

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЛНОТЫ СИСТЕМ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ

© 2020

*Т.А. Шкодина*, ассистент кафедры информационных систем и прикладной информатики, аспирант  
Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Ростов-на-Дону (Россия)

*Ключевые слова:* системы онлайн-обучения; сравнение сложных систем; функциональная полнота; LMS; система управления обучением.

*Аннотация:* В настоящее время существует большое количество систем, поддерживающих процессы управления онлайн-обучением. Однако самостоятельно подобрать систему управления онлайн-обучением довольно трудно. В работе рассматривается комплексная методика оценки, основанная на использовании разработанного алгоритма сравнения и алгоритма оптимального выбора сложных систем управления онлайн-обучением по критерию функциональной полноты. Показано, насколько выбранные для сравнения системы управления онлайн-обучением обладают сходством или различиями по критерию функциональной полноты. Проанализировано, присутствуют ли среди них наиболее типичные системы онлайн-обучения, какими дополнительными функциями обладает каждая из сравниваемых систем. Показано, как можно оценить, насколько функциональная полнота той или иной системы соответствует требованиям пользователя. Разработанный алгоритм сравнения позволяет сгруппировать особенности рассматриваемых сложных систем управления онлайн-обучением и сведения о них и выделить наиболее значимые функции или группы функций. Определена степень поглощения одной сложной системы относительно другой. Произведено ранжирование рассматриваемых систем управления онлайн-обучением по критерию функциональной полноты. С целью выявления системы, превосходящей остальные, и установления наличия уникальных функций выполнено построение графов подобия, поглощения и превосходства рассматриваемых систем с вариацией пороговых значений. Данный метод позволяет оценить и выбрать такие системы управления онлайн-обучением, которые максимально соответствуют предъявляемым программным требованиям, и на основе полученных рекомендаций выбрать наиболее подходящий вариант системы управления онлайн-обучением с учетом предпочтений пользователя.

### ВВЕДЕНИЕ

Онлайн-обучение определяется как интерактивное обучение, в котором учебный контент доступен онлайн. Система онлайн-обучения предоставляет инструменты для организации контента, работы студентов, оценок, создания дискуссионных групп, онлайн-викторин и экзаменов. Наличие функциональных операций в системе управления обучением играет ключевую роль. Мобильное обучение, синхронное обучение, асинхронное обучение, социальное обучение, иммерсивное обучение (AR/VR), микрообучение, геймификация, наличие искусственного интеллекта, персонализированное развитие навыков, односторонняя архитектура, учебный мультипортал, соответствие SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*, образцовая модель объекта содержимого для совместного использования), формирование индивидуальной траектории обучения и многое другое (таблица 1) используется в обучении. Данные функции могут быть определены как функциональная полнота сложных систем. Большой объем знаний и множество альтернативных курсов в онлайн-среде требуют построения индивидуальных траекторий обучения с учетом возможностей, потребностей студентов, их когнитивных и личных характеристик, поэтому необходимо наличие индивидуальной траектории обучения в системе управления обучением [1].

Построение индивидуальных траекторий является сложной задачей в связи с необходимостью многопараметрического анализа, учитывающего пререквизиты и результаты обучения программы курса, текущие знания, индивидуальные особенности, стили обучения студентов [2]. В работе [3] представлена система рекомендаций для помощи учащимся в выборе курсов в соответ-

ствии с их требованиями. Методы поиска оптимальной траектории обучения в онлайн-среде реализованы в виде рекомендательных систем [4]. Появление новых веб-сервисов и онлайн-инструментов совместной работы позволяет удовлетворять постоянно растущие потребности той или иной организации.

Система управления обучением (*Learning Management System, LMS*) – это программное приложение для управления учебными курсами в рамках дистанционного обучения. Согласно [5], системы LMS можно также назвать «Обучающие платформы», «Распределенные системы обучения», «Системы управления курсами», «Порталы» и «Системы управления обучением». В центре внимания LMS находится управление обучающимися, отслеживание их прогресса и эффективность онлайн-обучения во всех видах учебной деятельности. Внедрение поддержки моделей распределенного контента является показателем развития систем управления онлайн-обучением. В настоящее время функция «Модель распределенного контента» может быть кратко определена следующим образом: содержание распределено по нескольким различным средам управления учебным контентом со своими собственными репозиториями, каждый со своей схемой метаданных. С помощью использования отношения “parent – child” эти среды способны обмениваться, манипулировать содержанием и координировать его, одновременно контролируя его целостность. Например, среда A может получить доступ к определенному контенту в среде B. Пользователи среды A смогут упорядочить контент из среды B вместе с их собственным контентом, который хранится в среде A, и представить результат через собственные интерфейсы. Тем не менее они не смогут изменить содержимое из среды B (если использовали механизм «сохранить как»).

