

УДК 004.415.5

А.А. АНДРАШОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Рассмотрены таксономические модели профилирования требований информационно-управляющих систем критического применения, позволяющих представить вербальные нефункциональные требования стандартов и спецификаций в виде, необходимом для их последующей формальной обработки, получения профилей требований и последующей оценки их выполнения. Дано формальное определение таксономических моделей. Выделены критерии классификации таксономических моделей. Представлена классификация их элементов. Определены сценарии профилирования требований.*

**Ключевые слова:** ИУС, профилирование требований, таксономическая модель, формальное представление естественного языка.

### Введение

Информационно-управляющие системы (ИУС), применяющиеся для управления ответственными объектами, отказы которых могут привести к угрозе жизни и здоровью людей, а также ущерб окружающей среде, относятся к ИУС критического применения (ИУС КП).

Риски, связанные с использованием ИУС критического применения, обуславливают повышенные требования, предъявляемые к подобным системам. Как правило, эти требования изложены в нормативных регулирующих документах, к которым относятся международные, национальные и отраслевые стандарты. Нормативные документы являются базисом для разработки технической спецификации ИУС КП в части не функциональных (регулирующих) требований. Соответствие требованиям нормативных документов является одним из обязательных условий использования (лицензирования) ИУС КП.

Нормативные документы служат инструментом накопления и передачи опыта научного сообщества, представителей индустрии (разработчики, консалтинговые центры), регулирующих органов и конечных пользователей. Они призваны обеспечивать улучшение характеристик процессов и продуктов в рамках жизненного цикла ИУС. Информация (требования) в стандартах представлена на естественном языке (ЕЯ). Это позволяет использовать стандарты на всех этапах жизненного цикла ИУС и вовлекать в соответствующие процессы различных специалистов без обучения каким-либо формальным нотациям.

Однако, применение нормативных документов,

осложнено следующими факторами:

- увеличение числа нормативных документов при их недостаточно четкой систематизации и взаимосвязанности [1];

- наличием различных организаций, занимающихся стандартизацией в одной и той же сфере, что приводит к «войне стандартов», т.е. лоббированию интересов отдельных организаций в ущерб решению общих проблем предметной области;

- качество стандартов и требований (например, однозначность, согласованность, корректность) остается недостаточным [2];

- отсутствие полной и согласованной терминологии (гlossария) в рамках одной предметной области [3];

- требования, изложенные в стандартах, становятся более жесткими, что приводит к проблемам распределения ограниченных ресурсов в процессе проектирования, разработки и оценки ИУС КП.

Причины такой ситуации вызваны административными проблемами процесса разработки и использования стандартов, методическими аспектами (недостаточной детализацией, структурированностью и согласованностью стандартов), а также проблемами использования естественного языка. Решение выше обозначенных проблем может быть основано на формализации процесса разработки нормативных документов, их применения, а также оценки соответствия конкретных систем требованиям нормативных документов.

**Целью статьи** является разработка таксономических моделей, позволяющей формализовать представление требований и процедуры их профилирования.

### 1. Таксономические модели профилирования требований ИУС

Таксономия, как общенаучное понятие, – это классификация объектов классифицируемого множества по принципу объединения по сходству. Сходство между объектами выражено классификационными признаками - элементами содержания понятий, которые позволяют отнести данное понятие к определённому классу в некоторой классификационной системе.

В свою очередь, спецификацию требований к ИУС можно рассматривать как множество статей (статья - текстовая формулировка, выражающая одно законченное положение нормативного документа или технической документации проекта) сгруппированных по классам, например, разделам и подразделам технической спецификации или нормативного документа. Группировка производится на основании классификационных признаков, характеризующих различные аспекты жизненного цикла ИУС.

