

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ЛАНДШАФТЫ В КОНТЕКСТЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА

Educational Landscapes in the Context of the Digital Educational Environment

Dmitry Boyarinov

Smolensk State University, Russian Federation

Abstract. *The concept of "educational map", as well as a number of related concepts such as "concept map", have been the subject of numerous studies in the field of pedagogy over the years. They are a tool for describing and analyzing the knowledge of a specific student at a specific point in time. Recently, there has been interest in the problem of generalization and aggregation of information contained in separate individual maps. The concept of "Concept Landscape" was proposed as an approach to solving this problem (Mühling, 2017). However, this concept is focused exclusively on the analysis of the knowledge structure of a group of students. Accordingly, the problem arises of finding a more general and more universal tool that allows us to organically fit aggregated educational maps into the structure of the digital educational environment. We propose to consider this environment as a context that unites all possible educational maps. In accordance with the proposed approach, by the educational landscape we mean the result of the aggregation of several educational maps, united by the digital educational environment as a common context. We also set ourselves the task of identifying technologies for the aggregation of educational maps. We consider superposition, inclusion and absorption as such technologies and disclose the content of these operations in our article. We also establish the main form of the formal description of the educational landscape - a graph with colored vertices and edges. We propose a five-component algorithm for constructing and processing an educational landscape and describe the content of all its stages in the article. In our study, we also give an answer to the question about the role of the educational landscape within the digital educational environment. This role is, in our opinion, multifactorial. The main factors include: the formation of a space of possible individual learning trajectories; analysis and forecasting of the group dynamics of knowledge and skills of students; creation of a tool for supporting the design of an digital educational environment.*

Keywords: *educational landscape; concept landscape; educational map; concept map; digital educational environment.*

Введение *Introduction*

Понятие «образовательная карта», как и ряд родственных ему понятий, такие, как «карта концептов», являются предметом многочисленных исследований в области педагогики на протяжении многих лет. Они представляют собой инструмент описания и анализа знаний конкретного обучающегося в конкретный момент времени. В последнее время отмечается интерес к проблеме обобщения, агрегирования информации, содержащейся в отдельных картах. В качестве подхода к решению данной проблемы было предложено понятие «Concert Landscape» (Mühling, 2017). Однако данное понятие ориентировано исключительно на анализ структуры знаний группы учащихся безотносительно специфики педагогической среды, в которой проходит учебный процесс. Вместе с тем, последние десятилетия характеризуются информатизацией образовательной сферы и ростом интереса к такой форме информатизации, как информационное образовательное пространство (цифровая образовательная среда). Возникает вопрос разработки такого способа агрегирования информации, которое бы отражало специфику информатизации и определенных её форм. Соответственно возникает проблема поиска более общего и более универсального инструмента, позволяющего органично вписать агрегированные образовательные карты в структуру информационного образовательного пространства. Такому инструменту должны быть сопоставлены технологии его создания и сценарии (алгоритмы) его использования при проектировании и реализации учебного процесса. Необходимо также охарактеризовать роль этого инструмента в рамках информационного образовательного пространства. Пути решения отмеченного круга проблем и составляют содержание настоящего исследования. В нашей работе мы использовали такие методы, как анализ научной литературы по теме исследования, метод логического обоснования, сравнительный анализ.

Анализ проблемы и постановка задачи *Solving the Problem*

Понятие «карта концептов» (Cañas, 2003, Mühling, 2017), а также родственные ему понятия, такие как «образовательная карта» (Cosentino de Cohen, & Chu Clewell, 2007), «карта интеграции знаний» (Schwendimann, 2014) являются в настоящее время предметом многочисленных исследований. Возникновение интереса к данным понятиям было вызвано

исследованиями когнитивных процессов в обучении. Д.Л.Трамповер с соавторами выделяют три основные элемента в структуре процесса анализа знаний обучающегося (Trumpower, Sharara, & Goldsmith, 2010, 6). Это «извлечение знаний», «представление знаний» и «оценка знаний». Необходимость такого подхода очевидным образом следует из непосредственной ненаблюдаемости знаний как таковых. Об их наличии у обучающегося мы можем судить только по косвенным признакам. Соответственно необходим инструмент экстернализации знаний. Одним из таких инструментов и являются карты концептов. Они представляют собой инструмент структуризации и анализа знаний данного обучающегося в данный момент времени.

