

7. Ломов Б. Ф., Васильев А. А., Офицеров В. В. Военная инженерная психология. М.: Воениздат, 1970.

8. Балхарет А. А. С., Падерно П. И. Автоматизация оценки напряженности деятельности оператора // Науч.-практ. журн. «Биотехносфера». 2009. № 2 (2). С. 53–56.

9. Назаренко Н. А., Падерно П. И., Сатторов Ф. Э. Способ оценки логической сложности и стереотипности алгоритмов деятельности операторов // Науч.-техн. вестн. информ. технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19, № 4. С. 740–746.

N. A. Nazarenko
Saint Petersburg Electrotechnical University

ASSESSMENT OF QUALITY OF INTERACTION OF OPERATORS WITH AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

A model of the ergonomic quality of the operator's interaction with the automated control system (ACS), as well as a set of calculation expressions for evaluating the parameters included in the model, are presented. A feature of the model and complex is the ease of use and the minimum parameters necessary for analyzing the activities of ACS operators. The model is presented both graphically and using tuples. The presented results can be used as a methodological basis for information support of developers of complex systems and complexes, as well as in the analysis of the work activities of various types of operators.

Automated control systems, operator interaction quality, activity algorithms, congestion coefficient, tension coefficient, logical complexity indicator, stereotypical indicator, quality of information support, assessment of time indicators

УДК 004.94

К. АТТО, Е. Е. Котова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Моделирование коммуникативных стратегий в интеллектуальной среде обучения

Анализ текущего состояния систем LMS показывает, что при их внедрении в большие образовательные организации могут возникать проблемы, связанные в первую очередь с падением качества образовательной услуги. Использование CRM и интеллектуальных агентов позволяет улучшить качество образовательного процесса с точки зрения своевременного реагирования и полноты ответов на запросы учащихся. Моделирование стратегии коммуникации в электронной среде обучения позволит оценить, насколько интеллектуальные методы обработки данных могут повысить эффективность учебного процесса. Для этого рассматриваются три поколения организации учебного процесса: классическое образование, смешанное и с применением интеллектуальных методов поддержки студентов. Далее на основе предлагаемой модели коммуникации в электронной среде обучения в среде динамического моделирования Simulink строится модель системы массового обслуживания, на основе которой происходит расчет относительных временных затрат образовательной организации в цепочке «тестирование студентов – оценка результатов – персональные рекомендации».

Системы управления обучением, коммуникативные стратегии, моделирование, среда обучения

Предыдущие исследования среды электронного обучения показали, что переход от классической модели обучения может вызвать проблемы при взаимодействии участников учебного процесса. Некоторые инструменты, например система управления

взаимоотношениями с клиентами (Customer Relationship Management, CRM) и интеллектуальные агенты, могут снизить негативное влияние в долгосрочной перспективе.

В рамках данной статьи предполагается попытаться оценить количественный эффект от внедрения таких инструментов на время, затрачиваемое на проведение мероприятий по оценке знаний студентов, анализ успеваемости и формирование рекомендаций на базе полученных результатов. Для этого предложено построить математическую модель системы управления обучением как системы массового обслуживания.

Модели массового обслуживания – удобный инструмент для изучения и моделирования различных процессов как на стадии планирования, так и во время эксплуатации. Моделирование позволяет более точно представить предполагаемую производительность реальной системы и оценить влияние вносимых изменений на нее. Согласно теории систем массового обслуживания [1], существует шесть основных компонентов системы массового обслуживания, которые могут определять способ формирования очереди:

- схема прибытия: среднее количество прибывающих за единицу времени заявок (например, среднее количество студентов, которым требуется возможность пройти тест или запросить материалы одновременно);

- схема обслуживания: среднее время, необходимое для обслуживания единицы (например, среднее количество времени, необходимое для завершения учебной дисциплины);

- механизм очереди: порядок выбора заявок для обслуживания: FIFO (first in, first out) – в порядке поступления; LIFO (last in, first out) – в порядке, обратном поступлению; SIRO (service in random order) – в случайном порядке; PRIO (service by priority) – согласно приоритету;

- количество каналов обслуживания: количество параллельных узлов обслуживания, которые могут одновременно обрабатывать заявки (например, количество узлов в кластере, на которых развернута система управления обучением (Learning Management System, LMS));

- количество этапов обслуживания: количество этапов, которые должна пройти заявка, прежде чем процедура обслуживания будет завершена;

- пропускная способность системы: количество заявок, разрешенных в системе в любой момент времени (например, LMS может одновременно обслуживать гарантированное количество пользовательских сессий без отказа в обслуживании).

