

УДК 378.016; 001.89

DOI 10.52452/18115942_2025_1_207

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИКИ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА»

© 2025 г. *М.С. Куликов, Е.А. Кумагина, Е.А. Неймарк, И.А. Фомина*

Куликов Михаил Сергеевич, к.т.н.; доцент кафедры информатики и автоматизации научных исследований
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
vokil@mail.ru

Кумагина Елена Александровна, к.т.н.; доц.; доцент кафедры информатики и автоматизации
научных исследований Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
elena.kumagina@itmm.unn.ru

Неймарк Елена Александровна, к.т.н.; доц.; доцент кафедры информатики и автоматизации
научных исследований Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
elena.neimark@itmm.unn.ru

Фомина Ирина Александровна, к.т.н.; доцент кафедры информатики и автоматизации
научных исследований Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
irina.fomina@itmm.unn.ru

*Статья поступила в редакцию 12.11.2024**Статья принята к публикации 21.01.2025*

Представлена практика проведения исследовательской работы с целью выработки у студентов компетенций в областях научно-исследовательской и проектной деятельности. Объектом исследования выбрана классическая задача теории расписаний – задача упорядочения работ на одном станке (приборе), в которой учитываются как технологические параметры (длительности выполнения), так и организационные (моменты поступления работ, директивные сроки завершения выполнения работ). В рамках представленной модели приведены постановки задач, учитывающие различные аспекты производства. Предлагается описание этапов выполнения научно-исследовательской работы студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» профиля обучения «Прикладная информатика в области принятия решений».

Ключевые слова: учебный процесс, качество образования, ознакомительная практика, научно-исследовательская работа, профессиональные компетенции, прикладная информатика, оценочные средства, теория расписаний, задача упорядочения, перестановка, упорядочение.

Введение

Современное общество и, в частности, работодатели нуждаются в современных высококвалифицированных кадрах. В педагогике компетенция является некоторой заданной нормой в образовательной подготовке, поэтому компетентностный подход, сформулированный в Федеральном государственном образовательном стандарте (ФГОС), задает нормативы и акцентируется на достижении практических результатов обучения [1,2]. Отработка практических навыков применения усвоенных знаний предполагает увеличение роли практик в научно-исследовательской работе студентов бакалавров, особенно в областях подготовки, связанных с информационными технологиями [3].

Следовательно, соответствующее ФГОС техническое образование должно давать как базовые теоретические знания по классическим предметам, так и качественную практическую

подготовку будущих специалистов [4]. Именно проведение исследовательской работы в ходе выполнения ряда практик позволяет студентам бакалавриата не только усвоить знания, но и выработать навыки и умения, необходимые для комплексного формирования компетенций и применения их в ходе работы. В свою очередь, наличие умений и навыков практических компетенций, закрепленных в современном ФГОС, не только позволяет успешно сдавать итоговую аттестацию, но и обеспечивает выпускникам востребованность и конкурентоспособность на рынке труда [5, 6].

Существуют исследования, которые показывают разрыв между программами обучения бакалавров и современными требованиями работодателей [7], поэтому необходимо строить программу практик таким образом, чтобы в них была включена как исследовательская часть, содержащая задачи, возникающие у потенциальных работодателей, так и возможность ре-

шения поставленных задач, применяя на практике знания, полученные в ходе обучения [5, 8].

Кафедра информатики и автоматизации научных исследований (ИАНИ) Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского является выпускающей для бакалавров по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика», поэтому основной задачей становится комплексный подход к формированию востребованных на рынке труда компетенций. Задачи принятия решений в этом плане дают широкие возможности приобретения студентами как научно-исследовательских, так и практических компетенций.

Тематика научно-исследовательской работы (НИР) студентов неразрывно связана с НИР и опытно-конструкторскими работами, выполняемыми на кафедре, индустриальными партнерами которой являются предприятия ГК «Росатом». Работы с индустриальным партнером выполняются в рамках филиала кафедры ИАНИ в РФЯЦ-ВНИИЭФ.

