УДК 373.1

Татьяна Александровна Оболдина
Максим Анатольевич Медведев
г. Шадринск

Определение на графе-сети путей минимальной и максимальной длины при сетевом планировании

В статье рассматривается проблема подготовки будущих инженерных кадров в системе высшего образования и их профессиональная готовность к работе в современных социально-экономических условиях. Для качественной подготовки специалистов инженерных специальностей, способных эффективно и квалифицированно осуществлять будущую трудовую деятельность, по мнению авторов статьи, очень важны знания и практические умения сетевого планирования и управления. Авторы статьи рассматривают первоначальные понятия сетевого планирования и управления. В статье акцентируется внимание на необходимость владения будущими специалистами технических направлений методами сетевого планирования и управления. Первоначальные знания о методах сетевого планирования и управления авторы статьи предлагают давать студентам в рамках курса «Основы дискретной математики». В качестве примера в статье изложен один из простых и наглядных методов нахождения путей минимальной и максимальной длины при сетевом планировании и управлении, который возможно рассмотреть при изучении ориентированных графов (сетей) в курсе «Основы дискретной математики». Пропедевтический потенциал использования рассматриваемого материала в учебном курсе «Основы дискретной математики» не ограничивается задачами такого типа и имеет более широкие возможности.

Ключевые слова: будущие инженерные кадры, сетевое планирование и управление, пути минимальной и максимальной длины, методы сетевого планирования и управления.

Tatiana Aleksandrovna Oboldina
Maxim Anatolyevich Medvedev
Shadrinsk

Determining the minimum and maximum lengths of paths on a network graph during network planning

The article discusses the problem of training future engineering personnel in the higher education system and their professional readiness to work in modern socio-economic conditions. According to the authors of the article, knowledge and practical skills of network planning and management are very important for the quality training of engineering specialists who are able to carry out their future work effectively and competently. According to the authors of the article, knowledge and practical skills of network planning and management are very important for the quality training of engineering specialists who are able to carry out their future work effectively and competently. The authors of the article consider the initial concepts of network planning and management. The article emphasizes the need for future technical specialists to have knowledge of network planning and management methods. The authors of the article suggest that students should be given initial knowledge about network planning and management methods as part of the course "Fundamentals of Discrete Mathematics." The didactic potential of using the material under consideration in the course "Fundamentals of Discrete Mathematics" is not limited to tasks of this type and has broader possibilities.

Keywords: future engineering personnel, network planning and management, minimum and maximum path lengths, and network planning and management methods.

Введение. Одной из важнейших задач экономической политики Российской

Федерации на период до 2030 года является прорыв научно-технологического и социально-экономического развития страны для обеспечения глобальной конкурентоспособности и устойчивого экономического роста в мировом сообществе.

Современные социально-экономические условия требуют постоянного обновления и совершенствования системы образования, новый уровень развития которой призван соответствовать высоким современным требованиям в подготовке кадров для приоритетных направлений наукоемких производств [3,4,10]. В связи с этим особенно актуальны в сфере высшего образования вопросы реализации способов качественной подготовки студентов инженерных специальностей, способных эффективно и квалифицированно осуществлять задачи экономической политики Российской Федерации.

Акцент в подготовке студентов технических специальностей в настоящее время необходимо сделать не только на освоение теоретических знаний и метапредметной составляющей инженерных проектов, но и на умения прогнозировать результаты реализации, их функциональности и эксплуатации, иметь навыки и умения анализа и устранения возможных недочётов на этапе проектирования проекта.

В этой связи будущим инженерам необходимо в совершенстве владеть методами сетевого планирования и управления, которые целесообразно применять в своей профессиональной деятельности для оптимального планирования проектов, включающих в себя многофункциональную систему сложных производственных работ, требующих привлечения большого количества исполнителей и затрат конкретных ресурсов [2,7,9].

