

## ДОМЕННИЙ АНАЛІЗ

УДК 51.681.3

**Национальный авиационный университет  
М.Г. Луцкий****Разработка онтологии  
безопасности авиации**

*В статье рассматривается задача построения онтологии и на ее основе экспертной системы для домена «Безопасность авиации». Метод решения задачи демонстрируется на конкретном примере описания термина из онтологии. Для представления онтологии используется стандарт IDEF5.*

*У статті розглядається задача побудови онтології і експертної системи для домену "Безпека авіації". Метод рішення задачі демонструється на конкретному прикладі опису терміну з онтології. Для представлення онтології використовується стандарт IDEF5.*

*In the article the decision of task constructing ontology for a domain "Safety of aviation" is presented. The decision of task on the concrete example of describing term from ontology is demonstrated. For presentation of ontology the standard of IDEF5 is used.*

**Ключевые слова:** онтология, программное обеспечение, экспертная система, безопасность авиации.

**Введение**

Авиационная техника является наукоемкой и дорогой составляющей транспортной отрасли и Вооруженных сил Украины. В условиях ограниченного финансирования и кризисных явлений особую актуальность приобретает проблема научно-практического сопровождения эксплуатации авиационной техники. Решение этой проблемы невозможно без применения информационных технологий, в которых используется широкий спектр средств (информационных систем) [1]. Средства должны строиться на единой терминологической основе. Такой основой может быть онтология.

В настоящее время онтологии имеют широкое применение, являясь инструментом для описания предметных областей, разработки программного обеспечения, хранения и использования знаний.

Вследствие широкого применения онтологии, разработаны разные формы ее представления, а единое определение понятия онтологии отсутствует [2, 3].

Существует много работ посвященных как анализу самого термина, так и анализу применения онтологий [3, 4]. Онтология применяется, например, в следующих случаях:

- при описании предметной области - для уточнения смысла и обеспечения повторной используемости терминов, применяемых в описании;
- при разработке программных систем, для обеспечения единой терминологической базы;
- при реализации проектов, для управления процессами;

– при разработке интеллектуальных информационных систем, для описания, хранения и использования знаний.

В статье на конкретном примере рассматривается метод решения задачи построения онтологии и на ее основе экспертной системы для домена «Безопасность авиации».

Статья состоит из четырех частей. В первой, рассматривается постановка задачи и базовые понятия. Во второй части, представлен общий подход, использованный для разработки и описания онтологии. В третьей части, показывается фрагмент разработанной онтологии. В четвертой части, рассматривается экспертная система, построенная на основе разработанной онтологии.

**1. Постановка задачи**

В работе рассматривается применение онтологии для описания предметной области при разработке информационно-программного обеспечения информационной технологии поддержки эксплуатации авиационной техники. Принципиальная особенность технологии состоит в том, что в ней используются информационные системы, которые характеризуются следующим:

- эксплуатационной независимостью;
- независимостью по управлению;
- эволюционностью разработки;
- произвольным поведением;
- географической распределенностью.

За базовое – в статье принято определение онтологии стандарта IDEF5 [5]: онтология, это словарь терминов предметной области и их

формальных описаний (аксиом), ограничивающих смысл терминов в этом словаре и обеспечивающих согласованную интерпретацию данных, которые использует словарь.

Применение онтологии обеспечивает следующее:

- стандартизацию терминологии и единую информационную, коммуникационную основу для всех участников проекта;
- повторную используемость при изменении требований к проекту и продуктам разработки;
- управление разработкой путем разделения доступа к информации различным участникам проекта.

Онтология может применяться в реализации следующих действий проектов:

- согласования (процессов, документов, продуктов);
- объектно-ориентированное проектирование и программирование;
- программирование и проектирование, основанные на компонентной разработке;
- проектирование интерфейсов пользователя;
- моделирование бизнес-процессов;
- реинженерия бизнес-процессов;
- проектирование концептуальной схемы.

В работе для графического представления онтологии используется язык схем IDEF5 и аналитические описания терминов, которые строятся по разработанной методике.

Сущность решаемой задачи состоит в том, чтобы разработать онтологию домена «Безопасность авиации» и построить экспертную систему для ее электронного использования в технологии информационной поддержки задачи научно-практического сопровождения эксплуатации авиационной техники.