В программе бакалавриата по направлению подготовки «Прикладная информатика» в рамках учебной и производственной практик устанавливаются следующие типы практик: ознакомительная, технологическая (проектно-технологическая) практика, научно-исследовательская работа, преддипломная практика.

Все практики организованы в форме практической подготовки, которая реализуется путем непосредственного выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Основными направлениями исследований выбраны следующие:

1. Задачи теории расписаний (задача упорядочения работ на одном приборе, общая задача теории расписаний, задача Джонсона) [9, 10];
2. Задачи многоресурсного сетевого планирования [11, 12];
3. Задача коммивояжера (нескольких коммивояжеров) [13];
4. Задачи формирования портфеля заказов (многомерный ранец) [14].

Содержание практик

К началу прохождения ознакомительной практики студенты уже получили базовые навыки программирования. Ими изучены как методология объектно-ориентированного программирования, так и принципы разработки оконных приложений. В цикле математических дисциплин изучены классические задачи математического программирования (задача комми-

вожера, задача о ранце, задача Джонсона для двух станков) и методы их решения.

Основной целью ознакомительной практики является введение студентов в круг практических задач и освоение компетенций, связанных с применением полученных теоретических знаний для их решения.

В ходе практики студенты знакомятся с задачами теории расписаний, задачами сетевого планирования и классическими комбинаторными задачами (задача коммивояжера, задача о ранце). Студенты приобретают знания об области применения данных массовых задач, трудностях, возникающих в ходе их решения, и основных подходах к поиску оптимального решения.

Поскольку предлагаемые студентам для ознакомления задачи принадлежат к классу NP-трудных [15], то студенты знакомятся как с точными методами поиска оптимального решения, так и с эвристическими, принимая во внимание их ограничения, преимущества и недостатки.

Технологическая практика направлена на формирование навыков проектирования программного обеспечения ИС и разработки технической документации.

В период технологической практики студентам предлагается выбрать точный алгоритм решения поставленной задачи и реализовать его. Используя знания, полученные в ходе ознакомительной практики, студенты понимают ограничения применимости точных методов. Так как для решения предлагаются NP-трудные задачи, то студенты выбирают для отработки навыка задачи небольшой размерности.

Поскольку в реальной жизни размерности задач большие, а вычислительных мощностей даже современных компьютеров не хватает для получения точного решения, то возникает необходимость разработки и реализации эвристических алгоритмов. На данном этапе происходит разработка подходящего для решения задачи эвристического алгоритма и его программная реализация.

Задачами научно-исследовательской практики является исследование и описание процессов принятия решений в конкретной предметной (проблемной) области с применением современных информационных технологий.

Для выбранной задачи студенты должны подобрать методы, которые наиболее эффективно смогут ее решать. Таким образом, перед студентами встает вопрос выбора метода эффективности (самостоятельно или с учетом заданных требований).

Поскольку размер решаемых задач может превосходить возможности точных методов, то студентам приходится прибегать к помощи эв-

ристических алгоритмов. В этом случае полученные на предыдущем этапе, в ходе технологической практики, точные решения используются для настройки эвристических алгоритмов или могут быть использованы в гибридных способах решения.

В этом плане эволюционно-генетический алгоритм (ЭГА) является хорошим полигоном для отработки навыков подбора параметров алгоритма и его настройки для решения задач определенного типа [10, 13, 14]. В ЭГА могут быть встроены другие эвристики, что будет использовано на следующем этапе практической подготовки. Изменяя параметры ЭГА, можно увеличивать эффективность поиска решения. Таким образом, настраивая ЭГА на задачах малой размерности и сравнивая качество получаемых решений с точными методами, можно с большей эффективностью решать задачи большой размерности.

В ходе выполнения заданий преддипломной практики студентам предлагается объединить все наработки, сделанные на предыдущих этапах, на базе использования метаэвристики.

В описании компетенций, которыми студент должен овладеть в ходе преддипломной практики, значатся:

- способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области;
- способен проектировать интеллектуальные системы по видам обеспечения;
- способен разрабатывать лингвистическое, информационное и программное обеспечение ИС (ИИС) и сопровождающую его документацию.

