

П. С. Гончарь

Графы в прикладных задачах экономики и управления как элемент курса математики

В статье обсуждаются противоречивые условия реализации курса математики для экономических и управленческих направлений подготовки бакалавров, требующие глубокого пересмотра содержания курса при сохранении его основных качеств, роли и вклада в общий результат образовательного процесса, в результате переноса методических акцентов на разделы, отражающие достижения науки в XX веке. Утверждается, в частности, что одной из «сквозных линий» современного учебного курса математики может стать разнообразное использование графов в решении прикладных проблем экономического и управленческого характера. В качестве приложения приводится краткое описание методики изложения (в лекциях или в текстах для дистанционного образования) материала по сетевым планам, используемым для анализа проектов. Особенностью предлагаемого подхода является внимание к вопросу о преобразованиях графов при переходе от планов «с работами в вершинах» к планам «с работами на дугах», который вызывает затруднения у обучающихся, но не рассмотрен в доступной учебной литературе.

Ключевые слова: принятие решений, информационно-аналитическая компетенция, математические методы и модели, графы, сетевые планы, фундирование.

P. S. Gonchar

Graphs in Applied Problems of Economics and Management as an Element of Mathematics

The paper discusses the contradictory conditions of realization of the course of Mathematics for Bachelor students in economic and management. The situation requires in-depth revision of the content of the course while maintaining its basic characteristics, role and contribution into the overall result of the educational process by the transfer of methodological emphasis on topics that reflect achievements of science in the XX century. It is confirmed; in particular, that varied use of graphs in the solution of applied problems of economic and managerial issues can be one of the "end-to-end lines" of modern Mathematics teaching. The annex provides a brief description of methods of teaching (in lectures, or distance learning texts) of the material on the network plans used for the analysis of projects. The special feature of this approach is attention to the transition from plans "with the works at the vertices" to plans "with the works on the arcs", which causes difficulties for students, but not discussed in the available academic literature.

Keywords: decision making; an information-analytical competence; mathematical methods and models; graphs, network plans, funding.

Переход к учебным стандартам нового поколения в высшем профессиональном образовании ставит интересные методические задачи перед организаторами учебных курсов математики для экономических и управленческих направлений подготовки бакалавриата. Все большее место в учебном курсе занимают вопросы прикладного характера, помогающие вырабатывать обоснованные решения в противоречивых и изменчивых ситуациях, открывающие нетривиальные возможности в управленческой действительности. Даже если математические методы и модели непосредственно не применяются в процессах принятия решений, те идеи, которые в них заложены, могут определять понятийный аппарат и профессиональную терминологию аналитика и управленца, стать действенным элементом его предпринимательской и информационно-

аналитической компетенций [4], [8]. Потенциально, такой фундамент будущего результата образования, профессионально обусловленной личности выпускника [10], закладывается уже с начала обучения в вузе, в курсе математики. Для реализации этой идеи имеются достаточные предпосылки – возможность рассматривать математические модели и методы, развитые для решения экономических и управленческих проблем в XX веке, что и выражается в появлении соответствующих дидактических единиц в образовательных стандартах и федеральных инструментах диагностики учебных достижений.

Традиционно структура курса математики для экономических и управленческих специальностей тяготела к образцу, задаваемому математической подготовкой инженеров в технических вузах. И сейчас принципы и идеи реформирова-

ния математического образования для инженерных специальностей, выраженные, например, в [6] и [7], а также в [3] (особенно идеи качественного фундирования, взаимного проникновения материала разных изучаемых разделов курса, придающего ему системный, а не комплексный характер), остаются крайне актуальными для подготовки бакалавров по направлениям подготовки экономика и менеджмент. Однако, экстенсивное добавление новых разделов в учебный курс сталкивается с трудностями разного характера. Наиболее заметны ресурсные ограничения, связанные с выделенным учебным (особенно аудиторным) временем для изучения курса (или курсов) математики в учебных планах основных образовательных программ подготовки бакалавров. Уменьшение объема очного взаимодействия преподавателя со студентами, надо признать, не соответствует призыву вводить в курс новый учебный материал. С другой стороны, если этот новый материал был бы выделен отдельно, то курс «традиционной математики», вероятно, сократился бы еще больше.