## 2. Описание онтологии

Разработанная онтология содержит описание около 500 терминов из области безопасности авиации.

Информация для построения онтологии была взята из следующих источников:

- тезаурус монографии «Безопасность авиации» [6];
- тезаурус закона «Повітряний кодекс України» [7];
- опыт доменных экспертов;

Процесс разработки онтологии включал следующие действия [5]:

- определение целей проекта и доменного контекста;
- сбор данных – определение источников терминов и отбор терминов для онтологии;
- анализ данных – определение основных терминов и терминов элементов, отношений, вербальное описание терминов;
- разработка онтологии – создание схематического и аналитического описания онтологии;
- валидация онтологии – проверка полноты и корректности онтологии, соответствие требованиям.

Онтология представлена графическими схемами в языке схем IDEF5 (65 схем) и аналитическим описанием.

Аналитическое описание выполнялось по разработанной методике, которая включает следующие действия:

- 1). Вводятся обозначения терминов (основой и связанные с ним термины-элементы);
- 2). Термины-элементы поясняются с помощью несвязанных типов;
- 3). С каждым термином-элементом связывается уникальный идентификатор;
- 4). С каждым термином ассоциируются входные и выходные связи;
- 5). Показываются соединения элементов;
- 6). Проверяется корректность описания.

## 3. Пример. Термин «Авиационная деятельность»

Пример состоит из вербального описания, графического представления и аналитического описания.

### 3.1 Вербальное описание

*Термин 1.* Аэропорт – земельный участок, на котором расположен аэродром, аэровокзальный комплекс (пассажирские терминалы, привокзальная площадь) и другие сооружения, предназначенные для приема и отправления воздушных судов, наземного обслуживания воздушных судов, пассажиров, экипажей, багажа, почты, грузов, аэродромного обслуживания воздушного движения. Аэропорт может включать размещенные на его территории объекты организации воздушного движения, связи, навигации, наблюдения (радиотехнического обеспечения), метеорологического обеспечения, вертолетные площадки, подъездные пути с полосами отвода, объекты социальной сферы и другие сооружения объекты;

*Термин 2.* Авиационная деятельность – деятельность физических и юридических лиц в

области гражданской авиации и/или организация воздушного движения Украины;

*Термин 3.* Объекты авиационной деятельности – воздушные суда, их компоненты и оборудование, авиационная наземная техника и аэродромное оборудование, инженерно-технические сооружения, движимое и недвижимое имущество, что используются для обеспечения авиационной деятельности;

*Термин 4.* Субъект авиационной деятельности – физические и юридические лица независимо от формы собственности, ведомственной принадлежности, которые осуществляют деятельность в отрасли гражданской авиации;

*Термин 5.* Безопасность авиации – это состояние отрасли гражданской авиации, при котором риск причинения убытков людям или имуществу снижается до приемлемого уровня в результате непрерывного процесса определения уровня опасности и управления им и содержится на таком уровне, или снижается дальше, в

сферах безопасности полетов, авиационной безопасности, охраны окружающей естественной среды, экономической безопасности и информационной безопасности;

*Термин 6.* Аэронавигационное обслуживание – обслуживание, которое осуществляется провайдерами аэронавигационного обслуживания на всех этапах полета воздушных судов, который включает организацию воздушного движения, связь, навигацию, наблюдение (радиотехническое обеспечение), поиск и спасение, предоставление аэронавигационной и метеорологической информации.

### 3.2 Графическое описание

Графическое описание осуществляется с помощью языка схем IDEF5. На рис.1 представлена графическая схема термина (системы) «Авиационная деятельность».