Для успешного формирования этих компетенций студентам предлагается решить следующие задачи:

1. Выбрать и проанализировать предлагаемую предметную область и выявить массовую задачу, возникающую в ней;
2. Объединить точные и эвристические алгоритмы решения в программный комплекс;
3. Написать документацию по использованию этого программного комплекса;
4. Провести тестирование и проанализировать результаты.

Таким образом, успешное освоение всех практик, с одной стороны, формирует у студентов необходимые компетенции, помогает интегрировать полученный опыт и освоить навыки самостоятельного решения поставленных задач, а с другой стороны, дает материал для успешного написания выпускной квалификационной работы.

Рассмотрим на примере решения задачи упорядочения работ на одном приборе с учетом полных затрат все этапы прохождения практик.

Обслуживание потока работ одним прибором

В общем виде модель обслуживания потока работ одним прибором формулируется следующим образом. Пусть работы множества $N = \{1, 2, \dots, n\}$ обслуживаются одним прибором. Каждая работа i , $i \in N$, характеризуется моментом поступления d_i , длительностью обслуживания t_i , директивным сроком D_i . Также для всех работ известны коэффициенты штрафов за возможные нарушения процесса выполнения. В каждый момент времени прибор выполняет не более одной работы. Порядок обслуживания работ произвольный. Прерывания в обслуживании каждой отдельной работы не допускаются.

Решение такой задачи упорядочения однозначно задается перестановкой n чисел, соответствующих порядку включения работ в расписание [10]. Под расписанием здесь понимается документ, содержащий сведения о моменте начала и окончания выполнения работы.

Общая математическая модель упорядочения работ на одном приборе

Исходные параметры: $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество работ подлежащих выполнению; $\vec{T} = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ – вектор длительностей выполнения работ; $\vec{d} = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ – вектор моментов поступлений работ в систему (начальные сроки); $\vec{D} = (D_1, D_2, \dots, D_n)$ – вектор директивных сроков; $\vec{C} = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ – вектор штрафов за ожидание обслуживания; $\vec{F} = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ – вектор стоимости обслуживания после директивного срока.

Варьируемые параметры: $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор моментов начала выполнения; $\vec{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вектор моментов окончания выполнения.

Ограничения:

1. $y_i = x_i + t_i$, $i \in N$ – выполнение работы на приборе производится без прерываний;
2. $x_i \geq y_j + t_j$ или $x_j \geq y_i + t_i$, $i, j \in N$ – на одном приборе одновременно может выполняться только одна работа;
3. $x_i \geq d_i$, $i \in N$ – выполнение работы не может начаться раньше момента поступления работы в систему;
4. $y_i \leq D_i$, $i \in N$ – работа должна быть закончена не позже директивного срока.

Постановка задач упорядочения

Может получиться так, что для исходных данных нет допустимого (удовлетворяющего всем ограничениям модели) решения. Тогда

некоторые ограничения можно перевести в критерий. Один из способов задания такого критерия – это введение функций штрафа за какие-либо нарушения. Обычно эти нарушения связаны с нарушением директивного или начального срока выполнения работы.

Для каждой работы $i \in N$ определяется неубывающая кусочно-непрерывная функция штрафа $\varphi_i(y_i)$. Эта функция определяет потери, которые понесет система за выполнение работы после ее директивного срока. Аналогично вводятся функции $\tau_i(x_i)$ – функции штрафов (затрат) за начало обслуживания работы до ее момента поступления в систему. Ставится задача нахождения допустимого решения, минимизирующего суммарные или максимальные штрафы.

Если исключать из математической модели ограничения (4), то можно рассматривать задачи, связанные нарушениями директивных сроков: $\sum_{i=1}^n \varphi_i(y_i) \rightarrow \min$ или $\max_{i \in N} \varphi_i(y_i) \rightarrow \min$.