Согласно данным Дж.Д. Новака, концепт представляет собой воспринимаемую субъектом закономерность, событие или объект, который обозначен определенным образом – с помощью метки (Novak, 2010, 25). Основной «смысловой единицей», содержащейся в когнитивной структуре субъекта, является предложение. Оно формируется в ситуации, когда два или более концептов объединяются с помощью определенных «связующих слов» (Novak, 2010, 26). Структуру предложения составляют два (или более) концептов и «ярлык связи», объединяющий их. А.Канас определяет карту концептов, как «графическое представление знаний, основными элементами которого являются понятия и отношения между ними» (Саñas, 2003, 5). А. Мюлинг поддерживает точку зрения, согласно которой карты концептов могут рассматриваться в качестве результата экстернализации знаний обучающихся (Mühling, 2017, 2).

Дж.Д.Новак и А.Канас (Novak & Саñas, 2010) отмечают успешный опыт применения карт концептов для решения задачи описания и оценки структуры знаний учащихся в различных предметных областях. Анализ карт концептов, построенных обучающимися, позволяет выявить текущий уровень знаний в предметной области, соотнести его с эталоном (целями обучения). Многие исследователи (Саñas, 2003; Mühling, 2017; Novak & Саñas, 2010) указывают на высокий уровень достоверности и надежности информации об учащемся, получаемой в результате анализа карт концептов.

Наработанный к настоящему времени объём исследований в области карт концептов позволяет ставить проблему обобщения, генерализации информации, содержащейся в отдельных картах концептов. Генерализация может проходить в одном из двух возможных направлений – «временном» или «субъектном».

Говоря о генерализации во временном направлении, мы имеем в виду обобщение различных карт, характеризующих одного субъекта в разные

моменты времени. Такая генерализация в первую очередь позволяет описывать и анализировать динамику изменения знаний обучающегося.

Говоря о «субъектном» направлении, мы имеем в виду обобщение различных карт, характеризующих разных субъектов в один момент времени. В последнем случае, очевидно, субъекты должны быть объединены, помимо момента времени, ещё и общей предметной областью, знания в рамках которой подлежат формализации и анализу. Такая генерализация позволяет в первую очередь описывать и анализировать структуру знаний группы обучающихся. Соответственно возникает возможность соотнесения знаний данного учащегося с обобщенными результатами всей группы, что позволяет делать выводы об эффективности используемых технологий обучения применительно к данному учащемуся.

Также возможна генерализация в обоих направлениях одновременно. При этом возникает возможность анализа динамики групповых результатов.

А.Мюлинг вводит понятие концептуального ландшафта (Concept Landscape) как «общее понятие для агрегирования данных нескольких концептуальных карт с целью анализа этой комбинации [как единого целого]» (Mühling, 2017, 7). Предлагается «новый способ исследования состояния и развития структуры знаний в группах людей, основанный на использовании карт концептов» (Mühling, 2017, 1). При этом создаются предпосылки для использования инструментов интеллектуального анализа данных.

А.Мюлинг, автор концепции образовательного ландшафта, понимает под ним результат агрегирования нескольких карт концептов, объединенных общим контекстом. В качестве объединяющего контекста могут выступать общие авторы, один и тот же момент времени, в который сгенерированы карты, или одинаковая предметная область, которая описывается этими картами (Mühling, 2017, 7).

Основная идея, лежащая в основе концептуального ландшафта: вместо традиционного подхода, основанного на дидактике одного обучающегося (однократно или многократно в различные моменты времени) и изолированном рассмотрении результатов разных учащихся, систематически агрегировать результаты отдельных учащихся с тем, чтобы получить представление о состоянии и развитии знаний группы обучающихся в целом.

