

УДК 658.562:004.91:004.82

QUALIMETRY STUDIO: ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ПОСТРОЕНИЯ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ¹

В.В. Смирнов (*vitaly_smirnov@mail.ru*)

ООО «Сколково Груп Интернешнл», Москва

В работе представлена программа Qualimetry Studio, предназначенная для автоматизированной поддержки построения и использования квалиметрических оценочных моделей. Рассмотрены особенности применения словарей при построении таких моделей с помощью Qualimetry Studio.

Ключевые слова: квалиметрическое моделирование, оценочная модель, экспертные оценки

Введение

Опыт использования квалиметрических оценочных моделей типа "деревья свойств" [Азгальдов, 1982], привел к необходимости расширения их возможностей путем дополнения новыми элементами и определения новых систем правил, регламентирующих процесс построения расширенных оценочных моделей. Одной из таких моделей является модель "функции-объекты-свойства" [Смирнов, 2016; Смирнов, 2016а]. Для автоматизированной поддержки построения традиционных и расширенных моделей было разработано инструментальное средство Qualimetry Studio (разработчик В.В. Смирнов), которое описано ниже.

1. Программа Qualimetry Studio

Программа Qualimetry Studio предназначена для автоматизированной поддержки построения и использования квалиметрических оценочных моделей. Общая архитектура программы представлена на рис.1. Ниже кратко описано назначение ее компонентов.

Модуль регистрации стейкхолдеров оценочного проекта предназначен для ввода данных о субъектах (отдельных индивидах или коллективных стейкхолдерах), с точки зрения интересов которых выполняется оценивание.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-07-00373).

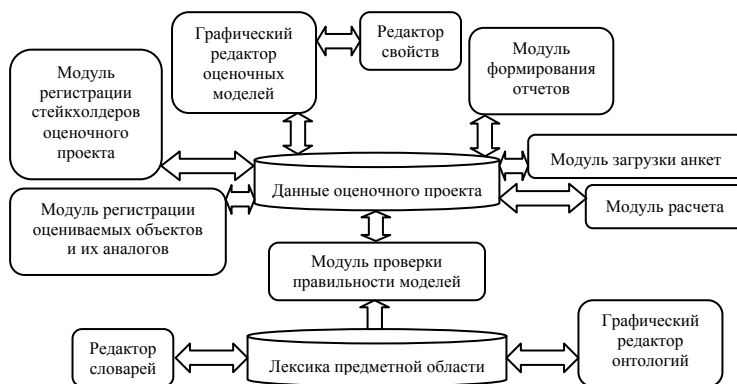


Рис.1.Общая архитектура программы Qualimetry Studio.

Графический редактор предназначен для создания и редактирования элементов оценочной модели и связей между ними.

Редактор свойств поддерживает редактирование характеристик элементов оценочной модели, таких как названия, веса, эталонные и браковочные значения (для простых свойств), другие характеристики, список которых может пополняться.

Модуль формирования отчетов предназначен для создания анкет опроса экспертов, представления оценочных моделей в различных форматах и подготовки отчетов о результатах расчетов значений комплексных оцениваемых свойств (интегральных характеристик). В текущей версии программы файлы отчетов могут создаваться в форматах MS Excel, MS Word и HTML.

Модуль регистрации оцениваемых объектов и их аналогов обеспечивает заполнение списка, содержащего их названия путем ручного ввода или загрузки из файла.

Модуль загрузки анкет предназначен для импорта результатов экспертного опроса, которые, в зависимости от целей опроса, могут представлять собой заполненные экспертами таблицы весов элементов, матрицы парных сравнений или таблицы значений свойств.

Модуль расчета предназначен для вычисления значений весов элементов по результатам опроса и значений комплексных оцениваемых свойств.

Модуль проверки правильности моделей предназначен для проверки отношений между элементами модели, названия которых содержатся в словаре, на соответствие отношениям, предусмотренным в онтологии.

Редактор словарей обеспечивает наполнение базы данных лексикой предметной области. В текущей версии программы предусмотрено

сохранение в словаре названий объектов (например, технических изделий), их составных частей, свойств, функций, классов свойств.

Графический редактор онтологий предназначен для создания связей между понятиями, обозначаемыми терминами, занесенными в словарь предметной области. В текущей версии программы предусмотрены следующие типы связей: is-a, a-part-of, синонимические, атрибутивные.

В настоящее время программа поддерживает традиционные типы моделей, которыми являются "деревья свойств" [Азгальдов, 1982] и "цели-критерии-альтернативы" [Саати, 1993], и модели, представляющие собой расширение деревьев свойств, названные "функции-объекты-свойства" [Смирнов, 2016; Смирнов, 2016а].