Таблица 1. Состав функций систем управления онлайн-обучением

| Код | Название функции  |
|-----|---|
| F1  | Мобильное обучение  |
| F2  | Синхронное обучение   |
| F3  | Асинхронное обучение  |
| F4  | Смешанное обучение  |
| F5  | Социальное обучение   |
| F6  | Иммерсивное обучение AR/VR  |
| F7  | Микрообучение   |
| F8  | Геймификация  |
| F9  | Интеграция с социальными сетями                                     |
| F10 | Искусственный интеллект   |
| F11 | Персонализированное развитие навыков                                |
| F12 | «Заметки по пути»   |
| F13 | Индивидуальные пути обучения  |
| F14 | Наличие универсального проигрывателя курсов Fluidic Player от Adobe |
| F15 | Интеграция с другими платформами                                    |
| F16 | Безопасность и управление катастрофами                              |
| F17 | Односторонняя архитектура   |
| F18 | LCMS (организация и группировка модулей)                            |
| F19 | Автономный доступ   |
| F20 | Учебный мультипортал  |
| F21 | Защищенная API  |
| F22 | Многоязычная поддержка  |
| F23 | Соответствие SCORM  |
| F24 | Соответствие AICC, xAPI   |
| F25 | Электронная коммерция   |
| F26 | Веб-сервисы   |
| F27 | Использование webhooks  |
| F28 | Отчетность и аналитика  |
| F29 | Расширенная защита SSL  |
| F30 | Оценка онлайн-обучения  |
| F31 | Поддержка сертификации  |
| F32 | Таможенная сертификация   |
| F33 | Автономная регистрация  |
| F34 | Распределение ролей   |
| F35 | «Проверь себя» Student Quiz   |
| F36 | Посещаемость  |
| F37 | Уведомления о ресурсах  |
| F38 | Экспорт/Импорт вопросов   |
| F39 | Каналы связи  |
| F40 | Reengagement  |
| F41 | Видеообучение   |
| F42 | Трекер задач  |
| F43 | Дискуссионный форум   |
| F44 | Управление курсом   |
| F45 | Проверка ресурсов учащегося на плагиат                              |
| F46 | Индивидуальная интеграция с брендингом                              |
| F47 | Клонирование курсов   |
| F48 | Персонализированный обмен файлами                                   |
| F49 | Мгновенное восстановление случайно удаленных курсов Undelete        |
| F50 | Модель распределенного контента                                     |

Электронное обучение – это доступное (и часто бесплатное) решение, которое дает учащимся возможность приспособиться к обучению в соответствии с образом жизни [6]. Технологии электронного обучения предоставляют мультимедийный контент вне времени и места для обучающихся с разными возможностями и запросами. Сочетание онлайн-овых и оффлайн-овых элементов позволяет сделать обучение эффективным, экономичным и удобным, а учебный процесс – интерактивным, личностно ориентированным и адаптивным для всех заинтересованных в обучении сторон [7].

Большое количество университетов и организаций, переходящих на онлайн-обучение, сталкиваются с трудным выбором *LMS*. Среди широкого спектра систем специалисты по обучению систем управления должны выбирать системы, которые сформируют основу их инфраструктуры онлайн-обучения.

Традиционная система управления обучением на основе электронного обучения показана на рис. 1. Чтобы сделать *LMS* персонализированной, в нее можно интегрировать систему рекомендаций, чтобы предлагать учебные материалы на основе информации, относящейся к конкретному студенту [8]. Как правило, *LMS* содержит разные компоненты, или модули. Модуль управления курсами предоставляет возможности для добавления новых персонализированных курсов, управления существующими курсами или их обновления, назначения преподавателей на курсы и других деталей, связанных с курсами. Модуль управления студентами содержит набор студентов, регистрацию студентов на обычные и факультативные курсы. Этот модуль очень важен для правильной и точной работы других модулей. Модуль онлайн-экзамена обычно используется для автоматизации процесса оценки учащихся и очень полезен для учителя, так как экономит много времени. Поскольку в этом модуле не требуется вмешательства человека, он обеспечивает 100%-ную точность. В модуле онлайн-оценивания студент может загрузить зада-

ние в электронном виде. Преподаватель может загружать уроки, видео и другие полезные материалы, используя модуль управления материалами онлайн-курса, а студент с помощью данного модуля может просматривать эти материалы и загружать их для изучения. В модуле управления обратной связью учащиеся могут оставлять отзывы по каждому предмету и преподавателям, и только уполномоченное лицо имеет доступ к просмотру отзывов. Это очень полезный модуль для оценки преподавателей, обеспечивающий быстрый и эффективный вывод по сравнению с ручной системой обратной связи.

Существуют определенные системы *LMS*, основанные на облачных [9], байесовских сетях [10], онтологии [11; 12], искусственном интеллекте [13], мультиагентности, нечетких знаниях [14], мультимедийной обучающей среде (*MATE*) [15], подходе, основанном на моделях. Система *LMS* на основе электронного обучения может быть полезна в управлении проектами [16], а также в управлении общим контентом [17].

