

Научная статья

УДК 004.4:378.14

DOI: 10.17072/1993-0550-2024-1-53-59

## Анализ состояния гармонизации дисциплин направления 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника"

Рустам Абубакирович Файзрахманов<sup>1</sup>, Елена Владимировна Долгова<sup>2</sup>, Илья Игоревич Сухих<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

<sup>1</sup>fayzrakhmanov@gmail.com;

<sup>2</sup>shagrata@mail.ru;

<sup>3</sup>vargostelexmax@gmail.com

**Аннотация.** В статье исследуется вопрос гармоничного состояния дисциплин, участвующих в образовательном процессе направления 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника" с профилем "Автоматизированные системы обработки информации и управления". Приводится информация о методах обработки ключевой информации из файлов с рабочими программами дисциплин. Демонстрируется результат обработки данных. Описываются дальнейшие перспективы оптимизации процесса обучения студентов путем построения детализированной модели образовательной программы, которая позволит с большей точностью оценить текущий уровень гармонизации, а также дополнит исходную модель новой полезной информацией.

**Ключевые слова:** гармонизация; компетенции; ключевые понятия; ярусно-параллельный граф

**Для цитирования:** Файзрахманов Р.А., Долгова Е.В., Сухих И.И. Анализ состояния гармонизации дисциплин направления 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника" // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2024. Вып. 1(64). С. 53–59. DOI: 10.17072/1993-0550-2024-1-53-59.

*Статья поступила в редакцию 07.09.2023; одобрена после рецензирования 22.01.2024; принята к публикации 18.03.2024.*

Research article

## Harmonization Status Analysis of 09.03.01 "Computer Science and Computer Engineering" Disciplines

Rustam A. Faizrakhmanov<sup>1</sup>, Elena V. Dolgova<sup>2</sup>, Ilya I. Sukhikh<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

<sup>1</sup>fayzrakhmanov@gmail.com;

<sup>2</sup>shagrata@mail.ru;

<sup>3</sup>vargostelexmax@gmail.com

**Abstract.** The article studies the issue of harmonious state of disciplines involved in the educational process of the direction 09.03.01 "Informatics and Computer Science" with the profile "Automated Systems of Information Processing and Control". The information about the methods of key information processing from files with working programs of disciplines is given. The result of data processing is demonstrated. Further perspectives of optimization of students' learning process by building a detailed model of educational program, which will allow to estimate the current level of harmonization with greater accuracy, as well as to supplement the initial model with new useful information, are described.

**Keywords:** harmonization; competences; key concepts; tier-parallel graph

**For citation:** Fayzrakhmanov, R.A., Dolgova, E.V., Sukhikh, I.I. (2024), "Harmonization Status Analysis of 09.03.01 "Computer Science and Computer Engineering" Disciplines", *Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer Science*, no. 1(64), pp. 53-59. DOI: 10.17072/1993-0550-2024-1-53-59.

*The article was submitted 07.09.2023; approved after reviewing 22.01.2024; accepted for publication 18.03.2024.*



Данная работа © 2024 Файзрахманов Р.А., Долгова Е.В., Сухих И.И. распространяется под лицензией CC BY 4.0. Чтобы посмотреть копию этой лицензии, посетите <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Введение

Наиболее распространенная проблема, с которой сталкивается выпускник высшего учебного заведения – это несоответствие имеющегося набора компетенций к тем требованиям, которые предъявляет работодатель к молодому специалисту. Следовательно, для стабильного экономического развития страны важно выстроить образовательный процесс ИТ-специалистов таким образом, при котором приобретение компетенций студентами происходило гармонично.

Гармонизируя образовательный процесс, возможно добиться важных показателей как для студентов, так и для самого вуза. Для студента важнейшим показателем будет получение необходимых знаний неразрывно, начиная с основ и завершая наиболее актуальными вопросами в сфере информационных технологий на момент завершения обучения. В то же время, для вуза гармонично выстроенный учебный план будет означать повышение конкурентоспособности на рынке образовательных услуг за счет показателей востребованности выпускников у работодателей.

