

---

# МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ

---

УДК 65.011.56

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ (ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ) ЛАБОРАТОРИЙ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА ЗНАНИЙ

*Павлов К.А., Серенков П.С., Нифагин В.А.*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

*Рассмотрен вопрос необходимости разработки и внедрения систем менеджмента знаний в аккредитованной измерительной (испытательной) лаборатории. Предложена концепция методики создания экспертной системы на основе онтологий для предметных областей типа деятельность измерительной (испытательной) лаборатории, построенной на основе процессного подхода на модульном принципе. (E-mail: P\_Constantine@tut.by)*

**Ключевые слова:** система менеджмента знаний, онтология, измерительная (испытательная) лаборатория.

### Введение

В условиях непрекращающейся глобализации мирового рынка растет актуальность решения проблемы взаимного признания результатов оценки соответствия продукции и услуг (в том числе результатов измерений и испытаний), что особенно важно для экспортно ориентированных экономик.

Деятельность Республики Беларусь (например, участие в Международной электротехнической комиссии по подтверждению результатов испытаний и сертификации электрооборудования и других) свидетельствует о том, что сегодня основной миссией аккредитации метрологических лабораторий в нашей республике (как инструмента оценки компетентности) также является обеспечение взаимного доверия к протоколам результатов измерений аккредитованных лабораторий.

Актуальность решения данной проблемы стимулирует научно-практическое развитие доказательной базы прикладной метрологии, в частности разработку методов оценки компетентности измерительных (испытательных) лабораторий, соответствующих требованиям.

### Проблемная ситуация

Ранее требования к компетентности лабораторий сводились к трем основным критериям: оборудование, методики, персонал. Сегодня компетентная лаборатория должна организовывать свою работу в рамках современных моделей менеджмента, учитывающих все возможные аспекты деятельности как потенциальные факторы, влияющие на ее результативность. Поэтому общепринятой практикой стало увязывать доверие к результатам оценки соответствия продукции и услуг в первую очередь с доверием к оценке соответствия аккредитованных лабораторий и во вторую – с доверием собственно к результатам измерений (испытаний).

В настоящее время проблем с доверием к оценке соответствия аккредитованных лабораторий не возникает – оно обеспечивается процессом аккредитации этой лаборатории. В то же время с оценкой доверия к результату измерения (испытания) существуют трудности.

Показателем качества результата измерения (испытания) с неопределенностью как информационного продукта является *степень*

доверия к нему, причем ее предельное значение определяется риском неправильного принятия решения на основе полученного результата измерения (испытания). Положение усложняется тем, что на данный момент не существует метода обеспечения и, соответственно, единой корректной методики оценки заданной степени доверия к результату измерения (испытания).

**Системный подход к обеспечению заданной степени доверия**

Можно утверждать, что обеспечить (оценить) требуемую степень доверия к результату измерения (испытания) с неопределенностью можно косвенно – путем обеспечения (оценки) требуемого уровня доверия к процессу измерения, а точнее ко всем элементам этого процесса. Причем в качестве доказательной основы выступают принципы системного и процесс-

ного подходов согласно СТБ ISO 9001, адаптация которых для сферы прикладной метрологии в настоящее время стала актуальной. Поэтому с позиций стандартов ISO серии 9000 результативностью процесса формально можно управлять по двум направлениям (рисунок 1): через структуру процесса (организационная составляющая процесса) и через качество ресурсов, участвующих в преобразовании или добавлении ценности (техническая составляющая процесса).

В роли технической составляющей выступают элементы процесса измерения (испытания) методики, измерительное оборудование, персонал, условия и др. А в роли организационной составляющей, планирующей, обеспечивающей, реализующей процесс измерения в управляемых условиях и постоянно совершенствующей его, выступает аккредитованная измерительная (испытательная) лаборатория.



Рисунок 1 – Структура понятия «результативность процесса»

Для оценки организационной составляющей результативности на практике чаще всего используют комплексный показатель – результативность системы менеджмента качества (далее СМК) измерительной (испытательной) ла-

боратории. Современные тенденции рассматривают данный комплексный показатель как доминирующий в оценке организационной составляющей, оценка которого весьма затруднительна. Это вызвано рядом объективных при-

чин: усложняются отношения и взаимодействие между элементами деятельности лаборатории, происходит постоянное увеличение количества этих элементов, увеличивается количество технических нормативных правовых актов и др.