Программный пакет под названием «Система управления онлайн-обучением» позволяет управлять обучением и доставлять учебный контент и ресурсы для обучающихся. Большинство популярных систем имеют веб-интерфейс для облегчения доступа к обучению в любое время и в любом месте. Каждая система управления обучением позволяет по крайней мере обучающемуся зарегистрироваться, доставить и отследить онлайн-курсы и контент, а также пройти тестирование. Однако в более хорошо разработанных и комплексных системах можно найти такие функции, как сертификация, распределение ресурсов, одностраничная архитектура, построение индивидуальной траектории, автономный доступ, наличие модели распределенного контента.

Система управления обучением (*LMS*) используется для определения широкого спектра систем организации и предоставления доступа к учебным услугам онлайн для обучающихся, преподавателей и администраторов.



Рис. 1. Традиционная *LMS* на основе электронного обучения

Эти услуги обычно включают в себя контроль доступа, предоставление учебного контента, средства коммуникации и администрирование групп пользователей.

Наиболее популярными и широко используемыми сегодня системами управления обучением являются Moodle, uQualio, Corsera, Adobe Captivate Prime, Canvas, а также менее известные, но по функциональной полноте им не уступающие iSpring Learn, LearnUpon, Docebo, Litmos, Talent, Scholar LMS.

Цель исследования – сравнение систем управления обучением, позволяющее сгруппировать сведения о рассматриваемых системах управления обучением (LMS) и их особенности, выделить их наиболее значимые функции, а также выбрать наилучшую систему по критерию функциональной полноты.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для сравнения систем управления онлайн-обучением и выбора наилучшей из них использовался метод сравнительного анализа сложных систем по критерию функциональной полноты Г.Н. Хубаева [18]. Данный метод применялся в три этапа для формирования новой исходной матрицы систем управления онлайн-обучением с наличием уникальных функций. На первом этапе заполняется справочник систем онлайн-обучения и справочник функций. Далее формируется исходная матрица –  $X$ , элементы которой определяются следующим образом:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, f_j = S_i, \\ 0, f_j \neq S_i. \end{cases}$$

Условимся в обозначениях:  $IS = \{IS_i\}, (i = \overline{1, n})$  – множество анализируемых систем управления онлайн-обучением. Множество, составляющее словарь функций, реализуемых системами онлайн-обучения, обозначим как  $F = \{F_j\}, (j = \overline{1, n})$ . Общее количество выделен-

ных функций (таблица 2) для систем онлайн-обучения составило 50, т. е.  $j=50$ .

Выделим системы  $IS_i$  и  $IS_k$  и введем следующие обозначения:

$P_{ik}^{13} = IS_i \cap IS_k$  – мощность пересечения систем относительно автоматизируемых функций;

$P_{ik}^{11} = \frac{IS_i}{IS_k}$  – мощность разности соответствующих множеств.

В качестве меры рассогласования между системами  $IS_i$  и  $IS_k$  выберем величину

$$R_{ik} = \frac{P_{ik}^{01}}{(P_{ik}^{13} + P_{ik}^{12})};$$

для оценки степени поглощения системой  $IS_k$  системы  $IS_i$  – величину

$$H_{ik} = \frac{P_{ik}^{13}}{(P_{ik}^{13} + P_{ik}^{12})}.$$

С помощью исходных элементов строится матрица рассогласования систем:

$$S_{ik} = \frac{P_{ik}^{01}}{(P_{ik}^{13} + P_{ik}^{12})},$$

матрица поглощения:

$$H_{ik} = \frac{P_{ik}^{01}}{(P_{ik}^{13} + P_{ik}^{12})},$$

мера подобия Жаккарда:

$$G_{ik} = \frac{P_{ik}^{13}}{P_{ik}^{00}}.$$

Таблица 2. Перечень исследуемых систем управления онлайн-обучением

| Код  | Название системы      |
|------|-----------------------|
| IS1  | Adobe Captivate Prime |
| IS2  | LearnUpon             |
| IS3  | Docebo                |
| IS4  | Litmos                |
| IS5  | Talent                |
| IS6  | Scholar LMS           |
| IS7  | 360Learning LMS       |
| IS8  | uQualio               |
| IS9  | Upside LMS            |
| IS10 | Corsera               |
| IS11 | Canvas                |
| IS12 | Moodle                |
| IS13 | iSpring Learn         |