Для построения и использования деревьев свойств и моделей функции-объекты-свойства пользователь в текущей версии программы имеет следующие возможности:

- создание корневого элемента, обозначающего комплексное оцениваемое свойство, характеризующее качество, экономичность, интегральное качество, полезность, надежность или конкурентоспособность;
- построение древовидной структуры комплексного оцениваемого свойства и определение весов его элементов (методом экспертных оценок или прямым вводом значений);
- ввод эталонных и браковочных значений простых свойств;
- заполнение списка оцениваемых с помощью модели объекта и его аналогов;
- определение значений простых свойств (методом экспертных оценок или прямым вводом значений);
- расчет значений комплексного оцениваемого свойства для оцениваемого объекта и его аналогов.

На рис. 2. представлен пример сокращенной оценочной модели функции-объекты-свойства для оценивания полезности вертолета. На стрелках показаны значения весов свойств, являющиеся средними значениями весов, полученных в результате опроса экспертов.

В текущей версии программы для расчета значений комплексных оцениваемых свойств с помощью дерева свойств или модели функции-объекты-свойства используются представленные ниже формулы (1) и (2), если значения простых свойств представлены в шкалах отношений.

$$P = \sum_{i=1}^m K_i G_i, \text{ где} \quad (1)$$

P – значение комплексного оцениваемого свойства; K_i – нормированное значение простого свойства; G_i – вычисляемый вес i -го простого свойства; m – количество простых свойств.

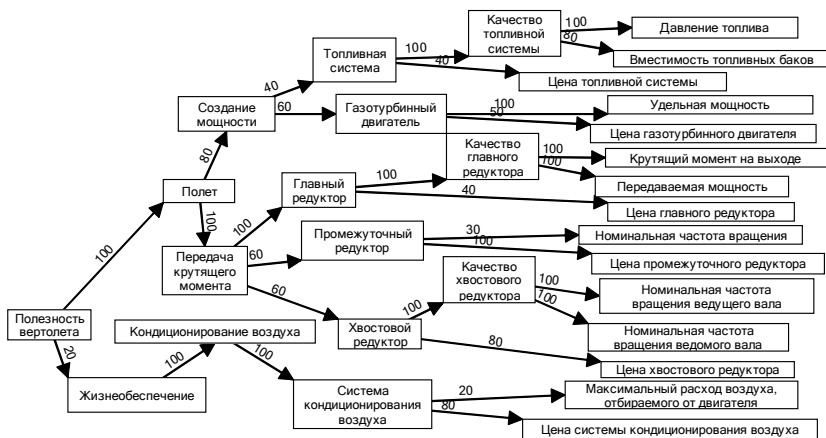


Рис. 2. Пример модели для оценивания полезности вертолета.

$$G_i = \frac{G_d V_i}{\sum_{z=1}^m V_{iz}}, \text{ где} \quad (2)$$

G_i – вычисляемый вес i -го элемента; V_i – вес i -го элемента в дереве; V_{iz} – вес z -го элемента, относящегося к тому же родителю, что и i -й элемент, $z \in \{1, \dots, m\}$; m – количество элементов, относящихся к тому же родителю, что и i -й элемент; G_d – вычисляемый вес родительского элемента для i -го элемента; i – идентификатор элемента, для которого рассчитывается вес; d – номер родительского элемента для i -го элемента; $G_d = 1$ для самого оцениваемого комплексного свойства.

В качестве примера приведена табл. 1, которая содержит результаты расчета весов G_i по данным, представленным на рис.1, используя формулу (2).

Для расчета значений комплексных оцениваемых свойств используются формулы (2), (3) и (4), если значения простых свойств представлены с помощью нечетких шкал.

$$U = \frac{\int x \mu(x)}{\int \mu(x) dx}, \text{ где} \quad (3)$$

U – значение комплексного оцениваемого свойства;

$\mu(x) = \max(\mu_{P1}(x, G_1), \dots, \mu_{Pm}(x, G_m))$, где

$P1, \dots, Pm$ – простые свойства;

G_1, \dots, G_m – вычисляемые веса свойств;

$\mu_{p_1}(x, G_1), \dots, \mu_{p_m}(x, G_m)$ – усеченные функции принадлежности простых свойств;

m – количество простых свойств.

Табл. 1.