Эти факторы свидетельствуют о том, что система управления деятельностью лаборатории становится плохо оцениваемой и, следовательно, снижается ее управляемость, что в конечном счете приводит к потере доверия со стороны потребителей к результатам ее деятельности.

Решение данной проблемы мы видим в развитии научного направления «менеджмент знаний». Менеджмент знаний рассматривается как обязательный элемент в современной концепции «стабильного развития» бизнеса. Это приведет к новому этапу в управлении деятельностью измерительных (испытательных) лабораторий, в частности к разработке и внедрению системы менеджмента знаний (далее СМЗ), целью которой для измерительных (испытательных) лабораторий является повышение заданного уровня доверия к результатам измерения (испытания).

### **Экспертные системы как инструмент реализации системы менеджмента знаний измерительной (испытательной) лаборатории**

По результатам анализа существующих источников по разработке и внедрению СМЗ в организации было выявлено, что ключевым фактором ее эффективного внедрения является создание такой информационной среды, которая одновременно является и высокоинформативной и легкодоступной. Инструментом реализации такой среды в организации в настоящее время выступают экспертные системы. Назначение экспертной системы в таком контексте заключается в обеспечении эффективного взаимодействия персонала лаборатории как в части работы с информацией, так и в части организации совместной деятельности и общения. Информационной основой этому выступают: единая схема кодирования и декодирования информации, общепринятый глоссарий – корпоративный язык обмена информацией и корпоративных стандартов делового взаимного общения [1].

Основное назначение экспертных систем – согласно поставленным перед системой задачам давать и разъяснять пользователю реше-

ния, основанные на логике. В соответствии с этим экспертная система, разработанная для измерительной (испытательной) лаборатории, должна решать практические задачи, касающиеся оценки организационной составляющей результативности (рисунок 1).

Практический опыт развертывания экспертных систем в ряде аккредитованных измерительных (испытательных) лабораториях классическими методами на основе существующих подходов обозначил ряд существенных недостатков их применения для таких узкоспециализированных и консервативных областей деятельности, как метрологическое обеспечение. Главными из них являются: ограничения в части самообучения системы при работе с экспертом, работы с информацией в неявном виде (как следствие, невозможность решать когнитивные задачи), сложность методов нелинейного оценивания информации, поступающей от источников, и др. [1].

В результате была обоснована необходимость кардинально изменить подход к созданию экспертных систем для таких специфических предметных областей, как, например, деятельность измерительной (испытательной) лаборатории.

Нами реализован проект по созданию концепции создания экспертной системы, адаптированной под прагматичные условия функционирования таких консервативных областей деятельности, как метрологическое обеспечение, оценка соответствия, менеджмент качества, которая могла бы позволить решать не только когнитивные задачи, но и была бы проста в обращении и доступна для постоянно совершенствования при «общении» с экспертом. Этим требованиям удовлетворяют экспертные системы на основе онтологий.

Онтология представляет собой структурированное, детальное описание некоторой предметной области, а также ее формализованное представление, включающее словарь терминов и понятий предметной области и логические выражения (связи), описывающие, как они соотносятся друг с другом, а также язык расширенной логики для формирования запросов к базе знаний предметной области и описания связей [2].

Классический подход к созданию онтологий начинается с составления общего глоссария терминов, их структурирования и заканчивается выбором языка описания для последующей раз-

работки готового программного продукта. Современные подходы отличаются компьютерной ориентированностью к решению задач онтологии, т. е. разработка экспертной системы начинается с выбора определенного программного продукта и языка описания глоссария, терминов и взаимосвязей между ними. Эти подходы находят широкое применение сегодня в интернет-технологиях (поисковые системы) [1].

Установлено, что классический подход и его современные интерпретации и модификации не отвечают критериям корректности, что не позволяет описать базу знаний в том виде, который сегодня требуется. Поэтому актуальна задача разработки методики создания экспертной системы на основе онтологического инжиниринга для предметных областей типа деятельность измерительной (испытательной) ла-

боратории, одной из главных целей которой является обеспечение и поддержание заданного уровня доверия к результатам измерения (испытания).

