

Экономическая информатика

УДК 330.4

DOI 10.25559/SITITO.2017.4.372

Власов Д.А., Синчуков А.В.

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва, Россия

ПОТЕНЦИАЛ WOLFRAM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПОСТРОЕНИИ И ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Аннотация

В центре внимания статьи дидактический, прикладной и исследовательский потенциалы технологий современной базы знаний и набора вычислительных алгоритмов Wolfram в построении и исследовании эконометрических моделей. Эконометрические модели и методы традиционно играют особую роль в прикладной математической подготовке студентов экономического бакалавриата в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова. В рамках данной статьи представлен опыт формирования содержания прикладной математической подготовки будущего бакалавра экономики и методические особенности применения информационных технологий в процессе эконометрического моделирования социально-экономических ситуаций и преподавания учебных дисциплин «Эконометрика (базовый уровень)» для студентов экономического бакалавриата и «Эконометрика (продвинутый уровень)» для студентов экономической магистратуры. Выделенные шестнадцать инструментов в полной мере позволяют акцентировать внимание на развитие инновационных компонентов профессиональной компетентности будущих бакалавров экономики.

Ключевые слова

WolframAlpha; эконометрика; эконометрическая модель; градиентный спуск; математическая подготовка; экономическая ситуация.

Vlasov D.A., Sinchukov A.V.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

POTENTIAL OF WOLFRAM TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND RESEARCH OF ECONOMETRIC MODELS

Abstract

In the center of attention of article didactic, applied and research potentials of technologies of the modern knowledge base and a set of computing algorithms Wolfram in creation and a research of econometric models. Econometric models and methods traditionally play a special role in applied mathematical training of students of an economic bachelor degree in Plekhanov Russian University of Economics. Within this article experience of forming of content of applied mathematical training of future bachelor of economy and methodical features of use of information technologies in the course of econometric modeling of social and economic situations and teaching subject matters of «The econometrician (basic level)» for students of an economic bachelor degree and «The econometrician (advanced level)» for students of an economic magistracy is provided. The allocated sixteen tools fully allow to focus attention to development of innovative components of professional competence of future bachelors of economy.

Keywords

WolframAlpha; econometrics; econometric model; gradient descent; mathematical preparation; economic situation.

Введение

В статье представлен передовой опыт применения информационных технологий в процессе эконометрического моделирования и преподавания учебных дисциплин «Эконометрика (базовый уровень)» для студентов экономического бакалавриата и «Эконометрика (продвинутый уровень)» для студентов экономической магистратуры. *Содержание образовательной области «Эконометрика»* [1, 2] традиционно играет особую роль в прикладной математической подготовке студентов экономического бакалавриата в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова. Ранее в работах авторов [3, 4] раскрыты прикладные возможности операторов *WolframAlpha* – *fit*, *linear fit*, *quartic fit*, *cubic fit*, *quadratic fit*, *exponential fit*, *periodic fit* по построению и исследованию эконометрических моделей разнообразных социально-экономических ситуаций, выделены особенности работы студентов по *применению количественных методов* [5] базового и продвинутого уровней анализа экономических проблем и ситуаций в современной базе знаний и наборе вычислительных алгоритмов *WolframAlpha*. Перспективным направлением совершенствования методов исследования экономических проблем и ситуаций является *комплексное применение теории игр* [6] и *эконометрики*. Представленные в данной статье результаты исследования и визуализации ситуаций обучения на размеченных данных позволяют оценить исследовательский потенциал современных информационных технологий *WolframAlpha*, а также их методический потенциал для модернизации прикладной математической подготовки бакалавра экономики.

Прикладной потенциал Wolfram-технологий в построении и исследовании эконометрических моделей

Термин «Эконометрика» предложен норвежским экономистом Рагнар Фришем (1895-1973), одним из основателей эконометрического общества, первым редактором журнала «*Econometrica*», лауреатом Нобелевской премии в области экономики (1969 г.). С целью уточнения значения эконометрических моделей и методов для решения современных проблем экономической науки и развития методической системы прикладной математической подготовки будущего бакалавра экономики приведем мнение Рагнара Фриша об эконометрическом

обществе – «Эконометрическое общество – это международное общество для развития экономической теории в ее отношении к статистике и математике. Его основной целью является содействие исследованиям, которые направлены на объединение теоретических, эмпирических и количественных подходов к экономическим проблемам ...» [7]. Определение, согласно которому в основе эконометрики лежит интеграция статистики, экономической теории и математики остается актуальным и в современных условиях *математизации и информатизации экономических исследований*.