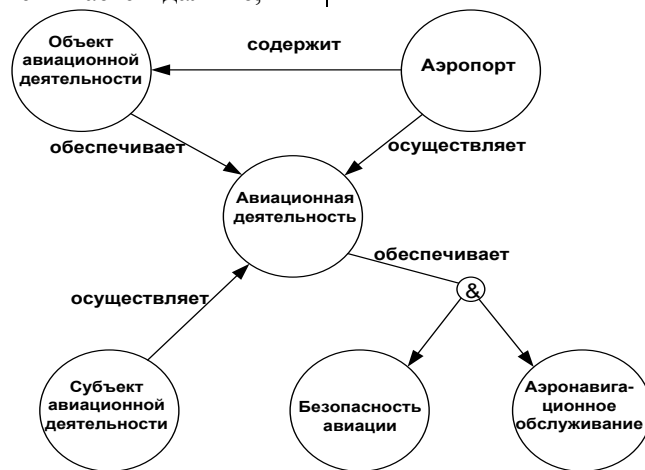


Рис. 1. Графическая схема термина «Авиационная деятельность»

### 3.3 Аналитическое описание

Аналитическое описание осуществляется по методике, представленной во второй части статьи.

В описании приняты следующие условные обозначения:

- $a:A$  – элемент  $a$  принадлежит множеству  $A$ ;
- $A|B$  –  $A$  или  $B$ ;

Множество  $U$  – это универсальное множество, содержащее типы.  $U_i$  – множество идентификаторов. Под соединителями элементов понимаем связи между элементами.

#### 3.3.1. Система и ее элементы

1). Рассматриваем систему  $s:S$ , которая состоит из следующих компонентов: авиационная деятельность  $a:A$ , аэропорт  $a0:A0$ , объект

авиационной деятельности  $a1:A1$ , субъект авиационной деятельности  $a2:A2$ , безопасность авиации  $a3:A3$ , аэронавигационное обслуживание  $a4:A4$ .

2). Элементы  $u:U$  являются или авиационной деятельностью, или аэропортом, или объектами авиационной деятельности, или субъектами авиационной деятельности, или безопасностью авиации, или аэронавигационным обслуживанием.

3). Элементы объясняются в терминах несвязных типов: авиационная деятельность  $AA$ , аэропорт  $AO$ , объекты авиационной деятельности  $AB$ , субъекты авиационной деятельности  $AC$ , безопасность авиации  $AD$ , аэронавигационное обслуживание  $AE$ .

Тип

- 1) S, A, A1, A2, A3, A4.
- 2)  $U=A|AO|A1|A2|A3|A4$ .
- 3)  $A==mkA$  (aa: AA)  
 $A0==mkA0$ (ao:AO)  
 $A1==mkA1$ (ab: AB)  
 $A2==mkA2$ (ac:AC)  
 $A3==mkA3$ (ad:AD)  
 $A4==mkA4$ (ae:AE)

3.3.2. Унікальні ідентифікатори

- 4). С кождим елементом зв'язуємо унікальний ідентифікатор  $ui:UI$ .
- 5). Из елемента можно проследить его унікальний ідентифікатор.
- 6). Из елемента можно проследить термини или авіаційну діяльність, или аеропорт, или об'єкти авіаційної діяльності, или суб'єкти авіаційної діяльності, или безпека авіації, или аеронавігаційне обслуговування.

Тип

- 4). UI

Значение

- 5).  $obs\ UI:U \rightarrow UI$
- 6).  $is\_A0:U \rightarrow Bool$   
 $is\_A0(u) \equiv case\ 1\ of\ mkA0(\_) \rightarrow true, \_ \rightarrow false\ end$
- 6).  $is\_A:U \rightarrow Bool$   
 $is\_A(u) \equiv case\ 1\ of\ mkA(\_) \rightarrow true, \_ \rightarrow false\ end$
- 6).  $is\_A1:U \rightarrow Bool$   
 $is\_A1(u) \equiv case\ 1\ of\ mkA1(\_) \rightarrow true, \_ \rightarrow false\ end$
- 6).  $is\_A2:U \rightarrow Bool$   
 $is\_A2(u) \equiv case\ 1\ of\ mkA2(\_) \rightarrow true, \_ \rightarrow false\ end$
- 6).  $is\_A3:U \rightarrow Bool$   
 $is\_A3(u) \equiv case\ 1\ of\ mkA3(\_) \rightarrow true, \_ \rightarrow false\ end$
- 6).  $is\_A4:U \rightarrow Bool$   
 $is\_A4(u) \equiv case\ 1\ of\ mkA4(\_) \rightarrow true, \_ \rightarrow false\ end$

Связь понимается как сочетание элементов.