Таксономическая модель – тип математической модели, основанный на упорядоченном представлении множества объектов и отношений между ними

с использованием графо-семантического описания (рис. 1). Объекты упорядочены на основе классификационных структур (фасетных, иерархических, фасетно-иерархических). Обработка ЕЯ осуществляется на базе аппарата семантических сетей при этом объекты, факты или понятия представляют собой вершины графа, а соединяющие их именованные дуги, именуемые связями, - отношения между объектами. Этот подход позволяет адекватно (полно и непротиворечиво) описать предметную область, является хорошо изученным и активно применяется на практике, предоставляет достаточный уровень наглядности представления информации, за счет наследования обеспечивает минимизацию памяти, необходимой для хранения элемента модели. Процедура обработки описана в [4]. Она базируется на использовании семантического процессора и набора специализированных словарей.

Таким образом, таксономическая модель позволяет представить вербальные нефункциональные требования стандартов и спецификаций в виде, необходимом для их последующей формальной обработки, получения профилей требований и последующей оценки их выполнения.

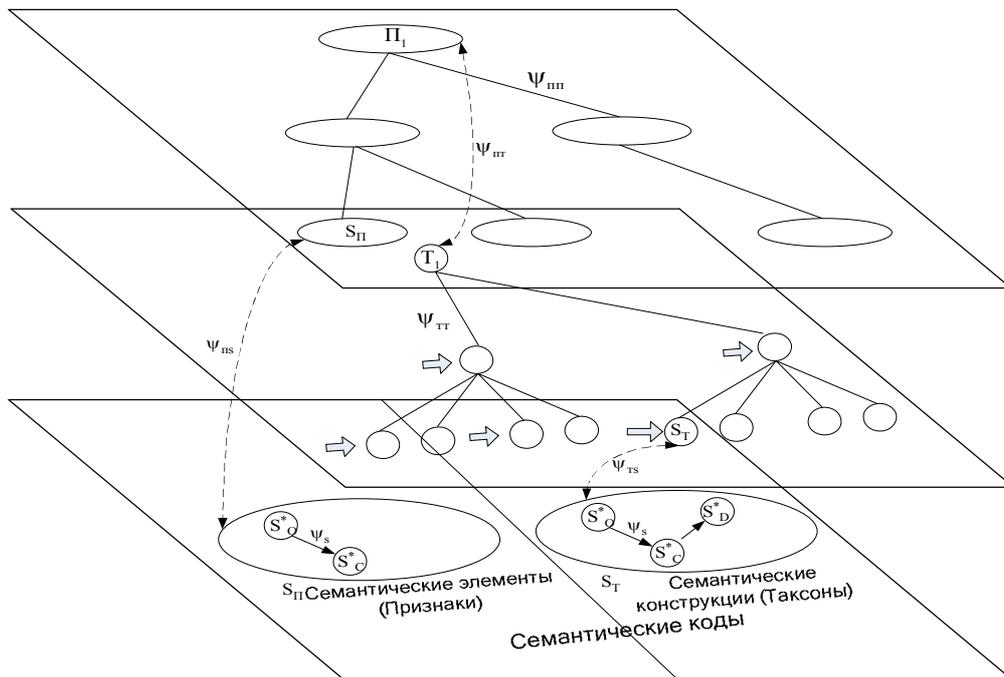


Рис. 1. Структура таксономической модели

Определим таксономическую модель формально, с использованием теоретико-множественного представления:

$$TM = \{ \Pi, T, S, \Psi_{\Pi\Pi}, \Psi_{T\Pi}, \Psi_{TS}, \Psi_{SS} \}, \quad (1)$$

где  $\Pi = \{ \Pi_n \}_{n=1}^N$  – (уровень) непустое множество классификационных признаков таксономической

модели. Подчеркнём, что для классификационных признаков в иерархических и фасетно-иерархических структурах порядок носит значимый характер т.е. множество  $\Pi$  является кортежем (упорядоченным множеством).