В рамках прикладной математической подготовки будущего бакалавра экономики в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова мы рассматриваем эконометрику как унифицированное исследование экономических моделей, математическое описание статистики и экономических данных. Современные условия *актуализации рисков различной природы* [8, 9] и усложнения социально-экономических отношений требуют не только акцента на изучение механизмов разработки эконометрических инструментов и эконометрических методов, но и на прикладную эконометрику, описывающую механизмы построения и исследования количественных экономических моделей и применения эконометрических методов к этим моделям с использованием экономических данных. Отметим, что в методических особенностях преподавания эконометрики нашла отражение унифицирующая методология современной эконометрики, сформулированная норвежским экономистом Трюгве Хаавельмо (1911-1999), лауреатом Нобелевской премии в области экономики (1989 г.).

В процессе реализации прикладной математической подготовки будущего бакалавра экономики в экономическом университете нами разработана система типовых задач *учебной дисциплины «Эконометрика: базовый курс»* для системы экономического бакалавриата с учетом *современных достижений прикладной эконометрики* [10, 11, 12], направленной на более глубокое понимание природы социально-экономического взаимодействия. Каждой типовой задаче, носящей выраженную прикладную направленность (например, «Модель Ульяма Шарпа [13]», «Модель Джона Кейнса» и др.) были поставлены в соответствие система инструментов, реализуемых в современной базе знаний и наборе вычислительных алгоритмов *WolframAlpha*. Набор из шестнадцати инструментов,

внедренный в учебный процесс на факультете дистанционного обучения Российского экономического университета и представленный далее, в полной мере дает представление о прикладном потенциале *Wolfram*-технологий в контексте построения и исследования эконометрических моделей социально-экономических ситуаций.

Инструмент 1. «Построение корреляционного поля».

Инструмент 2. «Построение и диагностика трех моделей по выбору *WolframAlpha*».

Инструмент 3. «Построение и диагностика парной линейной регрессионной модели».

Инструмент 4. «Построение и диагностика парной квадратичной регрессионной модели».

Инструмент 5. «Построение и диагностика парной кубической регрессионной модели».

Инструмент 6. «Построение и диагностика парной полиномиальной регрессионной модели четвертой степени».

Инструмент 7. «Построение и диагностика парной экспоненциальной регрессионной модели».

Инструмент 8. «Построение и диагностика парной периодической регрессионной модели».

Инструмент 9. «Построение и диагностика множественной линейной регрессионной модели».

Инструмент 10. «Построение и диагностика множественной нелинейной регрессионной модели».

Инструмент 11. «Информационный критерий Акаике».

Инструмент 12. «Информационный критерий Байеса».

Инструмент 13. «Коэффициент детерминации».

Инструмент 14. «Приведенный коэффициент детерминации».

Инструмент 15. «Визуализация карты остатков».

Инструмент 16. «Визуализация результатов эконометрического моделирования».

Дидактический потенциал *Wolfram*-технологий в построении и исследовании эконометрических моделей.

Дидактический потенциал *Wolfram*-технологий в построении и исследовании эконометрических моделей различных экономических ситуаций позволяет в процессе освоения студентами экономического бакалавриата учебной дисциплины «Эконометрика» акцентировать внимание на *целенаправленном формировании и развитии ключевых и предметных компетенций*, следуя

которым, студент должен: *знать* типологию экономических моделей, последовательность этапов построения, анализа и применения экономических моделей, статистические методы, позволяющие оценивать коэффициенты экономических моделей, современные направления эконометрических исследований, а также методологию эконометрического моделирования экономических проблем и ситуаций; *уметь* реализовывать в практике исследования экономических проблем и ситуаций изученные методы эконометрического моделирования, применять современные инструментальные средства для реализации методов эконометрического моделирования, методологически правильно использовать эконометрические методы в профессиональной сфере, выбирать и обосновывать выбор эконометрической модели, соответствующей поставленным целям и задачам экономического исследования, верифицировать и интерпретировать полученные результаты эконометрического моделирования, а также грамотно оформлять результаты эконометрического исследования; *иметь навыки* построения и исследования эконометрических моделей, практического использования эконометрических моделей для анализа разнообразных экономических проблем и ситуаций, а также подготовки и принятия оптимальных научно-обоснованных решений в соответствии с полученными результатами эконометрического моделирования.