Второе противоречие, тесно связанное с предыдущим – неоднозначные тенденции в базовой подготовке студентов. При массовости подготовки экономистов, бухгалтеров и менеджеров, очень немногие учебные заведения могут привлечь на эти специальности столько абитуриентов с высокими показателями в математической подготовке и с развитой способностью самостоятельно работать с учебным материалом математического характера, чтобы они образовали устойчивое большинство. Специфика вузовской математики в том, что она в существенной части опирается на предшествующие учебные достижения и, даже при наличии воли и позитивной установки на преодоление трудностей, без базовой подготовки студенту чрезвычайно трудно достичь успеха.

Третий аспект, который следует учитывать при реформировании учебного курса, заключается в своеобразии традиционного места математики в высшем профессиональном образовании. Остаточные знания выпускника и, тем более, профессионала в области математики зачастую фрагментарны, умения имеют характер математических техник без глубокого понимания их происхождения. Этот факт указывает на то, что значительная часть изучаемого материала не востребована ни в учебной, ни в профессиональной деятельности обучающихся. Отсюда следует, что значение курса математики не столько в том, что

выучено, а в том, что остается, когда выученное забыто: обобщенные учебные умения (поиск информации, критическое отношение к источникам, навыки запоминания), самоорганизация в учебной деятельности, социальная компетентность (способность продуктивного целеустремленного взаимодействия с общественным окружением в напряженной ситуации предъявления новых требований и, иногда, конфликтов). Терять эту позицию, размывая глубоко систематизированный учебный курс на совокупность частных вопросов, представляется ошибочным шагом.

Таким образом, вместо экстенсивного расширения учебного курса математики за счет новых разделов приходится рассмотреть возможность принципиальной перестановки методических акцентов в учебном курсе и систематизации материала на иных основаниях. На первое место по значимости выходит «новая математика» (она может быть активно использована и в массовом учебном курсе, и в индивидуальных студенческих научных исследованиях), высокую значимость сохраняют теория вероятностей и алгебра, а аналитическая геометрия и математический анализ (несмотря на их очарование, методическую разработанность и привычность) могут быть раскрыты в культурно-историческом ключе, в минимальном объеме, необходимом для прохождения тестов.

В учебном материале, посвященном математическим методам и моделям, выделяются две взаимосвязанные линии: «алгебраическая» (основы линейного программирования и его приложения, в частности, теория игр) и «графическая», представленная разнообразными задачами, которые объединяются возможностью использования графов как для иллюстрации связи между элементами условия, так и для поиска ответа. Замечательно разнообразие способов использования этих схем для поиска как минимальных (в задачах поиска кратчайшего пути и сети с минимальной протяженностью связей), максимальных (в задачах сетевого планирования), оптимальных по разнообразным критериям (транспортная задача на сети, динамическое программирование) характеристик исследуемого объекта. Использование графов и графоподобных объектов все шире входит в методiku преподавания математики для самых разнообразных направлений подготовки [11].

Обратим внимание на некоторые методические особенности в реализации «графической линии».

Во-первых, достаточно большое количество разнообразного учебного материала и идей, имеющего математический характер, может быть изложено с использованием единообразных и интуитивно понятных графических образов (графов). Глубокого изложения общих теоретических основ теории графов для решения прикладных задач обычно не требуется: абстрактность изложения способна не облегчить, а значительно затруднить понимание, столь важное в учебном процессе [7]. При этом техника изображения графов не требует сложных художественных или технических приемов и доступна подавляющему количеству студентов без специальной подготовки.

Во-вторых, успешность освоения материала преимущественно зависит не от предшествующей подготовки, а от непосредственных усилий в учебном процессе, что может принести пользу в учебно-воспитательной работе.

