

УДК 004.8

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.017](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.017)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АКАДЕМИЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Н.И. Юсупова¹, О.Н. Сметанина², А.В. Климова³, А.И. Агадуллина⁴

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
Уфа, Россия*

¹*e-mail: yussupova@ugatu.ac.ru*

²*e-mail: smoljushka@mail.ru*

³*e-mail: alex.klimova.ufa@gmail.com*

⁴*e-mail: aygul.agadullina@gmail.com*

Резюме: В статье рассмотрены и проанализированы процессы академической мобильности, показаны особенности каждого вида мобильности, выделены источники данных. Выявлены основные проблемы, возникающие при формировании образовательного маршрута, связанные с обработкой больших объемов информации. Обоснована необходимость автоматизации информационного сопровождения академической мобильности для обеспечения эффективной реализации индивидуального образовательного маршрута, на основе статистических данных. Обзор современного состояния проблемы показал, что в области управления образовательным маршрутом и академической мобильностью недостаточно раскрыты вопросы использования информационной поддержки. Авторами выделен процесс планирования образовательного маршрута в рамках академической мобильности, как наиболее трудоемкий, требующий привлечения знаний экспертов для принятия решений. Предложена организация информационной поддержки путем разработки моделей представления знаний (деревьев решений), основанных на применении продукционных правил вывода для анализа возможных решений при формировании образовательного маршрута. В основу «дерева решений» положены результаты анализа процедуры принятия решений в учебном процессе в рамках каждого вида академической мобильности. Разработанные правила позволяют реализовать в базе знаний опыт и знания экспертов при принятии решений, связанных с академической мобильностью. Разработанная авторами система внедрена в учебный процесс и используется сотрудниками деканата

Ключевые слова: поддержка принятия решений, образовательный маршрут, академическая мобильность, деревья решений, модели представления знаний, продукционные правила.

Для цитирования: Юсупова Н. И., Сметанина О. Н., Климова А. В., Агадуллина А. И. Информационное обеспечение процесса академической мобильности с использованием моделей представления знаний. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019;7(4). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/YusupovaSoavtors_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.017.

INFORMATION SUPPORT OF ACADEMIC MOBILITY PROCESS USING KNOWLEDGE REPRESENTATION MODELS

N.I. Yusupova, O.N. Smetanina, A.V. Klimova, A.I. Agadullina

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Aviation Technical University", Ufa, Russia

Abstract: The article discusses and analyzes the processes of academic mobility, shows the features of each type of mobility and identifies data sources. The main problems that arise during the formation of the educational route are identified. These problems are associated with the processing of large amounts of information. The necessity of automation the information support of academic mobility to ensure the effective implementation of an individual educational route is justified based on statistical data. A review of the current state of the problem showed that in the field of educational route management and academic mobility, the issues of using information support are not sufficiently disclosed. The authors show the educational route planning process within the framework of academic mobility as the most time-consuming, requiring the involvement of experts to make decisions. The organization of informational support is represented by developing knowledge representation models (decision trees) based on the application of production inference rules to analyze possible solutions when forming an educational route. The "Decision Tree" is based on the results of the analysis of decision-making procedures in the educational process within the framework of each type of academic mobility. The developed rules allow to implement in the knowledge base the experience and knowledge of experts in making decisions related to academic mobility. The system developed by the authors is introduced into the educational process and is used by the dean's staff.

Keywords: decision support, educational route, academic mobility, decision trees, knowledge representation models, production rules.

For citation: Yusupova N. I., Smetanina O. N., Klimova A. V., Agadullina A. I. Information support of academic mobility process using knowledge representation models. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2019;7(4). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/YusupovaSoavtors_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.017 (In Russ).

Введение

В условиях модернизации образовательной системы в России требованиями Федерального закона об образовании предусмотрена возможность использования сетевой формы обучения и «открытого образования», реализации программы по индивидуальному учебному плану. Все перечисленное можно отнести к академической мобильности. В статье академическая мобильность используется также при реструктуризации образовательных учреждений (закрытие неаккредитованных направлений, филиалов, объединение вузов и др.), при переходе на новые образовательные стандарты, в рамках международного взаимодействия университетов разных стран.

При планировании академической мобильности возникает необходимость изменения базового образовательного маршрута, который связан, в большинстве случаев, с различными образовательными программами. Процесс планирования требует обработки большого объема сопутствующей документации. Если в академическую мобильность вовлечены разные научно-образовательные учреждения, эффективная интеграция учебных планов осложняется разнородностью сопроводительных документов, представленных разными форматами и на разных языках.

Перечисленные проблемы требуют автоматизации информационного сопровождения планирования академической мобильности для обеспечения эффективной реализации индивидуального образовательного маршрута, в частности,

необходимость использования методов обработки и анализа слабоструктурированных данных, экспертных знаний.

Данная статья посвящена анализу процессов академической мобильности, рассмотрению особенностей, используемых данных в зависимости от вида мобильности, формализации знаний и их использования для повышения эффективности принятия решений при управлении академической мобильностью.

Современное состояние проблемы

Разработкам в области управления образовательным маршрутом и академической мобильностью посвящены работы таких исследователей как Ф.Дж. Альтбах, Д. Энберг [1], В.И. Байденко [2], А.М. Крылов [3], В.В. Лоренц [4], И.А. Корягина [5], И.А. Юрловская, Г.П. Гучмазова [6], Н.В. Кармазина, Е.Н. Федорова, Г.М. Янюшкина [7], А.О. Богатырко [8], А.Н. Свиридов, Н.В. Кириенкова [9], С.М. Каплунович [10], С.В. Фролова, Р.У. Ариффулина, Х.С. Ядав [11] и др.

Вопросы международной академической мобильности рассмотрены в работах Н.А. Цветковой [14], О.А. Тепляковой [15], В.В. Краснощекова [16].