$T = \{ T_m \}_{m=1}^M$  – (уровень) непустое множество таксонов таксономической модели. Таксоны - это множе-

ство объектов, объединённых некоторыми общими признаками;  $\Delta T = \{T_{nm}\}_{m=1}^n$  - кортеж таксонов соответствующих классификационному признаку. Минимальная логическая составляющая таксона – статья;

S - (уровень) множество семантических кодов таксономической модели. Множество семантических кодов состоит из подмножеств элементов 3-х типов – семантических единиц, необходимых для представления информации на ЕЯ: объектов {МО}, субъектов {МС} и действий {MD} (2). Каждой семантической единице соответствует набор признаков (например, для существительных, - род, число, падеж и т.д.), которые определяются его лингвистической природой (3). Связь между соответствующими элементами множества семантических кодов реализуется по средствам семантических отношений ( $\psi_s$ ), которые обуславливаются ЕЯ и предметной областью текстов на ЕЯ, и формируются на базе универсального множества семантических отношений; С учетом вышесказанного, доопределим формально множество семантических кодов:

$$S = \{\{MO\}, \{MC\}, \{MD\}, \psi_s\}. \quad (2)$$

$$\begin{aligned} MO &= \left\{ S^*_O, \{p_i\}_{i=1}^{lo} \right\}; \\ MC &= \left\{ S^*_C, \{p_j\}_{j=1}^{lc} \right\}; \\ MD &= \left\{ S^*_D, \{p_k\}_{k=1}^{ld} \right\}. \end{aligned} \quad (3)$$

$\psi_{III}$  - функция отображения классификационных признаков. Определяет однозначное отношение между классификационными признаками; Данное отношение характерно исключительно для фасетно-иерархических структур;

$\psi_{TT}$  - функция отображения таксонов; Определяет однозначное отношение между таксонами разных уровней иерархии. Данное отношение необходимо для описания подчинённости иерархии;

$\psi_{IT} : \forall \Pi_n \leftrightarrow \Delta T \subset T_m$  - функция проекции классификационных признаков на таксоны; служит для однозначного отображения классификационных признаков на соответствующие им таксоны. Данное отображение характерно для всех типов структур;

$\psi_{TS}$  - функция проекции семантических кодов на таксоны. Позволяет производить связывание таксонов с соответствующими им семантическими кодами. Множество семантических кодов соответствующее таксону называется семантической конструкцией. Семантическая конструкция содержит семантические единицы всех трех типов  $S_T = \langle MO \times MC \times MD, \psi_s \rangle$  и соответствует статье технической спецификации или

нормативного документа;

$\psi_{PS}$  - функция проекции семантических кодов на классификационные признаки. Позволяет производить связывание классификационных признаков с соответствующими им семантическими кодами. Множество семантических кодов соответствующее классификационному признаку называется семантическим элементом. Семантический элемент содержит семантические единицы 2-х типов  $S_{II} = \langle MO \times MC, \psi_s \rangle$  и соответствует классификационному признаку.

## 2. Классификация таксономических моделей профилирования требований ИУС

Рассмотрим классификацию элементов таксономических моделей (семантических фасетно-иерархических структур). Можно выделить следующие классификационные признаки (см. рис. 2.):

- отображение классификационных признаков;
- отображение классификационных признаков на таксоны;
- проекция семантических кодов.

По признаку «отображение классификационных признаков», характеризующему топологию (логическую структуру) таксономической модели выделяются следующие классификационные структуры: фасетные структуры - классификационные структуры, основанные на делении классифицируемого множества по нескольким независимым и равноправным признакам одновременно. При этом множество классификационных признаков является неупорядоченным, т.е.  $\Pi = \{\Pi_n\}_{n=1}^N$ ; иерархические структуры - классификационные структуры, основанные на отношениях подчинения между элементами множества таксонов. В этом случае множество классификационных признаков является упорядоченным, т.е.  $\Pi = \langle \Pi_n \rangle_{n=1}^N$ ; фасетно-иерархических структуры - классификационные структуры, основанные на отношениях подчинения между элементами множества таксонов и имеющие несколько (более одного) классификационных признаков на одном уровне иерархии. При этом  $\Pi = \langle \dots \{ \Pi_n \}_{n=1}^N \dots \rangle$  вложенные кортежи обеспечивают возможность описания подчинённости иерархий.

