

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION

УДК [378:004]:004.8

Л. Р. Черняховская, д-р техн. наук, проф., lrchern@yandex.ru,

И. Б. Герасимова, д-р техн. наук, доц., tarot_gera@mail.ru,

А. Р. Давлетбаева, salavatova.a@bk.ru

ФГБОУ ВПО "Уфимский государственный авиационный технический университет" (УГАТУ), Уфа

Разработка системы нечеткого логического вывода для анализа результативности процесса дистанционного обучения

На процесс дистанционного обучения оказывают влияние различные факторы, что обуславливает сложность анализа качества данного процесса и прогнозирования его результатов. Проведен системный анализ указанных факторов на основе триадного подхода, а также сделана попытка оценить это влияние с использованием системы нечеткого логического вывода.

Ключевые слова: дистанционное обучение, системный подход, триада, система нечеткого логического вывода

Введение

Применение дистанционных технологий в образовательной системе позволяет человеку не только эффективно использовать свое время для выполнения учебных и профессиональных задач, но и предоставляет возможности для свободного плодотворного сотрудничества в рамках создаваемой информационной среды, обусловленного потребностью личности в самореализации, в раскрытии своего профессионального потенциала и творческих способностей. Обучение с применением дистанционных образовательных технологий позволяет человеку более свободно выражать себя, преодолевая информационные, коммуникационные и временные барьеры.

На процесс дистанционного обучения (ДО) вследствие специфических особенностей его реализации, а также имеющихся в процессе ограничений оказывает влияние множество различных факторов. В данной работе рассмотрена системная модель факторов, влияющих на результативность дистанционного обучения, а также выполнена оценка этого влияния с помощью методики, основанной на применении системы нечеткого логического вывода.

Системная модель факторов, влияющих на результативность процесса дистанционного обучения

Для анализа факторов, оказывающих влияние на процесс дистанционного обучения, можно использовать системную модель, представляющую собой иерархически обусловленное соединение триад (рис. 1). Под триадой будем понимать соединение

и взаимодействие трех элементов (объектов, факторов), образующих единое целое, т. е. триада рассматривается как элементарная система [1].

Рассмотрим отношения, определенные на каждом уровне представленной системной модели факторов.

Уровень изучаемой дисциплины отражает выбранный студентом дистанционный курс.

Уровень факторов предполагает разделение оказывающих на процесс дистанционного обучения факторов на внешние и внутренние. К внешним факторам в отношении предлагаемого учебного курса можно отнести его длительность, новизну, актуальность, интенсивность, объем изучаемой информации, а также состояние окружающего пространства (цвет, форма и звук). К внутренним факторам относятся потребности и ожидания обу-



Рис. 1. Системная модель факторов, влияющих на результативность ДО

чающегося, его личностные и психологические особенности, эмоциональное состояние, личный и профессиональный опыт, уровень имеющихся знаний, умений и навыков (ЗУН) и др. [2].

На *уровне участников* результативность процесса дистанционного обучения предлагается рассматривать с точки зрения основных действующих лиц данного процесса. Одним из главных факторов, оказывающих положительное влияние на результативность студента в дистанционном обучении, является мотивация, так как только при высоком уровне мотивации можно говорить о готовности студента к обучению. Однако этот фактор не является определяющим, так как студенты могут записаться на большое число курсов, но не приступить к их изучению, например, вследствие недостатка времени. Поэтому наличие времени и умение его эффективно распределять, а также такие качества личности как самостоятельность, ответственность, усидчивость, целеустремленность и дисциплинированность можно отнести к факторам, оказывающим положительное влияние на процесс дистанционного обучения. Препятствиями в успешном освоении дистанционного учебного курса для студента могут стать: отсутствие доступа к сети Интернет, неуверенность в себе, изолированность, страхи, скука, отсутствие живого общения и др.

Преподаватель, или тьютор, является второй ключевой фигурой в системе дистанционного обучения, так как именно он организует весь процесс передачи информации и знаний в том объеме и ритме, который соответствует потребностям студента. Основная задача преподавателя заключается в правильном выборе ритма проведения занятий и оптимальной нагрузки, в регулярном проведении консультаций и процедур контроля получаемых знаний. Кроме этого, преподаватель при создании и использовании дистанционных курсов должен учитывать ряд требований к содержанию и изложению учебного материала, таких как логичность, последовательность, наглядность, простота, разнообразие видов предлагаемой деятельности и др.

