

Применение нечётких когнитивных карт для моделирования поведения пользователей системы дистанционного обучения

В.С. Киреев

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, Российская Федерация
vskireev@mephi.ru

Аннотация

Оптимизация систем дистанционного обучения (LMS) является одной из актуальных задач в условиях роста объёмов представляемого в них контента и увеличения количества слушателей дистанционных курсов. Оптимизация в большинстве случаев основывается на анализе данных логов LMS и выявлении паттернов поведения пользователей по отношению к контенту. Данная статья посвящена описанию подхода к моделированию пользовательского поведения в системе дистанционного обучения на основе подхода, включающего нечёткие когнитивные карты (FCM). Предлагаемая модель описывает взаимодействие пользователей с контентом в системе и может быть использована для прогнозирования реакции пользователей на обучающие, контрольные и практические элементы. Полученная когнитивная карта протестирована и уточнена с помощью данных системы ИНФОМИФИСТ, используемой на ряде факультетов НИЯУ МИФИ для поддержки учебного процесса уже более 9 лет.

1 Введение

В настоящее время дистанционное образование (e-learning) вызывает повышенный интерес как в корпоративном секторе, с массовым внедрением концепции корпоративного университета, так и среди классических образовательных учреждений [4]. Также следует отметить платформы, посвящённые обучению как таковому и поддерживающие концепцию MOOC, например, Coursera, EdX и т.д. Данная парадигма позволяет повысить эффективность процесса обучения, снизить организационные и производственные издержки, автоматизировать процесс передачи знаний и получить дополнительный источник информации о качестве получаемого слушателями образования и их поведении. Системы дистанционного образования представлены как

корпоративными решениями, так и решениями с открытым кодом. Среди последних, наибольшей популярностью пользуется система Moodle, которая применяется во многих учебных заведениях в качестве фреймворка для собственных программных решений. Дистанционное образование в последние годы характеризуется накоплением большого объёма данных и востребованностью для его обработки методов интеллектуального анализа (E-learning data mining), поэтому проблема повышения эффективности обучения слушателей, за счёт оптимизации обучающего контента, является крайне актуальной.

2 Современные подходы к решению проблемы

Большинство подходов к оптимизации контента интернет-ресурсов вообще и систем дистанционного образования в частности, заключается в выявлении паттернов поведения пользователей на основе анализа их действий в системе (Web Mining) [2,3]. Данный анализ, в основном, производится с использованием методов кластеризации и классификации. Кроме того, используются методы поиска ассоциативных правил, секвенциальный анализ и текстовый (контент) анализ (см. Рис. 1).

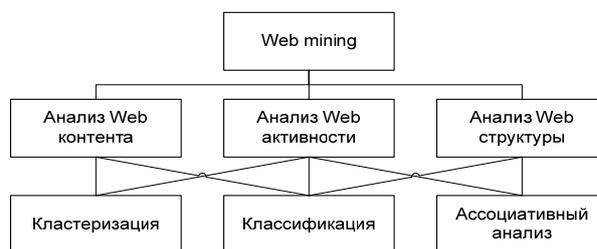


Рисунок 1 Актуальные направления интеллектуального анализа интернет-ресурсов

Кроме этого в последние годы развивается направление когнитивной визуализации [10], позволяющей описывать учебную траекторию слушателя по имеющимся логам LMS. Перечисленные методы позволяют выявить локальные особенности поведения пользователей, однако, возможность обобщения полученных результатов на процесс взаимодействия с LMS в

целом, возникает достаточно редко [5]. Таким образом, для выявления слабых мест представленного в системе контента возникает необходимость проведения повторных исследований, в большинстве случаев достаточно трудоёмких. Создатель курса в силу различных причин не всегда имеет возможность реализовать данный вариант, и присутствующие в системе данные оказываются невостребованными. Таким образом, выявление требований к контенту на фундаментальной основе является необходимым и обоснованным. Эти требования должны закладываться на первом этапе, при разработке курса для создания более совершенного контента. С этой целью предлагается разработать обобщённую модель, которая позволит определить оптимальные количественно-качественные формы обучающего контента.

3 Нечёткие когнитивные карты

Когнитивные карты являются одним из инструментов представления слабо формализуемых предметных областей, в особенности в экономике, политической и военной сферах. Данный подход был предложен Аксельродом в работе 1976 года, посвящённой моделированию политической сферы [7]. Когнитивная карта представляет собой знаковый ориентированный граф, в котором вершинами представляются сущности, концепции, факторы, цели и события, а дугами задаётся их влияние друг на друга. Влияние или воздействие характеризуется некоторой пороговой функцией, которая может определяться различными способами. Функция получается на основании экспертной оценки, которая первоначально задаётся в лингвистической форме. Впоследствии Кошко [1] предложил расширение данной парадигмы за счёт введения нечёткости, что в большей степени отражает разброс мнений экспертов при оценке воздействия одних факторов на другие. В качестве нечётких чисел чаще всего используются треугольные числа.

