” и другие не в полной мере удовлетворяют приведенным требованиям. Поэтому предлагается построение формализованной концептуальной модели предметной области (КМПРО), формируемой внешней средой (системой пользователей) и представляющей СИС во внешнюю среду, с трехслойной структурой:

- базовый слой, отражающий объектно-структурную организацию предметной области (типы объектов, их свойства и состояния, а также отношения между объектами) [1];
- процессный слой, отражающий состав, структуру и взаимодействие процессов, протекающих в предметной области (ПРО) [1];
- пользовательский слой, содержащий информацию о системе объектов, взаимодействующих с СИС (система иерархически связанных пользователей, устройства, автоматически передающие информацию о различных параметрах в систему и реагирующие на сигналы системы, общесистемные и специализированные устройства ввода, печати и отображения информации, компьютеры, через которые могут взаимодействовать пользователи с СИС, программные системы, которые СИС может использовать для

выполнения внешних функций, и др.).

КМПРО строится из понятий, представляющих типы или классы объектов, и отношений между понятиями, что обеспечивает высокий уровень абстракции (универсальность) модели, простоту ее восприятия для пользователей и высокую эффективность реализации. Для разработки специализированных понятий для каждого слоя КМПРО будем использовать обобщенную структуру понятия вида:

$$P = \{\rho | \rho = \langle n_\rho, \rho_s, \rho_c, \rho_v, \rho_w, \rho_a \rangle\},$$

где P — множество всех понятий, ρ — обозначение понятия, $n_\rho, \rho_s, \rho_c, \rho_v, \rho_w, \rho_a$ — соответственно имя, состав, содержание, объем понятия, внешнее представление и макросвойства.

Имя идентифицирует понятие среди всех других понятий. Состав понятия отражает совокупность понятий более низкого уровня, задающих структуру и свойства объектов, соответствующих данному понятию. Содержание понятия является предикатом, определяющим объекты, относящиеся к данному понятию, и выделяющим эти объекты среди всех других объектов. Объем понятия содержит либо список объектов, либо правила формирования объектов, соответствующих понятию. Внешнее представление задает возможные способы представления объектов из объема понятия во внешнюю среду. Макросвойства представляют значимые эмерджентные свойства объектов понятия и способы их формирования.

Обобщенная структура понятия является более расширенной по сравнению с понятиями, принятыми в логике.

Между понятиями определяются отношения в виде:

$$R_\rho = \{r_\rho | r_\rho = \langle n_{r_\rho}, \rho_1, \rho_2, t_{r_\rho} \rangle\},$$

где R_ρ — совокупность различных отношений между понятиями, r_ρ — отношение типа t_{r_ρ} между понятиями ρ_1 и ρ_2 , n_{r_ρ} — имя отношения.

Между понятиями допустимы следующие типы отношений t_{r_ρ} : агрегация (часть–целое) — понятие ρ_2 является компонентом (частью) понятия-агрегата ρ_1 ; классификация — понятие ρ_2 является подклассом класса ρ_1 ; обобщение (род-вид) — видовое понятие ρ_2 является категорией родового понятия ρ_1 ; абстрагирование — понятие ρ_2 является конкретизацией понятия-образа ρ_1 .

Приведенные отношения имеют следующий смысл.

Агрегация позволяет формировать целостные объекты понятия-агрегата как композиции объектов понятий-компонентов.

Классификация задает отношение разбиения (деления) множества объектов класса на подклассы в соответствии с основанием классификации.

Обобщение позволяет формировать обобщенный объект родового понятия путем выделения общих частей из объектов видовых понятий.

Абстрагирование позволяет формировать объекты понятия-образа путем огрубления объектов конкретного понятия, которое может осуществляться несколькими способами: отбрасыванием компонентов, несущественных в рассматриваемой ситуации, формированием интегральных характеристик объекта, построением усредненного образа для множества подобных объектов и др.

Для представления объектно-структурного слоя КМПРО используются понятия-объекты, определенные в виде:

$$V = \{v | v = \langle n_v, v_s, v_c, v_v, v_w, v_a \rangle\},$$

где V — множество всех понятий-объектов КМПРО, v — обозначение типа понятия “Объект”, $n_v, v_s, v_c, v_v, v_w, v_a$ — соответственно имя, состав, содержание, базовые запросы, форматы данных и макросвойства.