Данное исследование направлено на определение текущего уровня гармонизации дисциплин, участвующих в образовательном процессе направления 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника" с профилем "Автоматизированные системы обработки информации и управления" и определению возможных перспектив повышения уровня гармонизации.

### 1. Обзор подходов для повышения гармоничного состояния дисциплин в учебном плане

Наиболее распространенным вариантом, рассматриваемым авторами научных статей, связанных с улучшением учебных планов, является внесение изменения в педагогическую нагрузку, редактирование расписаний, формирование индивидуальных учебных траекторий, а также попытках привести в соответствие компетенции и их индикаторы достижения.

Так, авторы [1] указывают, что "анализ рабочих учебных планов в первую очередь направлен на их оптимизацию с целью равномерного распределения педагогической нагрузки, а, следовательно, с учетом студенческого контингента" [1, с. 2].

Авторы предлагают алгоритм, согласно которому с помощью метода полного перебора формируются оптимальные последовательности распределения дисциплин по семестрам.

В [2] авторы исследуют использование комбинаторных оптимизационных задач для формирования вариативной части учебного плана с целью построения индивидуальных образовательных траекторий обучения.

В качестве методологии предлагается алгоритм "knapsack problem", заключающийся в поиске оптимального набора предметов из заданного списка с ограничением по суммарному весу. Авторами разработано приложение для автоматизации процесса построения индивидуальных образовательных траекторий студентов в вариативной части учебного плана университета.

В [3] авторами произведен обзор источников российских и зарубежных исследований, связанных с автоматизацией составления учебного расписания. Приведено сравнение средств, способных автоматизировать данный вопрос. Рассматриваются такие методы, как метод ветвей и границ, эвристические методы, генетический алгоритм, агрегативный генетический алгоритм, метод имитации отжига, гибридизация.

Итогом обзора является концептуальная постановка задачи, на основе которой авторами формулируются жесткие и мягкие ограничения, которые должны быть выполнены на выходе из системы. Авторами [4] рассмотрены вопросы создания информационного и программного обеспечения организации учебного процесса, включая автоматизированный расчет качественных расписаний и предложены новые стратегии и решения NP-трудных задач, которые могут быть рекомендованы для систем искусственного интеллекта.

Авторы приводят описание принципа обратной связи и, как сами указывают, "данные формируют структуры управления пошагового решения, а на некоторых шагах часть структур управления переходит в данные и т. д. в итерационном режиме с возвратом на некоторые точки пошагового решения для выбора других вариантов" [4, с. 8]. Далее рассматриваются ограничения, которые должны быть учтены в сформированном расписании.

В [5] отмечено, что "необходимо представлять учебные программы в такой форме, чтобы их можно было интерпретировать на компьютере и легко изменять.

Кроме того, важно облегчить определение согласованности учебных планов для различных уровней образования" [5, с. 1]. Автор предполагает, что, разработав платформу, которая позволит находить недостающие аспекты в учебном плане и анализировать статистические данные, возможно улучшить модели учебного плана. Данная платформа базируется на выравнивании онтологий, или, как указал автор, "наборе соответствий"

В [6] автор основной целью исследования указывает разработку "набора компетенций для подготовки бакалавров путем гармонизации соответствующих источников учебных программ" [6, с. 5]. В качестве базовой единицы исследования автор использовал официальные и актуальные документы, находящиеся в открытом доступе в сети Интернет, после чего полученный набор данных подвергся анализу на основе метода анализа задач для формулирования ключевых компетенций.

Таким образом, изучив материалы научных работ, связанных с качественными улучшениями учебного плана и задействованных внутри учебного плана дисциплин, стоит отметить, что вопрос является актуальным и имеет множество векторов для исследования и вариантов улучшения. В то же время вопрос оценки состояния гармонизации, на текущий период времени, изучен на недостаточном уровне и требует отдельного внимания исследователей.

