

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья

УДК 004.415.2

EDN PTYANG

doi 10.34216/2587-6147-2022-3-57-34-38

**Милан Дмитриевич Попов**<sup>1</sup>

**Анна Александровна Логинова**<sup>2</sup>

**Артем Руфимович Денисов**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup> milan070699@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6580-4614>

<sup>2</sup> aloginova255@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8306-4373>

<sup>3</sup> iptema@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3359-4103>

### ИНСТРУМЕНТ ВЫЯВЛЕНИЯ ПАТТЕРНОВ ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ КГУ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ PROCESS MINING

***Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема формирования компетенций студента. Предлагается трансформация образовательной программы в систему образовательных результатов путем применения методов Educational Process Mining. В рамках исследования предлагается архитектура системы анализа цифровых следов студентов. Такая система даст возможность анализировать активность студентов в системе дистанционного обучения и в дальнейшем выявлять схожие поведенческие паттерны. Анализу подвержены данные из СДО Moodle, а именно задания, сдаваемые студентами, и действия, производимые ими в системе. Реализация данной архитектуры позволит на основе данных логов системы Moodle решить задачи выбора для студента наиболее подходящих компетенций в соответствии с его выявленными паттернами поведения в информационной среде.*

***Ключевые слова:** паттерн поведения, инструмент, Moodle, Process mining, формирование компетенций студентов, цифровой след, паттерны поведения, система поддержки принятия решений*

***Для цитирования:** Попов М. Д., Логинова А. А., Денисов А. Р. Инструмент выявления паттернов поведения студентов КГУ на основе алгоритмов PROCESS MINING // Технологии и качество. 2022. № 3(57). С. 34–38. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-3-57-34-38>.*

Original article

**Milan D. Popov**<sup>1</sup>

**Anna A. Loginova**<sup>2</sup>

**Artem R. Denisov**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Kostroma State University, Kostroma, Russia

### A TOOL FOR REVEALING BEHAVIOUR PATTERNS OF KOSTROMA STATE UNIVERSITY STUDENTS BASED ON PROCESS MINING ALGORITHMS

***Abstract.** This article deals with the problem of the formation of student competences. It is proposed to transform the educational programme into a system of educational results by applying the methods of Educational Process Mining. As part of the study, the architecture of the system for analysing digital traces of students is proposed. Such a system will make it possible to analyse the activity of students in the distance learning system and in the future to identify similar behavioural patterns. Data from the LMS Moodle is subject to analysis, namely the tasks handed in by students and the actions they perform in the system. The implementation of this architecture will allow, based on the log data of the Moodle system, solving the problem of choosing the most appropriate competences for the student in accordance with its identified patterns of behaviour in the information environment.*

---

© Попов М. Д., Логинова А. А., Денисов А. Р., 2022

**Keywords:** *behaviour pattern, tool, Moodle, Process mining, student competences formation, digital footprint, behaviour patterns, decision support system*

**For citation:** Popov M. D., Loginova A. A., Denisov A. R. A tool for revealing behaviour patterns of Kostroma State University students based on PROCESS MINING algorithms. *Technologies & Quality*. 2022. No 3(57). P. 34–38. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-3-57-34-38>.

При реализации образовательных программ важно обеспечить не только формирование всех обязательных компетенций, прописанных во ФГОС, но и обеспечить удовлетворение внутренней потребности обучающегося в формате индивидуальной траектории в соответствии с его способностями и индивидуальными предпочтениями. Данная задача является неформализованной, что увеличивает влияние субъективных факторов (мнение родителей, информационный фон, формируемый СМИ и социальными сетями, и т. п.), что усложняет выбор студента и увеличивает шансы совершения ошибки при выборе траектории. С другой стороны, в университете это приводит к фактическому отказу от индивидуальных траекторий под предлогом того, что «студент сам не знает, чего хочет, при этом мы знаем, что ему потребуется в будущем». Все это приводит к тому, что по окончании обучения возникает неудовлетворенность студента качеством образовательной программы. Это также негативно сказывается на взаимодействии университет – работодатели, так как все студенты имеют примерно одинаковые компетенции, которые не соответствуют требованиям определенных рабочих мест, к тому же студенты не хотят работать на тех позициях, которые соответствуют их сформированным компетенциям. Все это негативно сказывается на имидже университета и качества его образовательных программ.