Обычно модели массового обслуживания строятся на основе пуассоновской очереди, по-

скольку появление последовательности дискретных событий часто можно реально смоделировать как пуассоновский процесс. Определяющей характеристикой такого процесса служит то, что временные интервалы между последовательными событиями экспоненциально распределены. Распределение Пуассона целесообразно использовать, если все поступления случайны и независимы друг от друга, поскольку для этого требуется время ожидания «без памяти» до поступления следующей заявки.

Нотация Кендалла позволяет описать СМО (систему массового обслуживания) с помощью выражения

$$A/B/m/k/l,$$

где A – распределение времени между поступлением заявок; B – распределение времени обслуживания, затрачиваемого на обработку заявки; m – количество параллельных серверов; k – ограничение на количество одновременно обрабатываемых заявок; l – ограничение размера очереди.

Если ограничение длины очереди или количества обрабатываемых заявок не указаны, то они считаются бесконечными.

Для описания распределения случайных величин используются следующие обозначения: M – экспоненциальное (exponential distribution (i. e., memoryless)); E_r – эрланговское с r степенями свободы; D – дискретное; G – случайное (неопределенное).

Например, выражение $M/G/1$ описывает СМО с интервалами между входящими заявками, которые распределены экспоненциально с неизвестным распределением времени обслуживания и одним потоком обслуживания.

Перейдем к непосредственной адаптации модели процесса коммуникации в LMS к СМО, для чего зафиксируем параметры, описывающие систему в нотации Кендалла в соответствии с основными задачами оцениваемых процессов, а именно коммуникации участников образовательного процесса.

Запрос к сетевым сервисам обычно обслуживается в порядке FIFO, поэтому используем именно его в качестве основы для модели.

Входящий поток заявок описывается распределением Пуассона, поэтому мы назвали его стохастическим, или марковским, процессом и считаем его подчиненным экспоненциальному закону распределения.

Скорость, с которой LMS как служба может отвечать на запросы учащихся, неизвестна. Прежде всего, рекомендации подготавливаются на стороне сервера в фоновом режиме, поэтому обычно для ответов требуется небольшое постоянное время, поскольку рекомендации предварительно вычисляются и хранятся в базе данных. Но если студент запрашивает такую информацию до завершения процесса анализа, он не может знать, когда именно получит отчет о своей успеваемости. Кроме того, невозможно предсказать, сколько времени займет процесс анализа, потому что это зависит от количества анализируемых данных, которое в свою очередь зависит от учебной программы и запрошенного количества объединяемых студентов. Такая логика применима и для других сторон, запрашивающих результаты анализа (деканат, кафедра). В итоге можно сказать, что время обслуживания заявок имеет произвольное распределение – обозначим его символом «G».

Для упрощения модели предположим, что сервисы LMS не развернуты в режиме высокой доступности и что система работает на одном вычислительном узле.

Говоря о лимите клиентов в системе, мы предполагали, что система может решить проблему $C10k^1$. Системы, которые утверждают, что способны решить ее, должны быть не обязательно быстрыми, но способными одновременно удерживать указанное количество сессий и возвращать ответ на запрос за ограниченное время. Чтобы уточнить k для нашей модели, можно сказать, что с точки зрения системы массового обслуживания 10 000 соединений – достаточно большое число, которое можно отождествить с бесконечностью.

В результате определим, что модель СМО, описывающая процесс взаимодействия в среде электронного обучения, имеет следующее описание в нотации Кендалла: $M/G/1$.

Проведенное исследование стратегий обучения студентов [2], использующих LMS, выявило три основных области требуемых навыков и четыре характеристики онлайн-среды обучения:

1. *Гибкость организации учебного пространства и времени*: задачи онлайн-обучения и доступные ресурсы можно выполнять и изучать в любое время и в любом месте при наличии доступа к Интернету. Таким образом, среда онлайн-

обучения значительно отличается от классической традиционной, где преподаватели и студенты обязаны регулярно встречаться в определенном месте и времени.

