

На правах рукописи



Чугунов Александр Петрович

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
СЕТЕВЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПРОГРАММАМИ ВУЗОВ С
УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ СТУДЕНТОВ**

Специальность 05.13.10. – «Управление в социальных и экономических
системах»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2018

Работа выполнена на кафедре «Вычислительной математики и механики» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Научный руководитель	Столбов Валерий Юрьевич доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Официальные оппоненты	Коргин Николай Андреевич доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН» Ясницкий Леонид Нахимович доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
Ведущая организация	ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", г. Воронеж

Защита состоится «24» сентября 2018 года в 16:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.298.03 при ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, ауд. 1001.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» и на сайте: <https://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229803/chugunov-aleksandr-petrovich>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим выслать по адресу: 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Ученый совет; тел.: +7 (351) 267-91-23, факс: 267-93-69.

Автореферат разослан « » _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. физ.-мат. наук



Н.М. Япарова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В соответствии с новым законом об образовании в РФ устанавливается возможность применения сетевой формы реализации вузовских образовательных программ. Сетевая форма подразумевает совместную деятельность вузов по разработке и реализации совместных образовательных программ и учебных планов.

Так как до этого в связи с отсутствием нормативно-правовой базы подобное взаимодействие в российской высшей школе практически отсутствовало, отсутствует и значительный опыт в его организации и управлении. Сетевая форма взаимодействия вузов предполагает формирование индивидуальных учебных планов (ИУП) для всех студентов-участников сетевого обучения. Поэтому актуальными являются принципы организации сетевого взаимодействия, вопросы проектирования и реализации сетевых образовательных программ (СОП), анализ роли вуза в академической сети и учет интересов студентов, обучающихся по СОП.

Степень разработанности проблемы. Вопросам организации сетевой формы взаимодействия вузов посвящены работы таких зарубежных и отечественных исследователей как Б.С. Ахметова, С.В. Бахвалова, О.Г. Берестневой, Е.Б. Весны, А.И. Гусевой, Ю.П. Ехлакова, В.С. Заседатель, Л.А. Косолаповой, О.В. Марухиной, Д.В. Пестрикова, Ю.П. Похолкова, Д.Н. Пушкарева, С.В. Рожковой, М.П. Силич, К.К. Толкачевой, В.И. Шипулина, Asokan P., Ruiz Corbella, Jerald J., Marjan Laal, Prabaharan G., Saravanan R, George C. Scott.

Особое место уделяется вопросам управления ИУП студентов, в том числе в рамках реализации СОП, которые нашли своё освещение в работах Р.М. Асадуллина, Л.И. Васильева, А.И. Глущенко, Э.Ф. Зеера, В.А. Рудакова, Е.А. Солодовой, П.Г. Сороколетова, Э.Э. Сыманюка и других исследователей. Однако эти вопросы до сих пор не решены в полном объеме вследствие того, что задача управления ИУП относится к

классу пр-сложных задач и требует разработки специальных математических методов поиска допустимых решений. При этом данная задача еще больше усложняется в связи с необходимостью учета человеческого фактора, в качестве которого выступают нечеткие предпочтения студентов при формировании своего ИУП. При реализации вузом одновременно нескольких СОП возникает необходимость многократного формирования и корректировки ИУП студентов, что, в свою очередь, обуславливает настоятельную потребность разработки автоматизированной системы управления на основе интеллектуальных алгоритмов поддержки принятия решений. Существующие информационные системы и методы, решающие подобные интеллектуальные задачи или задачи в других предметных областях, рассмотренные в работах В.В. Андреева, Б.С. Ахметова, С.А. Баркалова, С.В. Бахвалова, О.Г. Берестневой, А.М. Бершадского, В.Н. Буркова, Т.Н. Гурьяновой, Ю.П. Ехлакова, Н.А. Коргина, О.В. Логиновского, А.А. Максимова, О.В. Марухиной, О.С. Переваловой, Н.В. Саниной, Е.А. Свистуна, М.П. Силича, А.Л. Шестакова, Л.Н. Ясницкого, Kittipong Boonlong, D. Gale, Kim-Leng Goh, Kuhn D., Rustem B. Ann, Karoon Suksonghong, L.S. Shapley, не могут полностью решить рассмотренные выше задачи вследствие особенностей организации образовательных систем вуза и требований ФГОС ВО. Таким образом, предложенная тема исследования является важной и актуальной, решение которой требует разработки новых эффективных механизмов и инструментов управления.

Цель данной работы заключается в повышение эффективности управления сетевым взаимодействием при реализации СОП вузов за счет применения интеллектуальных методов и алгоритмов поддержки принятия решений.

Достижение данной цели потребовало решения следующих **задач**:

1. Построить концептуальную модель взаимодействия вузов при реализации сетевой образовательной программы с учетом ее модульной структуры и требований ФГОС ВО.