В-третьих, студенты экономических и управленческих направлений подготовки часто склонны к использованию классификации (в вербальной форме), как основного интеллектуального действия, преимущественно используемого в учебной деятельности. С этим связан развивающий потенциал использования графов: такие интеллектуальные действия зачастую непривычны студентам (а бывает, и преподавателям) и вызывают желательное напряжение в их учебной деятельности.

В-четвертых, естественная экономико-управленческая интерпретация прикладных задач может быть использована для внедрения так называемых «активных форм работы» в качестве контрольно-отчетных мероприятий: часть студентов может получить зачет по разделу курса по результатам, например, деловой игры, в которой продемонстрировано владение соответствующим математическим аппаратом.

Описанные выше подходы применены при подготовке комплексных учебно-методических изданий [1], [2], [9] и др., как вышедших из печати, так и готовящихся к публикации.

Далее, в качестве иллюстрации, кратко раскрыта возможная методика изложения (в лекции или в текстах для дистанционного обучения) материала по сетевым планам в управлении проектами. Особенностью нашего подхода является методическое внимание к частному процедурному вопросу, преобразованию графов и связи естественных графов «с работами в вершинах» с графами, где работам соответствуют дуги, что

вызывает значительные затруднения у обучающихся, но не встречается в доступной литературе (например, в [5]).

При раскрытии учебного материала рационально использовать «сквозные» примеры, выбранные в начале и последовательно развитые до конца исследования.

1. Введение. В начале разговора о предметном материале можно сообщить, что управление проектами, как инновационная техника в планировании, появилось в начале второй половины XX века в США. Под проектом подразумевается комплекс элементарных работ (или операций), который подчинен оригинальной цели. Использование сетевых моделей, это вид ориентированных графов, позволяет глубоко понять взаимосвязи между работами, определить важнейшие характеристики проекта и поставить вопросы о путях их улучшения, сравнивать проекты разного дизайна между собой. В дальнейшем, при реализации проекта, принятые решения позволяют рационально организовать ресурсное обеспечение и контроль всего комплекса работ. Наиболее простое и естественное, представление проекта – в виде графа, вершины которого соответствуют работам, а дуги – зависимостям между ними (сеть с работами в вершинах). С целью анализа продолжительности проекта и определения допустимого времени начала и окончания каждой операции производится преобразование графа, после которого работы соответствуют дугам, а вершины – состояниям или ситуациям. Обычно такие графы содержат лишние элементы и могут быть упрощены, количество вершин графа – уменьшено, что упрощает дальнейший анализ. Наконец, проект может быть еще раз преобразован и представлен в виде сетевого графика для выявления возможностей наименее затратного сокращения общего времени его выполнения или проверки соответствия разным ограничениям.

2. Основные понятия – план, проект, работа. Здесь даются определения главных используемых терминов и раскрываются связи между ними. Более общее понятие, план, – это образ потребного будущего, включающий пути его достижения. Подчеркивается эвристический элемент планирования. Особенность планов-проектов в том, что они представляют собой сочетание взаимообусловленных элементов, называемых работами или операциями. Главная характеристика работы – необходимое для ее выполнения время. Вспомогательные характеристики – требуемые материальные или человеческие ресурсы,

стоимость. Можно классификационно выделить работы трех типов:

– «Обычные» работы с известными и неизменными характеристиками.

– Фиктивные работы или зависимости. Это работы, не требующие времени и отражающие лишь возможность выполнения некоторой работы после выполнения другой.

– «Ускоряемые» работы, когда в некоторых пределах возможно уменьшение или увеличение времени выполнения операции, обычно это сопровождается изменением стоимости работы. (Далее, пока не наступила надобность специального анализа возможностей оптимизации проекта, эти работы считаются «обыкновенными»).

