

# Моделювання в економіці та управління проектами

УДК 004.89

Ю.В. Бабенко, Л.В. Мандрикова, М.В. Потапова

*Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДИФИКАЦИЙ САМОЛЕТОВ ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

*Описан онтологический подход к организации процесса поддержки принятия решений при оценивании эксплуатационных характеристик модификаций самолетов транспортной категории. Применение указанного подхода дает возможность учета в процессе формирования решений совокупности разнородных критериев технического, экономического и социального характера. Рассмотрена технология синтеза онтологической системы поддержки принятия решений по обоснованию выбора модификации самолета транспортной категории.*

**Ключевые слова:** модификация самолета, эксплуатационные характеристики, поддержка принятия решений, онтология, онтологическая система.

### Введение

Комплексное оценивание в процессе разработки модификаций самолетов транспортной категории по ряду разнородных критериев является сложной задачей принятия решений, в процессе реализации которой возникают существенные риски технического, экономического и социального характера. К настоящему моменту Украина располагает рядом базовых моделей самолетов транспортной категории, разработанных на Государственном предприятии «Антонов» - Ан-124, Ан-140 и Ан-148. Указанные самолеты проходят проверку на предмет их конкурентоспособности на авиационных рынках. Для расширения спроса на эти самолеты предприятие будет осуществлять разработку их модификаций. Разработка модификаций предполагает создание эксклюзивных вариантов под конкретного заказчика, экономические показатели таких вариантов должны быть согласованы с заказчиком еще на этапе проектирования. При этом выбранные показатели на 80...85% определяют экономические характеристики модификации для всего периода ее эксплуатации. Эффективность решения рассматриваемой задачи напрямую связана с преодолением проблемы размерности (оценивание каждой модификации предполагает учет большого числа релевантных, частично взаимосвязанных, разнородных (экономических, технических, социальных) показателей, источники получения которых топологически распределены в информационном пространстве), а также проблемы разнообразия, которая проявляется в данном случае, в необходимости рассмотрения большого числа уже существующих и разрабатываемых модификаций. Решение указанных проблем на сегодня предполагает использование методов и средств искусственного интеллекта в частности,

онтологического инжиниринга. Применение онтологического подхода к представлению и обработке информации обусловлено тем обстоятельством, что практически всегда у специалиста, который решает подобные задачи, возникает необходимость в интеграции используемой информации, и данных, которые ее характеризуют, на основе тематических свойств информационных объектов, определяющих выбранную стратегию решения [1 – 6].

Вопросам создания и применения возможностей сложных и знание-ориентированных информационных систем посвящен ряд работ. Однако вопрос интеграции всех составляющих информационного пространства при формировании решений в задачах, подобных задаче оценивания модификаций самолетов транспортной категории в процессе их разработки, до сих пор одним из исследователей не рассматривался.

Таким образом, на сегодня, обобщенного решения по обеспечению процессов повышения эффективности интегрированного использования разнородных, топологически распределенных информационных ресурсов при формировании решений сложных прикладных задач, нет.

**Цель статьи** состоит в изложении онтологического подхода к решению задачи обеспечения процессов интегрированного взаимодействия сложных информационных объектов процессе решения специалистами прикладной задачи оценивания модификаций самолетов транспортной категории в процессе их разработки.

### Формулировка проблемы исследования

Прикладной проблемой данного исследования является повышение эффективности процессов обработки информации при формировании решений по оцениванию разрабатываемых модификаций самолета

тов транспортной категории путем создания методологических основ разработки информационных технологий и, на этой основе – систем поддержки принятия решений, с использованием средств онтологического инжиниринга. Решение указанной проблемы предполагает поставку и реализацию следующих взаимосвязанных задач.

1. Разработать концептуальные, теоретические и технологические основы онтологического представления управляющих параметров в задачах оценивания эффективности модификаций самолетов транспортной категории, как технических систем.

2. Разработать принцип оценивания модификации самолета транспортной категории на основе понятия стоимостного жизненного цикла и создать метод представления в онтологической среде управляющих параметров верхнего и нижнего уровней, определяющих суммарную величину затрат на жизненный цикл модификации.

3. Разработать модели, методы и средства формирования состояний онтологической системы поддержки принятия решений по оцениванию эффективности модификации самолета транспортной категории, как методической базы для определения эффективности изменений параметров верхнего уровня по критерию стоимости жизненного цикла на единицу полезной работы модификации.