Еще одним не менее важным участником процесса дистанционного обучения является координатор (специалист поддержки), задача которого состоит в отслеживании работы всей системы дистанционного обучения, а также в оказании необходимой поддержки при возникновении каких-либо трудностей. Эффективное взаимодействие всех трех элементов обеспечивает целостность всего процесса обучения.

Уровень организации мышления — это следующий уровень. В результате самостоятельного изучения первоисточников, учебного материала, выполнения заданий, регулярных обсуждений и участия в интернет-конференциях и вебинарах у студента формируются навыки анализа, синтеза, системного и творческого мышления, которые в дальнейшем активно используются в различных сферах его жизнедеятельности.

Уровень форм развития позволяет рассмотреть эффективность процесса дистанционного обучения с точки зрения его результатов, таких как формирование у студента новых знаний, умений и навыков, повышение его профессионализма и открытие новых перспектив для развития личности.

Представление влияющих на результативность дистанционного обучения факторов на основе триадного подхода позволяет привести их в единую сложную систему, раскрыть их взаимовлияние друг на друга как с позиции иерархии (уровней), так и с позиции множества элементов. Такое целостное системное видение процесса обучения помогает как студенту, так и преподавателю обратить внимание на те факторы, которые не учитываются или остаются без внимания.

Представление системной модели факторов, влияющих на результативность процесса дистанционного обучения, в виде соединения триад дает возможность рассмотреть взаимовлияние факторов, находящихся на различных уровнях иерархии. Рассмотрим внутренние и внешние факторы, влияющие на результативность дистанционного обучения на уровнях изучаемой дисциплины и участников рассматриваемого процесса, на основе анализа триады "Студент—Учебный курс ДО—Преподаватель" (рис. 2).

Проблема оценки влияния факторов, обусловленных элементами выделенной триады, отличается достаточно высоким уровнем неопределенности, которая выражается, в том числе, в необходимости учета так называемого "человеческого фактора" — личностных и психологических особенностей участников процесса дистанционного обучения, а также характеристик предоставляемого в учебном курсе материала, которые обычно достаточно сложно измерить.

При описании и решении задач подобного типа зачастую используется подход на основе теории нечетких множеств и аппарата нечеткой логики, позволяющий описывать качественные, неточные понятия и наши знания об окружающем мире, а также оперировать этими знаниями в целях получения новой информации. Нечеткий вывод занимает центральное место в нечеткой логике и системах нечеткого управления и представляет собой процедуру или алгоритм получения заключений на основе нечетких условий или предпосылок с использованием понятий нечеткой логики. Системы нечеткого вывода предназначены для реализации процесса нечеткого вывода и служат концептуальным базисом всей современной нечеткой логики [3].

Для решения задачи оценки результативности дистанционного обучения в контексте триады "Студент—Учебный курс ДО—Преподаватель" предлагается использовать систему нечеткого логического вывода (СНВ), основанную на алгоритме нечеткого вывода Такаги—Сугено—Канга (*Takagi—Sugeno—Kang*). База знаний в модели типа Сугено является