Основная задача сетевого планирования и управления состоит в том, чтобы наглядно и системно в виде таблиц и графических изображений (схем), отобразить и оптимизировать последовательность и взаимозависимость работ, действий или мероприятий, обеспечивающих своевременное и планомерное достижение конечных целей проектов для наукоемких производств.

История развития теории сетевого планирования и управления достаточно молода. Более семидесяти лет назад М. Уолкер и Д. Келли представили разработку проекта с использованием элементов сетевого планирования. В результате совместной работы американские исследователи и новаторы применили инновационный метод составления планов-графиков крупных комплексов работ по модернизации заводов фирмы «Дюпон». Данный метод, в последствии, получил название метода критического пути – МКП или CPM (Critical Path Method). В это же время в научных лабораториях ВМС США был разработан метод анализа и оценки программ – PERT (Program Evaluation and Review Technique), который реализовали в проекте разработки ракетной системы «Поларис». Использование данных методов оказалось эффективным и подобную методику стали широко применять и крупные промышленные корпорации страны.

В СССР работы по сетевому планированию получили своё развитие немного позже (1961-1962 гг.). Хотя сохранились архивные документы, что ещё в 30-х годах двадцатого столетия на строительстве Магнитогорского металлургического комбината была попытка использования такого планирования, но, к сожалению, не была завершена ввиду сложных математических расчётов [1]. Значительный вклад по модернизации методов построения альтернативных сетевых моделей, используемых в сетевом планировании и управлении, был осуществлён Б.А. Вигман, Н.И. Комковым, Г.С. Поспеловым, В.И. Рудомановым. В дальнейшем сетевое планирование стремительно получило глубокое и всестороннее развитие в работах К. А. Антонавичуса, В. А. Афанасьева, В.А. Баришпольца, В. С. Михельсона, Ю. П. Панкратова, А. А. Русакова, В. И. Рыбальского, Т. И. Смирнова и других [6].

В настоящее время теория сетевого планирования и управления не утратила своей актуальности и эффективно внедряется в процесс решения стратегических проблем социально-экономического развития Российской Федерации. Данная теория широко используется для создания и управления всевозможных систем взаимосвязанных работ, научных высокотехнологичных разработок, требующих чёткой координации всех звеньев и подразделений взаимодействия большого количества исполнителей. На данный момент это является единственно возможным методом научного планирования и управления по реализации больших масштабов работ с высокой точностью прогноза запланированного результата. Элементы сетевого планирования и управления используются на качественно новом уровне – как составной компонент автоматизированных систем управления, являясь базой для современных методов и средств управления различных социально-экономических проектов.

Исследовательская часть.

В основной части работы рассмотрим основные понятия сетевого планирования и управления, которые возможно использовать в курсе «Основы дискретной математики» при изучении взвешенных графов. В качестве примера продемонстрируем решение задачи нахождения в сетевом графике путей минимальной и максимальной длины [3].

Сетевое планирование – метод управления, основанный на использовании математического аппарата теории ориентированных графов и системного подхода для отображения и алгоритмизации комплексов взаимосвязанных трудоёмких работ, действий или мероприятий для достижения чётко поставленной цели [5].

Методы сетевого планирования и управления предназначены для повышения эффективности управления проектом за счёт рациональной организации транспортных или производственных процессов, а также выявления и мобилизации скрытых ресурсов времени и не учтённых материальных средств [6]. Система сетевого планирования и управления включает в себя комплекс графических и расчётных методов для всевозможных мероприятий с целью анализа, моделирования и модификации плана работ по созданию многофункционального социально-экономического проекта. Под проектом в данной теории понимают некоторую задачу, для выполнения которой необходимо совершить достаточно большое количество разнообразных работ. Примером проекта может быть строительство школы, разработка автоматизированной системы подачи удобрений, проведение текущего или капитального ремонта, заключение договоров на поставку товара и т.д. Основополагающим элементом в системе сетевого планирования и управления является сетевой график (сетевая модель, сеть). Сетевой график это графическое изображение планируемого процесса, которое демонстрирует существенную взаимосвязь и последовательность входящих в него работ. Масштаб графического изображения произвольный.