4. Разработать метод формирования, в среде онтологической системы, решений по оценке экономической целесообразности изменения управляющих параметров нижнего уровня для конкретной модификации.

5. Разработать и реализовать в онтологической среде прогностическую модель, отражающую влияние временных интервалов разработки модификаций на изменение управляющих параметров за жизненный цикл модификации.

6. Экспериментально подтвердить, с помощью разработанного исследовательского прототипа онтологической системы поддержки принятия решений по оцениванию модификаций самолетов транспортной категории в процессе их разработки, эффективность использования созданной методологии и информационной технологии на примере решения задачи формирования технико-экономических условий развития модификаций региональных ближне- и средне-магистральных, а также тяжелых транспортных самолетов отечественного производства.

Для решения поставленных задач может быть использован следующий инструментарий: для разработки онтологических моделей и ядра онтологической системы поддержки принятия решений – теория сложных систем, системный анализ, теория множеств, теория графов, лямбда-исчисление; для формализации представления знаний – алгебро-логический и аксиоматический методы, теория категорий; для программной реализации информационной технологии – шаблоны проектирования и объектно-ориентированный

анализ, а также средства онтологического инжиниринга. Нормативной базой для оценивания эффективности модификаций самолетов транспортной категории является: общая теория модификаций, разрабатываемая в ОКБ им. Ильюшина В.М. Шейниным; американская методика оценки эксплуатационных расходов «АТА-67»; европейская модель определения ПЭР – «АЕА-89»; методика оценки деятельности авиакомпании, разработанная Международной ассоциацией воздушного транспорта (ИАТА); модель экономической оценки авиатранспортных систем, разработанная на ГП «Антонов» Ю.Г. Андриенко.

## Подход к решению проблемы

Идея использования онтологий для интеграции разнородных критериев оценки характеристик самолетов транспортной категории (ХСТК) заключается в том, что при принятии решения об отождествлении некоторой пары информационных атрибутов из разных источников, осуществляется анализ их смыслового (семантического) родства путем выявления связей между соответствующим этим атрибутам понятиям (концептам) в онтологии предметной области ПрО [7, 8]. Подход к интеграции ХСТК с использованием онтологических технологий в целом дает принципиальную возможность решить эту проблему, поскольку он лишен многих недостатков, присущих традиционным, чисто техническим методам, и предоставляет возможность разработки приложений, работающих с информацией на семантическом уровне.

На практике, проблема интеграции данных о ХСТК имеет много аспектов [8]. Сложность и характер используемых способов ее решения существенным образом зависят от уровня интеграции, который необходимо обеспечить, от свойств отдельных источников данных и всего множества источников в целом, а также от необходимых способов интеграции.

Проблема интеграции ХСТК на сегодня еще не имеет окончательного решения, и в современных условиях имеет вид задачи сборки воедино сведений из разрозненных источников, создание того, что называют *single source of the truth* – единственным источником истины, методами интеграции данных.

По своей сути, задача интеграции данных ХСТК состоит в преодолении многочисленных проявлений неоднородности, что присуще информационным системам, которые создавались и создаются, не на унифицированном отношении к данным, поскольку существующие корпоративные системы имеют разную функциональность, в них используются различные типы данных (алфавитно-цифровые, медийные, структурированные и неструктурированные), их компоненты различаются по автономности, имеют различную производительность, строятся на различных аппаратных платформах, располагают различными средствами управления данными, используют различные модели данных, интерфейсы и многое другое.

Интеграция ХСТК представляет лицу, принимающему решения (ЛПР) единый взгляд на разнородные источники данных, предусматривает общую модель и общее отношение к семантике, с тем, чтобы обеспечить возможность для доступа к информации, а в случае необходимости, предоставляет возможность преодолевать конфликтные ситуации и вырабатывать правильные решения поставленных задач.

Почти все, известные на сегодняшний день подходы к интеграции разнородных источников данных и знаний используют онтологии для явного описания их семантики. В общем, можно выделить три направления в решении проблемы интеграции онтологий:

1. Подход с использованием единой онтологии. Используется одна общая онтология, включающая словарь терминов, который используют все информационные объекты для представления смысла, содержащегося в них.