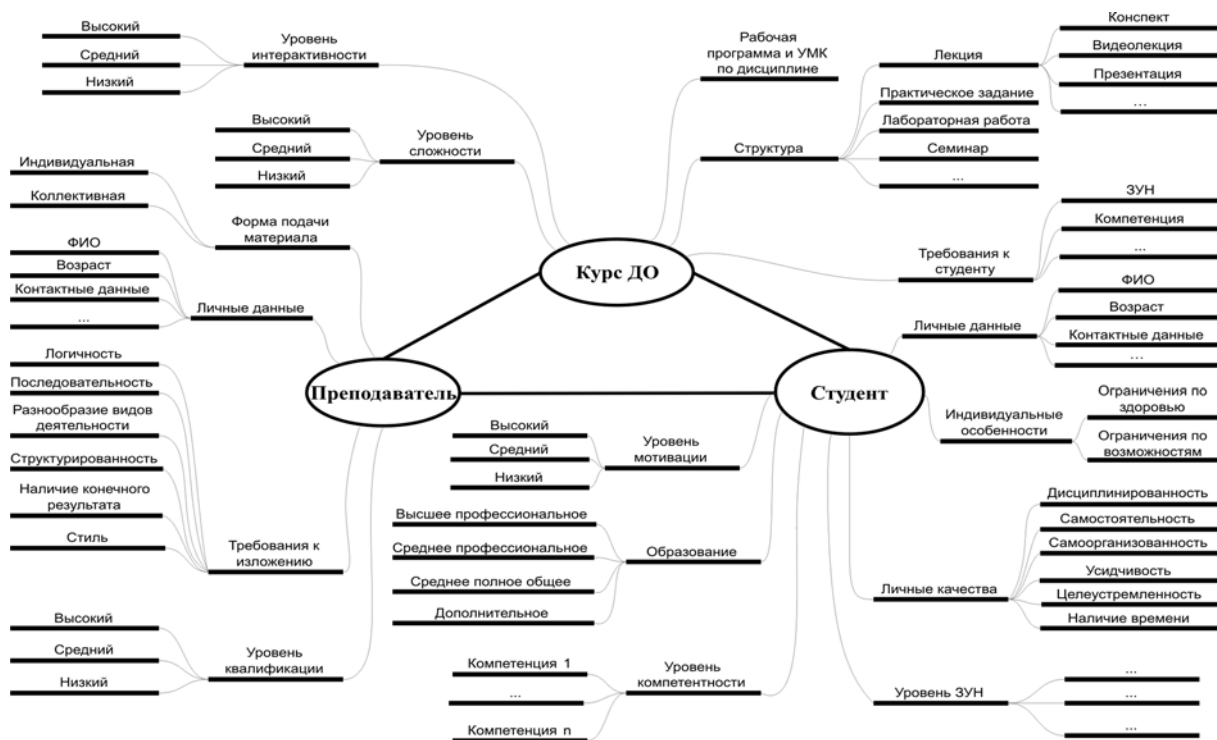


Рис. 2. Ментальная карта взаимодействия участников процесса дистанционного обучения

гибридной — ее правила содержат посылки в виде нечетких множеств и заключения в виде четкой линейной функции. К разрабатываемой базе знаний предъявляются следующие требования: семантическая целостность, непротиворечивость, полнота и непрерывность знаний, а также корректность взаимодействия пользователя с интеллектуальной системой. Таким образом, в процессе разработки базы знаний важно минимизировать ошибки, связанные с представлением экспертных знаний, толкованием их смысла, формой представления, а также с разработкой машины логического вывода и организацией процесса взаимодействия пользователя с интеллектуальной системой [4].

На начальном шаге создания системы нечеткого вывода были проведены анализ и выборка факторов, оказывающих наибольшее влияние на результативность дистанционного обучения в рамках выделенной триады. Выбор наиболее влиятельных факторов был проведен на основе метода экспертных оценок, однако для данной цели может быть также использован подход, основанный на применении нечетких когнитивных карт [5]. Таким образом, СНВ оценки результативности курса дистанционного обучения можно рассматривать как двухуровневую иерархическую систему, нижний уровень которой представлен тремя подсистемами нечеткого вывода, решающими задачи оценки профессиональных качеств преподавателя, качества дистанционного учебного курса и личных качеств студента. Верхний уровень создаваемой СНВ непосредственно решает задачу оценки результативности дистанционного обучения для студента на основе вы-

ходных данных подсистем нижнего уровня. Модель СНВ оценки результативности курса дистанционного обучения для студента приведена на рис. 3.

Рассмотрим входные переменные нижнего уровня создаваемой СНВ более подробно.

Для подсистемы нечеткого логического вывода, решающей задачу оценки профессиональных качеств преподавателя, входными параметрами являются следующие.

- **Квалификация.** Эта переменная позволяет учесть квалификацию преподавателя: ученую степень, звание, преподаваемые дисциплины, пройденные программы повышения квалификации и др. Значения для данной входной переменной будем определять экспертным методом на основе анализа предоставленной о преподавателе информации.
- **Научно-педагогический стаж.** Данная переменная позволяет учесть суммарную продолжительность трудовой деятельности в образовательных



Рис. 3. Модель СНВ оценки результативности курса дистанционного обучения для студента

учреждениях, связанную с учебным процессом, область научных исследований, участие в грантах и т. д. [6].

- **Количество публикаций.** Определяет количество трудов (статей, пособий, монографий и т. д.), опубликованных преподавателем за установленный период времени. Данный параметр отражает научную активность преподавателя, уровень его компетенций в профессиональной области.

Для подсистемы нечеткого логического вывода, решающей задачу оценки качества дистанционного курса, входные параметры такие.

- **Степень соответствия требованиям РП и УМК.** Параметр позволяет оценить соответствие контента дистанционного курса требованиям рабочей программы и УМК по изучаемой дисциплине. Значение данного параметра можно представить как степень присутствия в созданном дистанционном курсе требуемых материалов и инструментов обучения.

- **Степень соответствия требованиям к изложению материала.** К требованиям, предъявляемым к содержанию учебного материала курса, можно отнести структурированность, логичность, последовательность, простоту, разнообразие видов предлагаемой деятельности и т. д. Значения для данной входной переменной будем определять экспертным методом на основе анализа содержания курса.