Решить данную проблему можно через трансформацию образовательной программы в упорядоченную систему образовательных результатов [1], часть которых определяют формирование обязательных компетенций, а для части предусмотрена возможность выбора для достижения одного из заложенных в систему компетентностных профилей, соответствующих требуемым компетенциям рабочих мест работодателей-партнеров.

При этом выбор студента должен сопровождаться соответствующей системой поддержки, которая, исходя из выявленных склонностей студента и анализа его работы при получении предыдущих образовательных результатов, рекомендовала бы ему направление движения по индивидуальной траектории. Чтобы обеспечить такую интеллектуальную поддерж-

ку, в системе должны быть данные о всех образовательных результатах студентов и истории их получения. Такая информация называется цифровым следом [2].

Использование концепции цифровых следов позволит:

- трансформировать содержание образовательной программы в упорядоченную систему формирования компетенций в соответствии с требованиями ФГОС и необходимостью компетенций на рабочих местах работодателей-партнеров;
- оценить сформированность компетенций студента;
- выявить задания, являющиеся избыточно сложными, приводящими к избыточному отсеву студентов;
- выявить индивидуальные предпочтения студентов на основе накопленных данных (цифровых следов) о его работе с поставленными заданиями в сопоставлении с ранее выявленными типовыми моделями поведения студентов [3].

Наиболее сложной является последняя задача, так как предполагает анализ процессов получения образовательных результатов, сохраненных в логах системы LMS [4]. Для решения таких задач используется целая группа методов интеллектуального анализа данных, которая получила название процессной аналитики, или Process Mining [5].

Процессная аналитика – это название ряда методов и подходов Data Mining для анализа процессов в информационных системах. Они применяются в случае, когда на основе данных журнала событий необходимо выявить и проанализировать процессы, определяющие логику действий пользователей. В основе такой аналитики лежит выделение и формализация типовых (повторяющихся) последовательностей действий, называемых паттернами. Выявление этих паттернов позволит со временем быстрее принимать решения, основываясь уже на схожих ситуациях и состояниях обучения студентов.

Применительно к решению задач образования процессная аналитика получила название Educational Process Mining [6]. Например, с помощью этих методов можно выявить типовые паттерны поведения студентов при получении

различных образовательных результатов, определить соответствие поведения студента ранее выявленным паттернам, выявить социальные связи между студентами и т. п. [7–10].

Следует помнить, что процессная аналитика – это не один метод, а целая группа методов, которые используются при решении различных задач. Соответственно, система поддержки принятия решений должна предусматривать возможность выбора метода в соответствии с поставленной задачей. Это предполагает открытую архитектуру системы, как это показано на рис. 1.

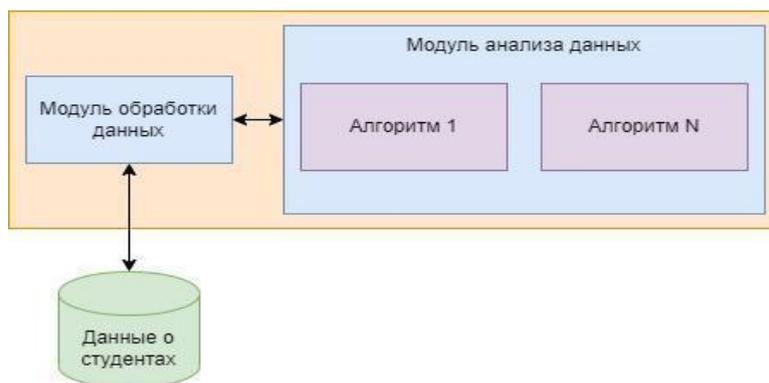


Рис. 1. Концептуальная схема системы поддержки принятия решений по выбору индивидуальных траекторий

В ходе обработки лог-файлов Moodle была сформирована таблица о результатах деятельности студентов, включающая 23 поля. Ключевыми из них являются:

- тип действия, выполненный студентом;
- уровень выполнения действия (курс, задание, форма);
- время фиксации действия в мс;
- идентификатор студента;
- реакция системы или преподавателя, который каким-либо образом отреагировал на активность студента;
- кафедра, в рамках которой было поставлено задание.