Несмотря на многочисленные публикации в области управления образовательным маршрутом и академической мобильностью вопросы использования информационной поддержки при управлении образовательным маршрутом для разных видов академической мобильности остаются недостаточно раскрытыми.

В рамках действующих образовательных стандартов результаты обучения определяются компетенциями, которые освоил студент во время обучения. Однако, документы, подтверждающие результат обучения (академическая справка, выписка к диплому, учебное соглашение) содержат в себе перечень дисциплин. Реализация образовательного маршрута предполагает освоение обучающимся всех компетенций принимающего направления при установленных затратах времени.

В ходе анализа известных ИТ-решений в исследуемой области рассмотрены подсистемы программных продуктов управления вузом, учебным процессом, сравнения учебных планов и перезачета дисциплин. Многие из известных фирм-разработчиков программных решений предлагают информационные системы управления вузом: «Управление учебным заведением» [17], «Управление образовательным процессом» [18], «1С: Университет» [19], «Галактика: Управление Вузом [20] и многие др. В информационных системах, направленных на управление разными процессами в вузе, основным выступает управление образовательным процессом.

Информационное обеспечение процессов интеграции различных учебных планов, формирования индивидуальных образовательных маршрутов в рамках академической мобильности, как правило, представлено экспертным сопоставлением образовательных программ, «вовлеченных» в образовательный маршрут, а также дисциплин, их аннотаций и трудоемкостей, часто, без учета осваиваемых компетенций. В целом, формирование образовательного маршрута влечет за собой следующие проблемы: большой объем информации для анализа; разнородные источники информации; представление информации в разных форматах и на разных языках; разное содержание дисциплин при наличии одинаковых названий; большие временные затраты на обработку информации и формирование образовательного маршрута вручную; недостаточная компетентность новых сотрудников (невозможность эффективного консультирования).

Процесс реализации международной академической мобильности также не свободен от проблем – учебный процесс в разных вузах имеет свою специфику, которая также должна быть учтена при планировании образовательного маршрута.

Принятие решений при управлении академической мобильностью

Можно выделить [21] внешнюю (международную) и внутреннюю (национальную) академическую мобильность. Внутренняя академическая мобильность связана с пребыванием в университетах и научных центрах, расположенных на территории Российской Федерации, переводом на образовательные программы внутри университета, в другой университет. Внешняя академическая мобильность – это частичная реализация образовательной программы в зарубежных образовательных и научных учреждениях с последующим возвратом в родной/базовый вуз (включенное обучение, программы двойных дипломов).

Организация академической мобильности осуществляется, как правило, в соответствии с общим порядком, а также с учетом особенностей, предусмотренных законом об образовании и локальными нормативными актами (положение об академической мобильности, положение о переводе обучающихся, положение о перезачете дисциплин и пр.) [22, 23, 24]. Согласно нормативным документам, процессы могут осуществляться в определенные периоды (например, каникулярное время), при этом на анализ документов и принятие решений отводится определенное время. Принятие решений может осуществляться группой лиц, например, аттестационной комиссией. Процессы организации внутренней и внешней академической мобильности могут незначительно отличаться, в том числе, и набором анализируемых данных.

При планировании образовательного маршрута студента в рамках внутренней академической мобильности при переходе между вузами в рамках одного направления требуется сравнительный анализ образовательных программ базового и принимающего направлений с целью перезачета изученных дисциплин, а также выявить дисциплины, которые необходимо дополнительно сдать студенту. Наборы документов в рамках как внешней, так и внутренней академической мобильности, осуществляемой внутри одного вуза и между вузами, отличаются. На Рисунке 1 представлена мнемосхема процесса принятия решений в рамках академической мобильности.

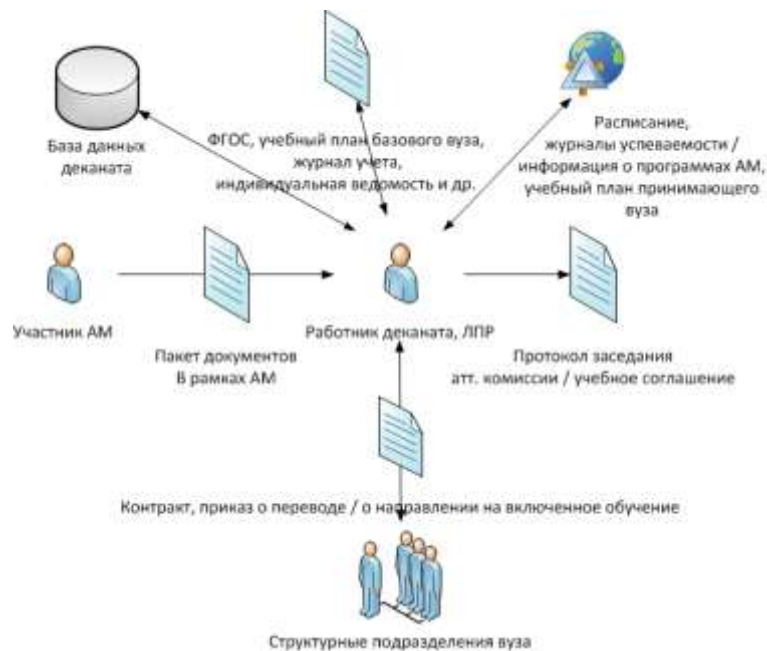


Рисунок 1. Мнемосхема процесса принятия решений в рамках академической мобильности

Планирование образовательного маршрута студента с учетом международной академической мобильности, например, включенном обучении, осуществляется путем

составления учебного соглашения на основе анализа аннотаций дисциплин, запланированных для изучения в зарубежном вузе и дисциплин из учебного плана базового вуза, которые могут быть перезачтены; индивидуального учебного плана (с перечнем дисциплин, которые не вошли в учебное соглашение и не будут перезачтены и сроки их изучения).