3.3.3 Соединители элементов

- 7). С безпекою авіації, с аеронавігаційним обслуговуванням асоціюємо точно один входний і нуль вихідних зв'язей.
- 8). С авіаційною діяльністю асоціюємо максимальне кількість вихідних зв'язей,  $m$ , більше одиниці і максимальне кількість входних зв'язей,  $n$ , більше одиниці.

- 9). С аеропортом асоціюємо нуль входних зв'язей і максимальне кількість вихідних зв'язей,  $k$ , більше одиниці.
- 10). С об'єктом авіаційної діяльності асоціюємо точно одну входну зв'язь і одну вихідну зв'язь.
- 11). С суб'єктом авіаційної діяльності асоціюємо нуль входних зв'язей і нуль или одну вихідну зв'язь.

Значение

- 7).  $obs\_inCs:A3|A4 \rightarrow \{1:Nat\}$   
 $obs\_outCs:A3|A4 \rightarrow \{0:Nat\}$
- 8).  $obs\_inCs:A \rightarrow Nat$   
 $obs\_outCs:A \rightarrow Nat$
- 9).  $obs\_inCs:A0 \rightarrow \{0:Nat\}$   
 $obs\_outCs:A0 \rightarrow Nat$
- 10).  $obs\_inCs:A1 \rightarrow \{1:Nat\}$   
 $obs\_outCs:A1 \rightarrow \{1:Nat\}$
- 11).  $obs\_inCs:A2 \rightarrow \{0:Nat\}$   
 $obs\_outCs:A2 \rightarrow \{1:Nat\}$

Аксиома

- 8).  $\forall a:A\ obs\_outCs(a) \geq 2,$   
 $obs\_inCs(a) \geq 2$

9).  $\forall a0: A0 \text{ obs\_outCs}(a0) \geq 2$

3.3.4. *Наблюдение и соединение*

12). Из системы можно проследить все ее элементы.

13). Из элемента можно наблюдать непересекающиеся пары входных и выходных элементов, с которыми они соединены:

а) безопасность авиации, аэронавигационное обслуживание могут быть в сочетании с нулем или одним элементом из авиационной деятельности (входные) и нулем выходных элементов.

б) авиационная деятельность со всеми элементами (выходные и входные).

в) элемент аэропорт может быть соединен с нулем входных элементов и нулем или одним выходным элементом из авиационной деятельности и объектов авиационной деятельности.

г) объекты авиационной деятельности могут быть соединены с нулем или одним входных элементов с аэропорта и нулем или одним выходным элементом с авиационной деятельности.

д) субъекты авиационной деятельности могут быть соединены с нулем входных элементов и нулем или одним выходным элементом с авиационной деятельности.

Значение

12).  $\text{obs\_Us}: S \rightarrow U\text{-set}$

13).  $\text{obs\_cUIs}: U \rightarrow UI\text{-set} \times UI\text{-set}$

$\text{wf\_Conns}: U \rightarrow \text{Bool}$

$\text{wf\_Conns}(u) \equiv \text{let}(iuis, ouis) = \text{obs\_cUIs}(u) \text{ in } iuis \cap ouis = \{0\} \wedge \text{case } u \text{ of}$

13а)  $\text{mkA3}(\_) \rightarrow \text{card } iuis \in \{0,1\} \wedge \text{card } ouis \in \{0\}$

13а)  $\text{mkA4}(\_) \rightarrow \text{card } iuis \in \{0,1\} \wedge \text{card } ouis \in \{0\}$

13б)  $\text{mkA}(\_) \rightarrow \text{card } iuis \in \{2 \dots \text{obs\_inCs}(a)\} \wedge \text{card } ouis \in \{2 \dots \text{obs\_outCs}(a)\}$

13в)  $\text{mkA0}(\_) \rightarrow \text{card } iuis \in \{0\} \wedge \text{card } ouis \in \{2 \dots \text{obs\_outCs}(a0)\}$

13г)  $\text{mkA1}(\_) \rightarrow \text{card } iuis \in \{0,1\} \wedge \text{card } ouis \in \{0,1\}$

13д)  $\text{mkA2}(\_) \rightarrow \text{card } iuis \in \{0\} \wedge \text{card } ouis \in \{0,1\}$

end end

3.3.5. *Корректность*

14) Элементы идентификаторов, полученные из  $\text{obs\_cUIs}$  наблюдением, должны быть идентифицированы, как элементы из  $S$ .