## **2. Концепция гармонизации**

Гармонизация в образовании – это процесс улучшения качества образования, который включает множество подходов [7], таких как:

- использование современных и инновационных технологий, а также методик преподавания;

- развитие не только профессиональных, но и социальных навыков студентов;

- стремление к индивидуальному подходу для каждого студента, а в частных случаях – разработка индивидуальной траектории обучения;

- разработка и создание комфортной образовательной среды;

- анализ и корректировка учебных планов направления для повышения конкурентоспособности выпускников на рынке труда и повышения конкурентоспособности образовательного учреждения на рынке образовательных услуг.

Целью гармонизации является обеспечение того, чтобы все стороны, участвующие в образовательном процессе, смогли достигнуть поставленных целей и задач.

Будущие выпускники ставят перед собой задачу получения высококачественного образования, соответствующего его индивидуальным потребностям, способностям и интересам.

Работодателям важно получить высококвалифицированных выпускников, имеющих необходимые знания и навыки, чтобы успешно выполнять свои профессиональные обязанности. Они также хотят видеть в выпускниках вуза ответственных, трудолюбивых и способных работников, которые готовы к постоянному обучению и развитию.

Высшее учебное заведение, в свою очередь, стремится к подготовке выпускников, обладающих необходимыми знаниями, навыками и качествами для успешной карьеры в соответствующей области и для личностного развития. Вуз также стремится предоставить высокое качество образования, которое соответствует национальным и международным стандартам. Вуз ставит перед собой задачу подготовить студентов к профессиональной деятельности, которая будет способствовать экономическому росту страны, улучшению качества жизни людей и развитию гражданского общества.

Кроме того, вуз должен обеспечить студентам возможность получения широкого спектра знаний и опыта, которые будут полезны им не только в будущей карьере, но и в повседневной жизни.

Критерии гармонизации [8] образования могут включать в себя следующие аспекты:

1. Соответствие стандартам: образовательные стандарты должны соответствовать актуальным стандартам и требованиям.

2. Качество образования: качество образования должно соответствовать национальным стандартам и обеспечивать подготовку студентов

к профессиональной деятельности, соответствующей их потребностям и интересам.

3. Индивидуализация обучения: обучение должно стремиться учитывать индивидуальные потребности и способности каждого студента.

4. Интерактивность: учебные материалы и методы преподавания должны способствовать активному участию студентов в процессе обучения.

5. Адаптивность: образовательные программы должны быть гибкими и адаптироваться к изменяющимся потребностям рынка труда, а также изменениям в обществе, стране и мире.

### 3. Подход к оценке уровня гармонизации

Для оценки уровня гармонизации существует ряд концептуальных подходов, каждый из которых формирует собственную оценку:

1. Анализ учебных планов по предметам: сравнение учебных планов по предметам в образовательной организации поможет выявить области, где текущий учебный план проявляет признаки ограничений с неэффективностью ("узких мест"), следствием чего является возникновение диспропорций и коллизий в логике выдачи информации.

2. Анализ соответствия учебных программ: анализ соответствия учебных программ национальным стандартам и требованиям поможет выявить области, где текущий учебный план частично либо полностью не отвечает заявленным требованиям.

3. Оценка обратной связи студентов: получение оценки студентов о курсе обучения поможет выявить проблемы с организацией занятий, использованием технологий и другими аспектами обучения.

4. Анализ использования образовательных ресурсов: анализ использования ресурсов, таких как оборудование, библиотеки и лаборатории поможет выявить проблемы с доступностью необходимой материально-технической базы и ее использованием.

5. Анализ успеваемости студентов: данный подход подразумевает сравнение успеваемости студентов до и после изменений в учебном плане, что способствует выявлению причин динамики успеваемости и определению областей, где изменения были успешными.

### 4. Анализ учебных планов

Для оценки состояния гармонизации требуется построить модель образовательной программы. Модель образовательной программы можно сформировать несколькими способами:

1. *Линейный график*. Представляет собой столбчатую диаграмму, которая показывает прогресс студента в течение курса. График может показывать процентное соотношение времени, затраченного на каждую задачу, или процент выполнения каждой задачи.