Таким образом, можно выделить несколько типов академической мобильности: в рамках одного направления, в рамках одной группы направлений, в рамках разных групп направлений, в рамках международной академической мобильности. Каждый из этих типов предполагает использование различающегося набора документов, сопоставление разных информационных объектов, формирование документов в зависимости от вида мобильности (Таблица 1).

Таблица 1. Задачи принятия решений для различных типов академической мобильности

Тип мобильности	Исходные данные	Формируемый документ
В рамках одного направления	учебные планы базового и принимающего вузов, номер семестра, в который осуществляется перевод	Протокол заседания аттестационной комиссии (перечень дисциплин, которые необходимо сдать - формируется путем сопоставительного анализа учебных планов базового и принимающего вузов на основе названий, а также трудоемкостей дисциплин)
В рамках одной группы направлений	учебные планы базового и принимающего направлений одной группы, номер семестра, в который осуществляется перевод, аннотации дисциплин	Протокол заседания аттестационной комиссии (перечень дисциплин, которые необходимо сдать - формируется путем сопоставительного семантического анализа базового и принимающего учебных планов на основе названий, аннотаций и трудоемкостей дисциплин, а также профессиональных компетенций и их индикаторов).
В рамках разных групп направлений	учебные планы базового и принимающего направлений разных групп, номер семестра, в который осуществляется перевод, аннотации дисциплин	Протокол заседания аттестационной комиссии (перечень дисциплин, которые необходимо сдать - формируется путем сопоставительного семантического анализа базового и принимающего учебных планов на основе названий, аннотаций, трудоемкостей дисциплин, универсальных, общепрофессиональных, а также профессиональных компетенций и их индикаторов).
В рамках международной	учебный план базового направления, перечень	Учебное соглашение (перечень дисциплин, которые необходимо

академической мобильности	дисциплин принимающего зарубежного вуза, номер семестра	перезачесть - формируется путем сопоставительного анализа учебных планов базового и перечня выбранных для изучения дисциплин на основе названий, аннотаций, а также трудоемкостей дисциплин) и индивидуальный учебный план.
---------------------------	---	---

Процессы академической мобильности приобретают все более и более масштабный характер в рамках региона, страны. Развитие внешней мобильности обусловлено, в том числе тем, что мониторинг международной деятельности образовательных организаций высшего образования включает такие показатели как количество совместных образовательных программ, реализованных в партнерстве с зарубежными вузами, количество обучающихся, участвующих в программах международной мобильности и пр. Это приводит, как к расширению взаимосвязей с зарубежными партнерами из разных стран (Австрия, Бразилия, Великобритания, Венгрия, Вьетнам, Германия, Гонконг, Греция, Дания, Индия, Италия, Испания, Казахстан, Китай, Корея, Малайзия, Мексика, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Сингапур, Словения, США, Тайланд, Финляндия, Франция, Хорватия, Швейцария, Швеция, ЮАР, Япония и др.), так и увеличению количества участников. Развитие внутренней мобильности, в свою очередь, обусловлено изменением нормативных документов (например, возможность сетевого взаимодействия), изменением «потребностей» обучающихся и пр.

В качестве примера, на факультете информатики и робототехники Уфимского государственного авиационного технического университета за последние 5 лет в среднем в год осуществляется не менее 230 случаев внутренней академической мобильности. На Рисунках 2 представлена статистика по годам, на Рисунках 3, 4 – по видам внутренней мобильности.

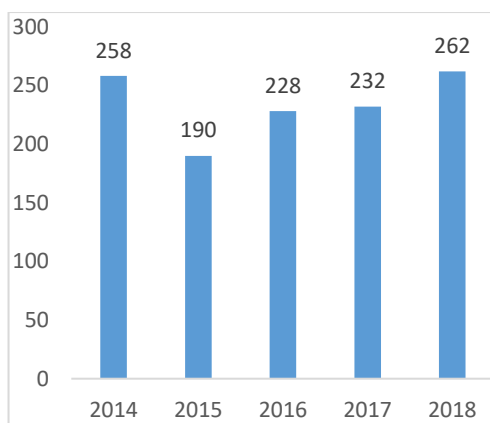


Рисунок 2. Статистика переводов в рамках внутренней академической мобильности (по количеству студентов)



Рисунок 3. Статистика переводов студентов по видам внутренней академической мобильности

Решение о переводе студента с потерей курса принимается в 20% случаев. Основная работа по переводу студентов осуществляется в каникулярное время и требует определенных затрат времени.

При принятии решений в рамках внутренней академической мобильности появляются трудности, связанные с ограничением по времени, так как перевод студентов проводится в каникулярное время и наличием разных поколений образовательных стандартов.

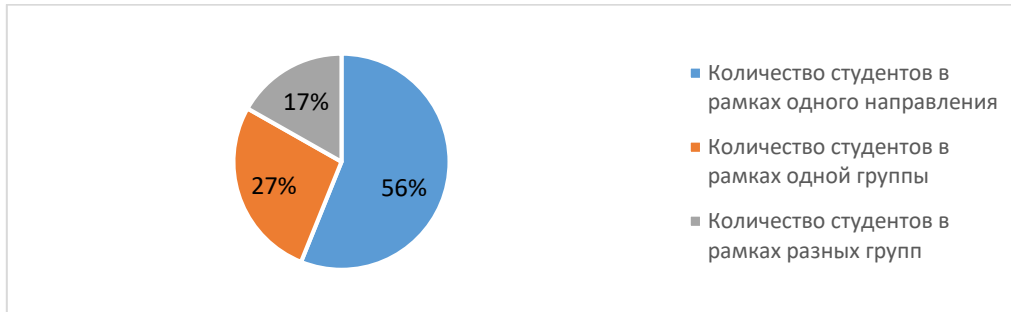


Рисунок 4. Статистика переводов студентов по видам внутренней академической мобильности за 2018 год

Анализ данных даже в рамках одного факультета университета говорит о том, что процессы, во-первых, регулярные, во-вторых, есть повторяющиеся моменты, в-третьих, они связаны с обработкой слабоструктурированных данных, что в свою очередь позволяет сделать вывод о необходимости использования информационных технологий для поддержки решений в рамках академической мобильности.