Проведенный анализ показал, что этих данных достаточно для обеспечения ключевых методов процессной аналитики, таких как Dotted Chart [9, 12], Fuzzy Miner [13], Social Network Miner [14, 15], Genetic Process Mining [16], Alpha Miner [17], Heuristic Miner [18].

При реализации системы поддержки принятия решений необходимо обеспечить соблюдение следующих требований:

- интеграция с существующей в Костромском государственном университете ИТ-инфраструктурой;

Чтобы обеспечить работу методов процессной аналитики, необходимо обеспечить их данными о результатах деятельности студентов. В Костромском государственном университете такие данные находятся в логах системы дистанционного обучения Moodle [11]. Данная система содержит собственную базу данных, которая фиксирует всю необходимую информацию, а именно: когда были произведены действия в системе, на каком уровне это сделано, что за действие было выполнено и есть ли какая-либо реакция от системы или преподавателя.

- распространение по лицензиям Apache/BSD/MIT, что позволит обеспечить интеграцию на уровне авторских прав;
- открытая платформа с возможностью добавления новых методов процессной аналитики;
- наличие системы визуализации полученных результатов, включая компетентностные профили студентов.

В качестве среды программирования была выбрана IDE PyCharm [19], как одна из основных сред программирования на языке python, в рамках глобальной системы которой уже реализованы выбранные методы процессной аналитики.

Общая архитектура подсистемы, отвечающей за реализацию методов процессной аналитики, приведена на рис. 2.

## ВЫВОДЫ

1. В данной работе для решения поставленной проблемы выбора индивидуальных траекторий студентов была разработана архитектура подсистемы процессной аналитики.

2. Реализация данной архитектуры позволит на основе данных логов системы Moodle решить задачи выбора для студента наиболее подходящих компетенций в соответствии с его выявленными паттернами поведения в информационной среде.