На основе матриц  $\mathbf{P}$ ,  $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{G}$ , выбрав нужные пороговые значения, можно построить логические матрицы превосходства  $\mathbf{P}_0 = \|\|p_{ik}^0\|\|$ , подобия  $\mathbf{H}_0 = \|\|h_{ik}^0\|\|$ , поглощения  $\mathbf{G}_0 = \|\|g_{ik}^0\|\|$ . Элементы матрицы  $\mathbf{P}_0$ ,  $\mathbf{H}_0$ ,  $\mathbf{G}_0$  вычисляются по следующим формулам:

$$p_{ik}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } (p_{ik} \leq \varepsilon_p) \wedge i \neq k; \\ 0, & \text{если } (p_{ik} > \varepsilon_p) \vee i = k \end{cases}$$

$$h_{ik}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } (h_{ik} \leq \varepsilon_h) \wedge i \neq k; \\ 0, & \text{если } (h_{ik} > \varepsilon_h) \vee i = k \end{cases}$$

$$g_{ik}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } (g_{ik} \leq \varepsilon_g) \wedge i \neq k; \\ 0, & \text{если } (g_{ik} > \varepsilon_g) \vee i = k \end{cases}$$

где  $\varepsilon_p$ ,  $\varepsilon_h$ ,  $\varepsilon_g$  – пороговые значения соответственно для матриц  $\mathbf{P}_0$ ,  $\mathbf{H}_0$ ,  $\mathbf{G}_0$ .

Вторым этапом в данном исследовании является включение в расчеты перечня обязательных функций в качестве абстрактной системы. Выполняются все необходимые расчеты. По ним определяется, какие из систем наиболее полно соответствуют требованию наличия обязательных функций.

В соответствии с методикой, для оценки подобия изучаемых систем управления онлайн-обучением применяется мера подобия Жаккарда  $G_{ij}$ , на основании которой выявляется степень подобия систем  $L_k$  и  $L_l$ .  $\mathbf{G}_0 = \|\|g_{ik}^0\|\|$  – матрица подобия системы онлайн-обучения, где элементы матрицы  $g_{ik}$  представляют собой относительную взаимосвязь систем онлайн-обучения [19].

Третьим этапом является формирование новой исходной матрицы и расчет по ней всех матриц. Далее строится таблица, в которой перечисляются функции, не предусмотренные в обязательном перечне, но реализуемые какой-либо из систем [20]. По  $\mathbf{P}^{13}$  строится аналогичная таблица, в которой перечисляются функции,

предусмотренные обязательным набором и не реализуемые системами. По матрице  $\mathbf{G}_{13}$  строятся графы, показывающие степень взаимосвязи между системами по выполняемым функциям. По матрице  $\mathbf{P}^{13} + (\mathbf{P}^{13})^2$  определяется ранжирование выделенных систем. На основе построенных таблиц пользователь выбирает одну или несколько заинтересовавших его функций.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полноценная система управления онлайн-обучением оптимально должна:

- быстро собирать и доставлять учебный контент на нескольких языках;
- измерять эффективность учебных курсов;
- использовать смешанное обучение;
- поддерживать интеграцию с другими решениями для приложений;
- централизовать и автоматизировать администрирование;
- поддерживать мобильность и стандарты *AICC*, *IMS* и *SCORM*;
- персонализировать контент и возможность повторного использования знаний;
- формировать индивидуальные пути обучения.

В таблице 1 и таблице 2 приведены наименования анализируемых систем управления онлайн-обучением и состав функций систем управления онлайн-обучением. В таблице 3 представлена исходная матрица  $\mathbf{X}$ .

Абсолютная оценка функционального превосходства одной системы онлайн-обучения над другой характеризуется матрицей  $\mathbf{P}^{13} = \|\|p_{ik}^{13}\|\|$ , где элементы  $p_{ik}^{13}$

равны числу функций, выполняемых системой управления онлайн-обучением  $L_i$ , но не реализуемых системой  $L_k$ , где  $p_{ik}^{13} = \left| \frac{F_i}{F_k} \right|$ . Элемент  $p_{ik}^{13}$  представляет собой мощность разности множеств  $Z_i$  и  $Z_k$ , т. е.

$p_{ik}^{13} = \left| \frac{F_i}{F_k} \right|$ . Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 3. Фрагмент начальных элементов матрицы

| Код | IS1 | IS2 | IS3 | IS4 | IS5 | IS6 | IS7 | IS8 | IS9 | IS10 | IS11 | IS12 | IS13 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| F1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1    | 1    | 1    | 1    |
| F2  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 1    | 1    | 1    | 1    |
| F3  | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1    | 1    | 1    | 1    |
| F4  | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1    | 1    | 1    | 0    |
| F5  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1    | 0    | 1    | 1    |
| F6  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    | 0    | 1    |
| F7  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0    | 0    | 1    |
| F8  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 1    | 1    | 1    | 0    |
| F9  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 0   | 1   | 0    | 0    | 1    | 1    |
| F10 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    | 0    | 1    |
| F11 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0    | 0    | 1    |
| F12 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |
| F50 | 0   | 1   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0    | 1    | 0    | 1    |