Исследовательский потенциал *Wolfram*-технологий в построении и исследовании эконометрических моделей.

Технологии *WolframAlpha*, реализуемые нами в процессе преподавания учебной дисциплины «Эконометрика (базовый уровень)» демонстрируют, как парная линейная экономическая модель может определять наилучшее соответствие теоретического результата (прямой регрессии) имеющимся экспериментальным данным (множество пар значений факторов). Реализация технологии *WolframAlpha* позволяет использовать в практике построения и исследования эконометрических моделей социально-экономических проблем и ситуаций *итеративно применять градиентный спуск*. Важно отметить, что в рассматриваемом случае регрессия работает путем минимизации функции ошибки, зависящей от количества точек и для минимизации функции ошибки не всегда возможно решение проблемы градиентного спуска. Технология *WolframAlpha* позволяет

исследовать особенности построения эконометрических моделей, настраивая количество итераций градиентного спуска, количество точек в наборе данных, количество точек для случайного генерирования и параметр скорости обучения.

«Обучение на размеченных данных» является это наиболее распространенным классом задач машинного обучения. К этой группе прикладных задач относятся задачи, в которых необходимо научиться предсказывать определённую величину для исследуемого объекта, основываясь на имеющихся данных (конечное число примеров). К подобным задачам приводят различные социально-экономические ситуации, такие как предсказание уровня удовлетворенности трудом, предсказание уровня проявления протестных явлений в обществе, определение возраста *Internet* – пользователя по его действиям в *Internet*, предсказание спроса и цены, определение ожидаемого дохода и др.

Прикладная математическая подготовка бакалавра экономики, реализуемая в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова направлена на уверенное овладение студентами навыками формулирования и моделирования исследования таких социально-экономических проблем и ситуаций. В центре *нового содержания*

прикладной математической подготовки будущего бакалавра экономики [14] элементы алгоритмов классификации и эконометрики: линейные регрессионные модели, нейронные сети и решающие деревья.

Проведя анализ современных достижений экономической кибернетики, мы приняли решение об особом методическом акценте на специальной технологии, позволяющей существенно повысить качество алгоритмов построения эконометрических моделей, используемой при решении прикладных задач эконометрического моделирования и прогнозирования.

В данной статье мы остановимся на исследовательских и прикладных возможностях *WolframAlpha* в процессе применения градиентного спуска для обучения линейной регрессионной модели. Внедренные в учебный процесс *Wolfram* - технологии позволяют студенту и преподавателю всесторонне анализировать относительно простую ситуацию, характеризующуюся одним признаком (линейная парная регрессия). Очевидно, что данная модель имеет два параметра (весовой коэффициент, сдвиг) и возникает проблема выбора функционала качества (ошибки) модели, настройки этих параметров и визуализации результата.