Во многих российских университетах в различной степени развито международное сотрудничество, и с каждым годом популярность включенного обучения растет. К примеру, в Высшей школе экономики [25] наблюдается рост случаев международной академической мобильности (Рисунок 5), в Санкт-Петербургском политехническом университете [26] – более 400 случаев, в Казанском национальном исследовательском техническом университете им. А. Н. Туполева – КАИ [27] ежегодно в программах академической мобильности участвуют в среднем 60 обучающихся.

Анализ данных УГАТУ за последние 4 года показал регулярное участие вуза в программах международной академической мобильности в 15 различных университетах мира, в формате стажировок, включенного обучения и обучения в рамках стипендиальных программ, что также связано с обработкой разнородной информации. На Рисунке 6 приведена статистика случаев международной академической мобильности в УГАТУ.

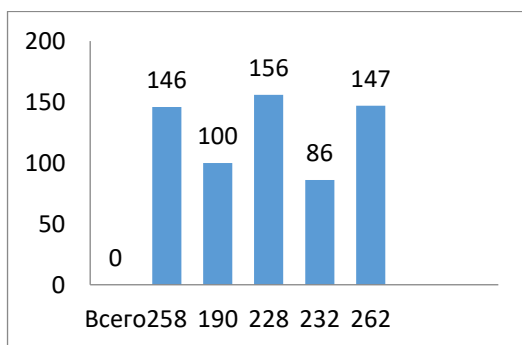


Рисунок 5. Международная академическая мобильность НИУ ВШЭ (2018 г.)

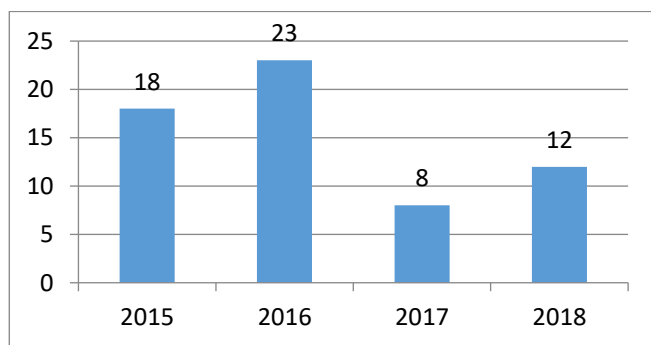


Рисунок 6. Статистика случаев международной академической мобильности (по количеству студентов)

На этапе планирования образовательного маршрута в рамках академической мобильности анализируется большой объем различной информации, в том числе, экспертно сопоставляются образовательные программы направлений (дисциплины, трудоемкости, компетенции), для принятия решения используется накопленный опыт экспертов и ответственных лиц. Рассмотренные обстоятельства позволяют поставить вопрос об организации информационной поддержки, поскольку информация о дисциплинах разных направлений является разнородной, слабоструктурированной и разноформатной.

Для формирования перечней дисциплин, например, для перезачета, авторами ранее разработан прототип СППР «Разработчик ИОМ» [28] с использованием технологии Windows Presentation Foundation, на языке программирования C#. С использованием прототипа при планировании образовательного маршрута, формируются документы для отдельных типов академической мобильности. При необходимости учета компетентностного подхода проводится автоматическое сопоставление текстов компетенций дисциплин образовательных программ направлений. Также осуществляется учет трудоемкости дисциплин. Однако, программа направлена на решение узкого ряда задач в рамках академической мобильности (формирование протокола заседания аттестационной комиссии, учебного соглашения с готовым перечнем дисциплин с использованием интеллектуальных технологий). В частности, не учитывает ограничения, при которых следует принять решение о зачислении обучающегося, не отвечает на вопросы по подбору периода обучения (включенное обучение, двойные дипломы), принимающего вуза с его набором дисциплин для изучения (зарубежные вузы-партнеры). Рассмотренные выше ситуации при управлении академической мобильностью требуют привлечения технологий экспертных систем, как систем, основанных на знаниях. Вывод о возможном использовании технологий основан на результатах анализа по таким критериям как: область возможных решений относительно невелика (Таблица 2); в процессе решения используются формальные суждения, есть эксперты, а также данные и знания не меняются со временем.

Модели представления знаний для принятия решений в рамках академической мобильности

Первым вопросом при разработке систем, основанных на знаниях, стоит вопрос о выявлении закономерностей (принципов, связей, законов) предметной области с целью решения конкретных задач. При этом осуществляется описание объектов, явлений, фактов предметной области и отношений между ними. Часто система предусматривает использование так называемых текстовых знаний, заложенных в нормативных актах и литературных источниках (факты), и опыт эксперта(ов) (эвристики). Одним из базовых элементов систем, основанных на знаниях, выступает база знаний как совокупность моделей, правил и данных, порождающих анализ и выводы.

Основными моделями представления знаний являются продукционные модели (совокупность фактов, продукций, механизма логического вывода), семантические сети («вершины» – понятия, факты, объекты, события и пр., «дуги» – отношения, которыми связаны между собой вершины), фреймы (структура данных для представления стереотипных ситуаций), логические модели (совокупность базовых элементов, синтаксических правил, аксиом, и правил вывода).

Такие преимущества продукционных моделей, как естественность (выводы заключения схожи с процессом рассуждений эксперта) и гибкость родовидовой иерархии понятий, а также предполагаемое число правил (не более 100) (из чего следует

то, что не должно быть противоречий между правилами), позволили принять решение об использовании продукции. Большой опыт использования авторами этих моделей при разработке систем поддержки принятия решений с использованием технологий экспертных систем [29], позволяет «склониться» к продукционной модели.