При выполнении задач сетевого планирования и управления соблюдают четыре этапа:

1) анализ возможных перспектив проекта;
2) построение оптимального сетевого графика и расчёт его основных характеристик (метод критического пути);
3) расчёт вероятностных показателей для сетевой модели;
4) работа по оптимизации стоимости выполнения проекта.

Математической основой методов сетевого планирования и управления является сетевой график, который представляет собой взвешенный граф. В свою очередь, взвешенный граф является одним из основных понятий теории графов, изучаемых в курсе «Основы дискретной математики». На основании выше сказанного студентам целесообразно изучать некоторые основы сетевого планирования и управления уже в курсе «Основы дискретной математики». Примером может быть решение задач нахождения в сетевом графике путей минимальной и максимальной длины. После изучения в данном курсе ориентированных и взвешенных графов студентам сообщаются правила построения сетевого графика.

Перечислим эти правила:

1) наличие одного исходного (начального) события;
2) наличие одного завершающего (конечного) события;
3) отсутствие других событий (кроме исходного), которым не предшествует хотя бы одна работа;

4) отсутствие других событий (кроме завершающего), за которым не следует непосредственно хотя бы одна работа;

5) любые два события соединяются не более чем одной работой (стрелкой); в случае необходимости вводятся фиктивные работы;

6) каждой работе соответствует одна и только одна дуга;

7) отсутствие циклов и петель;

8) ни одна работа не может быть начата до того, как закончатся все непосредственно предшествующие ей работы;

9) сетевой график изображается слева направо. Предшествующая работа располагается левее и имеет меньший номер.

На любом сетевом графике выделяются два особых события: начальное и конечное. Начальное событие соответствует началу работ (нулевой момент времени), а конечное – их завершению. Остальные события называются промежуточными. Во время выполнения рассматриваемых работ расходуются конкретные ресурсы: время, материалы, энергия, рабочая сила, что определено, сказывается на величине основного параметра работы – продолжительности её выполнения (измеряется в единицах времени).

При расчёте характеристик сетевого графика необходимо уточнить следующие данные [1,8]:

1) ожидаемые сроки выполнения комплекса работ;
2) состав работ критического пути;
3) срок начала и окончания критических работ;
4) ранние и поздние сроки начала и окончания остальных сетевых работ с определением имеющихся резервов времени.

Системы сетевого планирования основаны на построении графического изображения заданного комплекса работ, отражающего их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность, с последующим анализом и оптимизацией разработанной сетевой модели.

Рассмотрим основные понятия необходимые для выполнения задач сетевого планирования.

Сетевой график (модель, сеть) – это графическая модель, в которой изображаются взаимосвязи и результаты всех работ планируемого комплекса. Основными элементами сетевого графика являются события, работы, путь.

Событие – это результат выполнения одной или нескольких работ.

Работа – это некоторый процесс или действие, которое приводит к достижению запланированного результата (события).

В сетевом планировании возможны следующие виды работ:

1) действительная работа – процесс, требующий затрат времени и исполнителей;
2) ожидание – пассивный процесс, требующий только затрат времени;
3) фиктивная работа – логическую связь между событиями, не требующая затрат времени и исполнителей, но обусловливающая возможность начала одной работы только после непосредственного получения результата другой работы.

На графике действительная работа и ожидание изображаются сплошной линией со стрелкой, которая означает затрату времени, необходимого для выполнения данной работы. Затрачиваемое на работу время указывается над стрелкой, а число исполнителей под стрелкой, фиктивная работа, если такая есть в модели, изображается пунктирной линией. Одно из ключевых понятий сетевого графика – понятие пути. Данное понятие широко используется в теории графов и в ней есть множество различных задач на его определение. В сетевом планировании и управлении существует аналогичное (схожее) понятие для последовательности выполняемых работ. Путь – любая последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы. При решении задач возможны различные ситуации сложных процессов, которые могут быть представлены различными видами путей.