Агрегирование может осуществляться на основе двух технологий (Mühling, 2017, 9):

1. «Накопление». В рамках этой технологии карты концептов рассматриваются как отдельные объекты. Информация, содержащаяся в

них, объединяется таким способом, который даёт возможность её дальнейшего анализа.

2. «Объединение». Основным инструментом реализации данной технологии является аппарат теории графов. Отдельные карты концептов объединяются в виде графовой модели.

Обработка информации, содержащейся в концептуальном ландшафте, в первую очередь подчинена задаче изучения структуры знаний обучающихся.

С точки зрения А. Мюлинга, наиболее интересными аспектами концептуального ландшафта являются следующие (Mühling, 2017, 12-13):

1. Внутренняя дифференциация в структурах данных. Анализ такой дифференциации позволяет выявить группы обучающихся, различающиеся по способу организации структур знания. Осуществление анализа требует привлечения методов интеллектуального анализа данных.

2. Общие элементы структур знаний. Анализ таких элементов позволяет выявить основные, базовые элементы знания, структурирующие весь концептуальный ландшафт. По мнению А. Мюлинга, для выделения таких элементов предпочтительно использовать технологию слияния. Процесс анализа при этом имеет сложную структуру, он может, в частности, включать в себя элементы кластерного анализа (Mühling, 2017, 13).

Наиболее общая форма концептуального ландшафта – это граф с нагруженными ребрами. Веса ребер описывают «степень общности» связи между понятиями (частоту, с которой данная связь наблюдается на всех картах концептов, образующих ландшафт). Такой граф, как отмечает А. Мюлинга, сам по себе не подходит для качественной проверки (Mühling, 2017, 14), так как он как правило очень плотный (т.е. содержит количество ребер, близкое к максимальному для графа, не содержащего кратных ребер). На таком графе структурная информация содержится как в весах ребер, так и в весах вершин. Обработка информации, содержащейся в данном графе, возможна с применением всего богатого арсенала средств теории графов.

Наряду с картами концептов, большой интерес представляют и образовательные карты, которые представляют собой инструмент описания и анализа знаний конкретного обучающегося в конкретный момент времени. В дальнейшем мы будем называть такие образовательные карты индивидуальными образовательными картами. Ц. Козентино де Коэн и Б. Чу Клевелл понимают под образовательной картой "совокупность промежуточных целей, задач, путей их достижения в рамках решения обобщенной задачи обучения" (Cosentino de Cohen & Chu Clewell, 2007, 1), они помещают это понятие в контекст понятия "дорожная

карта", как более общего. Данный подход связывает понятия «образовательная карта» и «образовательный маршрут», что представляется нам весьма перспективным. Б.А.Швиндемманн вводит понятие «карты интеграции знаний», исходя из задачи развития количественных методов анализа информации, содержащейся в карте (Schwendimann, 2014, 18). Для карт интеграции знаний характерно наличие весов у элементов знаний и связей между ними. Дидактометрическую составляющую образовательных карт и карт концептов отмечали и И. Ёин с соавторами, используя понятие «измерение структуры знаний» (Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala, & Shavelson, 2005, 167). При этом возможна количественная оценка понятий, уровней иерархии, связей между понятиями, предложений (Cañas, 2003, 5; Yin et al., 2005, 166). Заметим, что к настоящему времени отсутствуют работы, в рамках которых ставится вопрос об агрегировании информации, содержащейся в образовательных картах, подобно тому, как это было сделано А. Мюлингом применительно к картам концептов.