2. *Косвенное социальное взаимодействие*: отсутствие личного общения – одна из наиболее критикуемых особенностей LMS, которая вызывает у некоторых учащихся беспокойство по поводу ответов на вопросы в традиционных классах, поскольку им кажется, что роль преподавателя в онлайн-среде обучения становится все более похожей на роль посредника и помощника. Это потребует от студентов новых стратегий сотрудничества и коммуникации с другими участниками образовательного процесса через Интернет.

3. *Обильные информационные ресурсы*: обилие и разнообразие информационных ресурсов является основным преимуществом обучения через Интернет. Студенты могут немедленно найти информацию, однако качество электронной информации существенно изменяется, а стабильность и авторитет информации заметно отстают от традиционных ресурсов (книги, преподаватели). Таким образом, студенты должны знать, как не только искать информацию через Интернет, но также оценивать ее достоверность.

4. *Динамические интерфейсы обучения*: оно предполагает использование сетевых технологий для создания учебной платформы для взаимодействия между студентами и преподавателями. В связи с быстрым развитием технологий динамически изменяющиеся интерфейсы являются характерной особенностью систем онлайн-обучения. Дизайн интерфейса, его дружелюбность к пользователю и функциональность существенно влияют на мотивацию студента, а значит, на его отношение к обучению и прогресс.

Коммуникация [2] между субъектами образовательного процесса – основная форма передачи знаний. Обучение с помощью LMS объединяет в себе 4 составляющие: люди, знания, инструменты, процесс коммуникации. Для достижения приемлемого результата выделим 2 группы основных информационных потоков процесса образования в электронной среде:

1) студент с помощью LMS получает доступ к знаниям (коммуникация со знаниями);

2) студент обсуждает информацию с другими студентами и преподавателем с помощью LMS или других каналов связи.

¹ Проблема $C10k$ – это задача оптимизации сетевых служб для одновременной обработки множества клиентских сеансов.

Таблица 1

Недостаток	Предлагаемое решение	Детальное описание
Недостаток личного общения с преподавателем	Использование смешанных стратегий обучения	Сочетание онлайн-обучения и персональной помощи открывает большие возможности для успешного завершения программы дистанционного обучения, а также комбинированные возможности обучения позволяют преодолеть психологическую дистанцию и ограничения между преподавателем и учеником, создаваемые программой
Студенты не могут самостоятельно организовывать личное время для учебы	Вырабатывать у студентов привычку к самоорганизации и правильному контролю времени	Онлайн-программы с высокими показателями сигнализации помогают ученикам в Интернете разрабатывать графики, планы выполнения работы и навыки, необходимые для успешного завершения онлайн-курса обучения (включая тайм-менеджмент и стратегии самообучения)
Студенты не используют все доступные возможности LMS	Проводить тренинги по работе с теми возможностями системы, которые необходимы студентам	Система должна предлагать новому студенту вводный курс с описанием возможностей системы. Такая онлайн-ориентация позволяет учащимся узнать необходимый минимум и фокусироваться на тех областях, где им нужна помощь
	Предоставлять исчерпывающую документацию и иллюстрационные материалы	Важно выделить разделы, в которых учащиеся могут получать техническую поддержку в режиме реального времени (FAQ), а также сотрудника службы поддержки для этого
Низкая способность контроля посещения и времени, затрачиваемого студентами на учебу	Использовать автоматизированные средства контроля	Большинство систем управления обучением поставляются с аналитическими модулями и панелями, которые отслеживают прогресс и информируют как преподавателя, так и студента, когда последний отстает

Если сравнить электронную среду обучения с классической, то появляется дополнительный артефакт в виде LMS, который становится связующим звеном для всех остальных сущностей. В процессе эволюционирования LMS от каталога материалов к более сложной системе возникают проблемы, приведенные в табл. 1.

Для снижения влияния указанных недостатков рекомендуется внедрение следующих подсистем: CRM-подход к LMS-системам для контроля студентов. Составление корректной бизнес-модели на основе клиентоориентированного подхода с применением принципов CRM-систем позволяет автоматизировать большую часть контроля качества учебного процесса с вниманием на индивидуальные достижения студентов.