Таблица 4. Матрица абсолютной оценки функционального превосходства одной системы управления онлайн-обучением над другой

|      | is1 | is2 | is3 | is4 | is5 | is6 | is7 | is8 | is9 | is10 | is11 | is12 | is13 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| is1  | 0   | 3   | 4   | 1   | 7   | 6   | 5   | 2   | 10  | 7    | 2    | 10   | 0    |
| is2  | 11  | 0   | 7   | 3   | 6   | 5   | 9   | 3   | 9   | 10   | 4    | 15   | 2    |
| is3  | 9   | 4   | 0   | 2   | 7   | 5   | 8   | 3   | 11  | 8    | 3    | 12   | 3    |
| is4  | 15  | 9   | 11  | 0   | 11  | 12  | 12  | 4   | 11  | 14   | 9    | 19   | 3    |
| is5  | 19  | 10  | 14  | 9   | 0   | 12  | 13  | 5   | 10  | 14   | 9    | 19   | 7    |
| is6  | 16  | 7   | 10  | 8   | 10  | 0   | 12  | 6   | 11  | 12   | 7    | 17   | 5    |
| is7  | 13  | 9   | 11  | 6   | 9   | 10  | 0   | 6   | 11  | 12   | 6    | 13   | 1    |
| is8  | 20  | 13  | 16  | 8   | 11  | 14  | 16  | 0   | 15  | 18   | 12   | 25   | 5    |
| is9  | 18  | 9   | 14  | 5   | 6   | 9   | 11  | 5   | 0   | 13   | 10   | 16   | 5    |
| is10 | 9   | 4   | 5   | 2   | 4   | 4   | 6   | 2   | 7   | 0    | 3    | 10   | 2    |
| is11 | 13  | 7   | 9   | 6   | 8   | 8   | 9   | 5   | 13  | 12   | 0    | 16   | 2    |
| is12 | 7   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   | 2   | 4   | 5   | 5    | 2    | 0    | 0    |
| is13 | 19  | 13  | 17  | 8   | 14  | 14  | 12  | 6   | 16  | 19   | 10   | 22   | 0    |

Из таблицы 4 видно, что различия по функционалу между исследуемыми системами управления онлайн-обучением достаточно малы. Некоторые отличия систем онлайн-обучения *uQualio* и *iSpring Learn* объясняются тем, что большинство современных систем управления онлайн-обучением разрабатываются с учетом традиционных требований, а системы *uQualio* и *iSpring Learn* изначально создавались для онлайн-школ и корпоративных университетов, что позволило дополнить их набором уникальных функций, таких как «Микрообучение», которое позволяет изучать небольшой по объему материал за короткий промежуток времени, или «Персонализированное развитие навыков», которое позволяет расширять возможности описания характеристик персонализированной модели образования.

Таблица 5 показывает достаточно высокую степень взаимного поглощения систем управления онлайн-обучением, что свидетельствует о наличии пересечения множеств функций у разных систем онлайн-обучения.

На основе логических матриц **P**, **H**, **G** строятся графы подобия и поглощения. Для пороговых значений  $\varepsilon_p=0,341$  для  $S_0$  для матрицы **H**<sub>0</sub>,  $\varepsilon_p=0,607$  для матрицы **G**<sub>0</sub>,  $\varepsilon_p=9,432$  для матрицы **P**<sub>0</sub> графы подобия систем ( $G_0$ ) и поглощения ( $H_0$ ) относительно имеющихся функций приведены на рис. 2 и рис. 3.

Граф подобия показывает группы однородных информационных систем (*IS2*, *IS3*) (*IS3*, *IS11*) (*IS12*, *IS4*, *IS6*). Это обусловлено наличием большого числа одинаковых функций. Отсутствие сходства с другими системами онлайн-обучения обусловлено наличием уникальных функций *LMS*.

Согласно графу поглощения систем управления онлайн-обучением, полученному в результате их сравнения, установлено превосходство систем *IS5*, *IS8* и *IS13* над остальными. Это вызвано наличием уникальных функций систем управления онлайн-обучением и реализацией большого количества функций, необходимых для автоматизации *LMS*. Следовательно, *Talent*, *uQualio*, *iSpring Learn* отличаются наличием уникальных функций.