3. Сетевой план с работами в вершинах. Внимание обращается на ситуации, когда есть предварительный план достижения некоторой цели, состоящий из нескольких взаимосвязанных работ (действий, операций), и для каждой работы установлено нормативное время и предшествующие работы. Вводятся буквенные обозначения для работ (А, В, С...), причем предшествующие (по плану) работы должны иметь и предшествующие (по алфавиту) обозначения. При необходимости в план формально вводятся работы St (Start) и Fn (Finish), не требующие времени, но отражающие общее начало и окончание реализации проекта. План рекомендуется представлять в виде таблицы и оргграфа, подписи вершин состоят из обозначения соответствующих работ. Подчеркиваются основные свойства этой модели: единое «начало» и единое «окончание» сетевого плана, отсутствие контуров, то есть замкнутых путей, проходимых по стрелкам. Далее, для связи со следующим материалом, указывается, что представленный в виде «графа с работами в вершинах», план более прозрачен для дальнейшего анализа, эта модель достаточно проста в построении и показывает «глубину» взаимной обусловленности работ в проекте, однако наиболее интересные результаты могут быть получены с помощью графов, где работам соответствуют дуги (эти модели рассмотрены далее).

4. Сетевой план с работами на дугах. В этой сетевой модели дуги графа соответствуют как упомянутым в плане обычным работам, так и

фиктивным, а вершины – состояниям проекта. При некотором опыте такой граф, полностью соответствующий плану, составляется без предварительного построения «графа с работами в вершинах», однако некоторые элементарные действия, обозначения работ и установление предшествующих работ в веденных буквенных обозначениях, совпадают.

Покажем, как «граф с работами на дугах» может быть получен из «графа с работами в вершинах».

1) Вершины St и Fn просто заменяются на исходное и конечное вершины-состояния без обозначений.

2) Каждая обыкновенная работа – это процесс преобразования состояния «есть условия для начала работы» в состояние «работа выполнена». Поэтому каждую вершину в графе с работами в вершинах заменяем на два состояния без обозначений, связанные обыкновенной работой, которая изображается сплошной линией со стрелкой, «входящие» стрелки-зависимости старого графа относятся к начальной вершине, а исходящие – к конечной (рис. 1).



Рис. 1. Введение в граф «работы на дуге»

3) Такая модель содержит, по сравнению с предыдущей, почти удвоенное количество вершин и много пунктирных стрелок, отражающих зависимости между работами. Для упрощения графа за счет уменьшения фиктивных работ-зависимостей применяем следующие элементарные правила преобразований графов.

– Если вершина последовательно соединяет обыкновенную и фиктивную работы-дуги (без разветвлений!), то фиктивная работа поглощается обыкновенной (рис. 2).

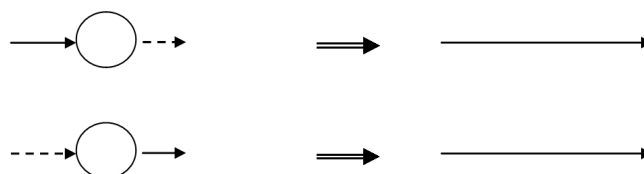


Рис. 2. Поглощение фиктивной работы обыкновенной работой

– Если фиктивная работа-дуга является единственной исходящей дугой для вершины, то эта вершина объединяется с зависимой при любом количестве входящих в зависимую вершину дуг (рис. 3).



Рис. 3. Пример объединения вершины с зависимой

– Если фиктивная работа-дуга является единственной входящей дугой в вершину, то эта вершина объединяется с предшествующей при любом количестве исходящих из предшествующей вершины дуг (рис.4):

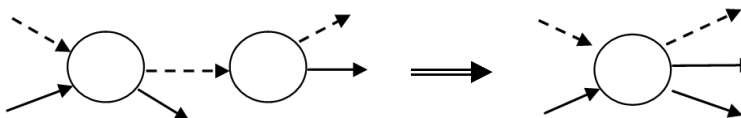


Рис. 4. Пример объединения вершины с предшествующей

Кроме того, особенности плана тоже указывают на возможности упрощения моделей-графов.