В целом, задача определения состояния вершин (концептов) когнитивной карты сводится к расчётам в соответствии с формулой (см. формулу 1):

$$A_i(k+1) = f \left(A_i(k) + \sum_{j \neq i, j=1}^N A_j(k) W_{ji} \right), \quad (1)$$

где $A_i(k+1)$ – новое состояние вершины, $A_i(k)$ – предыдущее состояние, W_{ji} – матрица весов, f – пороговая функция.

Процесс расчёта является итеративным - после задания начальных состояний вершин значения состояний пересчитываются до тех пор, пока разница между текущими и предшествующими состояниями не окажется меньше некоторого заданного значения ε .

На сегодняшний день в процессе управления сложными системами часто используются когнитивные карты [6] разной степени

формализации на различных этапах поиска решений в слабоструктурированных проблемных областях, особенно в социальной и экономической сфере. На основе когнитивных карт разрабатываются методики генерации и верификации карт, поддерживающие этап формирования общего представления знаний о ситуации. На данном этапе разработка когнитивных карт направлена на визуальное представление проблемы [11,12] для объяснения действий субъекта, опираясь на анализ его точки зрения. В этом случае адекватность карты подтверждается самим субъектом. Одним из актуальных направлений развития когнитивных карт являются фреймворки когнитивные карты [9].

4 Предлагаемый подход

В качестве модели взаимодействия пользователя с системой LMS предлагается нечёткая когнитивная карта, описывающая воздействие на эффективность освоения (ИК) слушателем курса набора концептов, характеризующих контент как с дидактической, так и системной точек зрения. В частности, изучаемый курс представляет собой совокупность модулей (МК), результативность освоения которых влияет на концепт ИК. Отдельный модуль представляется совокупностью статического и интерактивного контента. Статический обучающий контент (ОК) включает в себя конспекты и презентации лекций, вспомогательные методические материалы и т.д. Интерактивный контент включает в себя чистый контролирующий компонент, такой как тесты (ТК), и обучающий практико-ориентированный компонент (ПК), такой как лабораторные работы и тренажёры, выполняемые в системе (например, SCORM-пакеты).

Среди других сущностей можно отметить: Взаимодействие с системой (ВС), Количество входов (КВ), Проведённое в системе время (ПВ), Качество обратной связи (КО), Количество новых тем, созданных пользователем (КН), Количество сообщений, оставленных пользователем (КС), Успешность освоения текущего курса (К1), Успешность освоения других курсов (КН), Результаты других слушателей (РС), Итоговая оценка за курс (ОИ), Траектория обращения пользователя к модулям, и контенту внутри них, соответствующая естественной последовательности освоения курса (ПО), Успешность освоения модуля курса (МК), Рекомендуемые источники (РИ), Обучающий контент (ОК), Практико-ориентированный компонент (ПК), Контрольный компонент (ТК), Количество материалов, Количество тестов (КТ), Количество попыток прохождения теста (КП), Оценка за тест (ОТ), Время проведённое в тесте (ВТ) (см. Рис. 2). Путём опроса 5 экспертов – разработчиков дистанционных курсов были определены веса дуг, для этого использовались однотипные лингвистические шкалы, рассчитанные по 5-балльной шкале, где 1 балл означает низкий уровень

влияния, а 5- максимально высокий. Далее оценки экспертов были согласованы с помощью метода Саати и осуществлена их фазсификация. В качестве пороговой функции для состояний концептов использовалась функция единичного скачка (см. формулу 2):

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Предложенная модель была протестирована с помощью свободно распространяемого приложения Fstarrer на нескольких сценариях, зависящих от сложности практико-ориентированного, самостоятельного и контрольного компонентов, и количества соответствующих элементов, для поиска равновесного состояния (см. Рис. 3).

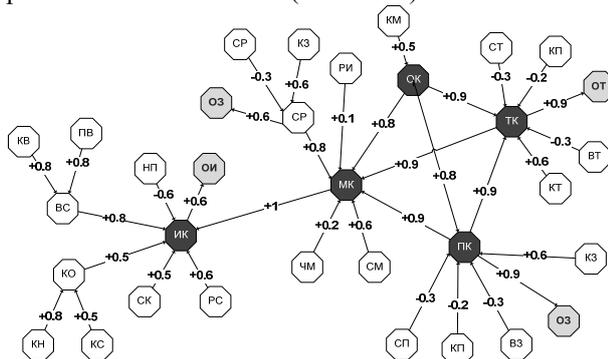


Рисунок 2 Когнитивная карта взаимодействия пользователей с системой дистанционного образования