Таблица 5. Матрица поглощения систем управления онлайн-обучением

|      | is1   | is2   | is3   | is4   | is5   | is6   | is7   | is8   | is9   | is10  | is11 | is12 | is13 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| is1  | 1     | 0,103 | 0,138 | 0,034 | 0,241 | 0,207 | 0,172 | 0,069 | 0,344 | 0,241 | 0,07 | 0,34 | 0    |
| is2  | 0,524 | 1     | 0,333 | 0,143 | 0,285 | 0,238 | 0,429 | 0,143 | 0,429 | 0,476 | 0,19 | 0,71 | 0,09 |
| is3  | 0,375 | 0,166 | 1     | 0,083 | 0,291 | 0,208 | 0,333 | 0,125 | 0,458 | 0,333 | 0,12 | 0,50 | 0,12 |
| is4  | 1     | 0,600 | 0,733 | 1     | 0,733 | 0,8   | 0,800 | 0,266 | 0,733 | 0,933 | 0,60 | 1,26 | 0,20 |
| is5  | 1,118 | 0,588 | 0,824 | 0,529 | 1     | 0,705 | 0,765 | 0,294 | 0,588 | 0,824 | 0,52 | 1,11 | 0,41 |
| is6  | 0,842 | 0,368 | 0,526 | 0,421 | 0,526 | 1     | 0,632 | 0,316 | 0,579 | 0,632 | 0,37 | 0,89 | 0,26 |
| is7  | 0,619 | 0,429 | 0,524 | 0,285 | 0,429 | 0,476 | 1     | 0,286 | 0,524 | 0,571 | 0,27 | 0,62 | 0,05 |
| is8  | 1,818 | 1,181 | 1,454 | 0,727 | 1     | 1,272 | 1,454 | 1     | 1,363 | 1,636 | 1,09 | 2,27 | 0,45 |
| is9  | 0,857 | 0,428 | 0,666 | 0,238 | 0,285 | 0,428 | 0,523 | 0,238 | 1     | 0,619 | 0,47 | 0,76 | 0,23 |
| is10 | 0,333 | 0,148 | 0,185 | 0,074 | 0,148 | 0,148 | 0,222 | 0,074 | 0,259 | 1     | 0,11 | 0,37 | 0,07 |
| is11 | 0,722 | 0,388 | 0,500 | 0,333 | 0,444 | 0,444 | 0,5   | 0,277 | 0,722 | 0,666 | 1    | 0,88 | 0,11 |
| is12 | 0,218 | 0,125 | 0,125 | 0,063 | 0,125 | 0,125 | 0,062 | 0,125 | 0,156 | 0,156 | 0,06 | 1    | 0    |
| is13 | 1,9   | 1,3   | 1,7   | 0,8   | 1,4   | 1,4   | 1,2   | 0,6   | 1,6   | 1,9   | 1    | 2,2  | 1    |

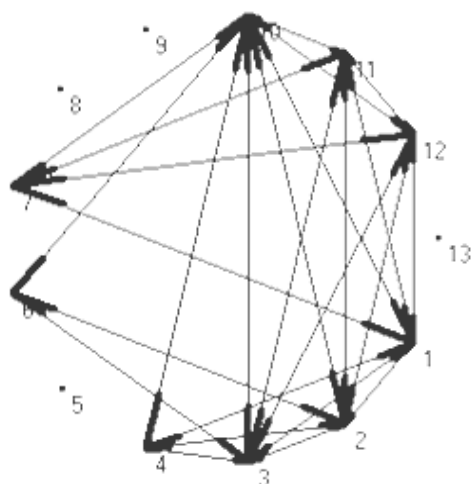


Рис. 2. Граф подобия систем управления онлайн-обучением (IS1–IS13)

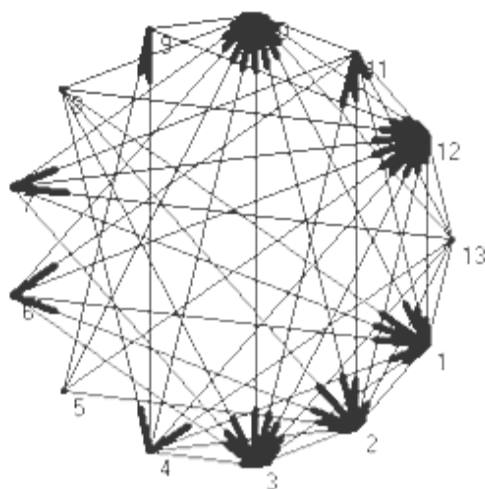


Рис. 3. Граф поглощения систем управления онлайн-обучением (IS1–IS13)

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Результаты анализа функциональной полноты позволили выделить группы однородных систем управления обучением:

*LearnUpon* и *Docebo* однородны по таким функциям, как мобильное обучение, синхронное обучение, геймификация;

*Litmos* и *Scholar* имеют схожие функции – одностраничную архитектуру, учебный мультипортал, использование *webhooks*;

*Canvas* и *Moodle* имеют схожие функции – синхронное обучение, асинхронное обучение и смешанное обучение.

Выделенные группы систем классифицируются по наличию следующих главных функций:

- мобильное обучение;
- синхронное обучение;
- геймификация;
- соответствие *SCORM*;
- оценка онлайн-курсов;
- управление онлайн-курсом;

– создание пулов вопросов, формирование тестов, оценивание, формирование комментариев к вопросам.