Другим аспектом, актуальным для современной педагогики, является информатизация образовательной сферы и соответствующий рост интереса к такой форме информатизации, как информационное образовательное пространство (цифровая образовательная среда). Проблема структуры такой среды, её свойств и технологий, которые обеспечивают её проектирование, является предметом многочисленных исследований (Boyarinov, 2019; Boyarinov, 2020; Cañas, 2003; Cosentino de Cohen & Chu Clewell, 2007; Schwendimann, 2014 и др.). Естественным является рассмотрение современной образовательной среды, как основанной на применении современных через информационно-коммуникационных технологий, технологий искусственного интеллекта. Такой подход позволяет наметить направления использования аппарата карт концептов в контексте информационной образовательной среды. В работе Х.Чу, Г.Хванг и Ё.Лианг рассматривается проблема интеграции технологий карт концептов в рамках "web-based learning environment" с акцентом на карты концептов, создаваемые обучающимися (Chu, Hwang, & Liang, 2014, 19). В работе П. Двиведи, В. Кант и К. Бхарадваджа анализируется построение индивидуальных траекторий обучения на основе методов интеллектуального анализа данных (Dwivedi, Kant, & Bharadwaj, 2018). М. Фриас с соавторами также рассматривает нечёткие когнитивные карты в контексте интеллектуального анализа данных (Frias et al., 2018).

Однако к настоящему моменту проблема агрегирования информации, содержащейся в образовательных картах в контексте информационного образовательного пространства не является решенной.

Таким образом можно констатировать как наличие в современной педагогической литературе проработанных подходов к построению и обобщению карт концептов, образовательных карт, так и определенных ещё не реализованных возможностей в этой сфере, в первую очередь относящихся к вопросам интеграции этих объектов в информационное образовательное пространство.

Результаты *Results*

Рассматривая проблему поиска общего и универсального инструмента, позволяющего органично вписать агрегированные образовательные карты в структуру информационного образовательного пространства, мы предлагаем рассматривать это пространство как контекст, объединяющий все возможные образовательные карты. Под информационным образовательным пространством мы будем понимать коммуникативную информационно-образовательную среду, взаимодействующую со своими субъектами (обучающимся, преподавателем), отражающую личностные установки и личностные смыслы субъектов, обеспечивающую построение и реализацию индивидуальных траекторий обучения. Под образовательным ландшафтом мы понимаем результат агрегирования нескольких образовательных карт, объединенных информационным образовательным пространством как общим контекстом.

После определения образовательного ландшафта естественным образом возникает задача разработки технологий и алгоритма создания и обработки такого ландшафта.

Мы устанавливаем основной вид формального описания образовательного ландшафта – граф с раскрашенными вершинами и ребрами. Цвета (в терминологии теории графов) вершин и рёбер графа представляют собой числа, отражающие количественную информацию, характеризующую соответствующий объект. Применительно к индивидуальным образовательным картам это в первую очередь информация о степени усвоения данным учащимся данной информации в определенный момент времени.

В качестве технологий создания образовательного ландшафта мы рассматриваем суперпозицию, включение и поглощение.

Технологии включения и поглощения требуют использования как индивидуальных образовательных карт, так и формальной модели всего изученного теоретического материала. Технология суперпозиции основана на использовании только индивидуальных образовательных карт и в этом смысле родственна технологии объединения в понимании А. Мюлинга.

Суперпозиция основывается на наложении индивидуальных образовательных карт. Оно осуществляется на основе операции лексикографического произведения графов (в терминологии теории графов). Суперпозиция содержит только те вершины и рёбра, которые содержатся хотя бы в одной из индивидуальных образовательных карт. Цвета этим элементам приписываются на основе усреднения цветов эти же элементов в индивидуальных образовательных картах. Результатом суперпозиции является образовательный ландшафт, отражающий обобщенные параметры усвоения учебного материала рассматриваемой группой обучающихся. Суперпозиция позволяет осуществлять анализ и прогнозирование групповой динамики знаний и навыков обучающихся.

Включение основывается на наложении образовательных карт учащихся и графовой модели теоретического материала. Включение содержит все вершины и рёбра, содержащиеся в модели теоретического материал, вне зависимости от их представленности в индивидуальных образовательных картах. Цвета этим элементам приписываются, как минимум соответствующих значений на индивидуальных образовательных картах (если они в них представлены) или условное значение "бесконечность" (если они не представлены ни на одной индивидуальной карте). Результатом включения является образовательный ландшафт, содержащий информацию об актуальном состоянии субъектов информационного образовательного пространства – обучающихся. Эта информация в графовой форме представления может служить основой проектирования информационного образовательного пространства.