Представим эти виды путей с краткой их характеристикой в виде таблицы:

Таблица

Виды путей и их характеристики

Вид пути	Характеристика
Полный	От исходного события до завершающего события.
Предшествующий данному событию	От исходного, события до данного.
Последующий за данным событием	От данного события до завершающего.
Между событиями i и j	Между двумя какими-либо промежуточными событиями i и j.
Критический (максимальный)	Между исходным и завершающим событием, имеющим наибольшую продолжительность во времени.
Минимальный	Между исходным и завершающим событием, имеющим наименьшую продолжительность во времени.

Найдём пути минимальной и максимальной длины на графе-сети (рис. 1).

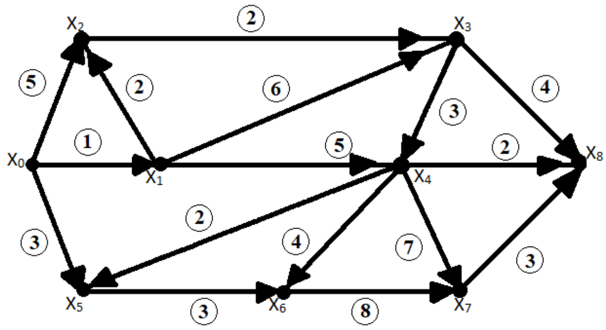

Рис.1.Граф-сеть

Для нумерации вершин, используем метод вычёркивания дуг.

1. Начальная вершина X_0.

2. Вычеркнем все дуги, выходящие из вершины X_0.

3. Вершины, не имеющие после этой операции входящих дуг, относятся к вершинам I ранга, и получают порядковый номер 1. Такая вершина в примере одна - обозначаем её X_1.

4. Затем алгоритм повторяем, т.е. вычеркнем те дуги, которые выходят из вершины X_1. Вершины, не имеющие после этой операции входящих дуг, относятся к вершинам II ранга, они получают следующие порядковые номера – X_2.

Тогда по аналогии:

X_3 – вершина III ранга;

X_4 – вершина IV ранга,

X_5 – вершина V ранга и т.д.

В результате этих действий получаем последний порядковый номер – X_8.

Найдём путь минимальной длины из X_0 в X_8.

Длины дуг обозначены числами в кружке. Следуя алгоритму, на первом шаге ставим всем вершинам, кроме X_0, метки $X_i = \lambda_i = \infty (i=1,8)$ метка вершины $X_0 = \lambda_0 = 0$.

Далее для вершины X_1 имеем $\lambda_i – \lambda_0 > l(X_0\ X_1)$. Меняем метку вершины X_1 с $\lambda_1 = \infty$ на $\lambda_1 = \lambda_0 + l(X_0\ X_1)=0+1=1$. Метка λ_2 вершины X_2 может быть изменена двумя способами – по дуге $(X_0\ X_2)$ или по дуге $(X_1\ X_2)$. Из двух вариантов выберем наименьший, используя формулу $\lambda_j = \min\{\lambda_i + l(X_i , X_j)\}$.

Получим, $\lambda_2=\min\{(\lambda_0 + l(X_0, X_2)), (\lambda_1+l(X_1, X_2))\}$ т. е. $\lambda_2=\min\{(0 + 5), (1 + 2)\}=3$ X_1

После выбора числа для λ_2 отмечаем в рамке вершину, по которой достигается минимум. Затем аналогично меняем метки всех вершин.