2. *Диаграмма Ганта*. Это тип линейного графика, который используется для сравнения прогресса студента на протяжении нескольких недель или месяцев. График может показывать процентное соотношение времени, затраченного на каждую задачу, или процент выполнения каждой задачи.

3. *Ярусно-параллельный граф*. Каждый уровень представляет собой отдельный курс, а каждое ребро представляет собой связь между курсами. Каждый курс представлен вершиной графа, а связи между курсами представлены ребрами. Граф может быть использован для отслеживания прогресса студента на протяжении курса и выявления областей, требующих дополнительного обучения или практики. Он также может помочь в адаптации учебного плана к индивидуальным потребностям студентов и оптимизации процесса обучения.

В соответствии с вышеизложенным, для достижения поставленной цели в данном исследовании, предлагается построить граф в ярусно-параллельной форме, который визуально отобразит текущий учебный план.

Основным элементом разрабатываемой модели использованы дисциплины, которые участвуют в образовательном процессе направления 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника" с профилем "Автоматизированные системы обработки информации и управления". Каждая дисциплина представляется в виде набора ключевых слов и понятий, которые так или иначе используются при освоении текущей дисциплины. *Ключевое слово (ключевой термин)* – это термин, фраза или набор слов, используемых для описания концепции или идеи в определенной области знаний.

Данный подход к структуризации данных помогает организовать информацию и упростить ее восприятие и понимание.

Стоит отметить процесс сбора ключевых слов, которые помогут определить основные тезисы документов с рабочими программами направления. Для выделения важных вершин на графе используется следующая метрика:

$$S(V_i) = (1 - d) + d \times \sum_{j \in \text{In}(V_i)} \frac{1}{|\text{Out}(V_j)|} S(V_j), \quad (1)$$

Где:

- $S(V_i)$  – важность  $i$ -й вершины;
- $\text{In}(V_i)$  – множество вершин, имеющих входящие в  $i$ -ю вершину ребра;
- $\text{Out}(V_i)$  – множество вершин, связанных с  $i$ -й вершиной исходящими из нее ребрами;
- $d$  – коэффициент затухания [9].

При этом стоит отметить, что изначально важность проходит инициализацию случайными числами, после чего итеративно сходится к корректным значениям, следовательно, важность слова определена связью с другими важными словами.

Приведем пример ключевых слов, которые удалось получить из наиболее широкой по своему тематическому наполнению дисциплины "Б1.Б.09 Информатика" в форме облака слов (рис. 1).

Получив наборы ключевых слов, удалось создать граф, отображающий связи между дисциплинами.

Из графа изначально убрана часть дисциплин, относящихся к формированию универсальных компетенций.



Рис. 1. Облако слов

Отобразим граф в ярусно-параллельной форме (рис. 2).