2. Разработать математическую модель управления сетевым взаимодействием вузов в рамках индивидуализации учебного процесса с учетом пожеланий студентов, которые могут быть нечеткими и изменяться в процессе обучения.

3. Разработать эффективный алгоритм управления сетевыми формами взаимодействия в рамках индивидуализации учебного процесса и реализовать его в виде прототипа автоматизированной системы поддержки принимаемых решений.

4. Апробировать предложенные методы и алгоритмы, а также разработанный прототип автоматизированной системы управления в рамках реализации сетевых образовательных программ вуза.

Объектом исследования является система управления СОП вуза.

Предметом исследования выступают модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений, учитывающие нечеткие предпочтения студентов при реализации СОП вуза.

Методы исследования базируются на теории системного анализа, теории управления организационными системами, теории комбинаторной и эвристической оптимизации, а также теории искусственного интеллекта.

Научная новизна. В работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Концептуальная модель взаимодействия вузов при реализации СОП, отличающаяся наличием функций автоматизированного формирования ИУП с учетом требований ФГОС ВО и специфических условий каждого вуза (соответствует пункту 2 паспорта специальности).

2. Новая математическая модель формирования ИУП, учитывающая пожелания студентов, которые могут быть нечеткими и

изменяться в процессе обучения, которая включает математическую постановку задачи дискретной оптимизации и метод её решения на основе генетического алгоритма (соответствует пункту 10 паспорта специальности).

3. Прототип автоматизированной системы, позволяющий осуществлять интеллектуальную поддержку управляющих решений при построении и корректировке ИУП студентов (соответствует пункту 5 паспорта специальности).

Практическая значимость работы состоит в следующем:

Полученные результаты позволяют повысить эффективность управления СОП вузов в современной системе ВО за счет применения интеллектуальных СППР при построении и корректировке ИУП студентов, обучающихся по СОП и определении наиболее оптимальной совокупности ИУП с точки зрения удовлетворения потребностей студентов и выполнения ограничений на ресурсы вузов.

Реализация и внедрение результатов работы

Разработанное программное обеспечение по построению и корректировке ИУП студентов, обучающихся по СОП, используется в Пермском национальном исследовательском политехническом университете (ПНИПУ) при управлении сетевым взаимодействием вузов. Результаты исследований внедрены в учебный процесс подготовки студентов по направлению 09.04.04 – Информационные системы и технологии, что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Разработанное программное обеспечение входит в состав коммерческого продукта «ИАС Университет» (разработчик - ГК ИВС), который внедряется в различных вузах, в том числе: ПНИПУ, ПГМУ.

Апробация работы

Материалы работы докладывались и обсуждались на всероссийских конференциях и школах-семинарах молодых ученых «Управление большими системами» (Уфа 2013; Арзамас 2014; Волгоград 2015,

Пермь 2017), всероссийских конференциях «Прикладная математика, механика и процессы управления» (Пермь 2013; Пермь 2014, Пермь 2016), научных семинарах Магнитогорского ГТУ им. Г.И. Носова и ПНИПУ.

Публикации. По результатам исследования опубликовано 13 печатных работ, в том числе в 4 изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертационных исследований, общим объемом 5,6 печ. листов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из 4 глав, введения, заключения, библиографического списка из 136 наименований; содержит 140 страниц основного текста, 29 рисунков, 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, перечислены результаты, полученные в диссертации, определены практическая ценность и области применения результатов, приведены сведения по апробации работы и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы приводится концептуальная модель взаимодействия вузов при реализации СОП, включающая концептуальную модель самой СОП и процесса взаимодействия участников при её реализации, а также концептуальные постановки задач первоначального построения ИУП студентов и последующей их корректировки с учетом нечетких пожеланий студентов. В главе приведен аналитический обзор существующих методов управления сетевым взаимодействием в образовательных системах, методов решения задачи составления расписаний и обобщенных паросочетаний.

В законе под сетевой формой реализации образовательных программ понимается организация обучения с использованием ресурсов нескольких

организаций, осуществляющих образовательную деятельность. При этом сетевая форма реализации не является обязательной.

Существуют различные модели сетевого взаимодействия вузов при подготовке кадров, например: модель взаимодействия в рамках межвузовской кооперации; модель взаимодействия вуза и промышленного предприятия; региональная модель взаимодействия вузов на базе НОЦ НИУ; модель взаимодействия вузов на базе сети НОЦ в рамках интеграции науки и образования и межвузовской кооперации.

При разработке концепции системы управления сетевым взаимодействием будем считать, что основными участниками процесса реализации СОП являются вузы и студенты. Так же в рамках данной концепции будем считать, что вузы при реализации СОП выбирают сотрудника – лицо, принимающее решения (ЛПР) и ответственного за координацию всех участников процесса реализации СОП. В зависимости от конкретной ситуации вместо одного сотрудника может быть создана отдельная группа, в которую будут входить представители вузов и которая выполняет роль коллективного ЛПР. С учетом наличия ЛПР модель процесса организации СОП в нотации BPMN представлена на рис 1.