Вид функций штрафа может быть следующий:

- $\varphi_i(y_i) = |y_i - D_i|$ – величина отклонения от директивного срока;
- $\varphi_i(y_i) = \max(0, y_i - D_i)$ – величина нарушения директивного срока;
- $\varphi_i(y_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } y_i \geq D_i \\ 0, & \text{если } y_i < D_i \end{cases}$ – факт нарушения директивного срока.

Если исключать из математической модели ограничения (3), то вместо них можно вводить критерии оптимальности, связанные с начальными сроками:

- $\tau_i(x_i) = \max(0, d_i - x_i)$ – величина нарушения начального срока;
- $\tau_i(x_i) = c_i \cdot \max(0, d_i - x_i)$ – величина взвешенного нарушения начального срока;
- $\tau_i(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_i \leq d_i \\ 0, & \text{если } x_i > d_i \end{cases}$ – факт нарушения начального срока.

Поскольку функции $\varphi_i(t)$ и $\tau_i(t)$ являются неубывающими, то при поиске оптимального расписания достаточно рассматривать только такие расписания, при которых недопустимы неоправданные задержки в завершении обслуживания требований. Такие расписания называются активными. Характерной их особенностью является невозможность уменьшения времени завершения обслуживания любого из требований без увеличения времени завершения обслуживания каких-либо других требований.

Таким образом, в рамках одной математической модели можно поставить массу задач и выдать студентам индивидуальные задачи. Многие такие задачи упорядочения для случая одного прибора относятся к классу NP-трудных [15]:

- задача упорядочения с неодновременным поступлением и директивными сроками;
- задача минимизации числа невыполненных работ;
- задача минимизации веса невыполненных работ;
- задача минимизации взвешенного момента окончания;
- задача минимизации штрафа за невыполнение работ;
- задача упорядочения с директивными сроками и временами переналадок;
- задача минимизации максимальных затрат.

Задачи минимизации функций на перестановках

На ознакомительной (учебной) практике студенты знакомятся с классом задач упорядочения – это задачи минимизации функций на перестановках.

С математическим объектом «перестановка» студенты уже встречались в курсе «Дискретная математика» в разделе комбинаторного анализа. Для совершенствования навыков программирования предлагается реализовать алгоритм генерации всех перестановок n элементов. Студенты реализуют рекурсивную и нерекурсивную версии генерации всех перестановок. Параллельно вводятся понятие лексикографической упорядоченности, метризация пространства перестановок, понятие расстояния между перестановками и окрестность перестановки [16].

При лексикографическом упорядочивании перестановки ее номер может быть однозначно вычислен. Обратное утверждение тоже верно: любая перестановка может быть восстановлена по ее номеру. Промежуточным этапом перехода от перестановки к номеру и обратно является факториальная запись числа [17].

Для введения понятия расстояния между перестановками необходимо установить метрики. При этом для определения расстояния между перестановками $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$ и $\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$ можно использовать различные подходы. Требуется определить числовую функцию $f(\pi, \sigma)$, заданную на $X \times X$, где X – это множество перестановок определенной длины. Эта функция должна удовлетворять аксиомам метрики: $f(\pi, \sigma) \geq 0$, $f(\pi, \pi) = 0$, $f(\pi, \sigma) = f(\sigma, \pi)$, $f(\pi, a) + f(a, \sigma) \geq f(\pi, \sigma)$. На основании этого могут вводиться следующие метрики [18]:

- лексикографическая метрика, в которой каждой перестановке ставится в соответствие число, которое является номером места, занимаемого перестановкой при лексикографиче-

ском упорядочивании всего множества перестановок;

- алфавитная метрика, в которой расстояние между перестановками равно расстоянию от конца перестановки до первого несовпадающего элемента;

- транспозиционная метрика, в которой расстояние между перестановками определяется как наименьшее возможное число транспозиций, которое необходимо для перехода от первой перестановки ко второй;

- цепная метрика, в которой расстояние между перестановками определяется как минимальное число разрезов, которое необходимо сделать в одной из перестановок, чтобы из нее составить вторую перестановку;

- инверсная метрика, в которой расстояние между перестановками определяется как число всех инверсий первой перестановки относительно второй.