2. Мульти-онтологический подход. При применении мульти-онтологического подхода каждый информационный ресурс описывается своей онтологией. Вследствие этого отпадает необходимость разработки обобщающей онтологии, и каждая новая онтология может разрабатываться независимо от других, что, безусловно, облегчает подключение новых информационных ресурсов.

3. Гибридный подход. Гибридный подход призван нивелировать недостатки моно- и мульти-онтологических подходов к интеграции разнородных ресурсов. В этом случае, также как при мульти-онтологическом подходе, каждый ресурс описан в своей собственной частной онтологии. Однако все эти онтологии должны строиться в общей терминологической базе (словаре), которая представляет собой набор примитивных концептов, из которых с помощью набора специальных операций формируются описания концептов частных онтологий. Описание концептов в общих терминах дает возможность сравнивать их (оценивать семантическую близость) с использованием специальных метрик [7].

Рассмотрим основные проблемы, связанные с интеграцией онтологий.

1. Проблема семантической неоднородности информации. Для решения этой проблемы необходимо: описать ПрО; привязать к предметной области информацию о спецификации структуры, поведении и экстенционалах объектов; проверить и согласовать понимание ПрО взаимодействующих ИО; построить взаимодействие ИО, основываясь на согласованной семантике ПрО [8].

Неоднородность онтологических спецификаций появляется на уровнях модельной и понятийной семантики. Соответственно, возникают задачи согласования онтологических моделей и онтологических контекстов. На уровне моделей факторами, которые создают неоднородность, становятся различия: в синтаксисе языков определяют онтологические модели; в выразительной способности моделей; в семантике

примитивов, используемых в моделях.

На онтологическом уровне, неоднородность порождает различия:

- в именах понятий и отношений;
- в подходах к определению понятий;
- в разбивке ПрО на понятия;
- в покрытии ПрО;
- в точках зрения на проблемы в данной ПрО.

2. Проблема невозможности автоматического определения соответствия двух произвольных онтологий [8]. Эта проблема возникает при интеграции информации из различных источников. В качестве преодоления данного ограничения предлагается создавать онтологии с использованием общих онтологий верхнего уровня.

3. Проблема определения соответствия противоречивых онтологий возникает в случае, когда описание понятия из одной онтологии противоречит описанию понятия с другой онтологией. Решение этой проблемы возможно на основе использования «эпистемологического сдвига», однако подходов к реализации такого сдвига для онтологического подхода на сегодняшний день не предложено.

4. При использовании языка описания онтологий, основанного на логическом формализме, возникает проблема производительности программного обеспечения для выполнения логического вывода в среде онтологии. Имеет место как минимум обратная полиномиальная зависимость между производительностью программного обеспечения (ПО) и количеством логических высказываний в онтологии. Необходимо искать компромисс между детальностью онтологии и производительностью ПО.

5. Проблема разработки и внедрения формальных нотаций общего назначения для описания динамики процессов – Workflow Definition Languages (WDL): эти языки разрабатывались исходя из разных предпосылок и предметных областей, поэтому не являются ни совместимыми, ни универсальными.

В данный момент существует ряд специальных нотаций [6, 8], многие из которых основаны на языке XML. К этим нотациям относятся, в частности: XPDL от W3 Consortium, претендующий на роль стандарта; XLANG от Microsoft; BPEL4WS от Microsoft; WSFL от IBM; BPML от Business Process Management Initiative; специализированные языки, учитывающие специфику отдельных предметных областей (например, DPML для процессов в биоинженерии).

6. Проблема отсутствия единых правил интеграции статической информации (описаний конкретных действий, ресурсов и т.п.) в WDL-спецификации. Такая ситуация естественным образом вытекает из того факта, что в задачи разработчиков WDL не входит формирование правил структурирования информации о ПрО.

7. Проблема повторного использования онтологий, а точнее устранения смыслового несоответствия, появляющаяся при повторном их использовании.

8. Проблема определения рациональной структуры семантического хранилища. Агенты, как правило, будут работать с множеством ресурсов, и предоставлять результаты решения разнородных задач, при этом некоторые из них будут также принимать информацию из хранилища. Исходя из этого, необходимо разработать некое общее представление семантики собранной информации для обеспечения возможности хранения разнородных информационных единиц и обеспечения независимой разработки программных агентов, которые пользуются одной и той же информацией из хранилища.

9. Проблема формализованного представления конкретной ПрО с учетом ее особенностей.