Для решения проблемы самоорганизации и персональной поддержки применяются интеллектуальные агенты – программный комплекс, который анализирует статистику активности и результаты студента и в результате анализа выдает студенту персональные рекомендации. Таким способом в какой-то мере компенсируется отсутствие прямого социального взаимодействия, а также контролируется время, затрачиваемое на обучение: если агент получает низкий текущий результат успеваемости, то он готовит набор рекомендаций, за выполнением которых также ведется контроль.

Способом повышения эффективности использования LMS служит смешанное обучение [2]: обучающиеся дополнительно исследуют темы, базовые

понятия которых они получают на лекции. Это значит, что преподаватель старается дать как можно более широкое базовое представление о предметной области, а студент по своему желанию и возможностям выстраивает стратегию того, какие из тем он хочет изучить на более продвинутом уровне (при этом для каждой устанавливается минимально требуемый объем знаний). Смешанное обучение должно сопровождаться соответствующими качественными ресурсами, быть обеспечено грамотно структурированным контентом. В первую очередь смешанное обучение должно предоставлять платформу для получения образовательного контента и частичной автоматизации образовательного процесса. Авторы считают, что эволюционным развитием систем смешанного обучения станет интеллектуальная образовательная система, поскольку широкое внедрение средств автоматизации влечет изменение структуры внутренних информационных потоков, несмотря на то что видимая процедура коммуникации не претерпевает изменений.

Опишем основные этапы во взаимодействии студентов – LMS – университета с точки зрения проведения анализа успеваемости. На рис. 1 приведена базовая модель коммуникации в электронной среде обучения, которая показывает каналы взаимодействия между основными участниками образовательного процесса: студентами, преподавателями и вузом в целом в качестве контролирующего органа.

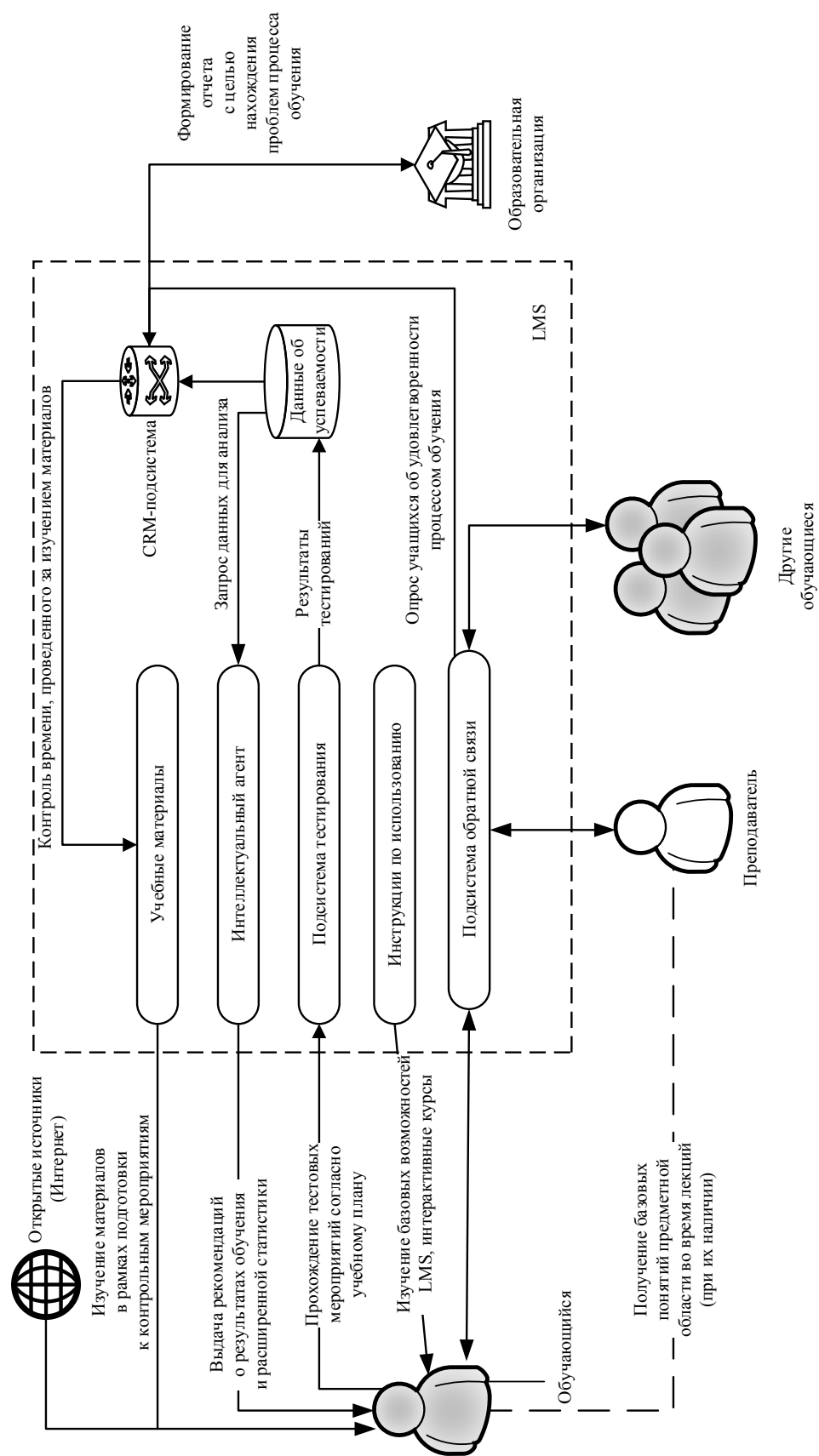
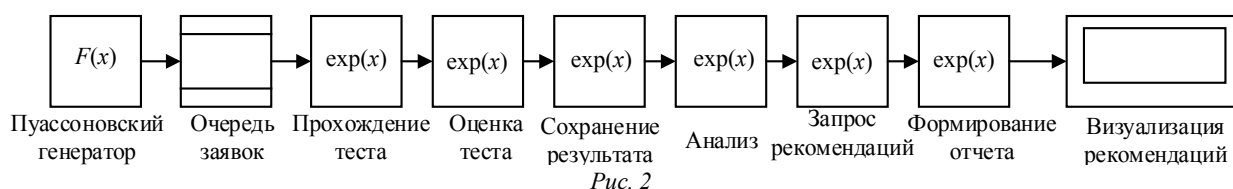