Состав понятия-объекта отражает совокупность понятий-объектов более низкого уровня, задающих структуру и свойства объектов ПрО, соответствующих данному понятию. Содержание понятия-объекта является предикатом, определяющим объекты, относящиеся к данному понятию, и выделяющим их среди всех других объектов ПрО. Базовые запросы задают способы получения и изменения информации об объектах понятия в базе данных. Форматы данных задают возможные способы представления объектов из объема понятия во внешнюю среду. Макросвойства понятия-объекта представляют значимые свойства, присущие целостным объектам, например, габариты и веса объектов, характеристики интерфейса объектов для взаимодействия с другими объектами и др.

Между понятиями-объектами определяются отношения в виде:

$$R_v = \{r_v \mid r_v = \langle n_{rv}, v_1, v_2, t_{rv} \rangle\},$$

где R_v — совокупность различных отношений между понятиями-объектами ПрО, r_v — отношение типа t_{rv} между понятиями-объектами v_1 и v_2 , n_{rv} — имя отношения; t_{rv} — тип отношения: часть-целое (агрегация) — каждый объект понятия v_2 является частью некоторого объекта понятия v_1 ; классификация — v_2 является подклассом класса v_1 ; обобщение (род-вид) — видовое понятие v_2 является категорией родового понятия v_1 ; абстрагирование — понятие v_1 является образом понятия v_2 .

Абстрагирование позволяет формировать объекты понятия-образа путем огрубления процессов конкретного понятия следующими способами: отбрасыванием свойств, несущественных в рассматриваемой ситуации, формированием интегральных характеристик объекта, построением усредненного образа для множества подобных объектов и др.

Процессный слой КМПРО формируется из понятий-процессов, имеющих вид:

$$P = \{p \mid p = \langle n_p, p_s, p_c, p_v, p_w, p_a \rangle\},$$

где P — множество всех понятий-процессов КМПРО, p — обозначение типа понятия “Процесс”, $n_p, p_s, p_c, p_v, p_w, p_a$ — соответственно имя, состав, содержание, шаблон процесса, решаемая задача и макросвойства.

Состав понятия-процесса содержит совокупность понятий-объектов и понятий-процессов более низкого уровня (подпроцессов и действий). Содержание понятия-процесса является предикатом, определяющим соотношения свойств подпроцессов в процессах данного понятия и выделяющим процессы данного понятия среди всех других процессов ПрО. Шаблон процесса определяет структуру (последовательность подпроцессов и действий) и начальное состояние процесса, условия протекания (исполнения) его компонентов (подпроцессов и действий), их исполнителей и результаты. Решаемая задача отражает основную функцию, реализуемую процессами понятия-процесса, необходимые условия для решения задачи (возникновения и протекания процесса) и ожидаемый результат решения задачи. Макросвойства понятия-процесса представляют значимые свойства, присущие целостным процессам, например, суммарные продолжительность и объемы ресурсов.

Отношения между понятиями-процессами задаются в виде:

$$R_p = \{r_p \mid r_p = \langle n_{rp}, p_1, p_2, t_{rp} \rangle\},$$

где R_p — совокупность различных отношений между всеми понятиями-процессами ПрО; r_p — отношение типа t_{rp} между понятиями-процессами p_1 и p_2 ; n_{rp} — имя отношения; t_{rp} — тип отношения: агрегация (часть-целое) — понятие p_2 является компонентом (подпроцессом или действием) понятия-агрегата p_1 ; классификация — понятие p_2 является подклассом понятия-класса p_1 ; обобщение (род-вид) — видовое понятие p_2 является категорией родового понятия p_1 ; абстрагирование — понятие p_2 является конкретизацией понятия-образа p_1 .

Абстрагирование позволяет формировать процессы понятия-образа путем огрубления процессов конкретного понятия различными способами: отбрасыванием несущественных действий конкретного понятия-процесса, отбрасыванием действий конкретного понятия-процесса, существенных для конкретных процессов, но несущественных в ситуации понятия-образа, созданием обобщенного понятия-процесса с интегральными характеристиками процессов, формируемыми на основе свойств конкретного понятия-процесса, созданием обобщенного понятия-процесса, процессы которого будут иметь усредненные характеристики групп процессов конкретного понятия-процесса и др. Отношение абстрагирования позволяет выделять из конкретного процесса основной, вспомогательный, обеспечивающий и другие виды подпроцессов [9].