Основой для построения базы знаний будет разработанное «дерево решений» для анализа возможных решений при формировании образовательного маршрута, а также в качестве информационной поддержки учебного процесса. «Дерево решений» используется в случае необходимости последовательного принятия решений и увязывает точки принятия решений, возможные действия и их последствия. Построенное дерево решений позволяет не строить фрагментарные правила.

В основу «дерева решений» положены результаты анализа процедуры принятия решений в учебном процессе в рамках каждого вида академической мобильности (Таблица 2). Выделены атрибуты правил и их значения, а также заключения на основе проведенного анализа документации, включающего в себя: положения о переводах, восстановлении и отчислениях студентов, протоколы заседания аттестационной комиссии, приказы о переводах и направлении на включенное обучение, учебные соглашения, учебные планы.

Разработанная продукционная система, включающая комплекс продукционных правил, рабочей памяти и механизм логического вывода, предоставляет возможность управлять процессом решения путем сопоставления с образцом. Продукционные правила базы знаний для анализа возможных решений при формировании образовательного маршрута имеют следующий вид: $r_i: F_m$; Если A_1 И $A_2 \dots$ И A_n ТО C_k , где r_i – имя i -го правила, F_m – ситуация академической мобильности; A_j – j -е условие правила, некоторое подмножество условий правила i A^i – антецедент, определяет, когда правило может быть применено для решения задачи, C_k – k -е заключение правила.

Таблица 2. Примеры академической мобильности и связанные с ними решения

Вид мобильности и	Ситуации при управлении академической мобильностью	Результаты принимаемых решений	Источники информации	Лица, принимающие решения
Внутренняя академическая мобильность (без участия зарубежных партнеров)	Перевод студента внутри вуза	<ul style="list-style-type: none"> Перечень дисциплин и компетенций Документация (протоколы, приложения) Зачисление на тот же курс; Зачисление с потерей курса 	Академическая справка, зачетная книжка (копия), индивидуальный учебный план, документы других вузов (российских, зарубежных), находящиеся в открытом	Работники деканата, кураторы, научные руководители, административный персонал кафедры, сотрудники международного отдела, студенты
	Восстановление студента после отчисления			
	Выход студента из академического отпуска			
	Перевод студента из другого вуза			

	Перевод студента из другой страны		доступе (учебные планы, рабочие программы дисциплин и др.).	
	Сетевое взаимодействие российских вузов	<ul style="list-style-type: none"> • Содержание индивидуальных учебных планов 		Руководители программ сетевого взаимодействия
Внешняя академическая мобильность (с участием зарубежных партнеров)	Выбор и реализация программы для включенного обучения	<ul style="list-style-type: none"> • Содержание индивидуального плана • Содержание учебного соглашения 	Аннотации дисциплин зарубежных вузов, список дисциплин, которые будет изучать студент в зарубежном вузе, учебные планы базового и принимающего вузов.	Руководители международных программ, деканат
	Разработка и реализация программ двойных дипломов	<ul style="list-style-type: none"> • Содержание учебных планов 		Руководители международных программ, деканат

Для реализации базы знаний о возможных решениях при формировании образовательного маршрута была использована оболочка экспертной системы «FunduckESS» [30].

Программа представляет собой инструментальное средство для разработки экспертных систем в различных проблемных областях, основана на правилах продукции вида «ЕСЛИ» ... «ТО». Процесс реализации экспертной системы в «FunduckESS» включает следующие шаги: ввод целей (заключений экспертной системы) – возможных решений при формировании образовательного маршрута; ввод факторов (блоков информации), различные комбинации которых формируют дерево решений по выбору целей.

Оболочка экспертной системы имеет два модуля – «Expert» и «Klient», которые используют в работе одну и ту же базу знаний. Интерфейс модуля «Expert» предназначен для создания и заполнения базы знаний экспертом в определенной области знаний.

Интерфейс модуля «Klient» предназначен для лица, принимающего решение. Пользователь, отвечая на вопросы, предлагаемые ему экспертной системой, получает результат в виде возможного решения при формировании образовательного маршрута. На Рисунке 7 приведены фрагменты дерева решений в экспертной системе «FunduckESS» для ситуации «Перевод студента из другого вуза» за счет средств от приносящей доход деятельности.

Значения показателей n (допустимое количество зачетных единиц задолженностей) и m (допустимый процент совпадения трудоемкостей) определяются в соответствии с нормативными документами, принятыми в вузе.



Рисунок 7 – Фрагмент дерева решений

Фрагмент списка правил разработанной базы знаний приведен в Таблице 3.

Таблица 3. Фрагмент базы правил

№	Правило
Rule 1	ЕСЛИ ФГОС 2 поколения И вид академической мобильности внутренний И академическая мобильность в рамках одного направления И названия и аннотации дисциплин совпадают И трудоёмкости дисциплин совпадают (более чем на m %) ТО зачислить студента на тот же курс и сформировать список дисциплин для перезачета.
Rule 2	ЕСЛИ ФГОС 3 поколения И вид академической мобильности внутренний И академическая мобильность в рамках одного направления И компетенции дисциплин совпадают И трудоёмкости дисциплин не совпадают (менее чем на m %) И задолженностей больше n ед., ТО зачислить студента с потерей курса, сформировать список дисциплин для перезачета, список задолженностей.
Rule 3	ЕСЛИ ФГОС 3 поколения И вид академической мобильности внутренний И академическая мобильность в рамках одного направления И компетенции дисциплин совпадают И задолженностей меньше n ед., ТО зачислить студента на тот же курс, сформировать список дисциплин для перезачета, список задолженностей.
...	...

Результаты

Для рассмотренного класса задач принятия решений при управлении академической мобильностью использовались разработанные ранее инструментальные

средства. Используемые в них данные учитывают особенности внутренней и международной академической мобильности, а также специфику компетентностного подхода.

