

---

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ЭТАПОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

**В.В. Жуйков**

Курский государственный университет  
ул. Радищева, 33, Курск, Россия, 305000

В статье рассматривается построение модели системы оценки качества знаний с использованием этапов системного анализа. Предлагается обобщенная модель, структура и своя модель системы оценки качества знаний.

Увеличение сложности и информативности образовательных программ и возрастание важности аспектов оперативности и качества управления образовательным процессом требуют внедрения систем обработки информации и поддержки принятия решений. В связи с этим все большее значение приобретают средства компьютерной поддержки, которые способны увеличить скорость обратной связи учебного процесса с его управлением. В настоящее время в исследовательских работах уделяется внимание программным оболочкам проведения тестирования, системам построения баз данных, но общей системы оценки качества знаний не существует.

В литературе [1; 2; 3] выделяют следующие этапы системного анализа:

- 1) определение целей;
- 2) определение проблемы;
- 3) определение целей системы;
- 4) формирование критериев оценки системы;
- 5) анализ системы;
- 6) построение обобщенной модели системы;
- 7) определение инструментов создания системы;
- 8) синтез системы;
- 9) реализация системы.

Для построения системы оценки качества знаний (СОКЗ) проведем исследование с использованием выделенных этапов системного анализа.

Целью образовательной технологии является разработка стандартной системы знаний обучающихся. Для этого необходимо решить задачу совершенствования управления учебным заведением. Основными направлениями здесь является обеспечение объективности и полноты обратной связи, основным компонентом которой является мониторинг качества образования. Возникает необходимость разработки математического, информационного и программного обеспечения для оценки качества обучения на уровне образовательного учреждения, соответствующего современным требованиям образовательного процесса, современного информационного обеспечения в системе управления образовательным процессом, как с точки зрения преподавателя, так и с точки зрения органов управления.

Достижение эффективной объективной обратной связи невозможно без решения следующих задач:

- 1) обеспечения технической поддержки контрольно оценочной системы;
- 2) обеспечения информационной поддержки мониторинга знаний обучающихся.

Для оценки эффективности решения поставленных задач выделены следующие критерии:

- 1) гибкость системы, т.е. способность системы подстраиваться под изменяющиеся условия модернизации образования, и изменяющиеся цели обучения;
- 2) многозадачность, т.е. способность системы давать ответ на несколько поставленных вопросов.

В общей сложности задача оценки качества знаний сводится к построению некоторой модели портрета выпускника и портрета модели обучающегося посредством моделирования и контрольно-оценочного процесса соответственно, а затем сравнение этих моделей и выявление недостатков в обучении. Под портретом в данном случае понимается множество навыков и знаний, обобщенных количественными характеристиками.

В математической форме портрет можно представить следующим образом:

$$P = \{R_i, S_i\},$$

$$i \in [1, n],$$

$$S \in [A_i, B_i],$$

где  $n$  — вес множества  $P$ ;  $R_i$  — множество характеристик портрета, каждому элементу множества  $R$  соответствует элемент множества  $S$ ;  $A_i$  — минимальное возможное значение характеристики  $R_i$ ;  $B_i$  — максимальное возможное значение характеристики  $R_i$ .

Таким образом, имеется множество портретов учащихся и эталонный портрет выпускника.

$F(P_{etalon})$  сравнивается с  $P_i$ , где  $P_{etalon}$  — эталонный портрет выпускника;  $P$  — множество портретов обучающихся;  $F(P_{etalon})$  — функция приведения эталонного портрета к текущему портрету обучающегося.

Возможно и прогнозирование знаний обучающегося на основе текущего портрета.

$F_p(P_{etalon})$  сравнивается с  $F_{pi}(P_i)$ , где  $P$  — множество портретов обучающихся;  $P_{etalon}$  — эталонный портрет выпускника;  $F_p(P_{etalon})$  — функция преобразования эталонного портрета к эталонному портрету прогнозируемых характеристик;  $F_{pi}(P_i)$  — функция преобразования текущего портрета обучающегося к прогнозируемому портрету.

На основании целей системы и решаемых задач построена обобщенная модель системы (рис. 1).

Выбор инструментов для решения задачи определяет эффективность. В качестве методов контроля выбрано тестирование.