Укрупненно, процесс можно разбить на подготовительную часть и реализацию СОП. К первой можно отнести разработку и согласование СОП, выбор ЛПР. К части реализации СОП относятся формирование предпочтений студентов и ограничений вузов, формирование допустимых ИУП, изучение и проведение учебных модулей.

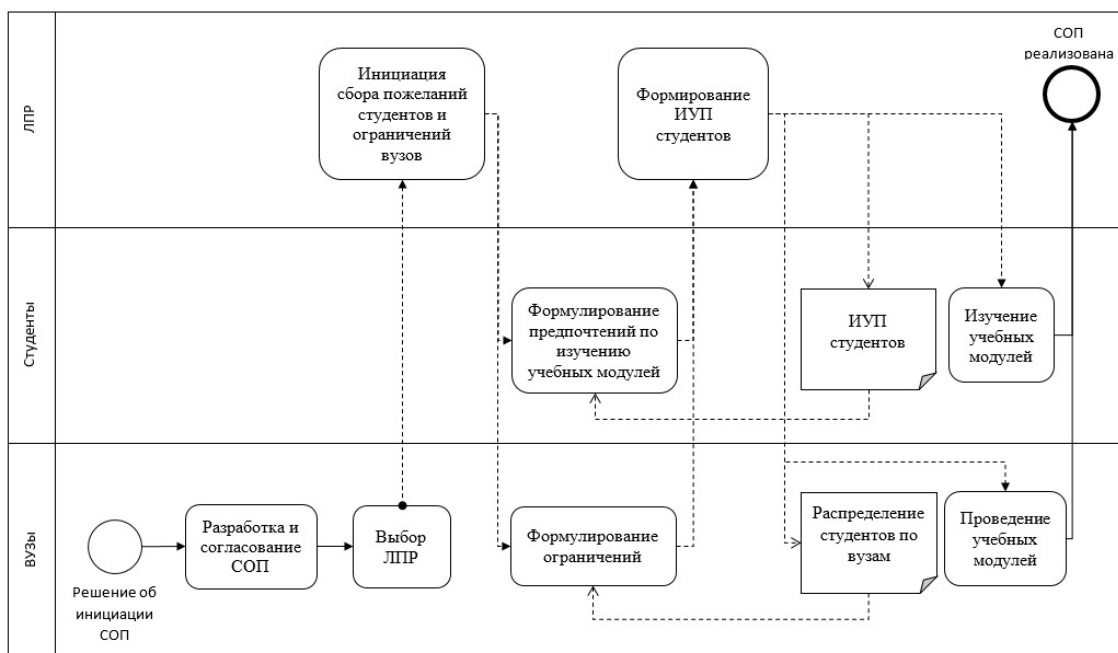


Рис 1. Модель процесса организации СОП

Согласно ФГОС ВО основная образовательная программа (ООП) вуза состоит из учебных блоков, которые состоят из конкретных дисциплин и практических разделов. С целью повышения гибкости взаимодействия нескольких организаций, реализующих СОП, предлагается дополнительно разбить учебные блоки на учебные модули. При этом каждому учебному модулю соответствует своя образовательная цель (ОЦ), в качестве которой выступает группа заявленных компетенций выпускника вузов. В работе полагается, что модульный учебный план СОП совместно разработан вузами, участвующими в его реализации. Требуется сформировать ИУП студентов с учетом их интересов и управлять учебным процессом при реализации СОП. При этом считается, что любой освоенный учебный модуль в любом вузе засчитывается студенту вместе со сформированными компетенциями, выступающими в качестве ОЦ данного модуля.

В соответствии с образовательными целями СОП ИУП студента содержит не только распределение модулей, но и место их прохождения: какой модуль в каком вузе изучается. Задача управления ИУП состоит из двух последовательных и независимых задач первоначальное построение

ИУП и их корректировка в ходе обучения в соответствии с внешними и внутренними изменениями.

Внутренние изменения – это изменения в желаниях студентов, а внешние – изменения среды: требований системы образования, возможностей вузов и прочее.

Задача первоначального построения ИУП может быть сформулирована следующим образом. Необходимо найти такую совокупность ИУП студентов, удовлетворяющую требованиям системы образования, при заданных: учебных планах СОП всех вузов, желаниях студентов, условиях реализации СОП в каждом вузе, которая бы максимально удовлетворяла потребности студентов, интересы системы образования и вузов, предполагала бы дифференциацию студентов в соответствии с их социальным статусом и личными достижениями при гарантированном качестве подготовки выпускников вузов.