Поглощение, как и включение, основывается на наложении образовательных карт учащихся и графовой модели теоретического материала. Поглощение содержит все вершины и рёбра, содержащиеся в модели теоретического материал, вне зависимости от их представленности в индивидуальных образовательных картах. Цвета этим элементам приписываются, как максимум соответствующих значений на индивидуальных образовательных картах (если они в них представлены) или число "0" (если они не представлены ни на одной индивидуальной карте). Результатом поглощения является образовательный ландшафт, содержащий информацию о всех возможных траекториях изучения рассматриваемого теоретического материала – как действительно реализованных обучающимися в процессе обучения (актуальные траектории), так и возможными к реализации при иной организации процесса изучения материала (потенциальные траектории). такая информация может быть получена в явном виде с помощью реализации известных алгоритмов поиска кратчайших путей на графах. В свою очередь, информация об актуальных и потенциальных траекториях

изучения материала позволяет осуществлять их сравнение, оценку относительной эффективности и выбор оптимальных траекторий обучения на основе такой оценки.

Рассмотренный нами выше подход А. Мюлинга к построению алгоритма работы с концептуальным ландшафтом представляется весьма перспективным, однако он не отражает особенности информационного образовательного пространства. Исходя из нашего понимания образовательного ландшафта, мы предлагаем следующий пятиэтапный алгоритм:

1. Анализ предметной области, знания в которой будут предметом моделирования. Данный анализ в первую очередь должен дать ответ на вопрос, каким образом организация информации в рамках предметной области соотносится с организацией информации в рамках информационного образовательного пространства. Информационная модель предметной области должна быть построена с использованием того же языка формализации, что и информационная модель информационного образовательного пространства. В качестве основного средства моделирования применительно к информационному образовательному пространству мы выбрали язык теории графов. Соответственно результатом этапа анализа являются принципы построения графовой модели предметной области. Реализация данного этапа существенно облегчается тем фактом, что к настоящему моменту существуют разнообразные проработанные подходы к графовому моделированию различных предметных областей (Cañas, 2003, Mühling, 2017; Schwendimann, 2014).

2. Выбор технологии построения образовательного ландшафта – суперпозиция, включение или поглощение. Выбор технологии в первую очередь определяется задачами, которые ставятся перед создаваемым образовательным ландшафтом. Формирование и анализ индивидуальных и групповых траекторий обучения предполагает выбор технологии поглощения. Анализ и прогнозирование групповой динамики знаний и навыков обучающихся предполагает выбор технологии суперпозиции. Создание среды поддержки проектирования информационного образовательного пространства предполагает использование технологии включения.

3. Использование выбранного метода – построение образовательного ландшафта.

4. Интеграция образовательного ландшафта в информационное образовательное пространство. Предпосылкой для реализации этого этапа является наличие единого языка формализации для построения информационной модели как информационного образовательного пространства, так и предметной области (см. этап 1).

5. Анализ и интерпретация результатов, полученных при использовании образовательного ландшафта. Эти результаты относятся к следующим трем основным группам:

5.1. Анализ и прогнозирование групповой динамики знаний и навыков обучающихся. Результаты анализа позволяют как оценить ход учебного процесса в группе в целом, так и поместить известные академические результаты конкретного обучающегося в контекст групповых результатов. Последнее позволяет как оценить данного учащегося по отношению к группе в целом, так и сделать выводы относительно степени эффективности применявшихся методических подходов и технологий применительно к обучению данного учащегося во всей совокупности его индивидуальных характеристик.