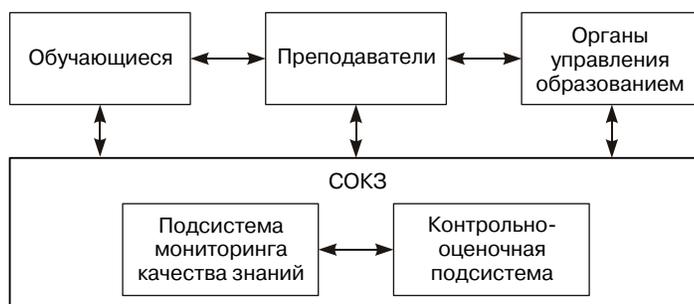


Рис. 1. Обобщенная модель системы

В зависимости от вида априорной неопределенности и количества эмпирических данных могут быть использованы различные подходы к решению задачи синтеза системы обработки информации. Наибольшие результаты достигнуты в условиях, когда известна физически параметризованная модель (характеристика вход-выход системы) и объем выборки позволяет получить достаточно точные оценки параметров [4; 5; 6].

Параметрические методы работоспособны, когда используемое предположение о выбранном виде модели корректно. Во многих ситуациях параметрическая модель неизвестна, и это определяет необходимость использования при восстановлении зависимостей класса функций, обладающих высокой аппроксимирующей способностью. Классические непараметрические методы, например, непараметрическая ядерная оценка регрессии, могут применяться, когда объем выборки велик. В условиях малых выборок классические непараметрические методы становятся неэффективными, что и определяет необходимость разработки новых методов обработки информации.

Таким образом, для повышения качества обработки информации необходимо, чтобы разрабатываемые методы были эффективны в условиях конечных, в том числе малых выборок. Кроме того, необходимо снять ограничение свойственное классическим параметрическим методам, то есть обеспечить возможность формирования характеристики вход-выход синтезируемой системы из представительного множества функций (в общем случае из множества всех непрерывных функций).

Задача создания СОКЗ связана со следующими трудностями:

- применение точных методов невозможно (не обосновано), так как на данный момент не выявлены количественные взаимосвязи между параметрами;
- применение точных методов связано с огромными затратами времени и ресурсов;
- имеет смысл пожертвовать некоторой точностью для экономии времени и ресурсов;
- нет возможности набрать достаточный статистический материал в условиях постоянной модернизации обучения, чтобы корректно воспользоваться теорией вероятности.

Возможность использования искусственных нейронных сетей для обработки информации определяется их способностью аппроксимировать с требуемой точностью любую необходимую характеристику вход-выход синтезируемой системы.

Задача представления функций многих переменных в виде суперпозиции функций меньшего числа переменных восходит к тринадцатой проблеме Гильберта [7]. В результате многолетней научной полемики между А.Н. Колмогоровым и В.И. Арнольдом был получен ряд важных теоретических результатов, опровергающих тезис о непредставимости функции многих переменных функциями меньшего числа переменных. К этим результатам относятся следующие теоремы: о возможности представления непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиции непрерывных функций меньшего числа переменных (1956 г.); о представлении любой непрерывной функции трех переменных в виде суммы функций не более двух переменных (1957 г.); о представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиции непрерывных функций одного переменного и сложения (1957 г.) [8; 9]. Основным результатом заключается в том, что любую непрерывную функцию переменных можно представить в виде суммы  $2m + 1$  функции одного переменного [7]:

$$f(x_1, \dots, x_m) = \sum_{j=1}^{2m+1} g_j \left( \sum_{i=1}^m c_{ij} \Phi_j(x_i) \right),$$

где  $g_j(a)$  — функция одного переменного, вид которой зависит от функции  $f(x_1, \dots, x_m)$ .

Позже для различных видов нейронных сетей были доказаны теоремы об их универсальной аппроксимирующей способности, то есть возможности аппроксимировать разнообразные функции с требуемой точностью [10; 11; 12; 13].

Сигнал на выходе многослойной нейронной сети  $u = f(x, \Theta)$  определяется ее характеристикой вход-выход, которая представляет собой нелинейную функцию векторного входного сигнала  $x$ . Вид характеристики вход-выход  $u = f(x, \Theta)$  зависит как от значений параметров сети  $\Theta$  (совокупности весовых коэффициентов связей между нейронами), так и от структуры нейронной сети (количества нейронов, количества слоев, наличия связей между отдельными нейронами).