Решение первой задачи является начальным условием для второй задачи – корректировки ИУП в ходе обучения. В рамках нее необходимо найти такую совокупность ИУП студентов, удовлетворяющую требованиям системы образования, при заданных: учебных планах СОП всех вузов, желаниях студентов, требованиях вузов, которая бы максимально удовлетворяла потребности студентов, интересы системы образования и вузов, не противоречила истории изучения учебных модулей студентами и предполагала бы дифференциацию студентов в соответствии с их социальным статусом и личными достижениями при гарантированном качестве подготовки выпускников вузов.

В данной задаче предполагается, что потребности студентов, интересы системы образования или вузов были изменены. С точки зрения управления процесс корректировки ИУП считается дискретным по времени (шаг дискретности – длительность учебного модуля СОП).

В качестве инструмента для задания предпочтений студентов предлагается использовать нечеткие множества. В качестве пространства

этих множеств выступают вузы. Каждому модулю ИУП студента ставится в соответствие нечеткое множество «желаемый вуз изучения определенного модуля» с функцией принадлежности, задаваемой самим студентом.

В рамках концептуальной постановки задачи управления ИУП сформулированы основные ограничения и выбран критерий оптимальности.

Ограничения:

1. ИУП всех студентов не должны противоречить заданным структурно-логическим зависимостям модулей СОП.
2. Число студентов, изучающих любой модуль в любом вузе должно быть между минимально и максимально возможным числом студентов, которые задаются вузом для этого модуля.
3. Определенное число модулей обязательно должно быть пройдено в других вузах, но их количество не может превысить половину всех модулей.
4. Разница между общим числом студентомодулей (студент*модуль), которые прошли студенты n -го вуза в других вузах, и числом студентомодулей, которое проведено для студентов из других вузов в n -ом вузе не должна превышать заданной величины.

Критерий оптимальности. При реализации СОП в качестве основного принят принцип студентоориентированности образования. В связи с этим считается, что желания студентов должны быть максимально удовлетворены при выполнении всех заданных ограничений. Так как предпочтения студентов заданы нечеткими множествами, в которых чем больше функция принадлежности, тем больше желание изучить модуль в конкретном вузе, то для максимального удовлетворения студентов при построении ИУП необходимо максимизировать вектор, состоящий из значений функций принадлежности текущего набора ИУП, заданным нечеткими множествами.

Во второй главе диссертационной работы описывается математическая модель управления сетевым взаимодействием вузов в рамках реализации учебного процесса, учитывающая пожелания студентов, которые могут быть нечеткими и изменяться в процессе обучения.

Будем рассматривать СОП как совокупность учебных модулей $\{EM_1, \dots, EM_M\}$ (M – количество модулей СОП) и бинарной матрицы зависимостей модулей ED , где столбцы и строки соответствуют модулям, а значение 1 означает, что модуль, соответствующий столбцу должен быть пройден позднее модуля, соответствующего строке.

Общее число вузов обозначим за N . Каждый вуз составляет свой учебный план (УПВ – учебный план вуза) E_n . Здесь E_n представляет собой функцию, где область определения $D(E_n) = Z \cap [1; M]$, а область значений $E_n \in \{EM_m\}$, которая определяет порядок изучения модулей.

Обозначим количество студентов, обучающихся по СОП в n -ом вузе S_n , тогда общее количество студентов S будет равно $S = \sum_{n=1}^N S_n$.

ИУП s -го студента P_s – последовательность $P_{sm}, s \in [1; S], m = \overline{1; M}$, где P_{sm} – номер вуза ($P_{sm} \in [1; N]$), в котором s студент изучает m -ый по счету модуль. При этом изучаемый модуль можно определить по соответствующей функции E_n .

Число студентов, изучающих m -ый модуль в n -ом вузе обозначим за U_{mn} .

Будем считать, что каждый модуль каждого вуза должен обладать $(U_{mn})_{\max}$ – максимальной вместимостью студентов, причем $(U_{mn})_{\max} \geq S_n \forall m \in [1; M], n \in [1; N]$, и $(U_{mn})_{\min}$ – минимальным числом студентов, для которого вуз готов проводить модуль, причем $(U_{mn})_{\min} > 0 \forall m \in [1; M], n \in [1; N]$.

Предпочтения студента отражают его желание пройти m -ый модуль в n -ом вузе. В качестве инструмента для этого предлагается использовать нечеткие множества. В качестве пространства этих множеств выступают вузы. Каждому m модулю индивидуального плана s студента ставится в соответствие нечеткое множество w_{sm} с функцией принадлежности $\mu_{sm}(n)$, задаваемой самим студентом.

Таким образом, решение (совокупность допустимых ИУП P) должно удовлетворять следующим требованиям:

1. ИУП всех студентов не должны противоречить матрице зависимостей модулей ED .