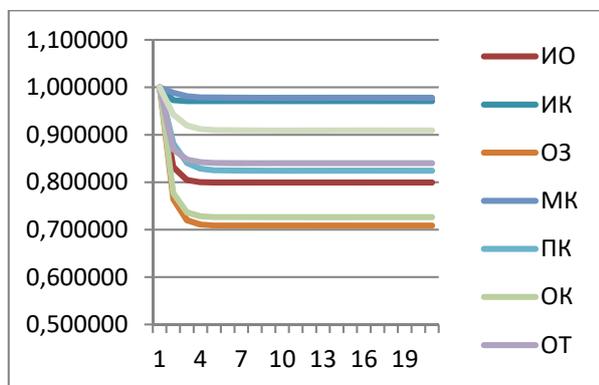


Рисунок 3 Пример результатов использования сценария с «лёгким» уровнем сложности компонентов курса

На графике представлены основные концепты, включая эффективность освоения курса (ИК), и можно видеть, что в условиях «низкой» сложности значение концепта ИК достигает вполне приемлемой величины – 0,8. Индикаторные показатели – оценки за компоненты курса также укладываются в нормативные значения, в том числе по системе ECTS.

5 Тестирование предлагаемой модели

Верификация когнитивных карт представляет собой нетривиальную задачу и чаще всего решается

двумя различными способами [8]: 1) проверкой полученных значений в вершинах или модели в целом с помощью альтернативных подходов и методов – математико-статистических, таких как метод Монте-Карло, или приёмами имитационного моделирования и т.д.; 2) проверкой вывода каждой дуги на реальных исторических данных. Построенная модель была протестирована на реальных данных, полученных из системы ИНФОМИФИСТ (см. Рис. 4), используемой для поддержки учебного процесса в НИЯУ МИФИ с 2007 года на факультете Экономики и Управления, факультете Кибернетики и Информационной безопасности, а с 2015 года в Бизнес школе. За это время в системе было размещено более 100 различных курсов, обучение которым прошли около 15 тысяч слушателей. ИНФОМИФИСТ разработан на основе системы дистанционного обучения с открытым кодом Moodle, которая позволяет управлять контентом, пользователями и осуществлять мониторинг их действий. Таким образом, был накоплен большой объём информации о поведении пользователей, который был проанализирован с целью уточнения параметров разработанной когнитивной карты. Журнал событий системы содержит более 3 миллионов записей.

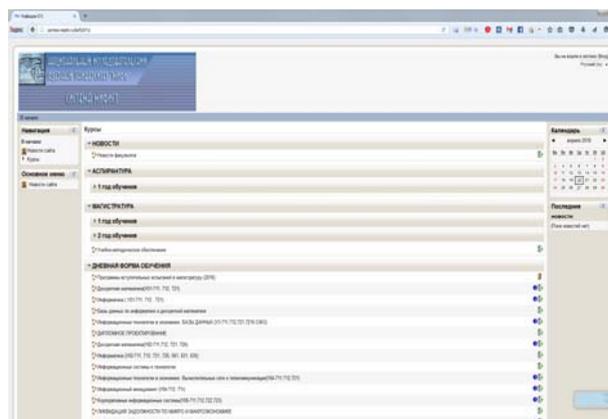


Рисунок 4 Главная страница системы ИНФОМИФИСТ

Для проведения анализа были использованы данные системы, соответствующие учебному плану магистерского направления подготовки 38.04.01 «Экономика». С помощью корреляционно-регрессионного подхода были проведены оценки зависимости ряда предложенных в модели сущностей, таких как индикаторные элементы (оценки за практический компонент и другие оценки) от сущностей второго порядка – количество лабораторных работ в SCORM (КЗ), количество сделанных попыток (КП), общее затраченное время (ВЗ) и т.д. (см. формулу 3):

$$Y^{i_{OT}} = F(X^{i_{СП}}, X^{i_{КП}}, X^{i_{КЗ}}, X^{i_{ВЗ}}) + \varepsilon_i \quad (3)$$

В качестве модельной функции регрессии была использована квадратичная функция. В качестве исходных данных по каждому компоненту была взята агрегация показателей по каждому слушателю.

Например, по практическому компоненту: сумма оценок за все SCORM работы, сумма минут, потраченных на все задания, сумма количества попыток на каждое задание, количество всех заданий.