Индекс простого свойства (i)	Название простого свойства	Вес G_i
1	Давление топлива	0,0588
2	Вместимость топливных баков	0,0470
3	Цена топливной системы	0,0423
4	Удельная мощность	0,1481
5	Цена газотурбинного двигателя	0,0741
6	Крутящий момент на выходе	0,0752
7	Передаваемая мощность	0,0752
8	Цена главного редуктора	0,0601
9	Номинальная частота вращения	0,0291
10	Цена промежуточного редуктора	0,0971
11	Номинальная частота вращения ведущего вала	0,0351
12	Номинальная частота вращения ведомого вала	0,0351
13	Цена хвостового редуктора	0,0561
14	Максимальный расход воздуха, отбираемого от двигателя	0,0333
15	Цена системы кондиционирования воздуха	0,1333

$$\mu_{p_i}(x, G_i) = \begin{cases} G_i, & \mu_{p_i}(x) \geq G_i \\ \mu_{p_i}(x), & \mu_{p_i}(x) < G_i \end{cases}, \text{ где} \quad (4)$$

$\mu_{p_i}(x, G_i)$ – усеченная функция принадлежности i -го простого свойства;

G_i – вычисляемый вес i -го простого свойства;

$\mu_{p_i}(x)$ – функция принадлежности i -го простого свойства.

В качестве примера в табл. 2 приведены значения простых свойств и результаты расчета значений комплексного оцениваемого свойства "Полезность вертолета", структура которого представлена на рис. 2, по формулам (3) и (4), используя веса свойств, представленные в табл. 1. Значениями свойств в примере являются нечеткие числа из множества $\{1,2,3\}$, которым поставлены в соответствие треугольные функции принадлежности, представленные на рис.3.

Табл. 2.

Индекс простого свойства (i)	Вес G_i	Значения свойств для вертолетов			
		Вертолет 1		Вертолет 2	
1	0,0588	номинальное	3	номинальное	3
2	0,0470	средняя	2	высокая	3
3	0,0423	высокая	1	средняя	2
4	0,1481	высокая	3	высокая	3
5	0,0741	средняя	2	высокая	1
6	0,0752	средний	2	средний	2
7	0,0752	высокая	3	высокая	3
8	0,0601	низкая	3	средняя	2
9	0,0291	высокая	3	средняя	2
10	0,0971	средняя	2	низкая	3
11	0,0351	средняя	2	высокая	3
12	0,0351	средняя	2	высокая	3
13	0,0561	высокая	1	средняя	2
14	0,0333	высокий	1	низкий	3
15	0,1333	средняя	2	высокая	1
Полезность вертолета U		2,734		2,600	

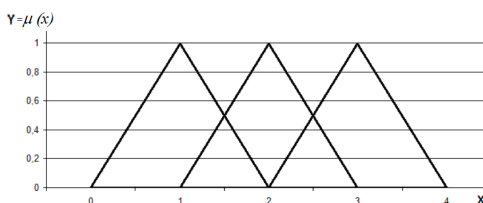


Рис. 3. Пример функций принадлежности для значений простых свойств.

Для построения и использования моделей цели-критерии-альтернативы" пользователь в текущей версии программы имеет следующие возможности:

- создание элементов, обозначающих цели оценивания;
- создание элементов, обозначающих критерии, и связей критериев с целями оценивания;
- создание связей альтернатив с критериями;
- заполнение списка оцениваемых с помощью модели альтернатив (объекта и его аналогов);
- заполнение матриц парных сравнений;

Смирнов В.В. Qualimetry Studio: программное средство построения квалиметрических моделей // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3-7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах. Т. 3. – Смоленск: Универсум, 2016. – С. 279-286.

- определение значений критериев для оцениваемого объекта и его аналогов;
- расчет значений интегральных характеристик, соответствующих целям оценивания, для оцениваемого объекта и его аналогов.

Программа Qualimetry Studio является универсальным инструментом квалиметролога, поэтому количество пользовательских функций превышает имеющийся функционал аналогичных средств, ориентированных на отдельные типы квалиметрических оценочных моделей. Qualimetry Studio – это в настоящее время единственное инструментальное средство квалиметролога, которое поддерживает модели типа "функции-объекты-свойства". Наиболее близким по своим возможностям для построения деревьев свойств является квалиметрический сервис, размещенный на сайте labrate.ru [LABRATE.RU]. В качестве примера системы, поддерживающей метод анализа иерархий, при использовании которого строятся модели типа "цели-критерии-альтернативы", можно назвать систему Expert Solution [Покровский и др., 2010].