- **Уровень интерактивности.** Данный параметр характеризует степень применения в дистанционном курсе интерактивных технологий, позволяющих студентам в активном режиме взаимодействовать с обучающей информационно-коммуникационной системой.

Значения для данных входных переменных подсистемы нечеткого логического вывода, решающей задачу оценки личных качеств студента — участника курса дистанционного обучения, предлагается получать на основе соответствующих процедур тестирования и самообследования, проводимых перед началом курса.

- **Уровень мотивации.** Данный параметр позволяет учесть уровень мотивации студента, который в значительной степени определяет эмоционально-оценочные реакции и формирует predisposition к тем или иным действиям и поступкам.

- **Уровень имеющихся ЗУН.** Параметр позволяет оценить степень наличия у студента знаний, умений и навыков (ЗУН), имеющих значение для освоения предлагаемого дистанционного курса.

- **Оценка личных качеств.** Данный параметр предполагает учет таких личностных и психологических характеристик студента, как наличие свободного времени, самостоятельность, целеустремленность, дисциплинированность, ответственность и др.

Для всех термов входных переменных определены симметричные функции принадлежности, фор-

мируемые с использованием гауссовского распределения.

Следующим этапом являлась разработка базы правил для СНВ в форме условных высказываний типа "ЕСЛИ—ТО", представляющих нечеткую импликацию:

$$\begin{aligned} \text{ЕСЛИ } x_{i1} \text{ есть } A_{i1} \text{ И } x_{i2} \text{ есть } A_{i2} \text{ И } x_{in} \text{ есть } A_{in} \\ \text{ТО } y_i \text{ есть } B_i. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь A_{ij} , B_i — лингвистические значения, идентифицированные нечетким способом через соответствующие функции принадлежности $\mu A(x_i)$ и $\mu B(y)$ для переменных x и y . Для всех термов переменных, входящих в правила типа (1), определены гауссовы функции принадлежности:

$$A_{ij}(x) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x - a_{ij}}{\beta_{ij}}\right)^2\right], \quad B_i(y) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y - a_i}{\beta_i}\right)^2\right].$$

Примеры правил нечеткого вывода созданной СНВ могут быть представлены в следующем виде:

- **ЕСЛИ** квалификация *средняя* **И** педагогический стаж *средний* **И** количество публикаций *высокое* **ТО** профессиональные качества преподавателя *средние*;
- **ЕСЛИ** степень соответствия требованиям РП и УМК *высокая* **И** уровень интерактивности *низкий* **И** степень соответствия требованиям к изложению материала *средняя* **ТО** качество курса *ДО среднее*;
- **ЕСЛИ** мотивация *высокая* **И** уровень имеющихся ЗУН *низкий* **И** оценка личных качеств студента *высокая* **ТО** личные качества студента *высокие*;
- **ЕСЛИ** профессиональные качества преподавателя *средние* **И** качество курса *ДО среднее* **И** личные качества студента *высокие* **ТО** результативность курса *ДО* для студента *средняя*.

На основе экспертных знаний было сформулировано более 200 правил. На рис. 4 (см. вторую сторону обложки) приведена визуализация поверхности системы нечеткого логического вывода, отражающая зависимость выходной переменной верхнего уровня *Результативность курса ДО* от входных переменных *Профессиональные качества преподавателя* и *Личные качества студента*.

Проанализировав полученную поверхность СНВ, можно сделать вывод о том, что она отвечает экспертным представлениям в рассматриваемой предметной области. Так, например, можно увидеть, что чем выше профессиональные качества преподавателя и лучше личные качества студента, тем с большей уверенностью можно говорить о результативности предлагаемого курса дистанционного обучения. В то же время можно заметить, что личные качества студента оказывают на результативность дистанционного обучения более сильное влияние.

Дальнейшие исследования будут связаны с разработкой на основе созданной СНВ соответствующей нейронечеткой сети, которая позволит учиты-

вать существующую информацию о процессе дистанционного обучения и его результатах для обучения сети. Адаптивная система нейронечеткого вывода позволит определять параметры функций принадлежности, которые лучше всего соответствуют созданной СНВ, а также формировать правила нечеткой продукции путем извлечения скрытых закономерностей из данных обучающей выборки.