Установившаяся метка вершины графа X_8 равна минимальной длине пути из X_0 в X_8:

$\lambda_3=\min\{(\lambda_2 + l(X_2, X_3)), (\lambda_1+l(X_1, X_2))\} =\min\{(3 + 2), (1 + 6)\}=5$ X_2

$\lambda_4=\min\{(\lambda_1 + l(X_1, X_4)), (\lambda_3+l(X_3, X_4))\} =\min\{(1 + 5), (5 + 3)\}=6$ X_1

$\lambda_5=\min\{(\lambda_0 + l(X_0, X_5)), (\lambda_4+l(X_4, X_5))\} =\min\{(0 + 3), (6 + 2)\}=3$ X_0

$\lambda_6=\min\{(\lambda_5 + l(X_5, X_6)), (\lambda_4+l(X_4, X_6))\} =\min\{(3 + 3), (6 + 4)\}=5$ X_5

$\lambda_7=\min\{(\lambda_4 + l(X_4, X_7)), (\lambda_6+l(X_6, X_7))\} =\min\{(6 + 1), (6 + 8)\}=7$ X_4

$\lambda_8=\min\{(\lambda_3 + l(X_3, X_8)), (\lambda_4+l(X_4, X_8)),(\lambda_5+l(X_7, X_8))\} =\min\{(5 + 4), (6 + 2),(7 +3)\}=8$ X_4

Итак, минимальная длина пути из X_0 в X_8 равна 8. Сам путь получим, проходя отмеченные вершины: в X_8 пришли из X_4, в X_4 из X_1 в X_1 из X_0.

Следовательно, $\mu=\{X_0,X_1,X_4,X_8\}$.

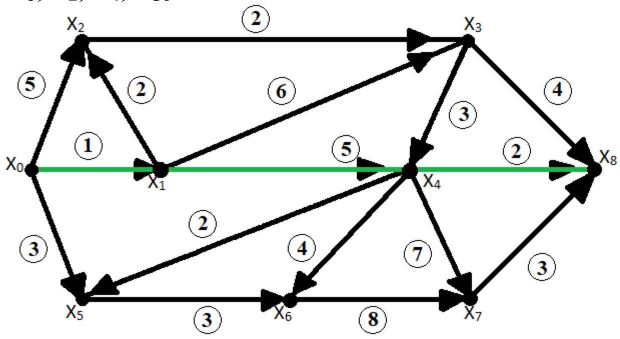

Рис.2. Минимальная длина пути из X_0 в X_8

Если граф изображает схему перевозок из X_0 в X_8 через перевалочные пункты X_1 ... X_7, а длины дуг (x_i x_j) есть стоимость перевозок из пункта X_i в X_j, то найденный путь будет наиболее экономной перевозкой груза, общая стоимость которой равна $l(\mu) = 8$ (рис.2.).

Определение пути максимальной длины разберём на задаче.

Пусть данный граф соответствует некоторому проекту, дуга графа – работам, составляющим некоторый общий комплекс работ, длины дуг – продолжительности соответствующих работ. Вершина X_0 – событие, состоящее в начале всех работ, X_8 – событие, состоящее в окончании всего проекта. Чтобы определить скорейшее время завершения всех работ, т.е. скорейшее время окончания всего проекта, нужно найти длину критического пути из X_0 в X_8.

Придадим на первом шаге всем вершинам $X_i(i=1,8)$ метки $\lambda_i = -\infty$. Метка вершины X_0 λ_0 не меняется в процессе решения задачи. Затем найдём дугу (X_0, X_j), для которой

$\lambda_i - \lambda_0 < l(X_0, X_j)$ и меняем метку λ_i на $\lambda_j = \lambda_0 + l(X_0, X_j)$.

Так, для вершины X_1 $\lambda_i - \lambda_0 = -\infty < l(X_0, X_1)$.

Меняем $\lambda_i = -\infty$ на $\lambda_1 = \lambda_0 + l(X_0, X_1)$.

$\lambda_1 = 0 + 1 =1$ X_0

Справа отмечаем вершину, по которой достигается максимум.