По результатам сравнительного анализа систем управления обучением можно сделать вывод, что наилучшей по критерию функциональной полноты является система *iSpring Learn*.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shpolianskaya I., Seredkina T. Intelligent Support System for Personalized Online Learning // BRAIN-Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience. 2020. Vol. 11. № 3. P. 29–35.
2. Лямин А.В. Формирование индивидуальных траекторий обучения на основе анализа достижений и функционального состояния обучающегося // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18. № 3. С. 543–553.
3. Gulzar Z., Raj L.A., Leema A.A. Ontology Supported Hybrid Recommender System With Threshold Based

- Nearest Neighbourhood Approach // *International Journal of Information and Communication Technology Education*. 2019. Vol. 15. № 2. P. 85–107.
4. Dascalu M.I., Bodea C.N., Mihailescu M.N., Tanase E.A., Pablos P.O.D. Educational recommender systems and their application in lifelong learning // *Behaviour & Information Technology*. 2016. Vol. 35. № 4. P. 290–297.
  5. Croitoru M., Dinu C. A Critical Analysis of Learning Management Systems in Higher Education Economy Informatics // *Economy Informatics*. 2016. Vol. 16. P. 1–10.
  6. Назарчук Ю.И. Онлайн-обучение как альтернатива классическому обучению // *Научный журнал современные лингвистические и методико-дидактические исследования*. 2019. № 2. С. 83–92.
  7. Нагаева И.А. Смешанное обучение в современном образовательном процессе: необходимость и возможности // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2016. № 6. С. 56–67.
  8. Drachsler H., Verbert K., Santos O.C., Manouselis N. Panorama of Recommender Systems to Support Learning // *Recommender Systems Handbook*. New York: Springer, 2015. P. 421–451.
  9. Yaghmaie M., Bahreininejad A. A context-aware adaptive learning system using agents // *Expert Systems with Applications*. 2011. Vol. 38. № 4. P. 3280–3286.
  10. Salahli M.A., Ozdemir M., Yasar C. Building a Fuzzy Knowledge Management System for Personalized E-learning // *4th world conference on educational sciences (WCES-2012): procedia – social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 46. P. 1978–1982.
  11. Cybulski J.L., Linden T. Learning systems design with UML and patterns // *IEEE Transactions on Education*. 2000. Vol. 43. № 4. P. 372–376.
  12. Yilmaz O., Tunçalp K. A Mixed Learning Approach in Mechatronics Education // *IEEE Transactions on Education*. 2011. Vol. 54. № 2. P. 294–301.
  13. Rodriguez D., Sicilia M.A., Cuadrado-Gallego J.J., Pfahl D. E-Learning in Project Management Using Simulation Models: A Case Study Based on the Replication of an Experiment // *IEEE Transactions on Education*. 2006. Vol. 49. № 4. P. 451–463.
  14. Cavus N. The evaluation of Learning Management Systems using an artificial intelligence fuzzy logic algorithm // *Advances in Engineering Software*. 2010. Vol. 41. № 2. P. 248–254.
  15. O'Donnell E., Lawless S., Sharp M., Wade V.P. A Review of Personalised E-Learning // *International Journal of Distance Education Technologies*. 2015. Vol. 13. № 1. P. 22–47.
  16. Wang J., Sharman R., Ramesh R. Shared Content Management in Replicated Web Systems: A Design Framework Using Problem Decomposition, Controlled Simulation, and Feedback Learning // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*. 2016. Vol. 38. № 1. P. 110–124.
  17. Palacios-Marqués D., Cortés-Grao R., Carral C.L. Outstanding knowledge competences and web 2.0 practices for developing successful e-learning project management // *International Journal of Project Management*. 2013. Vol. 31. № 1. P. 14–21.
  18. Хубаев Г. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты // *Программные продукты и системы*. 1998. № 2. С. 6–9.
  19. Kritikou Y., Demestichas P., Adamopoulou E., Demestichas K., Theologou M., Paradia M. User Profile Modeling in the context of web-based learning management systems // *Journal of Network and Computer Applications*. 2008. Vol. 31. № 4. P. 603–627.
  20. Глушенко С.А. Анализ функциональной полноты программных систем управления рисками // *Вестник Ростовского государственного экономического университета*. 2012. № 2. С. 53–62.