2. Должны выполняться ограничения на ресурсы вуза:

$$(1) U_{mn} \in [(U_{mn})_{\min}; (U_{mn})_{\max}] \forall m \in [1; M], n \in [1; N].$$

3. Каждый студент должен пройти K модулей в других вузах.

$$(2) K \in [K_{\min}; K_{\max}],$$

где $K_{\min} > 0$, а $K_{\max} < 0,5M$. Т.е. определенное число модулей обязательно должно быть пройдено в других вузах, но их количество не может превысить половину всех модулей.

4. Разница между общим числом студентомодулей, которые прошли студенты n -го вуза в других вузах, и числом студентомодулей, которое проведено для студентов из других вузов в n -ом вузе не должна превышать заданной величины R .

$$(3) \sum_{m=1}^M U_{mn} - M \cdot S_n < R \forall n \in [1; N]$$

В качестве критерия оптимальности совокупности ИУП выберем максимальную удовлетворенность желаний студентов. Удовлетворенность одного s -го студента совокупностью индивидуальных планов P можно представить в виде вектора принадлежности выбранных вузов соответствующим нечетким множествам $(\mu_{s1}(P_{s1}), \dots, \mu_{sM}(P_{sM}))$. Для оценки удовлетворенности студента, будем использовать медиану такого вектора $W_S = Me(\mu_{s1}(P_{s1}), \dots, \mu_{sM}(P_{sM}))$.

Тогда удовлетворенность всех студентов можно представить в виде вектора (W_1, \dots, W_S) . Так как предпочтения студентов заданы нечеткими множествами, в которых чем больше функция принадлежности, тем больше желание изучить модуль в конкретном вузе, то для максимального удовлетворения студентов при построении ИУП необходимо максимизировать описанный выше вектор. В качестве критерия для максимизации вектора используется его медиана, т.е.:

$$(4) \quad \text{Me}(W_1, \dots, W_S) \xrightarrow{p} 1$$

Таким образом, математически задачи управления ИУП можно сформулировать следующим образом: при заданных количестве учебных модулей M , количестве вузов N , матрице зависимостей модулей ED , учебных планах вузов $E_n \forall n \in [1; N]$, количестве студентов $S_n \forall n \in [1; N]$, ограничении вузов $(U_{mn})_{\min}$ и $(U_{mn})_{\max} \forall m \in [1; M], n \in [1; N]$, предпочтениях студентов W требуется найти такую совокупность ИУП P^* , не противоречащую матрице ED и удовлетворяющую ограничениям (1), (2), (3), при которой достигается наибольшее значение $\text{Me}(W_1, \dots, W_S)$ (4).

Для решения данной задачи не применимы точные методы оптимизации, т.к. описанная задача не является линейной, целевая функция – дифференцируемой, отсутствует аналитическая зависимость между входными параметрами и значением целевой функции и наблюдается экспоненциальный рост количества вариантов решения от входных параметров (количество вузов, студентов или модулей). Таким образом, задача относится к классу *np*-сложных задач и требует разработки эвристического алгоритма для её решения.

В исключительных случаях, когда количество потенциальных решений не велико, для поиска решения может использоваться полный перебор решений. Для случаев с большим числом потенциальных решений рекомендуется использовать информационные системы.

Для решения поставленной задачи был выполнен обзор различных методов решения *np*-сложных задач: генетические алгоритмы, метод

ветвей и границ, метод роя частиц, метод имитации отжига, муравьиный алгоритм.

Из рассмотренных методов можно выделить следующие методы, пригодные для решения рассматриваемой задачи: генетические алгоритмы, метод роя частиц, метод имитации отжига. Все из них являются эвристическими и не гарантируют нахождение глобального экстремума. Однако генетические алгоритмы имеют более обширный опыт их применения для решения других задач того же класса.

В силу вышесказанного, можно сделать выбор в пользу генетических алгоритмов. В этом случае требуется провести подбор параметров алгоритма и оценку точности работы алгоритма на предмет соответствия требованиям.

В главе 3 диссертационной работы приводится алгоритм решения задачи управления ИУП студентов при сетевом взаимодействии вузов и описывается его реализация в виде прототипа информационной системы.

Известно, что применение генетического алгоритма (ГА) связано со следующими сложностями: выбором метода кодирования особей, параметров ГА, которые влияют на сходимость и точность алгоритма. В работе описывается нахождение оптимальных значений этих параметров алгоритма для рассматриваемой задачи.

Под точностью решения будем понимать отношение значения целевой функции (4) найденного решения к максимальному значению целевой функции для данной задачи, умноженное на 100%.

Для оценки точности решения, полученного при помощи ГА, для описанной задачи было получено точное решение методом полного перебора с использованием суперкомпьютера.

Так как точность ГА имеет вероятностный характер, то для каждого сочетания значений параметров выполнялся ряд измерений, на основании которых сделаны выводы о точности решения в статистическом смысле.