В X_1 можем прийти лишь одним путём из X_1 и X_0. В общем случае пользуемся

Формулой $\lambda_j = \max i[\{\lambda_i] + l(X_i, X_j)\}$

Так, для вершины X_2 определяем метку

$(\lambda_0 + l(X_0, X_2)), (\lambda_1+l(X_1, X_2)) = \max \{(0 + 5),(1 + 2)\}=5$ X_0

Аналогично

$\lambda_4=\max\{(\lambda_1 + l(X_1, X_4)), (\lambda_3 + l(X_3,X_4))\} = \max\{(1 +5),(7 + 3)\}=10$ X_3

$\lambda_5=\max\{(\lambda_0 + l(X_0, X_5)), (\lambda_4 + l(X_4,X_5))\} = \max\{(0 +3),(10 + 2)\}=12$ X_4

$\lambda_6=\max\{(\lambda_5 + l(X_5, X_6)), (\lambda_4 + l(X_4,X_6))\} = \max \{(12 + 3),(10 +4)\}=15$ X_5

$\lambda_7=\max\{(\lambda_6 + l(X_6, X_7)), (\lambda_4 + l(X_4,X_7))\} = \max \{(15 + 8),(10 +1)\}=7$ X_6

$\lambda_8=\max\{(\lambda_3 + l(X_3, X_8)), (\lambda_4 + l(X_4,X_8)), (\lambda_7 + l(X_7,X_8))\}= \max\{(7+4),(10+2),(23+3)\}=26$ X_7

Итак, критический путь μ получили с помощью отмеченных вершин:

$X_8, X_7, X_6, X_5, X_4, X_3\begin{cases} x_2x_0 \\ x_1x_0 \end{cases}$

Поскольку в вершину X_3 можем прийти как из вершины X_2, так и X_1, получим в данной задаче два критических пути (рис.3 и рис.4), записывая выделенные вершины в обратном порядке: μ={X_0,X_1,X_2,X_3X_4,X_5,X_6,X_7,X_8}