– Если работы, или целые группы работ, имеют по плану одинаковый состав предшествующих работ, то их вершины-начала объединяются (рис.5).

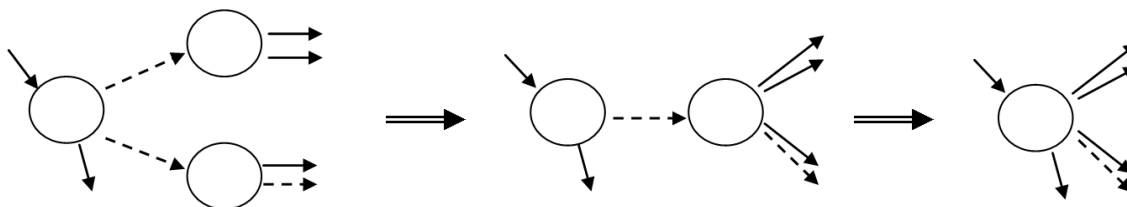


Рис. 5. Пример последовательного упрощения фрагмента графа

В частности, при совпадающих сложных условиях для начала нескольких работ, возможны некоторые дополнительные упрощения графов, показанные на рис. 6.

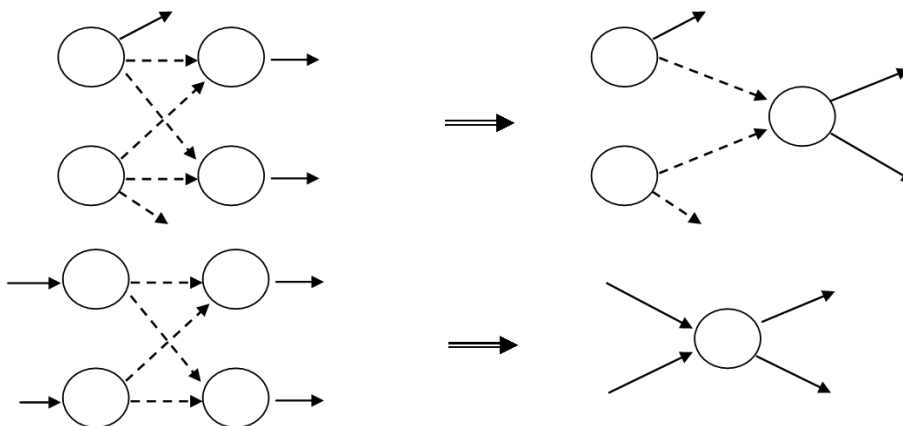


Рис. 6. Примеры упрощения фрагментов графа

– Если работы, предшествующие по плану работе (или группе работ) V, включают в себя все работы, предшествующие работе (или группе работ) W, то есть условия, достаточные для выполнения W – лишь часть условий для выполнения V, то начало V зависит от начала W, эта фиктивная работа – неустраняемая (рис.7).

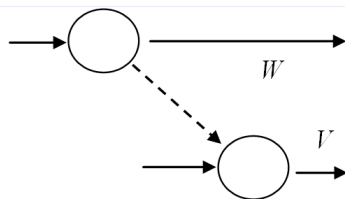


Рис. 7. Пример графа при накоплении условий для начала работ

– Если результат какой-либо работы используется совместно с другими результатами в разных сочетаниях, имеющих заместительный, а не накопительный, характер, то фиктивные работы в графе неустранимы (рис.8):

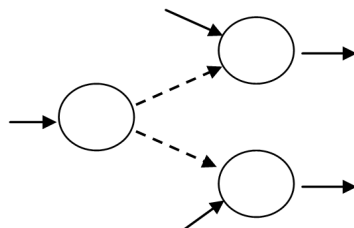


Рис. 8. Пример графа при использовании результата работы в сочетании с разными результатами иных работ