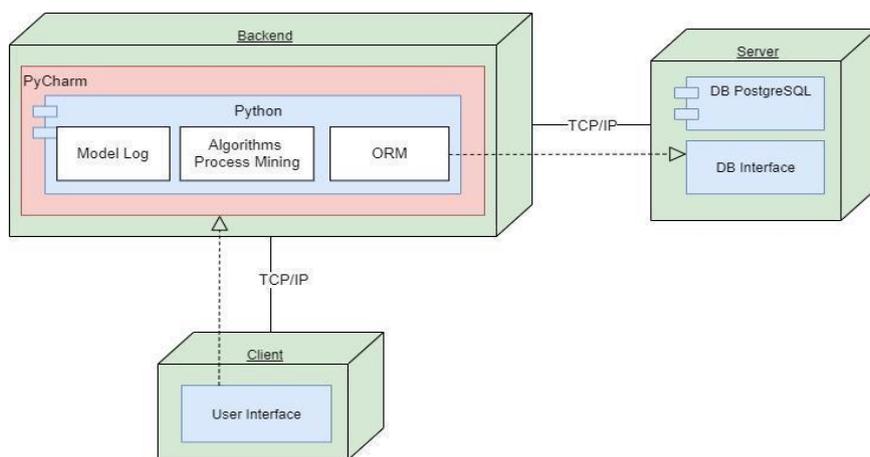


Рис. 2. Архитектура подсистемы процессной аналитики

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Оценка образовательных результатов на основе компетенций студентов. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27188> (дата обращения: 12.09.2022).
2. Цифровой след. Стандарт цифрового следа Университет 20.35. URL: <https://standard.2035.university> (дата обращения: 09.09.2022).
3. Виноградова Д. А., Красавина М. С. Прототипирование информационной системы автоматического мониторинга мотивации студентов // Технологии и качество. 2020. № 3(49). С. 25–29.
4. Learning Management System. Большой обзор LMS-систем: виды, поставщики и реальный кейс внедрения. URL: <https://vc.ru/education/218817-bolshoy-obzor-lms-sistem-vidy-postavshchiki-i-realnyy-keys-vnedreniya> (дата обращения: 12.09.2022).
5. Process Mining. Ресурс с описанием понятия Process Mining. URL: <https://habr.com/ru/post/244879/> (дата обращения: 12.09.2022).
6. Логинова А. А., Денисов А. Р. Применение технологии анализа цифрового следа для создания системы, формирующей индивидуальный цифровой профиль студента // Восьмая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics / BIG DATA и анализ высокого уровня». Минск, 2022. С. 411–420.
7. Using Process Mining for Learning Resource Recommendation: A Moodle Case Study / W. Hachicha, L. Ghorbel, R. Champagnat, C. A. Zayani, I. Amous // Procedia Computer Science. 2021. No 192. P. 853–862.
8. Van der Aalst W. Process mining: Data science in action. Berlin : Heidelberg : Springer-Verlag, 2016. 477 p.
9. Bogarín A., Cerezo R., Romero C. A survey on educational process mining // Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. 2018. Vol. 8, no 1. P. 1230–1247.
10. Bogarín A., Cerezo R., Romero C. Discovering learning processes using Inductive Miner: A case study with Learning Management Systems (LMSs) // Psicothema. 2018. Vol. 30, no 3. P. 322–329.
11. Moodle. Руководство по разработке на платформе Moodle. URL: <https://docs.moodle.org/dev/Process> (дата обращения: 12.09.2022).
12. Van der Aalst W., Guo S., Gorissen P. Comparative Process Mining in Education // Approach Based on Process Cubes. 3rd International Symposium on Data-Driven Process Discovery and Analysis (SIMPDA). Riva del Garda, 2013. P. 110–134. URL: [https://hal.inria.fr/hal-01746404/file/335156\\_1\\_En\\_6\\_Chapter.pdf](https://hal.inria.fr/hal-01746404/file/335156_1_En_6_Chapter.pdf) (дата обращения: 31.10.2022).
13. Gunther C. W., van der Aalst W. M. P. Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics // Proceedings of the 5th International Conference on Business Process Management. Lecture Notes in Computer Science. 2007. Vol. 4714. P. 328–343.
14. Process Mining in the Education Domain / Awatef Hicheur Cairns, Billel Gueni, Mehdi Fhima, Andrew Cairns, Stéphane David // International Journal on Advances in Intelligent Systems. 2015. Vol. 8, No 1-2. P. 219–232.
15. Aggarwal C. An Introduction to social network data analytics // Social Network Data Analytics. 2011. URL: <http://charuaggarwal.net/socialintro.pdf> (дата обращения: 31.10.2022).
16. Van der Aalst W. M. P., de Medeiros A. K. A., Weijters A. J. M. M. Genetic Process Mining // Applications and Theory of Petri Nets : 26th International Conference (June 20–25, 2005. Miami). 2005. P. 48–69.
17. Van der Aalst W. M. P., Weijters A. J. M. M., Maruster L. Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2004. № 16(9). P. 1128–1142.

18. Weijters A. J. M. M., van der Aalst W. M. P., de Medeiros A. A. K. Process Mining with the Heuristics Miner-algorithm // BETA Working Paper Series, WP 166. Eindhoven : Eindhoven University of Technology, 2006. URL: [https://www.researchgate.net/publication/306014995\\_Process\\_mining\\_with\\_the\\_heuristics\\_miner-algorithm](https://www.researchgate.net/publication/306014995_Process_mining_with_the_heuristics_miner-algorithm) (дата обращения: 31.10.2022).
19. JetBrains. PyCharm. Ресурс распространения средств разработки ПО. URL: <https://www.jetbrains.com/idea> (дата обращения: 15.09.2022).