5.2. Формирование пространства возможных индивидуальных траекторий обучения – как групповых, так и отдельного учащегося. Построение индивидуальной траектории обучения является одним из ключевых свойств информационного образовательного пространства. Образовательный ландшафт, созданный на основе технологии поглощения, представляет собой описание не только тех траекторий обучения, которые фактически реализованы обучающимися в процессе обучения (актуальных траекторий обучения), но и всех возможных альтернатив им (потенциальных траекторий обучения). Это даёт возможность сравнения актуальных и потенциальных траекторий, оценки их относительной эффективности, экстраполяции результатов сравнения и оценки на проектируемую учебную деятельность с целью построения в дальнейшем оптимальных образовательных траекторий в рамках информационного образовательного пространства.

5.3. Создание среды поддержки проектирования информационного образовательного пространства. Данный аспект специфическим образом связан с информационным образовательным пространством и в силу этого наиболее значим в нашем исследовании. Информационное образовательное пространство должно отражать в своей структуре специфику своих субъектов – обучающихся. Информация об этой специфике на обобщенном уровне содержится в образовательном ландшафте. Соответственно в процессе проектирования информационного образовательного пространства образовательный ландшафт является одним из основных источников информации. В свою очередь, этот вывод вызывает необходимость определенного пересмотра принятых подходов к процессу педагогического проектирования информационного образовательного пространства, его этапов, их содержания и взаимосвязи между ними.

Обобщая сказанное выше, необходимо отметить, что в рамках информационного образовательного пространства образовательный

ландшафт имеет следующий функционал: формирование пространства возможных индивидуальных траекторий обучения; анализ и прогнозирование групповой динамики знаний и навыков обучающихся; создание среды поддержки проектирования информационного образовательного пространства.

Выводы *Conclusions*

Результаты проведенного нами теоретического исследования позволяют сделать вывод о необходимости и возможности поиска инструментов агрегирования информации, содержащейся в образовательных картах и последующей интеграции этих инструментов в информационное образовательное пространство. В частности, использование образовательного ландшафта в предлагаемой нами трактовке позволяет обеспечить формирование пространства возможных индивидуальных траекторий обучения; анализ и прогнозирование групповой динамики знаний и навыков обучающихся; создание среды поддержки проектирования информационного образовательного пространства.

Предложенную нами теоретическую модель можно использовать при проектировании информационного образовательного пространства, разработки и сопровождения индивидуальных и групповых траекторий обучения в рамках такого пространства. Дальнейшие исследования в данном направлении должны быть связаны в первую очередь с практической апробацией разработанной теоретической модели.

Summary

The concept of "concept map", as well as related concepts such as "educational map", "knowledge integration map" are currently the subject of numerous studies. The volume of research in the field of concept maps accumulated to date allows us to state the problem of generalization of information contained in concept maps of individual learners. The solution to this problem was proposed by A.Mühling in the form of the "Concept Landscape". The main idea underlying the concept landscape: instead of the traditional approach based on the didactometry of one student (once or repeatedly at different points in time) and an isolated consideration of the results of different students, systematically aggregate the results of individual students in order to get an idea of the state and development of knowledge groups of students as a whole. Along with concept maps, educational maps are also of great interest. Educational maps are a tool for describing and analyzing the knowledge of a specific student at a specific point in time. Also, the informatization of the educational sphere causes an increase in interest in such a form of informatization as the digital educational environment. However, to date, the problem of aggregating the information contained in educational maps in the context of the digital educational environment has not been solved. As a solution to this

problem, we propose to consider the educational landscape as a result of the aggregation of several educational maps, united by the educational information environment as a common context. We state the basic form of the formal description of the educational landscape - a graph with colored vertices and edges. We consider superposition, inclusion and absorption as technologies for creating an educational landscape. We propose a five-stage algorithm for working with the educational landscape, which includes: 1) analysis of the subject area, knowledge in which will be the subject of modeling; 2) the choice of proper technology for constructing the educational landscape - superposition, inclusion or absorption; 3) using the chosen method - building an educational landscape; 4) integration of the educational landscape into the digital educational environment; 5) analysis and interpretation of the results obtained using the educational landscape. Within the framework of the digital educational environment, the educational landscape implements three main functions: the formation of a space of possible individual learning paths; analysis and forecasting of group dynamics of students' knowledge and skills; creation of an environment for supporting the design of a digital educational environment. The theoretical model we have proposed can be used in the design of a digital educational environment, the creation and facilitation of individual and group learning paths within such an environment.