При решении задач обработки информации должна быть определена структура нейронной сети и значения параметров  $\Theta$ .

На основании анализа задачи оценки качества знаний и выбранных инструментов выделены следующие задачи СОКЗ:

- 1) оценка результатов тестирования;
- 2) разработка тестовых заданий;
- 3) построение текущего и прогнозируемого портрета обучающегося;
- 4) мониторинг качества знаний;
- 5) генерации тестов;
- 6) построение онтологий предметных областей.

Таким образом, на основании задач разработана следующая структура СОКЗ (рис. 2).

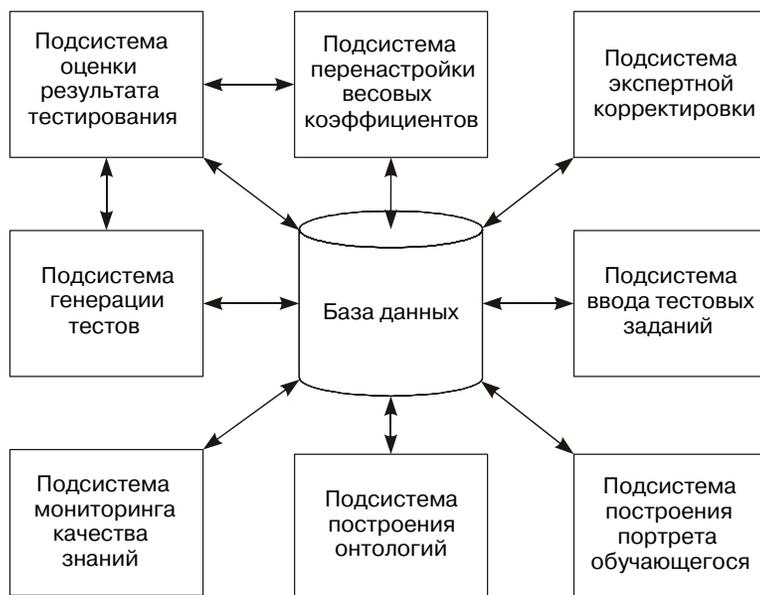


Рис. 2. Система оценки качества знаний

На основе произведенного анализа и выделенных структур построим модель СОКЗ в виде IDEF0 диаграмм, которые показаны на рис. 3, 4.

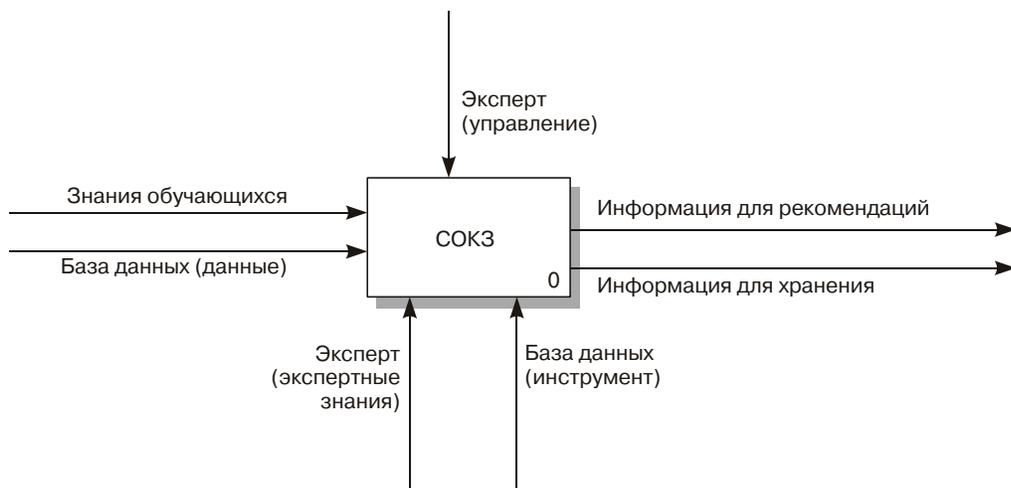


Рис. 3. Модель СОКЗ (общий вид)