## REFERENCES

1. Shpolianskaya I., Seredkina T. Intelligent Support System for Personalized Online Learning. *BRAIN-Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 2020, vol. 11, no. 3, pp. 29–35.
2. Lyamin A.V. Creation of individual learning trajectories based on student's achievements and functional state analysis. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 543–553.
3. Gulzar Z., Raj L.A., Leema A.A. Ontology Supported Hybrid Recommender System With Threshold Based Nearest Neighbourhood Approach. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 2019, vol. 15, no. 2, pp. 85–107.
4. Dascalu M.I., Bodea C.N., Mihailescu M.N., Tanase E.A., Pablos P.O.D. Educational recommender systems and their application in lifelong learning. *Behaviour & Information Technology*, 2016, vol. 35, no. 4, pp. 290–297.
5. Croitoru M., Dinu C. A Critical Analysis of Learning Management Systems in Higher Education Economy Informatics. *Economy Informatics*, 2016, vol. 16, pp. 1–10.
6. Nazarchuk U.I. Online training as alternative to classical training. *Scientific Journal Modern Linguistic and Methodical-and-Didactic Researches*, 2019, no. 2, pp. 63–71.
7. Nagaeva I.A. Blended learning in modern educational process: necessity and possibility. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, 2016, no. 6, pp. 56–67.
8. Drachsler H., Verbert K., Santos O.C., Manouselis N. Panorama of Recommender Systems to Support Learning. *Recommender Systems Handbook*. New York, Springer Publ., 2015, pp. 421–451.
9. Yaghmaie M., Bahreininejad A. A context-aware adaptive learning system using agents. *Expert Systems with Applications*, 2011, vol. 38, no. 4, pp. 3280–3286.
10. Salahli M.A., Ozdemir M., Yasar C. Building a Fuzzy Knowledge Management System for Personalized E-learning. *4th world conference on educational sciences (wc-es-2012): procedia – social and Behavioral Sciences*, 2012, vol. 46, pp. 1978–1982.
11. Cybulski J.L., Linden T. Learning systems design with UML and patterns. *IEEE Transactions on Education*, 2000, vol. 43, no. 4, pp. 372–376.
12. Yilmaz O., Tunçalp K. A Mixed Learning Approach in Mechatronics Education. *IEEE Transactions on Education*, 2011, vol. 54, no. 2, pp. 294–301.
13. Rodriguez D., Sicilia M.A., Cuadrado-Gallego J.J., Pfahl D. E-Learning in Project Management Using Simulation Models: A Case Study Based on the Replication of an Experiment. *IEEE Transactions on Education*, 2006, vol. 49, no.4, pp. 451–463.



14. Cavus N. The evaluation of Learning Management Systems using an artificial intelligence fuzzy logic algorithm. *Advances in Engineering Software*, 2010, vol. 41, no. 2, pp. 248–254.
15. O'Donnell E., Lawless S., Sharp M., Wade V.P. A Review of Personalised E-Learning. *International Journal of Distance Education Technologies*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 22–47.
16. Wang J., Sharman R., Ramesh R. Shared Content Management in Replicated Web Systems: A Design Framework Using Problem Decomposition, Controlled Simulation, and Feedback Learning. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 2016, vol. 38, no. 1, pp. 110–124.
17. Palacios-Marqués D., Cortés-Grao R., Carral C.L. Outstanding knowledge competences and WEB 2.0 practices for developing successful E-learning project management. *International Journal of Project Management*, 2013, vol. 31, no. 1, pp. 14–21.
18. Khubaev G. Comparison of complex software systems by the criterion of functional completeness. *Programmye produkty i sistemy*, 1998, no. 2, pp. 6–9.
19. Kritikou Y., Demestichas P., Adamopoulou E., Demestichas K., Theologou M., Paradia M. User Profile Modeling in the context of web-based learning management systems. *Journal of Network and Computer Applications*, 2008, vol. 31, no. 4, pp. 603–627.
20. Glushenko S.A. Analysis of the functional completeness of software risk management systems. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2012, no. 2, pp. 53–62.

### THE ANALYSIS OF FUNCTIONAL COMPLETENESS OF THE ONLINE LEARNING SYSTEMS

© 2020

*T.A. Shkodina*, assistant of Chair of Information Systems and Applied Informatics, postgraduate student  
*Rostov State University of Economics (RINH), Rostov-on-Don (Russia)*

*Keywords:* online-learning systems; comparison of complex systems; functional completeness; LMS; learning management system.

*Abstract:* Currently, there are many online learning systems, which support online learning management processes. However, it is rather hard to choose an e-learning management system on your own. The paper considers a comprehensive assessment method based on the use of the developed comparison algorithm and the algorithm for the optimal choice of complex e-learning management systems according to the functional completeness criterion. The study shows to what extent the e-learning management systems selected for comparison have similarities or differences in terms of functional completeness. The author analyzed whether they contain the most typical e-learning systems and what additional functions each of the compared systems has. The paper shows how it is possible to assess how the functional completeness of a particular system meets the user's requirements. The developed comparison algorithm allows grouping the features of the considered complex e-learning management systems and highlighting the most significant functions or groups of functions. The study determined the degree of absorption of one complex system over another. The author carried out the ranking of the considered e-learning management systems according to the functional completeness criterion. To identify the system that is superior to the others and to determine the presence of the unique functions, the author constructed the graphs of similarity, absorption, and superiority of the considered systems with varying threshold values. This method allows evaluating and selecting such e-learning management systems that best meet the software requirements and, based on the recommendations received, choosing the most appropriate version of the online-learning management system, taking into account the user's preferences.