### Концепция экспертной системы на основе онтологий для деятельности измерительной (испытательной) лаборатории

Предлагаемая нами концепция экспертной системы на основе онтологии для деятельности измерительной (испытательной) лаборатории представляет собой совокупность последовательных моделей (рисунок 2). Каждая из этих моделей имеет свои принципы и ограничения и является конкретным этапом в разработке требуемой экспертной системы, реализующей конкретные цели общей задачи.

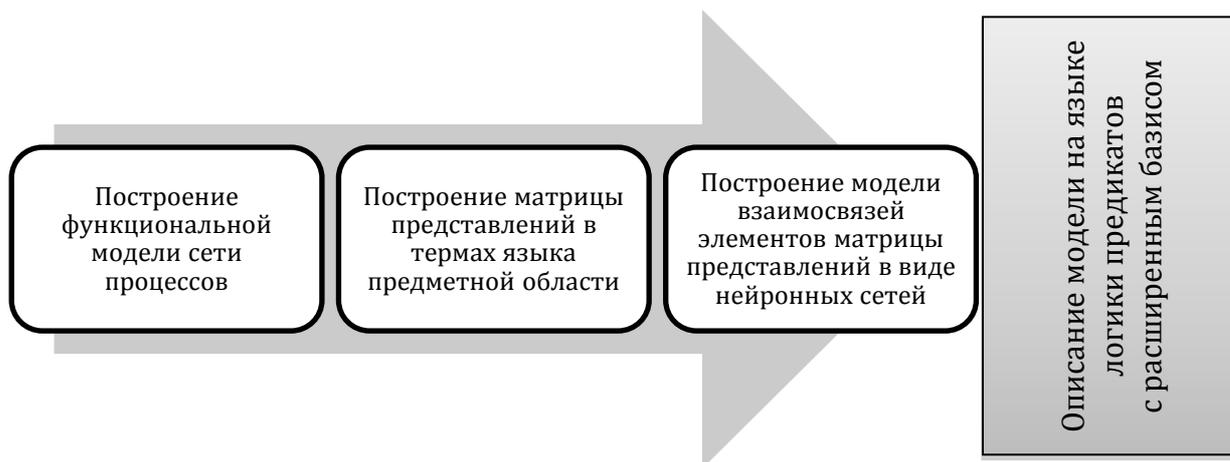


Рисунок 2 – Этапы построения экспертной системы на основе онтологий

#### Этап 1. Построение функциональной модели сети процессов

Построение экспертной системы на основе онтологий начинается с выделения термов с оценкой их значимости для конкретной предметной области. Поэтому необходимо создать такую модель, которая описывала бы данную предметную область ограниченным и достаточно полным множеством термов. Для решения этой задачи можно использовать функциональную сеть процессов. Эта функциональная модель будет описывать структуру сети процессов, реализуемых в рамках деятельности аккредитованной измерительной (испытательной)

лаборатории, и тем самым представлять собой необходимый и достаточный «срез» знаний о деятельности данной лаборатории. Формирование модели сети процессов осуществляется на языке описания бизнес-процессов IDEF0.

В работе [2] предложена методика и алгоритм построения функциональной модели сети процессов СМК организации с помощью методологии IDEF0. Рассмотренные в работе принципы и ограничения при построении функциональной модели сети процессов позволяют описать деятельность измерительной (испытательной) лаборатории на уровне простого взаимодействия основных элементов предметной области.

Существенным недостатком функциональной модели в целях построения экспертной системы на основе онтологий является невозможность идентифицировать все связи (как явные, так и неявные) между терминами из построенной диаграммы, а также их сложное внутритекстовое описание. Также эти модели строят с точки зрения определенного эксперта, например инженера по качеству. Онтология предметной области намного шире взглядов конкретного эксперта. Это определяет необходимость дополнительной структуризации представленной в модели информации.