На основании введенного понятия расстояния между перестановками вводится понятие окрестности перестановки – это множество всех перестановок, находящихся на расстоянии 1 от заданной перестановки.

В рамках практики студентам предлагается построить для произвольной перестановки окрестность в заданной метрике. Построенные окрестности будут использованы в дальнейшем в эвристических методах, например методе восхождения на холм [11].

Разработка эвристик для решения задач переборного типа

В качестве эвристических методов для поиска решения поставленной задачи предлагается использовать методы переборного типа. Рассмотрим некоторые из них.

Метод случайного поиска является методом нулевого порядка, то есть перед началом работы исследователю не требуется априорных знаний о целевой функции. Задавая максимально разрешенное количество вычислений целевой функции, исследователь ограничивает вычислительные затраты. Полученное в ходе работы метода лучшее с точки зрения целевой функции решение признается приемлемым и выступает в качестве замены оптимального. Очевидно, что вероятность получения оптимального решения в ходе случайного поиска тем меньше, чем больше количество возможных решений задачи, и получить оценку качества полученного решения не представляется возможным. Однако этот метод успешно применяется в тех случаях, где решение точными методами невозможно.

Метод восхождения на холм является, как и метод случайного поиска, методом нулевого

порядка. Существенно сокращая вычислительные затраты, можно получить неплохое решение. Основная идея метода состоит в сравнении текущего лучшего решения с кандидатами: если кандидат имеет значение целевой функции лучше, чем у текущего лучшего, то он занимает его место, и процедура сравнения повторяется. На первом шаге текущим лучшим решением признается случайно выбранное решение.

Различные модификации метода восхождения на холм отличаются способом выбора кандидатов для сравнения. Кандидаты для сравнения выбираются из некоторой окрестности текущего лучшего решения. В окрестность попадают все решения, имеющие расстояние до текущего лучшего не больше определенной величины, называемой глубиной поиска. Следовательно, размер окрестности решения зависит как от выбранной метрики, так и от глубины поиска. Таким образом, на данном этапе происходит закрепление изученной в ходе ознакомительной практики теории о метриках для перестановок. Задавая разные метрики, студенты видят, что успех поиска зависит не только от выбора начального решения, но и от способа определения окрестности, из которой выбираются кандидаты для сравнения с текущим лучшим решением.

Для задачи изначально задается максимальное количество вычислений целевой функции, которое будет произведено, следовательно, вычислительные затраты на поиск решения будут ограничены. Это позволяет решать задачи разной размерности с одинаковыми вычислительными затратами.

В *методе частичного перебора* решение формируется последовательно. При этом полный перебор вариантов производится на перестановках меньшей длины. На подготовительном этапе формируется начальный порядок выполнения работ. В простейшем случае это может быть случайная перестановка.

Параметрами алгоритма являются h – число работ, выбранных для упорядочения, и α – определяет добавочное количество работ при построении части расписания. Из стартовой перестановки последовательно выбираются $h + \alpha$ работ. На каждом шаге перебираются $h!$ расписаний, из которых выбирается лучшее. Первая работа из решения, полученного на очередном шаге, переносится в окончательное решение.

Разработка метаэвристик

Переборные алгоритмы, основанные на локальном поиске, характеризуются хорошим потенциалом применимости на практике в силу

невысокой сложности реализации и экономичности с точки зрения расхода вычислительных ресурсов. Основным недостатком этих алгоритмов является отсутствие внутренних механизмов преодоления локальных экстремумов. Суть проблемы состоит в том, что алгоритм, основанный на исследовании только ближайшей окрестности, рано или поздно придет в экстремум, который может не быть глобальным. В связи с этим имеет место актуальная проблема модернизации алгоритмов и интеграции в их структуру режимов и методов эффективного преодоления локальных экстремумов.

Под метаэвристическими понимается класс алгоритмов, которые решают проблему преодоления локальных экстремумов в итерационном поиске. Класс метаэвристических алгоритмов включает [19]: эволюционно-генетические алгоритмы, методы, имитирующие физические процессы (например, имитация отжига), методы «роевой» логики (например, моделирование поведения колонии муравьев), алгоритмы итеративного локального поиска (например, метод направленного табу-поиска).