Заключение

В результате проведенного исследования были рассмотрены и проанализированы факторы, оказывающие влияние на процесс дистанционного обучения. Была предложена системная модель представления факторов, влияющих на результативность процесса дистанционного обучения. Данная модель позволяет привести все факторы в единую сложную систему и раскрыть их влияние друг на друга. Кроме этого, в статье была предложена методика оценки внутренних и внешних факторов, влияющих на результативность дистанционного обучения на уровнях изучаемой дисциплины и участников рассмат-

риваемого процесса (в рамках анализа триады "Студент—Учебный курс ДО—Преподаватель"), на основе теории нечетких множеств с помощью построения системы нечеткого логического вывода.

Список литературы

1. **Гузайров М. Б., Ильясов Б. Г., Герасимова И. Б.** Системный подход к анализу сложных систем и процессов на основе триад // Проблемы управления. 2007. № 5. С. 32—38.
2. **Гузайров М. Б., Черняховская Л. Р., Герасимова И. Б.** и др. Анализ и управление качеством образовательных процессов на основе знаний // Труды IX Международной конференции "Проблемы управления и моделирования в сложных системах". Самара, 2007. С. 321—327.
3. **Леоненков А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.
4. **Черняховская Л. Р., Старцева Е. Б., Муксимов П. В.** и др. Поддержка принятия решений при стратегическом управлении предприятием на основе инженерии знаний / Под ред. Л. Р. Черняховской. Уфа: АН РБ, Гилем, 2010. 128 с.
5. **Черняховская Л. Р., Герасимова И. Б., Салаватова А. Р.** и др. Оценка влияния социально-психологических факторов на качество подготовки студента с применением нечетких когнитивных карт // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18.
6. **Письмо** Минобрнауки РФ № АФ-947/96 от 26.10.2004 "О размерах и условиях оплаты труда работников образовательных учреждений в 2005 году" // Вестник образования. 2005. № 2.

L. R. Chernyakhovskaya, Dr. Sci. Tech., Professor of Technical Cybernetics Department,
e-mail: lrchern@yandex.ru;

I. B. Gerasimova, Dr. Sci. Tech., Professor of Automated Control and Management Systems Department,
e-mail: tarot_gera@mail.ru;

A. R. Davletbaeva, Graduate Student, e-mail: salomeia07@mail.ru
Ufa State Aviation Technical University (USATU), Ufa

Development of Fuzzy Inference System for Distance Learning Process Analysis

Currently distance learning technology (d-learning or e-learning) is an effective way to support educational process which has many advantages. Distance learning is influenced by number of various factors, therefore it's quality analysis and outcome prediction opportunity tasks have fairly high level of complexity and uncertainty. In this article we propose to provide systems analysis of these factors on the basis of triadic approach and attempt to estimate their effect on distance education process efficiency using fuzzy inference system. Triadic approach allows to bring all factors into a unified complex system and reveal their influence on each other. Fuzzy inference system makes it possible to estimate impacting of internal and external factors affecting distance learning on the levels of discipline and education process participants.

Keywords: distance learning, e-learning, systems analysis, triadic approach, Fuzzy Inference System

References

1. **Guzairov M. B., Ilyasov B. G., Gerasimova I. B.** Sistemyi podkhod k analizu slozhnykh sistem i processov na osnove triad. *Problemy upravleniya*. 2007. N. 5. P. 32—38 (in Russian)
2. **Guzairov M. B., Chernyakhovskaya L. R., Gerasimova I. B., Nugaeva K. R.** *Trudy IX Mezhdunarodnoi konferentsii "Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh"*, Samara, 2007. P. 321—327 (in Russian)
3. **Leonenkov A. V.** *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* (Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH). Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2003. 736 p. (in Russian)
4. **Chernyakhovskaya L. R., Startseva E. B., Muksimov P. V., Makarov P. V., Malahova A. I.** *Podderzhka prinyatiya reshenii pri*

strategicheskoy upravlenii predpriyatiem na osnove inzhenerii znaniy (Decision making support at the strategic management of the enterprise on the basis of knowledge engineering). Ufa: AN RB, Gilem, 2010. 128 p. (in Russian)

5. **Chernyakhovskaya L. R., Gerasimova I. B., Salavatova A. R., Mukhamedrakhimova L. N.** *Vestnik UGATU*, 2014. Vol. 18, N. 4(65), P. 134—141. (in Russian)

6. **O razmerakh i usloviyakh oplaty truda rabotnikov obrazovatel'nykh uchrezhdenii v 2005 godu.** *Pis'mo Minobrnauki RF* от 26.10.2004 N AF-947/96 (About the size and terms of educational institutions employees remuneration in 2005. Letter of the Russian Federation Ministry of Education from 26.10.2004. N AF-947/96). Moscow, *Vestnik obrazovaniya*. 2005. N. 2 (in Russian)