По признаку «проекция классификационных признаков на таксоны», определяющему принадлежность таксонов соответствующим классификационным признакам выделяются следующие типы

отношений: линейные связи – являются основным видом отношений между элементами множеств П и Т; перекрестные связи – возникают когда таксоны принадлежащие классификационному признаку на n-1 уровне иерархии имеют дочерние таксоны на n уровне иерархии, которые принадлежат различным классификационным признакам n уровня иерархии.

По признаку «проекция семантических кодов»,

определяющему принадлежность семантических кодов таксонам и классификационным признакам выделяются следующие виды отношений: проекция семантических элементов – данное отношение характерно для всего множества классификационных признаков; проекция семантических конструкций – данное отношение характерно для всего множества таксонов.

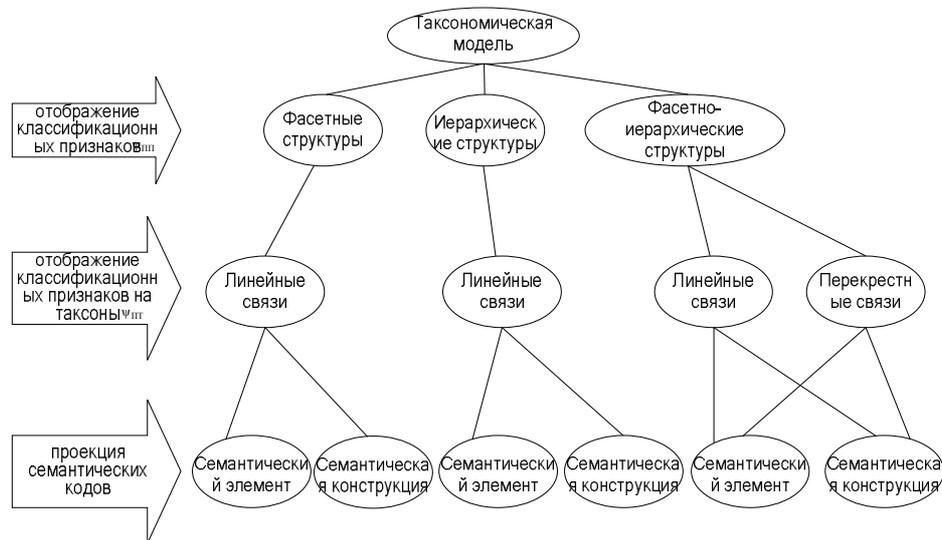


Рис. 2. Классификация таксономических моделей

### 3. Сценарии профилирования требования ИУС

Таксономические модели, описанные выше, направлены на формализацию представления вербальных нефункциональных требований. Рассмотрим возможные сценарии применения таксономических моделей (сценарии профилирования).

Под сценарием профилирования понимаем комплекс взаимосвязанных работ, выполняемых на информационном, аналитическом или организационном уровнях направленных на решение прикладных задач (разработки и оценки выполнения требований) инженерии требований и реализуемых с использованием различных утилит и методик (ручных операций). Сценарий определяет параллельно-последовательное выполнение входящих в него действий (работ) преобразующих исходные данные в выходные результаты для решения поставленных задач.