Для оценки точности были вычислены медиана и среднее значение точности.

Под средней точностью здесь понимается среднее значение ряда, состоящего из величин полученных точностей при многократном запуске алгоритма с соответствующими входными данными и настройками, а под медианой точности – медиана этого ряда. Будем считать приемлемой точностью для данной задачи точность не ниже 80% в 80% запусков.

Кодирование особей осуществляется следующим образом. Количество генов соответствует количеству студентов, обучающихся по СОП. Значение гена соответствует порядковому номеру индивидуального плана соответствующего студента. В качестве оператора скрещивания был выбран одноточечный кроссинговер с точкой разрыва посередине. Мутация проводится вероятностно по одной точке. Размер популяции – 150 особей и вероятность мутации 0,6.

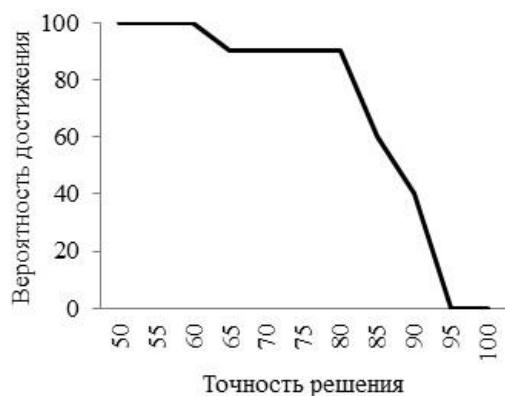


Рис 2. Вероятность достижения заданной точности решения при вероятности мутации 0,6 и размере популяции 150 особей

Как показали проведенные вычислительные эксперименты, при приведенных параметрах алгоритма средняя точность равна 0,871; медиана точности - 0,883. График, отражающий вероятность достижения заданной точности при вероятности мутации 0,6 и размере популяции 150 особей представлен на рис 2.

Из рисунка видно, что при описанных значениях параметров достигается требуемая точность решения (точность 80% достигается в 90% запусков). Таким образом, можно сделать вывод о применимости данного метода при найденных параметрах.

Разработанный алгоритм был реализован в виде прототипа ИС поддержки принятия решений. К создаваемой ИС были предъявлены следующие требования: открытость, масштабируемость и расширяемость.

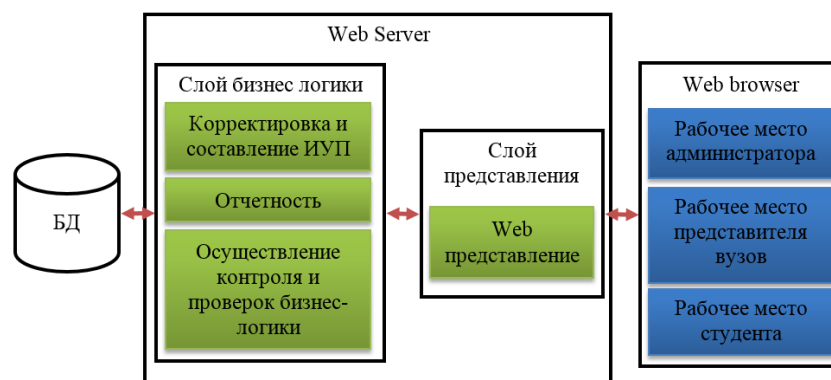


Рис 3. Архитектура ИС

Для удовлетворения предъявленных требований к ИС предлагается использовать концепцию Model-View-Controller (MVC), которая позволяет разделить исходную информацию, представление и обработку действий пользователя на три отдельных компонента: база данных, слой бизнес-логики (контроллер в концепции MVC) и представление пользователя. Тем самым достигается возможность построения и хранения модели данных независимо от визуального представления, а также возможность создания нескольких различных представлений для одной модели данных, не требующих повторной реализации предметной логики. Архитектура ИС, построенная в соответствии с концепцией MVC, представлена на рис 3.

Внешний вид рабочего места представителя вуза в разработанной ИС представлен на рис 4. На данном рисунке изображена совокупность сформированных с помощью ИС оптимальных ИУП студентов с учетом их предпочтений. Так же представителям вуза доступны разделы для работы с данными студентов, настройки ограничений вузов и свойств СОП (набор модулей и их зависимости).

Расчет от 5 октября 2016

Дата 05.10.2016

Вариант 1 Вариант 2 Вариант 3

Показатель удовлетворенности студентов 0,7

Студент	Индивидуальный учебный план			
	ВУЗ1	ВУЗ1	ВУЗ2	ВУЗ1
Студент №1 (ВУЗ1-ОТПЖЦИ-17)	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
Студент №2 (ВУЗ1-ОТПЖЦИ-17)	ВУЗ1	ВУЗ1	ВУЗ2	ВУЗ1
Студент №3 (ВУЗ1-ОТПЖЦИ-17)	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
Студент №4 (ВУЗ1-ОТПЖЦИ-17)	ВУЗ1	ВУЗ1	ВУЗ4	ВУЗ1
	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4

Рис 4. Внешний вид рабочего места представителя вуза в разработанной ИС

В главе 4 диссертационной работы описывается апробация предложенных моделей и алгоритмов, реализованных в виде прототипа интеллектуальной информационной системы поддержки принятия управленческих решений при освоении студентами СОП вузов.