*Этап 2. Создание матрицы представлений допустимых термов*

Всю информацию, полученную из функциональной модели, необходимо структурировать таким образом, чтобы она содержала все типы, свойства и методы описания простейших термов, из которых складывается общая база знаний предметной области. В этих целях разработана специальная матрица (таблица 1).

Элементами матрицы представлений являются объекты (процессы), связанные между собой ограничениями. Каждый объект имеет название и свойства, представленные в виде кластеров допустимых термов, относящихся к языку прикладной области. При этом ограничения содержат процедуру, которая формирует из элементов кластеров допустимые термы к свойствам соответствующих объектов. Точка входа представляет собой сообщения объекту, поступающие из других объектов, связанных с данным. Точка выхода является выходными сообщениями объекта, которые получаются на основе методов объекта. Метод объекта является управлением, которое преобразует входные сообщения (множество допустимых тер-

мов) в выходные сообщения по заданному алгоритму.

*Этап 3. Описание взаимосвязей элементов матрицы представлений на основе нейронных сетей*

Построенная матрица представлений является основой для описания сети представлений СМК измерительной (испытательной) лаборатории в виде нейронных сети прямого распространения.

Применим для сети с передачей связей многослойную нейронную сеть прямого распространения (рисунок 3). Представим в виде множества объектов (процессов), или входных и выходных узлов, которые образуют входной слой, затем один или несколько промежуточных слоев, состоящих из так называемых вычислительных нейронов. Связи преобразуются, распространяясь по сети в прямом направлении от слоя к слою. Обучение производится методом обратного распространения ошибки, который основан на коррекции ошибок. При первом проходе сети входной вектор подается на входные узлы сети, после чего распространяется по сети от слоя к слою. В результате генерируются выходные связи, которые являются фактической реакцией сети на данные входной связи.

Заметим, что входные связи поступают на нейроны входного слоя, а затем преобразованные передаются вперед от нейрона к нейрону по всей сети. В результате такая связь достигает нейрона выходного слоя сети в виде выходной. Следует понимать, что первый промежуточный нейронный слой получает связи (входные) только из входного слоя. Выходные связи первого промежуточного слоя поступают на второй слой и так далее до выходного слоя сети.

*Таблица 1 – Матрица представлений допустимых термов для формирования общей базы знаний предметной области*

| Процесс | Управление | Механизмы | Точка входа | Точка выхода | Ограничения | Методы |
|---------|------------|-----------|-------------|--------------|-------------|--------|
|         |            |           |             |              |             |        |

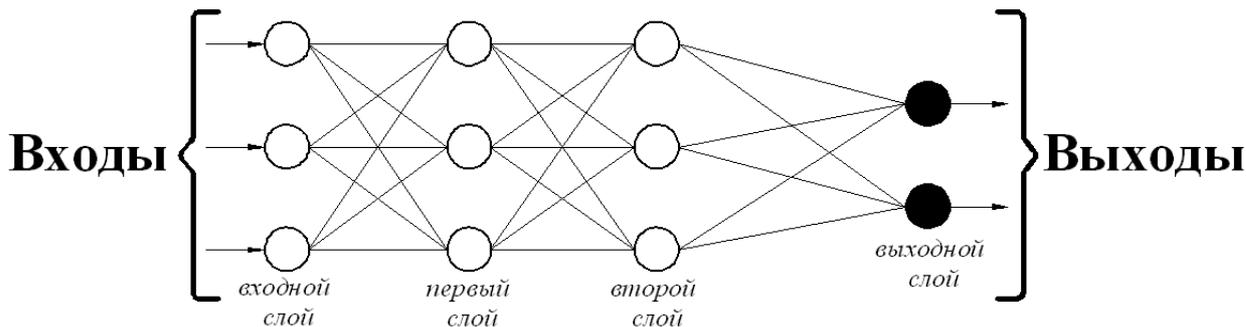


Рисунок 3 – Фрагмент нейронной сети, используемый для описания взаимосвязей элементов матрицы представлений для онтологии экспертной системы (граф многослойного персептрона с двумя промежуточными слоями)

Представим модель работы одного нейрона с несколькими входами и выходами. Имеется  $m$  допустимых термов на входе в виде  $m$ -мерного вектора  $x(i)$ . На выходе формируется  $n$ -мерный вектор  $u(j)$ . Если считать нейрон линейным, выходные сообщения вычисляются в виде скалярных произведений:

$$u(i) = \sum_{j=1}^k w_j(i) \cdot x_j(i),$$

где  $w_j i, j = 1, k$  – синаптические веса нейрона, оцененные на  $i$ -ом уровне нейронной сети.