Некоторые из этих алгоритмов основаны на включении в итерационный поиск элементов рандомизации и изменении целевой функции при попадании в область экстремума. Другая группа – алгоритмы – эволюционно-генетические на основаны манипулировании не одним решением в рамках одной итерации, а совокупностью решений. Тем самым снижается вероятность преждевременной сходимости алгоритма.

Студентам предлагается реализовать классическую версию ЭГА [10].

Вычислительный эксперимент

Для подбора наилучших параметров ЭГА студентам предлагается спланировать и провести вычислительный эксперимент. При планировании эксперимента предлагается некоторые параметры ЭГА зафиксировать, а для оставшихся выбрать диапазоны изменения.

При генерации тестовых данных предлагается фиксировать число работ $n=10$, а значения исходных данных выбирать из заданного диапазона, используя равномерное распределение. В случае $n=10$ можно использовать метод полного перебора для нахождения точного решения задачи F^* .

Для каждого найденного эвристического решения F требуется определить относительное отклонение от оптимума $(F-F^*)/F^*$. Студентам предлагается генерировать исходные данные таким образом, чтобы точное решение заведомо было ненулевое.

По численным результатам вычислительного эксперимента следует построить гистограммы, в которых будет указано число задач, точность решения которых попала в заданный диапазон. Также в качестве результата эксперимента указывается среднее относительное отклонение решений от оптимума.

Для улучшения качества работы ЭГА предлагается добавить в начальную популяцию улучшенные особи-решения. Эти решения могут быть получены при помощи эвристик, разработанных на предыдущих практиках.

Для модифицированной версии ЭГА тоже надо провести вычислительный эксперимент и сделать выводы о качестве его работы.

Апробация

Приведенная выше методика проведения практик является готовой апробированной методикой проведения практик для студентов бакалавриата по направлению подготовки «Прикладная информатика». Поскольку кафедра ИАНИ Института информационных технологий, математики и механики является выпускающей для бакалавров по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика», то результаты внедрения данной методики показали как повышение качества ВКР студентов-бакалавров, так и повышение процента поступления студентов в магистратуру и повышение количества трудоустройств по специальности.

Заключение

Выстраивание процесса прохождения практик как непрерывного процесса овладения необходимыми компетенциями и навыками позволяет сформировать студентам-бакалаврам качества, которые будут востребованы на рынке труда. Последовательное овладение знаниями и навыками, совмещенное с необходимостью их применения, обучение процессу рефлексии результатов деятельности позволяет сформировать основу для будущего развития специалистов в тех сферах деятельности, в которых они будут востребованы.

Задания, предлагаемые студентам на каждом этапе практики, базируются, во-первых, на тех компетенциях, знаниях и навыках, которые у них уже должны быть сформированы на предыдущих этапах, а во-вторых, формулируются с учетом тех знаний, навыков и компетенций, которые они должны освоить. То есть практика расширяет и углубляет полученные знания, повышает уровень навыков и помогает осваивать новые компетенции.

Такой подход позволяет снять кажущуюся теоретизированность получаемых знаний и

приобрести понимание возможности применения этих знаний на практике.

Подводя итог, можно сказать, что предлагаемый в статье метод проведения практики студентов-бакалавров способствует углублению и развитию общепрофессиональных и профессиональных компетенций: это способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. Кроме того, у студентов повышается способность к самоорганизации и самообразованию.

Все это позволяет повысить качество обучения в высшем учебном заведении: сформировать необходимые компетенции для самостоятельной профессиональной деятельности и адекватно оценить уровень их формирования.