4) Проверяем выполнение требований: сеть имеет единое начало и единое окончание; нет контуров. Дополнительно проверяем, что в сети нет параллельных работ, соединяющих одну пару вершин; если это не так, то в одну из работ вводим дополнительное состояние и фиктивную работу (это нужно для дальнейшего однозначного обозначения работ по номерам вершин), как показано на рис. 9:

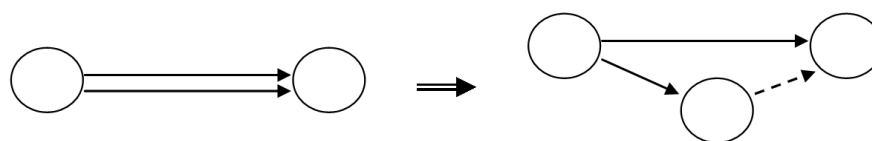


Рис. 9. Введение дополнительной вершины в граф

5. Нумерация вершин графа, определение ранних и поздних сроков состояний и работ, выделение критического пути, а также нахождение полных и свободных резервов. Эти процедуры достаточно подробно описаны в доступной литературе, с ними можно познакомиться, например, по распространенному учебнику [5].

6. Заключение. В качестве завершающего изложение материала рекомендуется указать возможности изображения плана в масштабе времени (сетевой графика) или ленточного графика Ганта, применения специфического матричного аппарата для расчета сроков работ и резервов в сетевой модели и оптимизации проектов за счет «ускоряемых» критических работ.

Краткие выводы. Изложенные выше идеи имеют педагогический потенциал и прошли апробацию в течение четырех лет в практике педагогической работы со студентами младших курсов факультетов Экономики и управления (ФЭУ)

и Управления процессами перевозок (ФУПП) ГФОРУ ВПО Уральский государственный университет путей сообщения (г. Екатеринбург). Вместе с тем они сохраняют дискурсивный характер, и, думается, нуждаются в дальнейшем научном методическом обсуждении, прежде, чем смогут занять достойное место в массовой педагогической практике.

Библиографический список

1. Гниломедов, П.И. Математическое моделирование [Текст]: учебно-практическое пособие / П.И. Гниломедов, И.Н. Пирогова, П.П. Скачков – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2012 – 73 с.
2. Гончарь, П.С. Теория игр [Текст]: учебное пособие / П.С. Гончарь, Л.Э. Гончарь, Д.С. Завалищин – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2011. – 112 с.
3. Елифантьева, С.С. Феномен дополнительной функции педагогического инструмента как фактор целостности разветвленного математического курса [Текст] / С.С. Елифантьева, А.В. Ястребов // Ярослав-

ский педагогический вестник. Психолого-педагогические науки: научн. журн. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2014. – № 1. – С. 225 - 229.

4. Красовский, Р.М. Информационно-аналитическая компетентность как компонент профессиональной подготовленности менеджера [Текст] / Р.М. Красовский // Ярославский педагогический вестник. Психолого-педагогические науки: научн. журн. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2012. – № 2. – С. 193 - 198.

5. Красс, М.С. Основы математики и ее приложения в экономическом образовании [Текст]: учебник / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов, – М.: Дело, 2006. – 720 с.

6. Лунгу К.Н. Модернизация математического образования студентов технических вузов [Текст] / К.Н. Лунгу // Ярославский педагогический вестник. Психолого-педагогические науки: научн. журн. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2012. – № 3. – С. 138 - 142.

7. Лунгу, К.Н. Дидактический аспект понимания как необходимого условия формирования профессиональной компетентности студентов [Текст] / К.Н. Лунгу, Е.И. Смирнов, В.В. Юдин // Ярославский педагогический вестник. Психолого-педагогические науки: научн. журн. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2013. – № 1. – С. 131 - 137.

8. Морозова, В.С. Понятие и структура предпринимательской компетентности менеджера [Текст] / В.С. Морозова // Ярославский педагогический вестник. Психолого-педагогические науки: научн. журн. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2012. – № 2. – С. 199 - 204.