Предлагаемые модели и алгоритмы апробируются на примере решения задачи построения ИУП студентов, обучающихся в международной магистратуре «Обеспечение технологических процессов жизненного цикла изделия», выполняемого в рамках международного проекта «Успех» («Success»).

В реализации данной сетевой программы участвуют 4 российских вуза: ПНИПУ, ЮУрГУ, СПбПУ и ТПУ. Сетевая программа состоит из 4 модулей, каждый из которых имеет трудоемкость 30 зачетных единиц и реализуется в течение одного семестра. Вузами была достигнута договоренность, что в рамках данной сетевой программы студенты могут пройти только один – третий по счету, модуль в любом вузе-партнере. Это ограничение приводит к частному случаю и упрощению общей задачи формирования ИУП.

Одной из сложностей при организации данной сетевой программы было её составление и согласование. В диссертации описан процесс составления и итоговая согласованная программа. Образовательная цель третьего модуля определяется формированием определенных профессиональных компетенций из соответствующих федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Каждый вуз набрал по 10 студентов и установил ограничения на количество студентов, которые в нем могут изучать 3-й модуль: от 8 до 12. Были собраны предпочтения студентов по месту освоения 3 модуля.

При этом возникает следующая задача: требуется найти такое распределение студентов по вузам, которое бы максимально удовлетворило их желания при заданных ограничениях. В каждом ИУП первый, второй и четвертый модули СОП должны быть изучены в базовом для студента вузе, а третий должен быть изучен в другом вузе-партнере

В решении, полученном при помощи созданной системы, для 22 студентов был выбран наиболее предпочтительный вуз, для остальных – второй по предпочтительности. Т.е. нет студентов, для которых бы был выбран наименее предпочтительный вуз. График, отражающий вероятность достижения точности для рассматриваемой задачи представлен на рис 5.

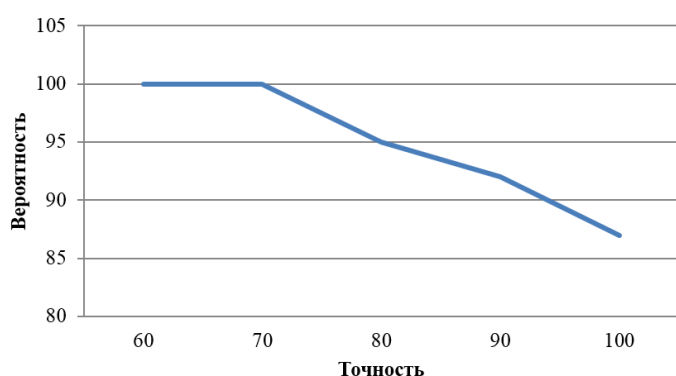


Рис 5. Вероятность достижения заданной точности решения

Из рисунка видно, что точность 100% достигается в 87% случаев, точность 90% достигается в 92% случаев, точность 80% достигается в 95% случаев. Время расчета на персональном компьютере, при этом, не превышает 1 минуты.

Из этого можно сделать вывод о пригодности разработанного алгоритма для решения реальных задач составления индивидуальных учебных планов студентов, обучающихся по СОП.

Следует отметить, что может существовать несколько возможных распределений студентов с максимальным значением целевой функции. Такая ситуация дает возможность выбора из множества оптимальных решений. При этом ЛПР при выборе «наилучшего» решения может учитывать приоритеты студентов, например, их успехи в обучении, материальные возможности и т.п. Такой подход делает решение более «справедливым» и максимально учитывает предпочтения студентов.

В заключении делаются выводы, излагаются основные результаты диссертационного исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. С позиции системной методологии осуществлен анализ проблемы управления взаимодействием вузов при реализации СОП. Показано, что для эффективной реализации сетевого взаимодействия вузов необходимо осуществление некоторых необходимых условий, в частности, модульная структура СОП и формирование ИУП студентов с учетом их предпочтений и возможностей каждого вуза-участника. Определены основные функции и предложена концептуальная модель системы управления СОП, предусматривающая необходимость интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений при формировании и корректировке ИУП студентов с учетом их нечетких предпочтений и ограничений на ресурсы вузов.