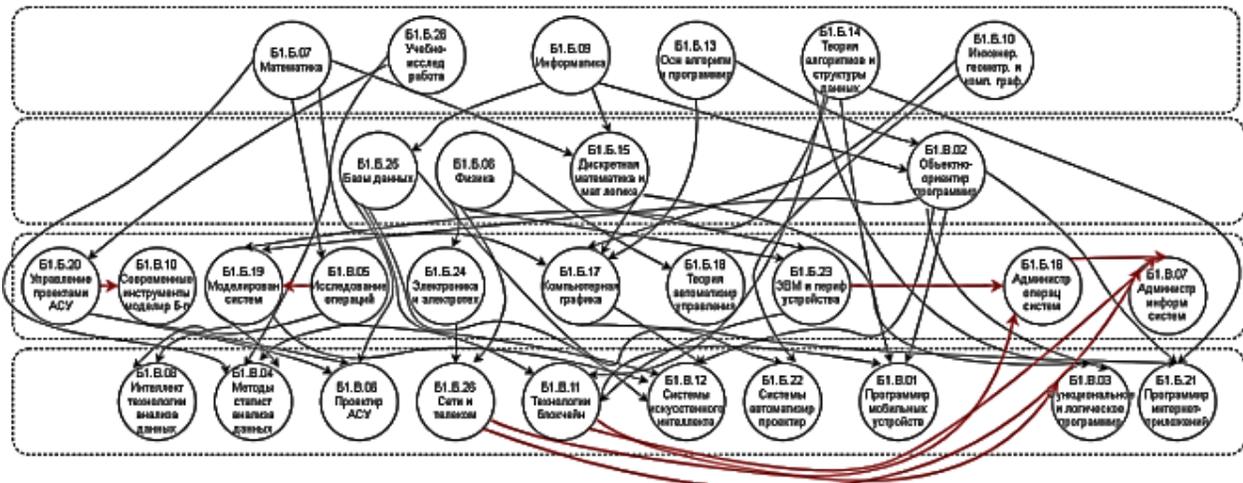


Рис. 2. Граф связей дисциплин

Исходя из полученного графа видно, что присутствуют связи с нарушенными временными промежутками, когда требуемая инфор-

мация выдается с опозданием (на графе выделены красными ребрами), а уровень состояния гармонизации превышает 74 %.

## Результаты

Таким образом, в ходе проведения исследования, были определены концепция и цели процедуры гармонизации.

Выделены критерии, способствующие повышению уровня гармонизации. Перечислены подходы, с помощью которых возможно оценить текущий уровень состояния гармонизации.

Для данного исследования построена визуальная модель в виде ярусно-параллельного графа, на который нанесены связи между дисциплинами. Связи между дисциплинами на графе формируются с помощью метрики, позволяющей проводить обработку и структуризацию данных из файлов с рабочими программами дисциплин направления 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника".

Ключевые понятия отображены в виде облака слов. Оценен текущий уровень гармонизации направления, на основе которого подтверждена необходимость внесения корректировки учебного плана.

Дальнейшие исследования будут направлены на получение более точной оценки уровня гармонизации путем извлечения ценной информации или данных из набора неструктурированных или слабоструктурированных данных и разработку концепции, позволяющей повысить уровень гармоничного состояния дисциплин.

## Список источников

1. Сеньковская А.А., Фураева И.И. Анализ исходных данных в задаче оптимизации рабочих учебных планов // Математические структуры и моделирование. 2019. Т 20, № 2. С. 85–94.
2. Федоров Д.Ю., Забродин А.В. Оптимизация образовательного процесса: построение индивидуальных учебных траекторий с помощью вариативной части учебного плана на примере задачи о рюкзаке // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2023. № 3. С. 68–73. DOI: 10.24412/2413-2527-2023-335-68-73.
3. Масляев Д.А. Современное состояние задачи автоматизации составления оптимального учебного расписания в вузе // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. 2022. Т. 42, № 1. С. 23–40. DOI: 10.34130/1992-2752\_2022\_1\_23.

4. Мартыянов В.И. Теоретико-множественный анализ организации данных учебного процесса и алгоритмы проектирования расписания с элементами искусственного интеллекта // Известия Байкальского государственного университета. 2020. Т. 30, № 4. С. 575–585.
5. Mandić M. Semantic Web Based Platform for the Harmonization of Teacher Education Curricula // Computer Science and Information Systems. 2021. Vol. 19, Iss. 1. P. 229–250. DOI: 10.2298/CSIS210207050M.
6. Cahapay M.B. Formulation of Undergraduate Teacher Education Core Competencies: A Harmonization Approach // People: International Journal of Social Sciences. 2020. Vol. 6, Iss. 2. P. 593–608. DOI: 10.20319/pijss.2020.62.593 608.
7. Лебедева Н.Н. Гармонизация педагогической системы ценностного самоопределения школьников // Вестник ОГУ. 2005. Т. 1, № 10. С. 72–76.
8. Миннахметов Р.Р., Фалеева С.А., Салахова Н.О. Основные критерии и показатели педагогического отбора содержания образования // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 71–2. С. 244–247.
9. Алгоритмы для выделения ключевых слов URL: <https://vc.ru/newtechaudit/449493-algoritmy-dlya-vydeleniya-klyuchevyh-slov-rake-yake-textrank> (дата обращения: 08.11.2023).
10. Яруллин Д.В. Информационная система сбора и обработки требований работодателей к компетенциям ИТ-специалистов на основе методов денотативного анализа: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 2.3.4 / Яруллин Денис Владимирович. Пермь, 2023. 22 с.