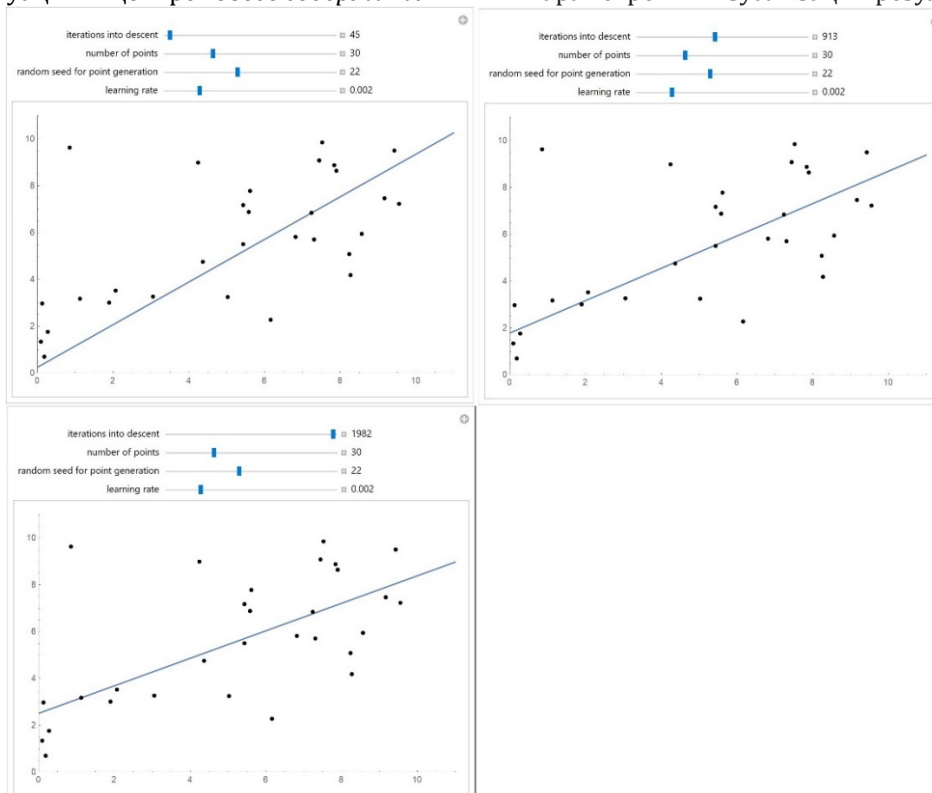


Рис. 1. Визуализация результатов построения эконометрических моделей при изменении параметра *A*

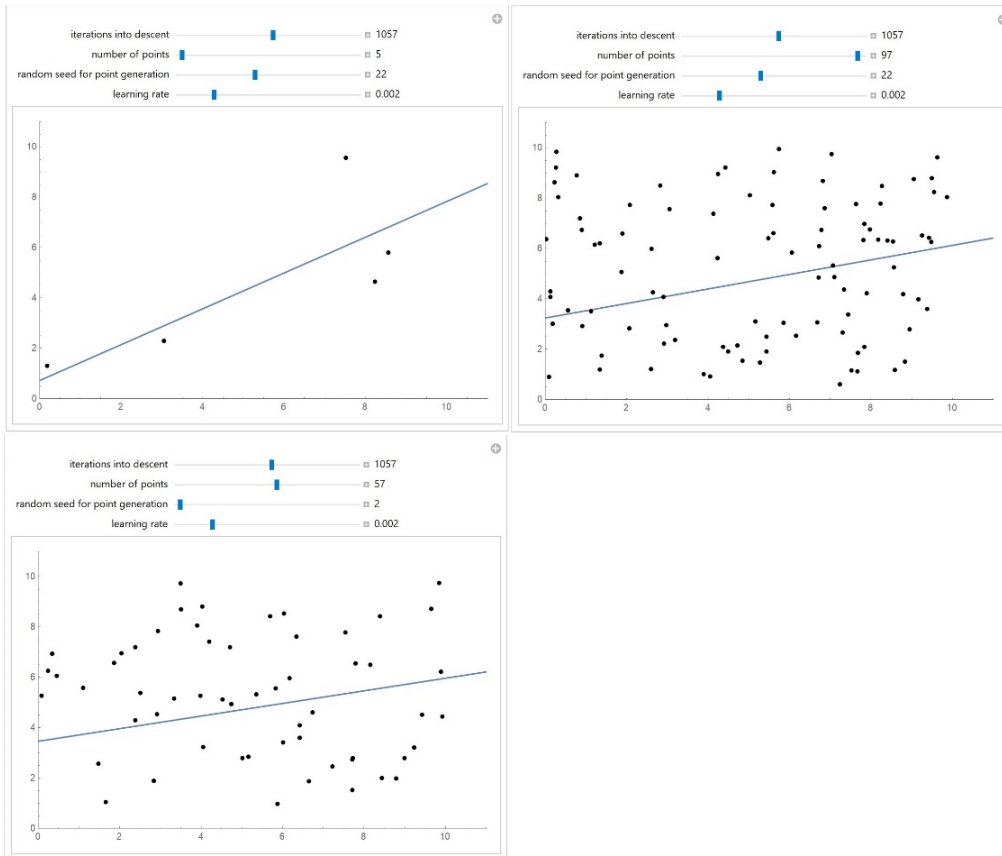


Рис. 2. Визуализация результатов построения эконометрических моделей при изменении параметров *B, C, D*