Концепция объединения между собой перечисленных классов задач принятия решений с использованием «дерева решений» позволяет структурировать знания о каждом из типов академической мобильности, рассмотреть различные сценарии развития возможных ситуаций в рамках того или иного типа мобильности, построить базу правил. Дерево решений, при использовании последовательного принятия решений, увязывает точки принятия решений, возможные действия и их последствия. При этом не строятся фрагментарные правила, за счет чего упрощается контроль полноты базы знаний, целостности и непротиворечивости.

Фрагмент списка правил приведен в Таблице 3, всего в базе знаний разработанной экспертной системы – более 100 правил. Разработанные правила позволяют формализовать в базе знаний опыт и знания экспертов при принятии решений, связанных с академической мобильностью.

Заключение

Вопросы поддержки принятия решений при управлении академической мобильностью являются важными, поскольку связаны с необходимостью обработки и анализа больших объемов разнородной и разноформатной информации. Исследования статистики академической мобильности показали, что случаи являются частыми и регулярными, что при экспертном анализе требует значительных временных затрат и ведет к снижению эффективности принимаемых решений.

Различные типы академической мобильности и анализ управленческих решений позволили предложить концепцию автоматизации процесса планирования индивидуального образовательного маршрута, обучающегося на базе «дерева решений». Для интеллектуальной информационной поддержки принятия решений в рамках академической мобильности разработаны продукционные модели представления знаний. Для реализации базы знаний о возможных решениях при формировании образовательного маршрута была использована оболочка экспертной системы «FunduckESS».

В перспективе совершенствования информационного сопровождения предполагается повышение эффективности принятия решений путем внедрения интеллектуальных технологий обработки текста на естественных языках, что позволит получать более точные решения при участии обучающегося в академической мобильности (сравнение учебных планов, компетентностных моделей).

Полученные результаты позволяют также предусмотреть возможность создания на базе вузов, ведомств или крупных предприятий специализированных информационных систем поддержки образовательных бизнес-процессов (например, контроль за стажировкой или повышением квалификации работников предприятий).

Результаты исследования, представленные в статье, поддержаны грантами РФФИ 19-07-00709 и 18-07-00193.

ЛИТЕРАТУРА

1. Altbach P. G., Engberg D. Global Student Mobility: The Changing Landscape. *International Higher Education*. 2014;77:17-20.

2. Байденко В. И. Многоплановый и системный характер Болонского процесса. *Высшее образование в России*. 2009;9:120-131.
3. Крылов А. М. Программы двойных и совместных международных дипломов. *Высшее образование в России*. 2007;5:42-45.
4. Лоренц В. В. Проектирование индивидуально-образовательного маршрута как условие подготовки будущего учителя к профессиональной деятельности: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Омск. 2001.
5. Корягина И.А., Королев Г. В. Академическая мобильность в меняющемся мире: российский опыт. Вопросы управления. 2019;2(38). Доступно по адресу: <https://cyberleninka.ru/article/n/akademicheskaya-mobilnost-v-menyayuschemsya-mire-rossiyskiy-opyt> (дата обращения: 30.08.2019).
6. Юрловская И. А., Гучмазова К. П. Индивидуально-образовательный маршрут студентов как механизм индивидуализации образовательного процесса современного педагогического вуза. *Интернет-журнал «Мир науки»*. 2016;4(2). Доступно по адресу: <http://mir-nauki.com/PDF/24PDMN216.pdf> (дата обращения 29.08.2019).
7. Кармазина Н. В., Федорова Е. Н., Янюшкина Г. М. Особенности реализации студентами вуза индивидуальных образовательных маршрутов (ИОМ). *Современные проблемы науки и образования*. 2014;3. Доступно по адресу: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13717> (дата обращения: 08.08.2019).
8. Богатырко А. О. Технология проектирования индивидуально-образовательного маршрута студента. *Современные научные исследования и инновации*. 2015;2(4). Доступно по адресу: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/48417> (дата обращения: 25.07.2019).
9. Свиридов А. Н., Кириенкова Н. В. Индивидуальный образовательный маршрут (ИОМ) в работе куратора студенческой группы в вузе. *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. 2015;19:21–25. Доступно по адресу: <http://e-koncept.ru/2015/75271.htm> (дата обращения: 25.08.2019).
10. Каплунович С. М. Возможности построения индивидуального образовательного маршрута студента в условиях реализации технологии адаптивного обучения в зоне ближайшего развития. *Международный журнал экспериментального образования*. 2017;9:50-55.
11. Ариффулина Р. У., Фролова С. В., Ядав Х. С. Реализация индивидуальных образовательных маршрутов в высшей школе: опыт России и Индии. *Вестник Мининского университета*. 2015;4. Доступно по адресу: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/102/103> (дата обращения 03.08.2019).
12. Тряпицина А. П. Образовательная программа – маршрут ученика. СПб.: *Петербургская школа*. 1998.
13. Лабунская Н. А. Индивидуальный образовательный маршрут студента: подходы к раскрытию понятия. *Известия российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*. СПб. 2002;2(3):79-90.
14. Цветкова Н. А., Ярыгин Г. О., Лопач О. В. Политика международной академической мобильности российской федерации. *Азимут научных исследований: экономика и управление*. 2015;4(13):108-115.
15. Теплякова О. А. Академическая мобильность как платформа для развития российско-скандинавских отношений. *Вопросы российского и международного права*. 2016; 11А:58-68.
16. Алексанков А. М., Краснощеков В. В., Мазуренко А. В. Проблемы и перспективы повышения качества программ академической мобильности. *Инновационная наука*. 2015; 10(3). Доступно по адресу: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i>