## References

1. Senkovskaia, A.A., Furaeva I.I. (2019), "Analysis of initial data in the task of optimization of working curricula", *Matematicheskie struktury i modelirovanie*, no. (20(2)), pp. 85–94.
2. Fedorov, D. Iu., Zabrodin, A.V. (2023), "Optimization of the educational process: building individual learning trajectories with the help of the variable part of the curriculum on the example of the backpack problem", *Intellektual'nye tekhnologii na transporte*, no. 3, pp. 68–73. DOI: 10.24412/2413-2527-2023-335-68-73.

3. Masliaev, D.A. (2022), "Current state of the problem of automation of optimal academic schedule in higher education institution", *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Ser. I: Matematika. Mekhanika. Informatika*, no. 42(1), pp.23-40. DOI: 10.34130/1992-2752\_2022\_1\_23.
4. Mart'ianov, V.I. (2020), "Theoretical-multiple analysis of educational process data organization and schedule design algorithms with artificial intelligence elements", *Izvestiia Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 30(4), pp. 575-585.
5. Mandić, M. (2021), "Semantic Web Based Platform for the Harmonization of Teacher Education Curricula" *Computer Science and Information Systems*, vol. 19, iss. 1, pp. 229-250. DOI: 10.2298/CSIS210207050M.
6. Cahapay, M.B. (2020), "Formulation of Undergraduate Teacher Education Core Competencies: A Harmonization Approach", *People: International Journal of Social Sciences. International Journal of Social Sciences*, vol. 6, iss. 2, pp. 593-608. DOI: 10.20319/pijss.2020.62.593608.
7. Lebedeva, N.N. (2005), "Harmonization of pedagogical system of value self-determination of schoolchildren", *Bulletin OGU*, no. 1(10), pp. 72-76.
8. Minnakhmetov, R.R., Faleeva, S.A., Salakhova, N.O. (2021), "Main criteria and indicators of pedagogical selection of educational content", *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniia*, no. 71-2, pp. 244-247.
9. Algorithms for keyword URL: <https://vc.ru/newtechaudit/449493-algoritmy-dlya-vydeleniya-klyu-chevyh-slov-rake-yake-textrank> (accessed: 08.11.2023).
10. Yarullin, D.V. (2023), "Information system for collecting and processing employers' requirements to the competencies IT-specialists on the basis of methods denotative analysis", *Abstract of Ph.D. thesis, Perm*, 22 p.

#### Информация об авторах:

*Р. А. Файзрахманов* – доктор экономических наук, профессор кафедры "Информационные технологии и автоматизированные системы", Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, 29), AuthorID: 459311;

*Е. В. Долгова* – доктор экономических наук, профессор кафедры "Информационные технологии и автоматизированные системы", Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, 29), AuthorID: 313283;

*И. И. Сухих* – аспирант кафедры "Информационные технологии и автоматизированные системы", группы ИТТ-22-а, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, 29), AuthorID:1083169.

#### Information about the authors:

*Rustam A. Faizrahmanov* – Doctor of Economics, Professor of the Department of "Information Technologies and Computer-Based Systems", Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky Prospekt, 29, Perm, Russia, 614990), AuthorID: 459311;

*Elena V. Dolgova* – Doctor of Economics, Professor of the Department of "Information Technologies and Computer-Based Systems", Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky Prospekt, 29, Perm, Russia, 614990), AuthorID: 313283;

*Ilya I. Sukhikh* – Postgraduate Student of the Department of "Information Technologies and Computer-Based Systems", group ITT-22-a, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky Prospekt, 29, Perm, Russia, 614990), AuthorID: 1083169.