Аксиома

14)  $\forall s: S, u: U$

$\bullet u \in \text{obs\_Us}(s) \Rightarrow \text{let}(iuis, ouis) = \text{obs\_cUIs}(s) \text{ in}$

$\forall ui: UI \bullet ui \in iu-$

$\text{is } U \text{ ouis} \Rightarrow \exists u' : U \in \text{obs\_Us}(s) \wedge u' \neq u \wedge \text{obs\_UI}(u') = ui$

End

4. **Экспертная система**

Для использования онтологии разработана экспертная система (рис.2). За основу программного обеспечения экспертной системы взята система Protege [8]. Экстрактор, который предусмотрен в структуре экспертной системы, предназначен для выделения терминов из систем онтологии. В технологии создания и использования онтологии есть два действующих лица: доменный эксперт и разработчик программного обеспечения Доменный эксперт (рис.3), взаимодействуя с экспертной системой через интерфейс системы Protege(рис.4) осуществляет создание и ведение базы знаний (онтологии). Разработчик программного обеспечения использует онтологию, а вместе с доменным экспертом совершенствует ее (рис.5).

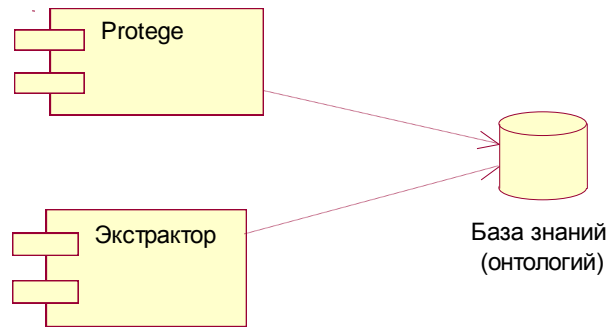


Рис. 2 Диаграмма компонентов экспертной системы

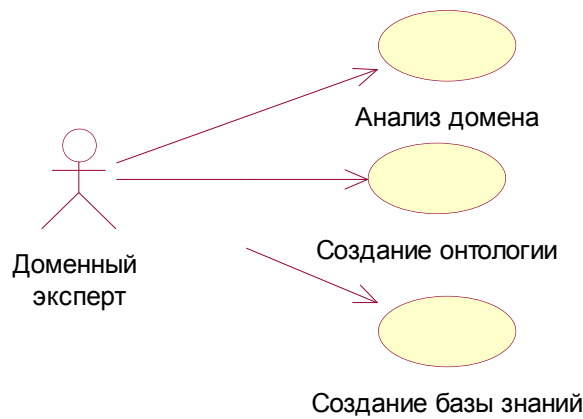


Рис. 3 Диаграмма использования для доменного эксперта

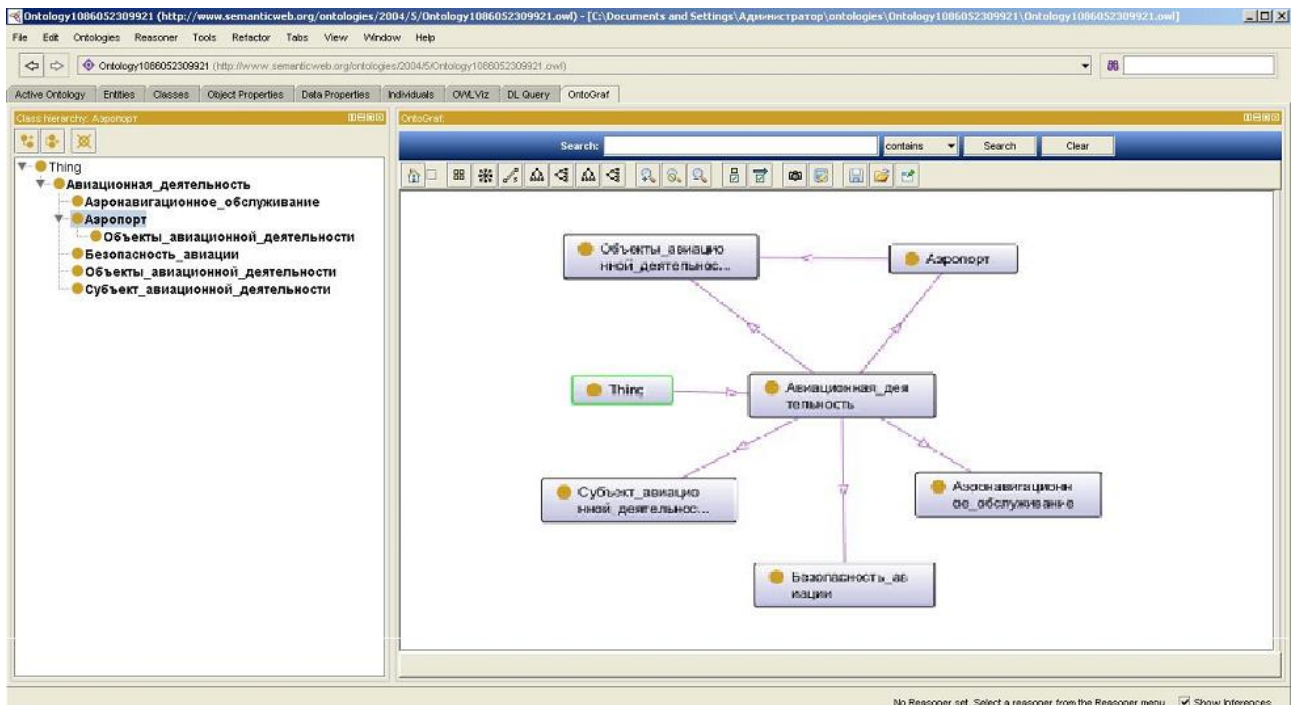


Рис 4 Интерфейс доменного эксперта

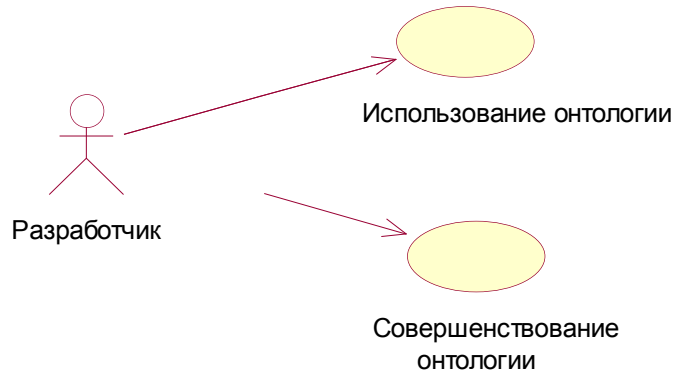


Рис. 5 Диаграмма использований для разработчика