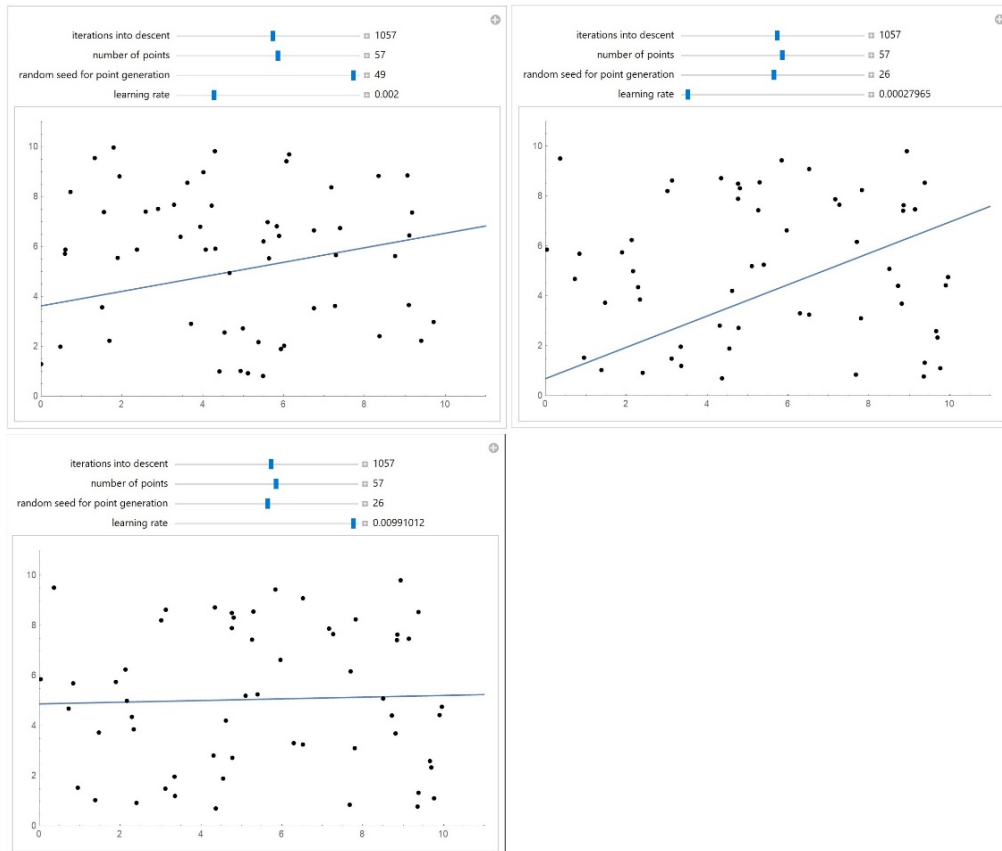


Рис. 3. Визуализация результатов построения эконометрических моделей при изменении параметров *C, D*

Реализация метода градиентного спуска требует коррекции вектора весов и далее до сходимости повторения градиентного шага. Другими словами, необходимо вычитание из имеющегося приближения вектора весов соответствующего градиента функционала ошибки. Констатировать сходимость можно в случае, если отсутствуют сильные изменения вектора весов в процессе перехода от одной итерации к последующей.

Конкретизируем, что практическая реализация построения и визуализации эконометрической модели в *Wolfram Demonstrations Project* предполагает работу с четырьмя параметрами **A, B, C и D**.

Параметр А. «*Iterations into descent*» - количество интеграций (параметр приближения).

Параметр В. «*Number of points*» - количество точек (параметр объема данных).

Параметр С. «*Random set for point generation*» - случайный набор для генерации данных (параметр объема случайных данных).

Параметр D. «*Learning rate*» - коэффициент скорости обучения (параметр скорости обучения).

Визуализация результатов построения эконометрических моделей при изменении параметров **A, B, C и D** представлена на рис. 1-3.

Заключение

Математические компьютерные среды *WolframAlpha, Wolfram Mathematica, Wolfram Demonstrations Project* имеют широкий спектр использования в управленческой, экономической, финансовой, а также проектной и педагогической деятельности [15]. Опыт практического использования компьютерной математической среды *WolframAlpha* позволяет её охарактеризовать высоким стандартом в области современных компьютерных систем.

База знаний и набор вычислительных алгоритмов *WolframAlpha* предоставляет исследователю уникальные возможности для практической реализации разнообразных аналитических и приближенных вычислений, набор инструментов, позволяющих анализировать и обрабатывать социально-экономические данные, а также

визуализировать социально-экономические ситуации, создавая особые графические интерфейсы.