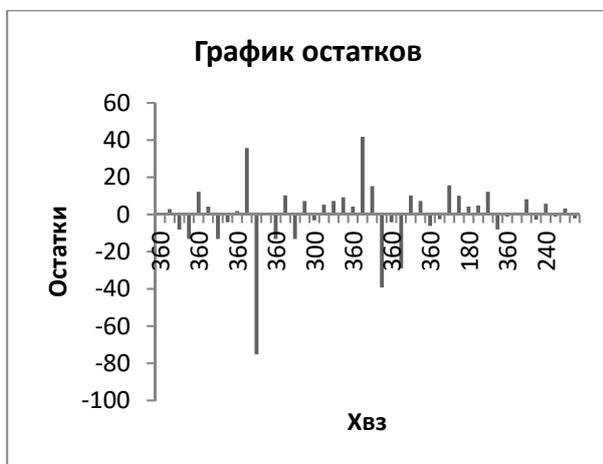


Рисунок 5 Результаты корреляционно-регрессионного анализа на пример курса «Маркетинг инноваций»

Полученные результаты (см. на Рис. 5) свидетельствуют о соответствии в целом оцененных экспертами весов дуг модели и построенной регрессии. Однако ряд значений весов требуется пересмотреть, например, воздействие проведённого времени в тесте. Кроме этого, для повышения точности работы модели планируется выделить дополнительные сущности и факторы, представляющие компоненты курса более точно, в том числе по обучающему контенту.

6 Заключение

Когнитивные карты позволяют моделировать слабо формализованные предметные области для повышения качества прогнозов, создания возможных сценариев развития ситуации. В данной статье обсуждается возможность использования нечётких когнитивных карт в качестве основы модели поведения пользователей в процессе дистанционного обучения с помощью LMS. Планируются дальнейшие исследования с целью уточнения параметров построенной когнитивной карты в части нечётких функций, описывающих взаимное влияние сущностей карты, а также весовых значений дуг.

Литература

- [1] В. Kosko, Fuzzy Cognitive Maps, *Int. J. of Man-Machine Studies*, 24, 1986, p. 65-75.
- [2] C. Romero, S. Ventura, & E. Garcia. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers & Education*, 51(1), 368-384.
- [3] E. Garcia, C. Romero, S. Ventura, S., & C. de Castro. (2011). A collaborative educational association rule mining tool. *Internet and Higher Education*, 14(2), 77-88.
- [4] E-Learning Market Trends & Forecast 2014 – 2016 URL: <https://www.docebo.com/landing/contactform/learning-market-trends-and-forecast-2014-2016-docebo-report.pdf> (дата обращения: 15.05.2016).
- [5] Kavita D. Satokar, Prof..S.z.Gawali, “Web Search Result Personalization using Web Mining”, *International Journal of Computer Applications* (0975 - 8887), Volume 2 - No.5, June 2010.
- [6] O.D. Ntarlas, P. P Groumos. A survey on Applications of fuzzy cognitive maps in business and management // *Вестник УГАТУ = Vestnik UGATU*. 2014. №5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/a-survey-on-applications-of-fuzzy-cognitive-maps-in-business-and-management> (дата обращения: 15.05.2016).
- [7] R. Axelrod, *Structure of Decision, The Cognitive Maps of Political Elite*, Princeton University Press, 1976.
- [8] А. А. Кулинич, Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы, *Проблемы управления*, 2010, № 3, 2–16.
- [9] А.А. Кулинич Семиотические когнитивные карты (фреймовая модель) / *Труды XII Всероссийского совещания по проблема управления (ВСПУ-2014, Москва)*. М.: Ипу РАН, 2014. С. 4152-4164.
- [10] В.А. Углев, Т.М. Ковалева Когнитивная визуализация как инструмент сопровождения индивидуального обучения // *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2014. №3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnaya-vizualizatsiya-kak-instrument-soprovozhdeniya-individualnogo-obucheniya> (дата обращения: 15.05.2016).
- [11] В.П. Карелин Модели и методы представления знаний и выработки решений в интеллектуальных информационных системах с нечёткой логикой // *Вестник ТИУиЭ*. 2014. №1 (19). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modeli-i-metody-predstavleniya-znaniy-i-vyrabotki-resheniy-v-intellektualnyh-informatsionnyh-sistemah-s-nechyotkoy-logikoy> (дата обращения: 15.05.2016).
- [12] Л.А. Гинис Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем // *ИВД*. 2013. №3 (26). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/razvitiye-instrumentariya-kognitivnogo-modelirovaniya-dlya-issledovaniya-slozhnyh-sistem> (дата обращения: 18.05.2016).

Application of fuzzy cognitive maps in simulation of the LMS users' behavior

Vasily S. Kireev

Optimization of learning management systems (LMS) is one of the urgent tasks in the face of rising volumes of content represented in them and increasing the number of listeners of online courses. Optimization in most cases is based on the analysis of LMS log data, to identify patterns of user behavior relative to content.

This article describes the approach to modeling user behavior for systems of distance learning-based approach involving fuzzy cognitive maps (FCM). The proposed model describes the user interaction with the content in the system and can be used to predict how users react to the training, control and practical elements. The resulting cognitive map is tested and refined using data system INFOMEPHIST applied in a number of faculties of the MPhI to support the educational process for more than 9 years.