10. Проблема наличия конфликтов в интегрированных онтологиях, которая проявляется в следующем: два понятия или атрибута имеют разные названия и одинаковое содержание; два понятия или атрибута имеют одинаковые названия и разное содержание; два понятия или атрибута могут пересекаться, но не совпадать; разные типы данных, единицы измерения, декомпозиция атрибутов.

11. Проблема отсутствия приемлемого теоретического обоснования инструментальной реализации онтологических систем, поскольку большинство проектов в этой сфере поддерживаются традиционными технологиями программирования [3]. Сходные проблемы характеризует теоретические аспекты создания интеллектуальных мультиагентных и веб-сервисных систем, ориентированных на семантический Интернет.

## Выводы

1. Для решения задачи организации компьютерной поддержки принятия решений по оцениванию эксплуатационных характеристик модификаций самолетов транспортной категории целесообразно использовать онтологический подход к интеграции разнородных источников данных и знаний.

2. Проблемы интеграции неоднородных ХСТК на данный момент являются определяющими при разработке соответствующей онтологической системы поддержки принятия решений, при этом имеет место также задача интеграции ХСТК из разных независимых источников.

3. Только разработка мощной комплексной сетевой корпоративной знание-ориентированной ИАС, основанной на современных поисковых, аналитических платформах с онтологическим управлением может обеспечить эффективное решение проблемы оценивания ХСТК.

## Список литературы

1. Пазайтис В.С. Экономико-математическое моделирование производственных систем / В.С. Пазайтис, Ю.В. Львов. – М.: Высшая школа, 1991. – 191 с.
2. Вебер А.В. Knowledge-технологии в консалтинге и управлении предприятием / А.В. Вебер, А.Д. Данилов, С.И. Шифрин. – СПб: Наука и Техника, 2003. – 176 с.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 392 с.
4. Норенков И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
5. Виттих В.А. Управление открытыми системами на основе интеграции знаний / В.А. Виттих // Автоматрия. – 1999. – № 3. – С. 38-49.
6. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: пер. с англ. / Д.Ф. Люгер. 4-е изд. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2003. – 864 с.
7. Интеллектуальные системы принятия проектных решений / А.В. Алексеев, А.Н. Борисов, Э.Р. Вилюмс, Н.Н. Слядзь, С.А. Фомин. – Рига: Зинатне, 1997. – 320 с.
8. Соколов А.Ю. Сравнительная оценка эффективности онтологической и реляционной моделей данных и знаний / А.Ю. Соколов, И.В. Шостак, Д.А. Бастеев // Машинобудування та прогресивні технології. – 2006. – № 3(30). – С. 173-177.

Поступила в редколлегию 16.05.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ПІДТРИМКИ УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ ПРИ РОЗРОБЦІ МОДИФІКАЦІЙ ЛІТАКІВ ТРАНСПОРТНОЇ КАТЕГОРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ

Ю.В. Бабенко, Л.В. Мандрікова, М.В. Потапова

*Описаний онтологічний підхід до організації процесу підтримки ухвалення рішень при оцінюванні експлуатаційних характеристик модифікацій літаків транспортної категорії. Застосування вказаного підходу дає можливість обліку в процесі формування вирішень сукупності різномірних критеріїв технічного, економічного і соціального характеру. Розглянута технологія синтезу онтологічної системи підтримки ухвалення рішень по обґрунтуванню вибору модифікації літака транспортної категорії.*

**Ключові слова:** модифікація літака, експлуатаційні характеристики, підтримка ухвалення рішень, онтологія, онтологічна система.

## ORGANIZATION OF SUPPORT OF MAKING A DECISION AT DEVELOPMENT OF MODIFICATIONS OF AIRPLANES OF A TRANSPORT CATEGORY WITH THE USE OF ONTOLOGICAL APPROACH

Yu. V. Babenko, L. V. Mandrikova, M. V. Potapova

*The ontological going is described near organization of process of support of making a decision at the evaluation of operating descriptions of modifications of airplanes of a transport category. Application of the indicated approach is given by possibility of account in the process of forming of decisions of aggregate of heterogeneous criteria of technical, economic and social character. Technology of synthesis of the ontological system of support of making a decision is considered on the ground of choice of modification of airplane of a transport category.*

**Keywords:** modification of airplane, operating descriptions, support of making a decision, ontology, ontological system.