Богатый потенциал технологий WolframAlpha в области экономической информатики обусловлен возможностью реализации интерактивного взаимодействия пользователя с системами знаний во всевозможных областях, включая, области «Экономические науки», «Социальные науки».

Благодаря сочетанию различных парадигм: процедурной, функциональной, построенной на специальных правилах (шаблонах) среду *Mathematica* можно охарактеризовать как достаточно гибкий и мощный язык программирования, интегрированную универсальную платформу. Её важной особенностью является включение в инструментарий специализированных функций (возможностей) по большому числу научных направлений, от микроэкономики до теории чисел и методов оптимизации.

Отличительная особенность, связанная с простым и естественным взаимодействием математических компьютерных среды *WolframAlpha, Wolfram Mathematica, Wolfram Demonstrations* с другими программными продуктами, среди которых отметим такие, как *MS Excel, R, C++, LaTeX*, также возможность импортировать и экспортировать файлы различных форматов, повышают исследовательский и прикладной потенциал *Wolfram*-технологий.

Выделенные инструменты, возможности и составляющие базы знаний и набора вычислительных алгоритмов *WolframAlpha*, проекты визуализации компании *Wolfram* существенно упрощают создание электронных интерактивных образовательных ресурсов.

Использование возможностей WolframAlpha, Wolfram Mathematica, Wolfram Demonstrations Project повысить качество эконометрических исследований, позволяют по-новому реализовывать идеи контекстного обучения, приблизить учебную деятельность студента экономического бакалавриата к будущей профессиональной деятельности.

Литература

1. Тихомиров Н. П., Дорохина Е. Ю. Эконометрика. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 510 с.
2. Тихомиров Н. П., Тихомирова Т. М., Урмаев О. С. Методы эконометрики и многомерного статистического анализа. – М.: «Издательство «Экономика». – 2011. – 647 с.
3. Власов Д. А., Синчуков А. В. Технологии WolframAlpha в преподавании учебной дисциплины «Эконометрика: базовый уровень» для студентов экономического бакалавриата // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2016. – № 4. – С. 37-47.
4. Власов Д. А., Синчуков А. В. Интеграция информационных и педагогических технологий в системе математической подготовки бакалавра экономики // Современная математика и концепции инновационного математического образования. – 2016. – Т. 3. – № 1. – С. 208-212.
5. Власов Д. А., Синчуков А. В. Новые технологии WolframAlpha при изучении количественных методов студентами

- бакалавриата // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2013. – № 4. – С. 43-53.
6. Власов Д. А., Синчуков А. В. Теория игр в системе прикладной математической подготовки бакалавра экономики // Ярославский педагогический вестник. – 2017. – № 3. – С. 112-116.
 7. Frisch, Ragnar Editorial // *Econometrica*, 1933 – № 1, p. 1-4.
 8. Тихомиров Н. П., Тихомирова Т. М. Риск-анализ в экономике. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2010. – 318 с.
 9. Kiseleva I. A., Tsetsgee B., Simonovich N.E. Risk management in the conditions of the economic crisis. – Ulaanbaatar, Linograph, 2017. – 153 с.
 10. Нехаев С. А., Ушмаев О. С., Тихомирова Т. М., Павлов В. А., Суртаев В. Н. Эконометрические модели зависимости затрат при освоении нефтяных месторождений от геолого-технологических факторов // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2011. – № 2. – С. 87-96.
 11. Тихомирова Т. М. Эконометрические модели оценки уровня безработицы в регионах РФ в ресурсноориентированной экономике // Экономика природопользования. – 2014. – № 3. – С. 4-25.
 12. Тихомиров Н. П., Тихомирова Т. М., Хамитов Э. М. Имитационные методы оценки эффективности участия во взаимном страховании // Экономика природопользования. – 2016. – № 6. – С. 4-17.
 13. Шарп Уильям Ф., Гордок Дж. Александер, Джеффри В.Бэйли Инвестиции. – М.: ИНФА-М, 2016. – 1027 с.
 14. Власов Д. А. Новое содержание прикладной математической подготовки бакалавра // Преподаватель XXI век. – 2013. – Т. 1. – № 1. – С. 71-79.
 15. Асланов Р. М., Муханова А. А., Муханов С. А. Проектирование интерактивных образовательных ресурсов на основе технологий Wolfram CDF // Преподаватель XXI век. – 2016. – Т. 1. – № 1. – С. 96-103.