9. Пирогова, И.Н. Математические модели [Текст]: методические указания / И.Н. Пирогова, П.П. Скачков. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2009. – 44 с.

10. Юдин, В.В. Критерии сформированности различных форм образовательного результата [Текст] / В.В. Юдин // Ярославский педагогический вестник. Психолого-педагогические науки: научн. журн. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2012. – № 2. – С. 15 — 20.

11. Ястребов, А.В. Граф соответствия между рядами объектов и его использование в методике преподавания математики [Текст] / А.В. Ястребов, О.Н. Федорова // Ярославский педагогический вестник. Психолого-педагогические науки: научн. журн. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2013. – № 3. – С. 92 - 101.

nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2014. – № 1. – С. 225 - 229.

4. Krasovskij, R.M. Informatsionno-analiticheskaya kompetentnost' kak komponent profesional'noj podgotovlennosti menedzhera [Tekst] / R.M. Krasovskij // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. Psikhologo-pedagogicheskie nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2012. – № 2. – С. 193 - 198.

5. Krass, M.S. Osnovy matematiki i ee prilozheniya v ekonomicheskom obrazovanii [Tekst]: uchebnik / M.S. Krass, B.P. Chuprynov, – M.: Delo, 2006. – 720 s.

6. Lungu K.N. Modernizatsiya matematicheskogo obrazovaniya studentov tekhnicheskikh vuzov [Tekst] / K.N. Lungu // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. Psikhologo-pedagogicheskie nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2012. – № 3. – С. 138 - 142.

7. Lungu, K.N. Didakticheskij aspekt ponimaniya kak neobkhodimogo usloviya formirovaniya professional'noj kompetentnosti studentov [Tekst] / K.N. Lungu, E.I. Smirnov, V.V. Yudin // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. Psikhologo-pedagogicheskie nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2013. – № 1. – С. 131 - 137.

8. Morozova, V.S. Ponyatie i struktura predprinimatel'skoj kompetentnosti menedzhera [Tekst] / V.S. Morozova // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. Psikhologo-pedagogicheskie nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2012. – № 2. – С. 199 - 204.

9. Pirogova, I.N. Matematicheskie modeli [Tekst]: metodicheskie ukazaniya / I.N. Pirogova, P.P. Skachkov. – Ekaterinburg: Izd-vo UrGUPS, 2009. – 44 s.

10. Yudin, V.V. Kriterii sformirovannosti razlichnykh form obrazovatel'nogo rezultata [Tekst] / V.V. Yudin // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. Psikhologo-pedagogicheskie nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2012. – № 2. – С. 15 — 20.

11. Yastrebov, A.V. Graf sootvetstviya mezhdurядami ob'ektov i ego ispol'zovanie v metodike prepodavaniya matematiki [Tekst] / A.V. Yastrebov, O.N. Fedorova // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. Psikhologo-pedagogicheskie nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2013. – № 3. – С. 92 - 101.

Bibliograficheskij spisok

1. Gnilomedov, P.I. Matematicheskoe modelirovanie [Tekst]: uchebno-prakticheskoe posobie / P.I. Gnilomedov, I.N. Pirogova, P.P. Skachkov – Ekaterinburg: Izd-vo UrGUPS, 2012 – 73 s.

2. Gonchar', P.S. Teoriya igr [Tekst]: uchebnoe posobie / P.S. Gonchar', L.EH. Gonchar', D.S. Zavalishhin – Ekaterinburg: Izd-vo UrGUPS, 2011. – 112 s.

3. Elifant'eva, S.S. Fenomen dopolnitel'noj funktsii pedagogicheskogo instrumenta kak faktor tse-lostnosti razvetvlennogo matematicheskogo kursa [Tekst] / S.S. Elifant'eva, A.V. Yastrebov // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. Psikhologo-pedagogicheskie nauki: nauchn. zhurn. – YAroslavl': Izd-vo YAGPU, 2013. – № 3. – С. 92 - 101.