- perspektivy-povysheniya-kachestvaprogramm-akademicheskoy-mobilnosti (дата обращения: 29.08.2019).
17. Информационная система «Управление учебным заведением». Доступно по адресу: <https://www.hypermethod.ru/ru/info/horizon> (дата обращения: 29.08.2019).
 18. Информационная система «Управление образовательным процессом». Доступно по адресу: <https://www.ibs.ru/public-sector-solutions/university/upravlenie-obrazovatelnymprotsessom/> (дата обращения: 29.08.2019).
 19. Программный продукт «1С: Университет». Доступно по адресу: <https://solutions.1c.ru/catalog/university/features> (дата обращения: 29.08.2019).
 20. Система «Галактика Управление Вузом». Доступно по адресу: <http://ssg-dv.ru/vuz/> (дата обращения: 29.08.2019).
 21. Харитонов О. В. Академическая мобильность в пространстве высшего образования. *Человек и Образование*. 2012;2(31):41-45.
 22. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012, № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Доступно по адресу: <http://www.rg.ru/2012/12/30/obrazovanie-dok.html> (02.08.2019).
 23. Приказ Министерства образования Российской Федерации от 10.02.2017, № 124 «Об утверждении Порядка перевода обучающихся в другую организацию, осуществляющую образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального и (или) высшего образования. Доступно по адресу: <https://rg.ru/2017/05/11/minobr-prikaz124-site-dok.html> (02.08.2019).
 24. Приказ Министерства образования Российской Федерации от 15.03.2013, № 185 «Об утверждении Порядка применения к обучающимся и снятия с обучающихся мер дисциплинарного взыскания». Доступно по адресу: <https://rg.ru/2013/06/26/minobrнауки-dok.html> (02.08.2019)
 25. Официальный сайт Высшей Школы Экономики. Доступно по адресу: <http://www.hse.ru/> (дата обращения: 29.08.2019).
 26. Официальный сайт Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета. Доступно по адресу: <http://www.spbstu.ru/> (дата обращения: 29.08.2019).
 27. Официальный сайт Казанского государственного технического университета (КГТУ) им. А.Н. Туполева. Доступно по адресу: <http://www.kai.ru/> (дата обращения: 29.08.2019).
 28. Сметанина О. Н., Климова А. В., Кириллов О. Ю. Разработчик ИОМ. *Свидетельство о регистрации программы на ЭВМ*. 2018613309. 2018.
 29. Юсупова Н. И., Шахмаметова Г. Р., Еникеева К. Р. Модели представления знаний для идентификации опасностей промышленного объекта. *Вестник УГАТУ*. 2008; 11(1): 91-100.
 30. Юсупова Н.И. и др. Поддержка принятия решений с использованием интеллектуальных технологий. Модели и методы представления и использования знаний: лабораторный практикум. *Уфа: УГАТУ*. 2019.

REFERENCES

1. Altbach P. G. and Engberg D. Global Student Mobility: The Changing Landscape // *International Higher Education*. 2014;77:17-20.
2. Baidenko V. I. “Mnogoplanovyy i sistemnyy kharakter Bolonskogo protsessa // *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*. 2009;9:120-131.

3. Krylov A. M. Programmy dvoynykh i sovmestnykh mezhdunarodnykh diplomov // Vyssheye obrazovaniye v Rossii. 2007;5:42-45.
4. Lorenz B. B. Proyektirovaniye individual'no-obrazovatel'nogo marshruta kak usloviye podgotovki budushchego uchitelya k professional'noy deyatel'nosti: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. Omsk. 2001.
5. Koryagina I.A., Korolev G. V. Akademicheskaya mobil'nost' v menyayushchemsya mire: rossiyskiy opyt. Voprosy upravleniya. 2019;2(38). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/akademicheskaya-mobilnost-v-menyayushchemsya-mire-rossiyskiy-opyt> (Accessed 30th August, 2019).
6. Yurlovsky I. A., Guchmazova K. P. Individual'no-obrazovatel'nyy marshrut studentov kak mekhanizm individualizatsii obrazovatel'nogo protsessa sovremennogo pedagogicheskogo vuza. Internet-zhurnal «Mir nauki». 2016;4(2). Available from: <http://mir-nauki.com/PDF/24PDMN216.pdf> (Accessed 29th August, 2019).
7. Karmazina N. V., Fedorova E. N., Yanyushkina G. M. Osobennosti realizatsii studentami vuza individual'nykh obrazovatel'nykh marshrutov (IOM). Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2014;3. Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13717> (Accessed 8th August, 2019).
8. Bogatyрко A. O. Tekhnologiya proyektirovaniya individual'no-obrazovatel'nogo marshruta studenta. Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2015;2(4). Available from: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/48417> (Accessed: 25th July 2019).
9. Sviridov A. N., Kirienkova N. V. Individual'nyy obrazovatel'nyy marshrut (IOM) v rabote kuratora studencheskoy gruppy v vuze. Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Kontsept». 2015;19:21–25. Available from: <http://e-koncept.ru/2015/75271.htm> (data obrashcheniya: Accessed 25th August, 2019).
10. Kaplunovich S. M. Vozmozhnosti postroyeniya individual'nogo obrazovatel'nogo marshruta studenta v usloviyakh realizatsii tekhnologii adaptivnogo obucheniya v zone blizhayshego razvitiya. Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. 2017; 9:50-55.
11. Arifulina R. U., Frolova S. V., Yadav H. S. Realizatsiya individual'nykh obrazovatel'nykh marshrutov v vysshey shkole: opyt Rossii i Indii. Vestnik Mininskogo universiteta. 2015;4. Available from: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/102/103> (Accessed 3rd August, 2019)
12. Tryapitsina A. P. Obrazovatel'naya programma – marshrut uchenika. SPb.: Peterburgskaya shkola. 1998.
13. Labunskaya N. A. Individual'nyy obrazovatel'nyy marshrut studenta: podkhody k raskrytiyu ponyatiya. Izvestiya rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena. SPb. 2002;2(3):79-90.
14. Tsvetkova N. A., Yarygin G. O., Lopach O. V. Politika mezhdunarodnoy akademicheskoy mobil'nosti rossiyskoy federatsii. Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye. 2015;4(13):108-115.
15. Teplyakova O. A. Akademicheskaya mobil'nost' kak platforma dlya razvitiya rossiysko-skandinavskikh otnosheniy. Voprosy rossiyskogo i mezhdunarodnogo prava. 2016;11A:58-68.
16. Aleksankov A. M., Krasnoshchekov V. V., Mazurenko A. V. Problemy i perspektivy povysheniya kachestva programm akademicheskoy mobil'nosti. Innovatsionnaya nauka. 2015;10(3). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-povysheniya-kachestvaprogramm-akademicheskoy-mobilnosti> (Accessed 29th August, 2019).
17. Information System «Upravleniye uchebnym zavedeniyem». Available from: <https://www.hypermethod.ru/ru/info/horizon> (Accessed 29th August, 2019).