Можно выделить следующие сценарии профилирования:

- разработка спецификации требований ИУС КП. Данный сценарий включает разработку спецификации требований ИУС КП в части нефункциональных требований. Для этого, отбираются стандарты, которые необходимо учесть при разработке, разрабатываются таксономические модели каждого

из них и выполняется операция их объединения;

- реинжиниринг спецификации требований КС КП. Данный сценарий необходим для решения задач реинжиниринга спецификации требований КС КП. Задача реинжиниринга спецификации становится актуальной при изменении положений нормативных документов (появление новой редакции НД) регламентирующих ИУС КП, при необходимости разработки требований под различные проекты, построенные на одной платформе. Для этого выполняется модификация таксономической модели, получаемой по первому сценарию, путем использования операций фильтрации F (при удалении требований) или операции объединения U (при учете новых требований или стандартов в целом);

- верификация (оценка выполнения) требований КС КП. В рамках данного сценария множество требований КС КП соотносится с множеством методов оценки. По средствам которых проводится оценка выполнения требований, а затем формируется отчет о безопасности (Safety Report). Этот сценарий является реализацией Safety-Case ориентированной методологии оценки ИУС КП;

- разработка нормативного документа. Данный сценарий предполагает разработку нормативных документов различных уровней применимости (национальные стандарты, отраслевые стандарты, стандарты предприятий) как композицию требова-

ний в рамках предметної області. Он реализуется путем выполнения операций объединения U и фильтрации F над таксономическими моделями профилирующей базы и расширения соответствующих таксономических признаков и таксонов.

### Заключення

Рассмотрены таксономические модели профилирования требований информационно-управляющих систем критического применения, позволяющих представить вербальные нефункциональные требования стандартов и спецификаций в виде, необходимом для их последующей формальной обработки, получения профилей требований и последующей оценки их выполнения. Представленные сценарии профилирования требований могут быть положены в основу разработки информационной технологии создания проектно-ориентированных профилей требований ИУС.

### Литература

1. Скляр В.В. Оценка качества и экспертиза программного обеспечения / В.В. Скляр. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2008. – 204 с.
2. Berry D. New quality model for natural language requirements specifications / D. Berry, A. Bucchiarone, S. Gnesi, G. Lami, G Trentanni // In proc. Twelfth Working Conference on Requirements Engineering (RefsQ'06), Luxembourg, 2006. – P.1-12.
3. Харченко В.С. Оценка и обеспечение качества программных средств космических систем / В.С. Харченко, В.В. Скляр, Б.М. Конорев, Ю.Г. Алексеев, Г.Н. Чертков, С.А. Засуха, Л.П. Семенов; под ред. Харченко В.С., Конорева Б.М. – Х.: Национальное космическое агентство Украины, 2007. – 244 с.
4. Андрашов А.А. Анализ моделей представления требований к программному обеспечению при их профилировании / А.А. Андрашов, Ю.А. Кременчук, В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 7 (41). – С. 186-191.

Поступила в редакцию 15.02.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

## ТАКСОНОМІЧНІ МОДЕЛІ ПРОФІЛЮВАННЯ ВИМОГ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

*А.О. Андрашов*

Розглянуто таксономічні моделі профілювання вимог інформаційних та керуючих систем критичного застосування що дозволяють представити вербальні нефункціональні вимоги стандартів і специфікацій у вигляді необхідному для їх подальшої формальної обробки, отримання профілю вимог і подальшої оцінки їх виконання. Надано формальне визначення таксономічних моделей. Визначені критерії класифікації таксономічних моделей. Наведена класифікація їх елементів. Визначені сценарії профілювання вимог.

**Ключові слова:** ІУС, профілювання вимог, таксономічна модель, формальне представлення природної мови.

## TAXONOMIC MODELS FOR CRITICAL APPLICATION I&C SYSTEMS REQUIREMENTS PROFILING

*А.О. Andrashov*

Taxonomic models for critical application I&C systems requirements profiling, which allow to represent verbal non-functional requirements of the standards and specifications in appropriate form for their further formal processing, profiling and subsequent evaluation of their execution, are considered. Formal definition of taxonomic models is given. The criteria for classification of taxonomic models are outlined. The classification of the models is represented. Requirements profiling scenarios are defined.

**Keywords:** I&C system, requirements profiling, taxonomic model, formal representation of natural language.

**Андрашов Антон Александрович** – ассистент кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: anton1a@rambler.ru.