Пользовательский слой КМПРО формируется из понятий-пользователей, имеющих вид:

$$U = \{u | u = \langle n_p, u_s, u_c, u_v, u_w, u_a \rangle\},$$

где U — множество всех понятий-пользователей КМПРО, u — обозначение типа понятия “Пользователь”, $n_p, u_s, u_c, u_v, u_w, u_a$ — соответственно имя, состав, содержание, модель предметной области, функциональная модель и макросвойства.

Состав понятия-пользователя содержит указатель на объект понятия-объекта, представляющего пользователя в системе. Содержание понятия-пользователя определяет тип и характеристики пользователя, а также правила взаимодействия пользователя с СИС (особенности взаимодействия пользователя, последовательность решаемых задач и др., позволяющие идентифицировать пользователя по естественным параметрам взаимодействия с системой). Модель предметной области понятия-пользователя содержит совокупность понятий-объектов и понятий-процессов, доступных непосредственно данному пользователю с соответствующими правами доступа. Функциональная модель понятия-пользователя отражает функциональные обязанности пользователя. Макросвойства понятия-пользователя содержит основные задачи, решаемые пользователем с помощью системы.

Для формирования структурированной внешней среды объем каждого понятия-пользователя может содержать только один объект.

Отношения между понятиями-пользователями задаются в виде:

$$R_u = \{r_u | r_u = \langle n_{ru}, u_1, u_2, t_{ru} \rangle\},$$

где R_u — совокупность различных отношений между всеми понятиями-пользователями ПрО; r_u — отношение типа t_{ru} между понятиями-пользователями u_1 и u_2 ; n_{ru} — имя отношения; t_{ru} — тип отношения: агрегация (часть-целое) — понятие u_2 является подчиненным понятию-агрегату u_1 ; классификация — понятие u_2 является подклассом понятия-класса u_1 (в качестве понятия-класса может выступать либо родовое понятие, либо ранее созданное понятие-класс); обобщение (род-вид) — видовое понятие u_2 является категорией (определенным видом пользователей СИС) родового понятия u_1 ; абстрагирование — понятие u_2 является конкретизацией понятия-образа u_1 .

Абстрагирование позволяет формировать представления пользователей понятия-образа путем огрубления информации о пользователях конкретного понятия-пользователя различными способами. Отношение абстрагирования позволяет формировать образы различных категорий пользователей.

Понятия-пользователи выступают в качестве инициаторов и потребителей результатов понятий-процессов и обработки понятий-объектов.

Для формирования пользователями базового слоя КМПРО и формирования моделей предметной области конкретных пользователей разработан набор операций, приведенный в [2, 3]. Подобным образом могут быть разработаны операции формирования пользователями процессного и пользовательского слоев.

Реализация КМПрО в соответствии с архитектурой СИС [4] может осуществляться либо одним, либо системой взаимосвязанных автономных компонентов [5].

Реализация КМПрО одним компонентом осуществляется как в небольших СИС, так и на начальном этапе формирования достаточно больших СИС.

При реализации КМПрО системой взаимосвязанных компонентов целесообразно соблюдать следующие рекомендации:

- КМПрО должна быть декомпозирована на сильно связанные блоки;
- если какая-либо часть КМПрО связана или используется несколькими блоками, то она должна быть реализована отдельным компонентом;
- каждый блок КМПрО должен быть реализован отдельным компонентом;
- ограничением на размер компонента, реализующего блок КМПрО, является обеспечение требуемой эффективности функционирования СИС.

Приведенная логическая организация КМПрО позволяет более полно представлять реальный мир в СИС, а возможность ее модификации пользователями и поддержка системой внутренней организации, соответствующей КМПрО, обеспечивают сохранение высокой адекватности системы внешней среде более длительное время по сравнению с существующими АИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимова Е. В., Дрождин В. В. Формализация концептуальной модели предметной области // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей X Междунар. научно-техн. конф. Пенза: ПДЗ. 2010. С. 34–38.
2. Дрождин В. В., Зинченко Р. Е. Системный подход к концептуальному моделированию предметной области в самоорганизующейся информационной системе // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 73–79.
3. Зинченко Р. Е. Системно-изоморфное динамическое соответствие концептуальной модели предметной области и схемы базы данных // Программные продукты и системы. 2010. № 1. С. 71–75.
4. Дрождин В. В., Зинченко Р. Е. Эволюция архитектуры информационных систем // Программные продукты и системы. 2010. № 4. С. 59–63.
5. Дрождин В. В. Принципы организации и архитектура автономных систем // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. 2011. № 26. С. 374–379.