Литература References

- Boyarinov, D.A. (2020). Pedagogical model for the integration of educational maps in a digital educational environment. In *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference, Rezekne, Rezekne Academy of Technologies, Latvia. 22-23 May 2020* (426-438). <https://dx.doi.org/10.17770/sie2020vol4.4952>
- Boyarinov, D.A. (2019). Pedagogical Model for Creating Individual Learning Paths Based on Educational Maps. In Valeeva R. (Ed.), *VI International Forum on Teacher Education, Kazan Federal University, Russia. 27 May – 09 June 2020. ARPHA Proceedings 3* (277-289). <https://dx.doi.org/10.3897/ap.2.e0277>
- Cañas, A.J. (2003). *A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support*. The Institute for Human and Machine Cognition Pensacola FL.
- Cosentino de Cohen, C., & Chu Clewell, B. (2007). Putting English Language Learners on the Educational Map. *Education if Focus. Urban Institute Policy Brief May 2007*. The Urban Institute. <https://www.urban.org/sites/default/files/publication/46276/311468-Putting-English-Language-Learners-on-the-Educational-Map.PDF>
- Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Liang, Y.-R. (2014). A cooperative computerized concept-mapping approach to improving students' learning performance in web-based information-seeking activities. *Journal of Computers in Education* 1(1), 19–33. <https://dx.doi.org/10.1007/s40692-014-0001-2>
- Dwivedi, P., Kant, V., & Bharadwaj, K.K. (2018). Learning path recommendation based on modified variable length genetic algorithm. *Education and Information Technologies* 23, 819–836. <https://dx.doi.org/10.1007/s10639-017-9637-7>
- Frias, M., Filiberto, Y., Nápoles, G., García-Socarrás, Y., Vanhoof, K., Bello, R. (2018). Fuzzy Cognitive Maps Reasoning with Words Based on Triangular Fuzzy Numbers. In Castro F., Miranda-Jiménez S., & González-Mendoza M. (Eds), *Advances in Soft*

- Computing. *MICAI 2017. Lecture Notes in Computer Science: Vol. 10632* (197-207). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02837-4_16
- Mühling, A. (2017). Concept Landscapes: Aggregating Concept Maps for Analysis. *Journal of Educational Data Mining*, 9(2), 1-30. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3554717>
- Novak, J.D. (2010). *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations* (2nd ed.). Routledge, London. <http://www.systemsci.org/jinshanw/wp-content/uploads/sites/2/2016/12/Learning-Creating-and-Using-Knowledge.pdf>
- Novak, J.D., & Cañas, A.J. (2010). The universality and ubiquitousness of concept maps. In J.Sánchez, A.J. Cañas, & J.D. Novak, (Eds.), *Concept Maps: Making Learning Meaningful, Vol. 1* (1-13). Universidad de Chile. <http://cmc.ihmc.us/cmc2010Papers/cmc2010-p1.pdf>
- Schwendimann, B.A. (2014). Making Sense of Knowledge Integration Maps. In D. Ifenthaler, & R. Hanewald (Eds.), *Digital Knowledge Maps in Education. Technology-Enhanced Support for Teachers and Learners* (17-40). Springer-Verlag New York.
- Trumpower, D.L., Sharara, H., & Goldsmith, T.E. (2010). Specificity of structural assessment of knowledge. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment* 8(5), 1-32. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/41211260_Specificity_of_Structural_Assessment_of_Knowledge
- Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M.A., Ayala, C.C., & Shavelson, R.J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching* 42(2), 166–184. <https://dx.doi.org/10.1002/tea.20049>