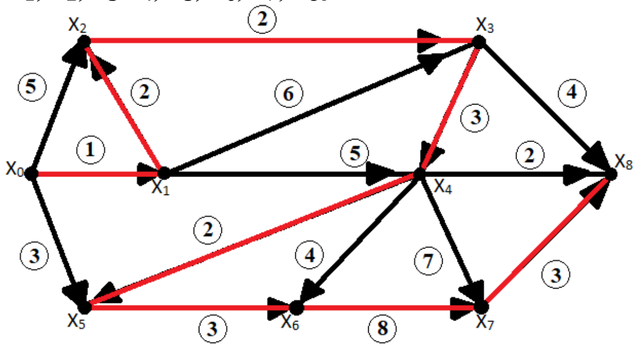

Рис.3 Критический путь μ={X_0,X_1,X_2,X_3X_4,X_5,X_6,X_7,X_8}

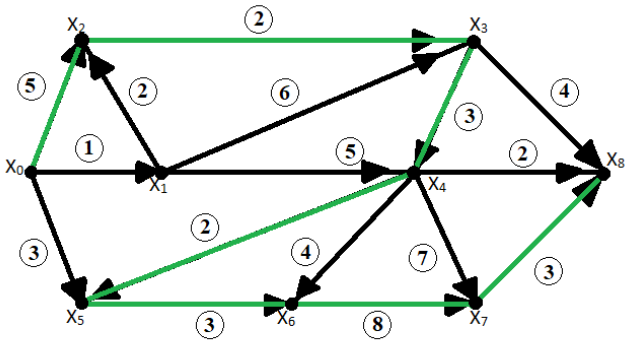

Рис.4. Критический путь μ={X_0,X_2,X_3X_4,X_5,X_6,X_7,X_8}

Заключение. Прорыв научно-технологического и социально-экономического развития страны не возможен без нового технологического поколения инженерных кадров, способных в кратчайшие сроки создавать технику и технологии мирового уровня. Будущие инженеры должны быть готовы к работе в условиях возрастающей сложности технологических процессов и оборудования, к стремительно растущим требованиям конкурентоспособной продукции. Использование теории и практики сетевого планирования и управления на занятиях по дискретной математике позволит повысить качество непосредственной подготовки студентов по инженерным направлениям. А это в свою очередь, будет содействовать их быстрой адаптации к профессиональной деятельности и достижению профессионализма в будущей трудовой деятельности. Первоначальные знания о методах сетевого планирования возможно давать студентам в рамках курса «Основы дискретной математики» при изучении ориентированных графов (сетей). В результате использования подобных заданий возможна пропедевтика изучения достаточно сложной теории сетевого планирования и управления, которая так необходима для важнейших задач экономической политики Российской Федерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бенгина, Т. А. Сетевое планирование и управление : учеб. пособие / Т. А. Бенгина. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. – 44 с. – URL: https://www.iprbookshop.ru/111773.html (дата обращения: 18.04.2022). – Текст : электронный.

2. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб. пособие / Е. С. Вентцель. – Москва : КНОРУС, 2010. − 5-е изд., стер. – 192 с. – Текст : непосредственный.

3. Гордиевских, В. М. Разработка и применение VR-приложений в процессе подготовки будущих инженеров программистов / В. М. Гордиевских, В. Н. Аскаров, М. В. Подкоморный. – Текст : электронный // Учёные записки Шадринского государственного педагогического университета : сетевой науч. журн. – 2024. – № 4 (6). – URL: https://uzshspu.ru/journal/article/view/235 (дата обращения: 30.01.2026).

4. Дюкина, В. Д. О составлении заданий для формирования исследовательских действий «анализ» и «аналогия» у учащихся при изучении математики / В. Д. Дюкина, И. Н. Семенова. – Текст : электронный // Учёные записки Шадринского государственного педагогического университета : сетевой науч. журн. – 2025. – № 3 (9). – URL: https://uzshspu.ru/journal/article/view/330 (дата обращения: 30.01.2026).

5. Исследование операций в экономике : учебник для акад. бакалавриата / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин, М. Н. Фридман ; под ред. Н. Ш. Кремера. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2018. – 438 с. – Текст : непосредственный.

6. Новиков, А. И. Экономико-математические методы и модели : учебник / А. И. Новиков. – Москва : Дашков и К°, 2020. – 532 с. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573375 (дата обращения: 18.04.2022). – Режим доступа: по подписке ЭБС «Университетская библиотека онлайн». – Текст : электронный.

7. Рахимов, А. А. Компьютерное и математическое моделирование как метод научного познания явлений, процессов, систем различной природы и образования / А. А. Рахимов. – Текст : непосредственный // Вестник ШГПУ. – 2024. – № 3 (63). – С. 163–169.

8. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций : учебник / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. – 7-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2019. – 398 с. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573373 (дата обращения: 18.04.2022). – Режим доступа: по подписке ЭБС «Университетская библиотека онлайн». – Текст : электронный.

9. Шкерина, Л. В. Профессионально-ориентированная учебная познавательная деятельность студентов в процессе математической подготовки в педвузе : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Л. В. Шкерина. – Москва, 2000. – 38 с. – Текст : непосредственный.

10. Яремко, Н. Н. Математическая подготовка программистов в формате смешанного обучения / Н. Н. Яремко, Н. Н. Авксентьева. – Текст : непосредственный // Преподаватель XXI век. – 2022. – № 4, ч. 1. – С. 106–115.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Т.А. Оболдина, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физико-математического и информационно-технологического образования, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Россия, e-mail: Tatiana.oboldina@yandex.ru.

М.А. Медведев, студент 2 курса ИТТиЕН, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Россия, e-mail: maks_0_5@list.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

T.A. Oboldina, Ph. D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor, the Department of Physics, Mathematics and Information Technology Education, Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russia, e-mail: Tatiana.oboldina@yandex.ru.

M.A. Medvedev, 2nd-year student, the Institute of Technology and Engineering Sciences, Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russia, e-mail: maks_0_5@list.ru.