Системы онтологии могут быть представлены в языках xml, semantic web, rdf (рис.6).

```

<rdf:Description>
  <rdf:type rdf:resource="&owl;AllDisjointClasses"/>
  <owl:members rdf:parseType="Collection">
    <rdf:Description
      rdf:about="&Ontology1086052309921;Аэронавигационное_обслуживание"/>
    <rdf:Description rdf:about="&Ontology1086052309921;Аэропорт"/>
    <rdf:Description rdf:about="&Ontology1086052309921;Безопасность_авиации"/>
    <rdf:Description
      rdf:about="&Ontology1086052309921;Объекты_авиационной_деятельности"/>
    <rdf:Description
      rdf:about="&Ontology1086052309921;Субъект_авиационной_деятельности"/>
  </owl:members>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
    
```

Рис.6 Описание онтологии

**Литература**

1. Луцкий М.Г. Проблеми інформаційної підтримки супроводження експлуатації автоматизованої техніки // Наука і техніка Повітряних Сил і Збройних Сил: Науково-технічний журнал Харківського університету Повітряних Сил. – 2010. – С. 10-17.
2. Клещев А. С, Артемьева И. Л. Математические модели онтологии предметных областей. Ч. 1. Существующие подходы к определению понятия "онтология" // НТИ. Сер. 2. – 2001. – № 2. – С. 20 – 27.
3. Горюнова В.В. Модульная онтологическая системная технология в управлении промышленными процессами // Приборы и процессы. – 2008. – №2. – С. 27-35.
4. Gangemi A., Steve G., Giacomelli F. ONIONS: An Ontological Methodology for Taxonomic Knowledge