Среди зарубежных аналогов можно отметить проект SQuORE, ориентированный на оценивание качества программного обеспечения с использованием деревьев свойств [Baldassari, 2014], и программу SuperDecisions, поддерживающую метод анализа иерархий, при использовании которого строятся модели типа "цели-критерии-альтернативы" [Саати, 2015].

Программа написана на языке C#. База данных программы разработана на основе MS SQL Server.

2. Использование словарей в процессе построения оценочных моделей с помощью Qualimetry Studio

Приступая к построению оценочной модели, квалиметролог должен познакомиться с предметной областью. Начальным этапом такого знакомства является усвоение понятий и связей между понятиями, чтобы, с одной стороны, общаться с экспертами по предметной области на одном языке, и, с другой стороны, правильно использовать терминологию при построении модели. Поэтому оказывается полезным наличие в Qualimetry Studio функций, позволяющих использовать готовые и пополняемые словари для определения названий элементов оценочных моделей, и онтологии для проверки соответствия модели отношениям между понятиями предметной области. Модель применяемой онтологии O , может быть представлена как $O = \{ C, R \}$, где C – множество понятий предметной области, R – множество отношений между понятиями C .

Основная последовательность действий по подготовке и использованию словарей следующая:

Смирнов В.В. Qualimetry Studio: программное средство построения квалиметрических моделей // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3-7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах. Т. 3. – Смоленск: Универсум, 2016. – С. 279-286.

- ввод новых терминов в словарь;
- редактирование онтологии с учетом вновь введенных терминов;
- ввод названий элементов оценочной модели, используя термины из словаря;
- проверка отношений между элементами модели, при вводе названий которых использовался словарь, на соответствие отношениям, предусмотренным в онтологии.

В зависимости от настроек, проверка соблюдения отношений между понятиями может выполняться при создании/редактировании связей между элементами модели, переименовании элементов модели и/или по отдельной команде целиком для всей модели.

Заключение

В работе представлена программа Qualimetry Studio, предназначенная для автоматизированной поддержки построения и использования квалиметрических оценочных моделей. Рассмотрены особенности использования словарей при построении деревьев свойств и моделей функции-объекты-свойства с помощью Qualimetry Studio.

Список литературы

- [Baldassari, 2014] Baldassari B. Mining Software Engineering Data for Useful Knowledge. Machine Learning [stat.ML]. Universit'e de Lille, 2014. – https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01297400/file/phd_baldassari.pdf
- [LABRATE.RU] Прототип конструктора деревьев свойств. <http://www.labrate.ru/q/> (дата обращения: 10.07.2016).
- [Азгальдов, 1982] Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М.: Экономика, 1982.
- [Покровский и др., 2010] Покровский А.М., Хайрулин И.Г. Сравнительная оценка инновационных проектов в условиях неопределенности исходной информации с помощью экспертно-аналитических систем // Транспортное дело России, №12 (85), дополнительный выпуск, 2010.
- [Саати, 1993] Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993.
- [Саати, 2015] Саати Т.Л. Об измерении неосязаемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений / Т.Л. Саати // Cloud Of Science. – 2015. – Т. 2, № 1.
- [Смирнов, 2015] Смирнов В.В. Квалиметрическая функция полезности // В сб. науч. трудов VIII-й Международной научно-технической конференции (Коломна, 18-20 мая 2015 г.). В 2-х томах. Т.2. – М.:Физматлит, 2015.
- [Смирнов, 2016] Смирнов В.В. Квалиметрия в модели обучаемого в электронном обучении // В сб. научных трудов XIX научно-практической конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ–2016)». Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В.Плеханова», 2016.
- [Смирнов, 2016а] Смирнов В.В. Построение квалиметрических оценочных моделей с использованием конструкторской документации // В материалах III Всероссийской Пospelовской конференции с международным участием «Гибридные и синергетические интеллектуальные системы (ГИСИС–2016)».

Смирнов В.В. Qualimetry Studio: программное средство построения квалиметрических моделей // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3-7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах. Т. 3. – Смоленск: Универсум, 2016. – С. 279-286.

QUALIMETRY STUDIO: SOFTWARE TOOL FOR QUALIMETRY MODEL CONSTRUCTION

V.V. Smirnov (*vitaly_smirnov@mail.ru*)
LLC «Skolkovo Group International», Moscow

The paper discusses Qualimetry Studio which is a program designed for creation and applying qualimetry evaluation models. The paper describes some dictionary features of Qualimetry Studio which are suitable in the process of the evaluation model design.

Keywords: qualimetry modeling, evaluation model, expert evaluation