Список литературы

1. Гладышев А.А., Гладышева А.А., Власов Е.А. Компетентностная модель профессиональной подготовки в высшем образовании. Иркутск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2021. 183 с.
2. Ильязова М.Д., Дьякова В.В., Маркина И.А., Помазунова Т.Н. Результаты инженерного образования глазами студентов: оценка значимости и сформированности компетенций // Антропоцентрические науки: инновационный взгляд на образование и развитие личности: Материалы III Международной научно-практической конференции. Мадейра, Португалия: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. С. 102–104.
3. Кузнецов О.А., Грезина А.В., Шестакова Н.В., Карпенко С.Н. Опыт разработки образовательных стандартов (в соответствии с ФГОС 3++) // Образовательные технологии и общество. 2020. Т. 23. № 1. С. 159–169.
4. Твелова И.А., Щербанева Н.Г. Влияние компетентностного подхода на повышение качества подготовки будущих специалистов // Вестник непрерывного образования. 2009. № 6. С. 59–62.
5. Белоусова М.И., Ураев Р.Р. Анализ рынка труда // Сборники конференций НИЦ «Социосфера». 2012. № 3. С. 87–88.
6. Белаш О.Ю., Чиркова А.А. Оценка востребованности молодых специалистов на основе опроса работодателей // Инновации. 2018. № 9 (239). С. 86–89.
7. Винокуров М.А., Братищенко Д.В. Развитие взаимодействия вуза с работодателями как фактор повышения конкурентоспособности выпускников // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). 2012. № 6. С. 32–39.
8. Грезина А.В. Использование компьютерного моделирования для формирования профессиональных компетенций выпускников // Образовательные технологии и общество. 2019. Т. 22. № 4. С. 143–153.
9. Starostin N.V., Bykova M.A., Nebaikin S.V. Multilevel procedure for decomposition and mapping graphs // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. 2020. Vol. 1679. P. 32017.
10. Кумагина Е.А., Неймарк Е.А. Разработка гибридного алгоритма решения задачи упорядочения // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. № 3 (126). С. 17–23.
11. Кумагина Е.А. Прилуцкий М.Х. Задачи распределения разнородных ресурсов в сетевых канонических структурах // Известия ТРТУ. 2001. № 4 (22). С. 194–200.
12. Прилуцкий М.Х., Кумагина Е.А. Метод ветвей и границ решения задачи многомерного сетевого планирования // Системы управления и информационные технологии. 2014. № 2 (56). С. 48–51.
13. Неймарк Е.А. Улучшение качества начальной популяции эволюционно-генетического алгоритма для задачи коммивояжера // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2017. № 50. С. 69–73.
14. Неймарк Е.А. Решение нестационарной задачи о ранце при помощи генетического алгоритма // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2006. № 3. С. 133–138.
15. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / Пер. с англ. Е.В. Левнера, М.А. Фрумкина. М.: Мир, 1982. 416 с.
16. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация: Алгоритмы и сложность / Пер. с англ. В.Б. Алексеева. М.: Мир, 1985. 510 с.
17. Поляков В.И., Скорубский В.И., Экало Ю.В. Применение факториальной системы для решения комбинаторных задач // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 6. С. 436–442.
18. Рыбин С.В. Дискретная математика и информатика: Учебник для вузов. СПб.: Лань, 2022. 748 с.
19. Щербина О.А. Метаэвристические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации // Таврический вестник информатики и математики. 2014. № 1 (24). С. 56–72.

THE ISSUES OF BACHELOR STUDENT'S PRACTICAL TRAINING «APPLIED INFORMATICS» MAJOR

M.S. Kulikov, E.A. Kumagina, E.A. Neumark, I.A. Fomina

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

The article presents the practice of conducting research work in order to develop students' competencies in the areas of research and project activities. The object of the study is a classical problem of scheduling theory – the problem of ordering works on one machine (device), which takes into account both technological parameters (duration of execution) and organizational ones (moments of works receiving, deadlines for completion of works). Within the framework of the presented model, the problems are stated taking into account various aspects of production. A description of the stages of research

work implementation of bachelor's students studying in the direction of training 09.03.03 «Applied Informatics» of the profile of study «Applied Informatics in the field of decision making» is proposed. The criteria for evaluating the research work of students are given.

Keywords: educational process, quality of education, introductory practice, research work, professional competencies, applied informatics, assessment tools, scheduling theory, ordering problem, permutations, ordering.