## REFERENCES

1. Evaluation of educational results based on students' competencies\*. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27188> (date of access: 12.09.2022) (In Russ.)
2. Digital footprint. Digital Footprint Standard University 20.35\*. URL: <https://standard.2035.university/> (date of access: 09.09.2022) (In Russ.)
3. Vinogradova D. A., Krasavina M. S. Prototyping an information system for automatic monitoring of student motivation. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2020;3(49):25–29. (In Russ.)
4. Learning Management System. A large overview of LMS systems: types, suppliers and a real implementation case\*. URL: <https://vc.ru/education/218817-bolshoy-obzor-lms-sistem-vidy-postavshchiki-i-realnyy-keys-vnedreniya> (date of access: 12.09.2022) (In Russ.)
5. Process Mining. A resource describing the concept of Process Mining\*. URL: <https://habr.com/ru/post/244879> (date of access: 12.09.2022) (In Russ.)
6. Loginova A. A., Denisov A. R. Application of the technology analysis of the digital footprint to create a system for forming the individual digital profile of the student. *BIG DATA i analiz vysokogo urovnya* [BIG DATA and Advanced Analytics], 2022. (In Russ.)
7. Hachicha W., Ghorbel L., Champagnat R., Zayani C. A., Amous I. Using Process Mining for Learning Resource Recommendation: A Moodle Case Study. *Procedia Computer Science* 2021;192:853–862.
8. Van der Aalst W. Process mining: Data science in action. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. 2016. 477 p.
9. Bogarín A., Cerezo R., Romero C. A survey on educational process mining. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. 2018;8,1:1230–1247.
10. Bogarín, A., Cerezo, R., Romero, C. Discovering learning processes using Inductive Miner: A case study with Learning Management Systems (LMSs). *Psicothema*. 2018;30,3:322–329.
11. Moodle. Moodle Development Guide\*. URL: <https://docs.moodle.org/dev/Process> (date of access: 12.09.2022).
12. Van der Aalst W., Guo S., Gorissen P. Comparative Process Mining in Education. Approach Based on Process Cubes. 3rd International Symposium on Data-Driven Process Discovery and Analysis (SIMPDA). Riva del Garda. 2013:110–134. URL: [https://hal.inria.fr/hal-01746404/file/335156\\_1\\_En\\_6\\_Chapter.pdf](https://hal.inria.fr/hal-01746404/file/335156_1_En_6_Chapter.pdf) (Accessed 31.10.2022).
13. Gunther C. W., van der Aalst W. M. P. Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics. *Proceedings of the 5th International Conference on Business Process Management. Lecture Notes in Computer Science*. 2007;4714:328–343.
14. Awatef Hicheur Cairns, Billel Gueni, Mehdi Fhima, Andrew Cairns, Stéphane David. Process Mining in the Education Domain. *International Journal on Advances in Intelligent Systems*. 2015;8,1-2:219–232.
15. Aggarwal C. An Introduction to social network data analytics. *Social Network Data Analytics*. 2011. URL: <http://charuaggarwal.net/socialintro.pdf> (Accessed 31.10.2022).
16. Van der Aalst W. M. P., de Medeiros A. K. A., Weijters A. J. M. M. Genetic Process Mining. Applications and Theory of Petri Nets : 26th International Conference (June 20–25, 2005. Miami). 2005:48–69.
17. Van der Aalst W. M. P., Weijters A. J. M. M., Maruster L. Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2004;16(9):1128–1142.
18. Weijters A. J. M. M., van der Aalst W. M. P., de Medeiros A. A. K. Process Mining with the Heuristics Miner-algorithm. BETA Working Paper Series, WP 166. Eindhoven : Eindhoven University of Technology, 2006. URL: [https://www.researchgate.net/publication/306014995\\_Process\\_mining\\_with\\_the\\_heuristics\\_miner-algorithm](https://www.researchgate.net/publication/306014995_Process_mining_with_the_heuristics_miner-algorithm) (Accessed 31.10.2022).
19. JetBrains. PyCharm. Software Development Tools Distribution Resource\*. URL: <https://www.jetbrains.com/idea> (Accessed: 15.09.2022). (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 6.06.2022  
Принята к публикации 7.10.2022

\*Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by the author's of the article.