18. Information System «Upravleniye obrazovatel'nym protsessom». Available from: <https://www.ibs.ru/public-sector-solutions/university/upravlenie-obrazovatel'nym-protsessom/> (Accessed 29th August, 2019).
19. Software «1S: Universitet». Available from: <https://solutions.1c.ru/catalog/university/features> (Accessed 29th August, 2019).
20. System «Galaktika Upravleniye Vuzom». Available from: <http://ssg-dv.ru/vuz/> (Accessed 29th August, 2019).
21. Kharitonova O. V. Akademicheskaya mobil'nost' v prostranstve vysshego obrazovaniya. Chelovek i Obrazovaniye. 2012;2(31):41-45.
22. Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 29.12.2012, No.273-FZ «Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii». Available from: <http://www.rg.ru/2012/12/30/obrazovanie-dok.html> (Accessed 2nd August, 2019).
23. Prikaz Ministerstva obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii ot 10.02.2017, No.124 «Ob utverzhdenii Poryadka perevoda obuchayushchikhsya v druguyu organizatsiyu, osushchestvlyayushchuyu obrazovatel'nuyu deyatelnost' po obrazovatel'nym programmam srednego professional'nogo i (ili) vysshego obrazovaniya». Available from: <https://rg.ru/2017/05/11/minobr-prikaz124-site-dok.html> (Accessed 2nd August, 2019).
24. Prikaz Ministerstva obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii ot 15.03.2013, No.185 «Ob utverzhdenii Poryadka primeneniya k obuchayushchimhsya i snyatiya s obuchayushchikhsya mer distsiplinarnogo vzyskaniya». Available from: <https://rg.ru/2013/06/26/minobr-nauki-dok.html> (Accessed 2nd August, 2019).
25. Official website of Higher School of Economics. Available from: <http://www.hse.ru/> (Accessed 29th August, 2019).
26. Official site of St. Petersburg State Polytechnic University. Available from: <http://www.spbstu.ru/> (Accessed 29th August, 2019).
27. Official site of Kazan State Technical University (KSTU) named after A.N. Tupolev [Elektronnyy resurs]. Available from: <http://www.kai.ru/> (Accessed 29th August, 2019).
28. Smetanina O. N., Klimova A.V., Kirillov O.Y. Razrabotchik IOM. Svidetel'stvo o registratsii programmy na EVM. 2018613309. 2018.
29. Yusupova N.I., Shakhmametova G.R., Enikeeva K. R. Modeli predstavleniya znaniy dlya identifikatsii opasnostey promyshlennogo ob'yekta. Vestnik UGATU. 2008;11(1):91-100.
30. Yusupova N.I. et al., Podderzhka prinyatiya resheniy s ispol'zovaniyem intellektual'nykh tekhnologiy. Modeli i metody predstavleniya i ispol'zovaniya znaniy: laboratornyy praktikum. Ufa: UGATU. 2019.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Юсупова Нафиса Исламовна,
доктор технических наук, профессор,
профессор, заведующий кафедрой
вычислительной математики и
кибернетики, декан факультета
информатики и робототехники, ФГБОУ
ВО «Уфимский государственный
авиационный технический
университет», Уфа, Россия
ORCID: [0000-0002-7114-7638](https://orcid.org/0000-0002-7114-7638)

Yusupova Nafisa Islamovna,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor, Head of the Department of
Computing Mathematics and Cybernetics,
Dean of the Faculty of Computer Science
and Robotics, Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher Education
"Ufa State Aviation Technical University",
Ufa, Russia

Сметанина Ольга Николаевна,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры вычислительной
математики и кибернетики, ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
авиационный технический
университет», Уфа, Россия.
ORCID: [0000-0002-2732-8351](https://orcid.org/0000-0002-2732-8351)

Климова Александра Вадимовна,
старший преподаватель кафедры
вычислительной математики и
кибернетики, ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный авиационный
технический университет», Уфа, Россия
ORCID: [0000-0002-4922-2769](https://orcid.org/0000-0002-4922-2769)

Агадуллина Айгуль Ильдаровна,
кандидат технических наук,
доцент кафедры вычислительной
математики и кибернетики, ФГБОУ ВО
УГАТУ, ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный авиационный
технический университет», Уфа, Россия
ORCID: [0000-0001-7761-4295](https://orcid.org/0000-0001-7761-4295)

Smetanina Olga Nikolaevna,
Doctor of Technical Sciences, Associate
Professor, Professor of Computing
Mathematics and Cybernetics, Federal State
Budgetary Educational Institution of Higher
Education "Ufa State Aviation Technical
University", Ufa, Russia

Klimova Alexandra Vadimovna,
Senior Lecturer, Department of Computing
Mathematics and Cybernetics, Federal State
Budgetary Educational Institution of Higher
Education "Ufa State Aviation Technical
University", Ufa, Russia

Agadullina Aigul Ildarovna,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Department of
Computing Mathematics and Cybernetics,
Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education "Ufa State
Aviation Technical University", Ufa,
Russia