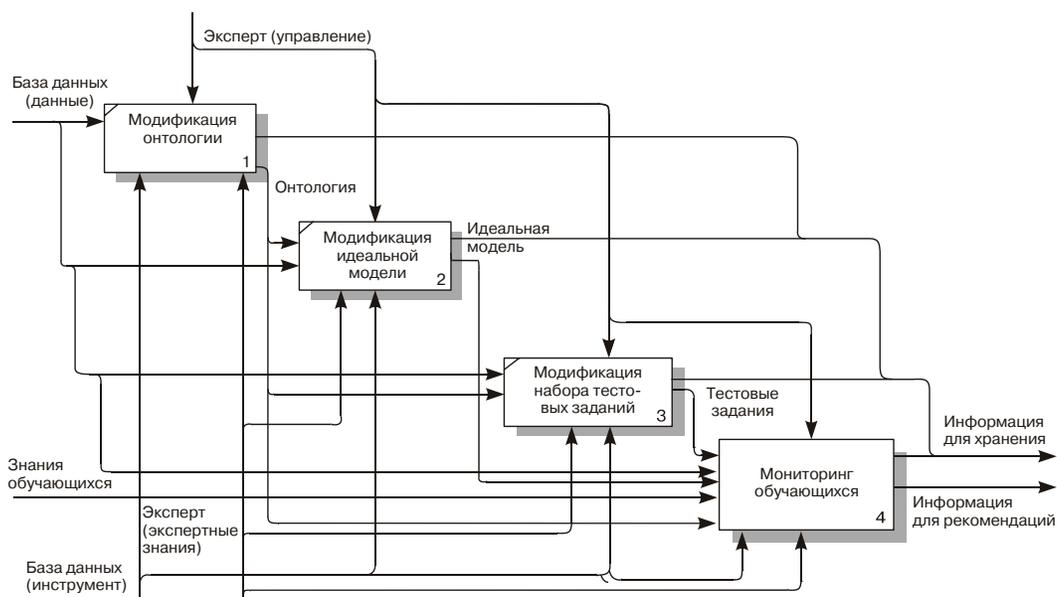


Рис. 4. Модель СОКЗ (детальный вид)

Таким образом, с использованием этапов системного анализа предложена обобщенная модель, структура, модель системы оценки качества знаний и выделены основные подсистемы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2004.
- [2] Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб.: СПбГТУ, 1999.
- [3] Спицнадель В.Н. Основы системного анализа: Учеб. пособие. — СПб.: Бизнес-пресса, 2000.
- [4] Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Исследование зависимостей / Под ред. С.А. Айвазяна. — М.: Финансы и статистика, 1985.
- [5] Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. 3-е изд. — М.: Радио и связь, 1989.
- [6] Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Пер. с англ. под ред. Я.З. Цыпкина. — М.: Наука, 1991.
- [7] Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организация, применение. Кн. 4 / Общ. ред. А.И. Галушкина. — М.: ИПРЖР, 2001.
- [8] Арнольд В.И. О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиции функций меньшего числа переменных // Мат. просвещение. — 1957. — № 4. — С. 41—61.
- [9] Колмогоров А.Н. О представлении непрерывной функции нескольких переменных в виде суперпозиции непрерывных функций одного переменного и сложения // Доклады АН СССР. — 1957. — Т. 114, № 5. — С. 953—956.
- [10] Cybenko G. Approximation by superpositions of sigmoidal function // Mathematics of control, signal and systems. — 1989. — V. 2. — P. 304—314.
- [11] Hecht-Nielsen R. Neurocomputing. — Mass.: Addison Wesley, 1992.

- [12] *Hornik K., Stinchcomb M., White H.* Multilayer feedforward networks are universal approximators // *Neural Networks*. — 1989. — V. 2, N 5. — P. 359—366.
- [13] *Park J., Sandberg I.W.* Universal approximation using radial basis function networks // *Neural Computation*. — 1991. — V. 3, N 2. — P. 246—257.

**CONSTRUCTION OF THE SYSTEM OF KNOWLEDGE  
QUALITY ESTIMATION ON THE BASIS OF STAGES  
OF THE SYSTEM ANALISIS**

**V.V. Zhuikov**

Kursk state university  
*Radisheva str., 33, Kursk, Russia, 305000*

Construction of a model of knowledge quality estimation system using the stages of the system analysis is considered in the article. The author suggests the general model, structure and a model of knowledge quality estimation system.