References

1. Tihomirov N. P., Dorohina E. Yu. *Ekonometrika*. – М.: Izdatelstvo «Ekzamen», 2003. – 510 s.
2. Tihomirov N. P., Tihomirova T. M., Ushmaev O. S. *Metody ekonometriki i mnogomernogo statisticheskogo analiza*. – М.: «Izdatelstvo «Экономика». – 2011. – 647 s.
3. Vlasov D. A., Sinchukov A. V. *Tehnologii WolframAlpha v prepodavanii uchebnoy distsipliny «Ekonometrika: bazovyyi uroven» dlya studentov ekonomicheskogo bakalavriata* // *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhbyi narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya*. – 2016. – # 4. – S. 37-47.
4. Vlasov D. A., Sinchukov A. V. *Integratsiya informatsionnykh i pedagogicheskikh tehnologiy v sisteme matematicheskoy podgotovki bakalavra ekonomiki* // *Sovremennaya matematika i kontseptsii innovatsionnogo matematicheskogo obrazovaniya*. – 2016. – Т. 3. – # 1. – S. 208-212.
5. Vlasov D. A., Sinchukov A. V. *Novyye tehnologii WolframAlpha pri izuchenii kolichestvennykh metodov studentami bakalavriata* // *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhbyi narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya*. – 2013. – # 4. – S. 43-53.
6. Vlasov D. A., Sinchukov A. V. *Teoriya igr v sisteme prikladnoy matematicheskoy podgotovki bakalavra ekonomiki* // *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik*. – 2017. – # 3. – S. 112-116.
7. Frisch, Ragnar Editorial // *Econometrica*, 1933 – # 1, p. 1-4.
8. Tihomirov N. P., Tihomirova T. M. *Risk-analiz v ekonomike*. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2010. – 318 s.
9. Kiseleva I. A., Tsetsgee B., Simonovich N.E. *Risk management in the conditions of the economic crisis*. – Ulaanbaatar, Linograph, 2017. – 153 s.
10. Nehaev S. A., Ushmaev O. S., Tihomirova T. M., Pavlov V. A., Surtaev V. N. *Ekonometricheskie modeli zavisimosti zatrat pri osvoenii neftyanykh mestorozhdeniy ot geologo-tehnologicheskikh faktorov* // *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plehanova*. – 2011. – # 2. – S. 87-96.
11. Tihomirova T. M. *Ekonometricheskie modeli otsenki urovnya bezrabotitsyi v regionah RF v resursnoorientirovannoy ekonomike* // *Ekonomika prirodopolzovaniya*. – 2014. – # 3. – S. 4-25.
12. Tihomirov N. P., Tihomirova T. M., Hamitov E. M. *Imitatsionnyye metody otsenki effektivnosti uchastiya vo vzaimnom strahovanii* // *Ekonomika prirodopolzovaniya*. – 2016. – # 6. – S. 4-17.
13. Sharp Uilyam F., Gordok Dzh. Aleksander, Dzheffri V. Beyli *Investitsii*. – М.: ИНФА-М, 2016. – 1027 s.
14. Vlasov D. A. *Novoe sodержanie prikladnoy matematicheskoy podgotovki bakalavra* // *Prepodavatel XXI vek*. – 2013. – Т. 1. – # 1. – S. 71-79.
15. Aslanov R. M., Muhanova A. A., Muhanov S. A. *Proektirovanie interaktivnykh obrazovatelnykh resursov na osnove tehnologiy Wolfram CDF* // *Prepodavatel XXI vek*. – 2016. – Т. 1. – # 1. – S. 96-103.

Поступила: 06.09.2017

Об авторах:

Власов Дмитрий Анатольевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры математических методов в экономике, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, DAV495@gmail.com

Синчуков Александр Валерьевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, AVSinchukov@gmail.com

Note on the authors:

Vlasov Dmitry A., candidate of pedagogical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economic, DAV495@gmail.com

Sinchukov Alexander V., candidate of pedagogical sciences, associate professor, associate professor of the department of higher mathematics, Plekhanov Russian University of Economic, AVSinchukov@gmail.com