Рис. 1

Таблица 2

Название этапа	Описание	Временная сложность, тип образовательной среды		
		Классическая	Смешанная	Интеллектуальная
1. Прохождение теста	Студент проходит тест	Одинаковое время, часы		
2. Оценка теста	Преподаватель (система) сравнивает ответы с predetermined ключом, выставляя оценку в баллах	Линейная, минуты	Линейная, секунды	
3. Сохранение результата	Полученный результат сохраняется в централизованном хранилище	Линейная, минуты	Линейная, секунды	
4. Анализ	Полученные результаты сравниваются с результатами других студентов и целевыми значениями	Экспоненциальная, часы	Квадратичное, минуты	
5. Запрос результатов анализа	Студент (подразделение университета) запрашивает результаты	Случайная, дни	Случайная, дни	Случайная, часы
6. Получение ответа на запрос	Студент (подразделение университета) получает результаты и формализует их в виде плана действий	Линейная, часы	Линейная, часы	Линейная, минуты



В табл. 2 проведен анализ этапов – от прохождения студентом контрольных мероприятий до получения результатов, при этом выполнено сравнение 3 поколений систем обучения с указанием типа распределения времени, затрачиваемого на каждом этапе, а также оценки продолжительности:

1. Классическая.
2. Смешанная (применение тестов, интерактивных материалов).
3. Интеллектуальная (максимальный уровень использования средств автоматизации и анализа данных).

На основе данных табл. 1 в среде динамического моделирования Simulink построена последовательная модель СМО (рис. 2), в качестве составных блоков которой используются рассмотренные этапы. Характеристики времени, затрачиваемого на каждый из них, распределены в соответствии со значениями из табл. 2.

Согласно результатам моделирования интеллектуальная обработка данных снижает скорость обработки запросов рассматриваемого типа на 2 порядка, при этом смешанная модель обучения дает выигрыш около 50 %. График зависимости относительной временной сложности от количества поступающих в систему запросов для каждой из сред обучения приведен на рис. 3: пунктиром визуализировано поведение системы в случае тра-

диционного обучения, штрихпунктирном – смешанного и сплошной линией – интеллектуального.