Алгоритм коррекции синаптических весов базируется на минимизации нормы ошибки:

$$\min_{\bar{w}(i)} \|e^{(l)}(i)\| = \min_{\bar{w}(i)} \|\bar{d}(i) - \bar{x}^{(l)}(i) \cdot \bar{w}^{(l)}(i)\|, \quad \text{за}$$

счет уточнения весовых коэффициентов  $\bar{w}^{(l)}(i)$  на следующем (повторном) слое.

Обоснована необходимость использования при разработке ее модели в виде нейронных сетей модульного подхода. Модульный подход – ключевой аспект описания, который является универсальным средством оптимизации процесса разработки компонентов сложных систем. Его применение обусловлено прежде всего тем, что исследуемая система позволяет выделить элементы со сходной в рамках рассматриваемого аспекта структурой, которую можно типизировать и использовать в более общем виде для анализа на уровне системы и применять унифицированные подходы для разработок внутри каждого модуля, основываясь на сходстве существенных аспектов (системный и классические циклы).

Преимущество модульного подхода в том, что он позволяет обобщить и структурировать процесс разработки системы посредством применения типового подхода к каждому элементу. Данный подход универсален, так как его концепция нечувствительна к природе разрабатываемой системы. Модульность при проектировании применяется настолько широко, насколько это возможно, поскольку позволяет достичь высокой эффективности за счет повышения производительности работ и снижения затрат.

#### Этап 4. Описание модели на языке расширенной логики

Рассмотренная модель проектирования предметной области через нейронные сети, которые в нашем случае используются не только в прямом их назначении (преобразования и дальнейшей передачи информации от входного слоя до выходного), позволяет применить для описания модели язык расширенной логики, представляющий собой язык логики предикатов 1-го порядка с расширенным базисом, разработанным как раз для описания сложных предметных областей типа деятельности аккредитованной измерительной (испытательной) лаборатории. Применение этого языка дает возможность представить разработанную модель экспертной системы на основе онтологии, выполняющей в полной мере поставленные перед ней задачи, в виде программного продукта, который будет являться основным механизмом функционирования СМЗ в измерительной (испытательной) лаборатории.

### Заключение

Предложен способ повышения доверия к результатам деятельности измерительных (испытательных) лабораторий посредством оценки и управления комплексным показателем результативности ее СМК. Установлено, что ключевым элементом СМК является системой менеджмента знаний. Определен механизм ее реализации в рамках аккредитованной измерительной (испытательной) лаборатории – экспертная система на основе онтологии. Рассмотрены состояние и перспективы разработки и внедрения систем менеджмента знаний в современных условиях, а также концепция методики поэтапного построения экспертной системы на основе онтологии в

рамках аккредитованной измерительной (испытательной) лаборатории.

### Список использованных источников

1. Булатицкий, Д.И. Управление знаниями в системе менеджмента качества организации : автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук / Д.И. Булатицкий. – Брянск, 2010. – 20 с.: ил.
2. Серенков, П.С. Методы менеджмента качества. Методология организационного проектирования инженерной составляющей системы менеджмента качества : монография / П.С. Серенков. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 491 с.
3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – 2-е изд. – Вильямнс, 2006.

---

Pavlov K.A., Serenkov P.S., Nifagin V.A.

### Perfection of activity of measuring (testing) laboratories with the use of knowledge management systems

The question of necessity of development and implementation of the Knowledge management system within the accredit measuring (testing) laboratory is being discussed. The conception offered is the methodology of expert system creation based upon ontologies for subjective areas of activities in the measuring (testing) laboratory, built on the base of process approach with the module principle. (E-mail: P\_Constantine@tut.by)

**Key Words:** knowledge management systems, ontology, the measuring (testing) laboratory.

*Поступила в редакцию 03.10.2011.*