2. Осуществлена математическая постановка задачи управления ИУП студентов, обучающихся на СОП, с учетом нечеткости исходной информации в виде предпочтений студентов. В качестве критерия оптимальности в задаче управления была использована медиана полноты учета предпочтений студентов, а ограничениями задачи выступали структурно-логические связи между учебными модулями СОП и ресурсы

каждого вуза. Для поставленной задачи при большом количестве возможных вариантов решений в качестве метода решения был выбран генетический алгоритм, для которого обоснованы параметры настройки, позволяющие при малых затратах машинного времени определять оптимальные учебные траектории обучения каждого студента с учетом всех предпочтений и ограничений со стороны вузов.

3. Предложена структурная модель системы управления СОП, в которой распределены роли каждого участника сети при построении и согласовании ИУП. Разработано ПО, реализующее предложенные модели и алгоритмы в виде прототипа автоматизированной системы управления СОП. Разработанное ПО зарегистрировано в государственном Реестре программ для ЭВМ, внедрено в процесс управления ИУП студентов, обучающихся по СОП в ПНИПУ, и включено в состав коммерческого программного продукта ИАС «Университет».

4. Осуществлена апробация разработанного прототипа информационной системы при управлении учебным процессом в рамках сетевого взаимодействия вузов. Показано, что при внедрении разработанной автоматизированной системы управления повысилось качество планирования учебного процесса реализации СОП за счет более полного удовлетворения предпочтений студентов, снизились временные и материальные затраты на формирование и корректировку ИУП студентов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Чугунов А.П., Столбов В.Ю. Управление взаимодействием вузов при реализации сетевых образовательных программ // Университетское управление: практика и анализ. 2014. № 3(91). С. 126-132.
2. Чугунов А.П., Столбов В.Ю. Применение генетического алгоритма для решения задачи построения индивидуальных учебных планов студентов в условиях сетевого взаимодействия вузов // Системы управления и информационные технологии. 2016. №4(66). С. 101-106.

3. Чугунов А.П., Столбов В.Ю. Применение генетического алгоритма поддержки принятия решений при управлении индивидуальными учебными планами студентов // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 5. С. 157-160.
4. Гитман Е.К., Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Чугунов А.П. О некоторых проблемах организации межвузовского сетевого взаимодействия // Высшее образование в России. 2017. №5. С. 5-14.

Свидетельство регистрации программ для ЭВМ

5. Система интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении сетевыми образовательными программами вузов «SorSuite»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Чугунов А.П., Столбов В.Ю.; заявитель и правообладатель ФГОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет. - № 2017613465; заявл. 01.02.2017; зарегистр. 23.03.2017.

Статьи, материалы конференций

6. Чугунов А.П., Управление сетевым взаимодействием ВУЗов на основе мультиагентных технологий // Материалы X Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». Уфимский государственный авиационный технический университет. 2013. Т. 2. С. 269-273.
7. Чугунов А.П., Управление сетевым взаимодействием ВУЗов на основе мультиагентных технологий [Электронный ресурс] // Сборник трудов конференции «Прикладная математика, механика и процессы управления». Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Пермь, 2013. URL: <http://pmmpu.pstu.ru/conf2013/papers/112/> (дата обращения 06.05.2017).
8. Чугунов А.П., Задача управления сетевым взаимодействием вузов [Электронный ресурс] // Материалы XI Всероссийской школы-

- конференции молодых ученых «Управление большими системами», 9-12 сентября 2014 г., URL: www.ipu.ru/sites/default/files/youngUBS2014.zip (дата обращения 10.10.2017).
9. Чугунов А.П., Математическая постановка задачи оптимального составления индивидуальных учебных планов студентов при сетевом управлении // Материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Прикладная математика, механика и процессы управления». Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2014. Т. 1. С. 92-94.
 10. Чугунов А.П., Модернизация генетического алгоритма для решения задачи построения ИУП студентов в условиях межвузовской кооперации [Электронный ресурс] // Материалы XII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», Волгоград, 10-13 сентября 2015 г., URL: www.ubs2015.volsu.ru/m/UBS2015.zip (дата обращения 10.10.2017).
 11. Чугунов А.П., Математическая постановка задачи оптимального составления индивидуальных учебных планов студентов при сетевом управлении // Прикладная математика и вопросы управления. 2015. №3. С. 91-97.
 12. Чугунов А.П., Управление индивидуальными учебными планами студентов на основе генетического алгоритма [Электронный ресурс] // Материалы всероссийской конференции молодых ученых «Прикладная математика, механика и процессы управления», Пермь, 2016 г., URL: www.pmmpu.pstu.ru/conf2016/papers/83/ (дата обращения 06.05.2017).
 13. Чугунов А.П., Учет приоритетов студентов при управлении индивидуальными учебными планами студентов в условиях сетевого взаимодействия вузов [Электронный ресурс] // Материалы XIV Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», Пермь, 4-8 сентября 2017 г., URL: www.file.at.pstu.ru/ubs2017_sbornik.pdf (дата обращения 10.10.2017).