Широкое использование технологий в современном образовании вызывает увеличение объема данных, которые необходимо обрабатывать образовательным организациям. Результаты моделирования показывают, что интеллектуальный подход, заложенный в образовательный процесс, может обеспечить значительный выигрыш во времени в рамках тестирования студентов, оценки их успеваемости и выдачи рекомендаций. Быстрая обратная связь при информировании о результатах студентов, несомненно, делает процесс обучения более эффективным и повышает удовлетворенность получаемой образовательной услугой и ее качеством.

Говоря о практической возможности использования, стоит понимать, что переход к интеллектуально поддерживаемому процессу обучения невозможен без долгой практики на этапе смешанного обучения, ведь именно на нем закладываются большинство инфраструктурных технических решений, в дальнейшем обеспечивающих работу информационной системы, и формализуется описание процесса обучения. Кроме того, формируется правильная этика работы с системой как со стороны пользователя, так и со сторо-

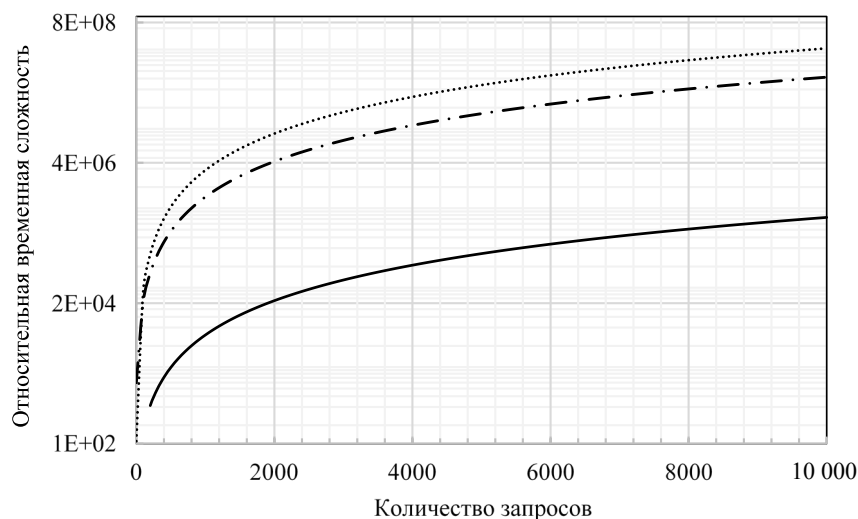


Рис. 3

ны создателей контента. Построение интеллектуальной среды может быть достигнуто в случае высокой структурированности большей части пространства знаний или развития технологий,

связанных с обработкой слабоструктурированных данных (озера данных, отдельные разделы глубинного анализ данных и т. п.), в первую очередь их классификации и кластеризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huyvaert, Sarah H. Queuing theory: An alternative approach to educational research // Proc. of the Annual Convention of the Association for Educational Communications and Technology, 1987. URL: <https://www.uwec.edu/files/4454/Report-on-Publications-87-88.pdf> (дата обращения 25.03.2020).

2. Ато К., Котова Е. Е. Управление коммуникативными стратегиями в электронной среде обучения // Материалы III Междунар. науч. конф. по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2019). СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 184–187.

Atto K., Kotova E. E.
Saint Petersburg Electrotechnical University

MODELING OF COMMUNICATION STRATEGIES IN AN INTELLIGENT LEARNING ENVIRONMENT

Analysis of the current state of LMS systems shows that deploying in large educational organizations could arise problems, primarily associated with a decrease in the educational services' quality. Usage of CRM and intelligent agents can improve the quality of the educational process in terms of responding on time and the comprehensiveness of the answers according to students' requests. In this article modeling of a communication strategy in an electronic learning environment will allow us to evaluate how intelligent data processing methods can increase the effectiveness of the educational process. For this, three generations of the organization of the educational process are considered: classical education, blended learning, and the one with the use of intelligent methods of student support. Based on the proposed communication model in the electronic learning environment a queuing system model is built in the Simulink dynamic modeling environment. The results received allows us to evaluate relative time costs for an educational organization in the chain of «student testing – evaluation of results – personal recommendations».

Learning management systems, communicative strategies, modeling, learning environment