- Integration // Proceedings of the Workshop on Ontological Engineering / Ed. P. van der Vet, ECAI96. – 1996.
5. Perakath V. IDEF5 Method Report. – ИСЕ. – 1994. – 175p.
6. Энциклопедия безопасности авиации / Под ред. М.Луцкого. – Киев: Техника, 2010. – С. 1150.
7. Закон «Повітряний кодекс України» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3167-12>
8. Musen M. Domain Ontologies in Software Engineering: Use of Protege with the EON Architecture //Methods of Inform. in Medicine. – 1998. – P. 540-550
9. Vjorner D. Domain science and engineering from computer science to the sciences of informatics. Part I: Engineering//Кибернетика и системный анализ. – 2010. – №4. – С. 100-116.

**Сведения об авторе:**



**Луцкий Максим Георгиевич**, к.т.н., доцент, первый проректор Национального авиационного университета, научные интересы – инженерия программного обеспечения, информационные технологии.

Статья поступила в редакцию 01.11.2010 г.

## БАЗИ ДАНИХ, БАЗИ ЗНАНЬ ТА ИНЖЕНЕРИЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕНИЯ

УДК 681.3

**Институт программных систем НАН Украины**  
**В.А. Резниченко**

# Рекурсивный SQL

*Наявність рекурсії в SQL надає можливість виразити у цій мові довільні інтенціональні правила мови Datalog дедуктивних баз даних.*

*Possibilities of SQL language concerning recursive queries formulation are considered. Recursion availability in SQL gives possibilities to express arbitrary intestinal rules of deductive database Datalog language.*

**Ключевые слова:** рекурсивный SQL, дедуктивная база данных, язык Datalog

Рекурсия была введена в SQL для поддержания возможности интенциональных правил дедуктивной базы данных. Как известно [1], имеется три вида интенциональных правил в дедуктивной базе данных: простые, рекурсивные и с отрицаниями. Простые правила и специальные правила с отрицаниями полностью выразимы в стандартном (без рекурсии) SQL. Включение рекурсии в SQL привело к тому, что все возможности дедуктивных интенциональных правил выразимы в SQL.

В данной статье раскрываются возможности рекурсивного SQL на многочисленных примерах.

```
WITH [RECURSIVE]
имя_подзапроса_1 [(список_имен_столбцов_1)]
AS (подзапрос_1) [характеристики_поиска_1]
[, имя_подзапроса_2 (список_имен_столбцов_2)
AS (подзапрос_2) [характеристики_поиска_2]]...
```

Давайте рассмотрим следующий фрагмент запроса:

```
WITH B AS
(SELECT ... FROM A ...
UNION ALL
SELECT ... FROM A, V ...)
SELECT ....
```

Это нерекурсивный запрос. Если теперь мы в нем заменим «V» на «B» то он по форме преобразуется в рекурсивный:

В стандарте SQL-99 было расширено определение запроса. Его синтаксис принял следующий вид:

[фраза\_WITH] запрос

Здесь под запрос подразумевается стандартное понимание запроса. В свою очередь фраза WITH, которая может располагаться в начале запроса, используется для достижения следующих целей:

- описать подзапросы, которые многократно используются в самом запросе, с тем, чтобы к ним (подзапросам) можно было обращаться в запросе по имени;
- описать рекурсивное выполнение запроса.

Эта фраза имеет следующий немного упрощенный синтаксис:

```
WITH B AS
(SELECT ... FROM A ...
UNION ALL
SELECT ... FROM A, B ...)
SELECT....
```

Чтобы явно указать, что это рекурсивный запрос, а не случайное совпадение, вводится ключевое слово RECURSIVE:

```
WITH RECURSIVE B AS
(SELECT ... FROM A ...
UNION ALL
SELECT ... FROM A, B ...)
SELECT....
```