

УДК 378.147.51)004
ББК 4448.027.8+В1р+3973р

ГСНТИ 14.01.11; 14.15.01

Код ВАК 13.00.08

Бодряков Владимир Юрьевич,

доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики, Уральский государственный педагогический университет; 620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 9; e-mail: Vodryakov_VYu@el.ru.

Быков Антон Александрович,

преподаватель, Екатеринбургский автомобильно-дорожный колледж; 620062, г. Екатеринбург, ул. Ленина, 91; e-mail: bykov_antony@mail.ru.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА» ОСНОВАМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Большие Данные (Big Data); интеллектуальная обработка статистических данных (Data Mining); прикладная математика и информатика; профессиональные компетенции.

АННОТАЦИЯ: Глобальное и быстрое развитие современных политических и экономических процессов, высоких технологий, научных и промышленных исследований порождает и требует хранения, переработки и представления в приемлемом для человека виде больших и сверхбольших объемов информации (проблема Больших Данных). С проблемой Больших Данных тесно связаны логистические проблемы по интеллектуальной организации оптимального и безопасного перемещения больших масс людей, товаров, ресурсов, информации. Понятие Больших Данных подразумевает работу с информацией огромного объема и разнообразного состава в целях повышения эффективности работы, создания новых продуктов и повышения конкурентоспособности. Все острее встает проблема поиска необходимой информации, ее обработки, анализа и интерпретации в контексте решаемых пользователем задач. При этом на рынке труда наблюдается острый устойчивый дефицит профессионалов, способных к интеллектуальному анализу данных практически во всех отраслях. В контексте сказанного в статье обсуждается проблематика Больших Данных и различных подходов к их интеллектуальной обработке. Рассмотрены возможности обучения в условиях ИМИИТ УрГПУ студентов направления «01.03.02 – Прикладная математика и информатика» основам работы с Большими Данными. Обобщаются накопленный опыт и итоги этой работы.

Bodryakov Vladimir Yur'evich,

Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor, Head of Department of Higher Mathematics, Institute of Mathematics, Informatics and Information Technologies, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

Bykov Anton Aleksandrovich,

Maths Teacher, Ekaterinburg Automobile Road College, Ekaterinburg, Russia.

METHODICAL APPROACHES TO TEACHING STUDENTS IN "APPLIED MATHEMATICS AND INFORMATICS" TO INTELLECTUAL PROCESSING BIG DATA

KEYWORD: Big Data; intelligent processing of statistical data (Data Mining); Applied Mathematics and Informatics; professional competences.

ABSTRACT. Global and rapid development of modern political and economic processes, high-tech, scientific and industrial researches generate and require the storage, processing and presentation of a large and even enormous amounts of data (Big Data problem). The problem of Big Data are closely related to logistical problems of intellectual organization of optimal and secure movement of large amounts of people, goods, resources and information. The concept of Big Data means working with a huge amount of information and diverse composition in order to improve efficiency, create new products and improve competitiveness. The problem of finding necessary information, its processing, analysis and interpretation in the context of the problems solved by the user is topical nowadays. At the same time the labor market is experiencing shortage of professionals who are able to Data Mining in all sectors. In this context, the article discusses the problems of Big Data and describes different approaches to their intellectual processing. We consider IMI&IT USPU teaching opportunities of “03.01.02 – Applied Mathematics and Informatics” students the basics of working with big data. We generalize the experience and the results of this work.

Бурное, часто глобальное, развитие современных политических и экономических процессов, высоких технологий, массовых научных и промышленных исследований порождает и требует осмысленного хранения, оперативной переработки и представления в приемлемом для человека виде больших и все чаще сверхбольших объемов информации. Мировой

объем оцифрованной информации растет по экспоненте. По данным компании IBS (Москва), к 2003 г. мир накопил 5 экзбайтов данных (1 ЭБ = 1 млрд гигабайтов). К 2008 г. этот объем вырос до 0,18 зеттабайта (1 ЗБ = 1024 экзбайта), к 2011 г. – до 1,76 зеттабайта, к 2013 г. – до 4,4 зеттабайта. В мае 2015 г. глобальное количество данных превысило 6,5 зеттабайта. К 2020 г., по про-

гнозам, человечество сформирует 40–44 зеттабайтов информации. Источниками огромных объемов первичных данных являются социальные сети, электронная почта, телекоммуникационные и телеметрические данные, в том числе информация с камер видеонаблюдения, данные метеонаблюдений, данные научных и промышленных исследований, экономическая информация, демография, медицина и др. За последнее время проблема Больших Данных (Big Data) оказалась в фокусе многих крупных компаний, большинство из которых инвестирует средства для проведения исследования проблем, связанных с Большими Данными. В связи с проблемой Больших Данных часто используют также термин Data Mining (собственно, интеллектуальный анализ Больших Данных). С проблемой Больших Данных тесно связаны логистические проблемы по интеллектуальной организации оптимального и безопасного перемещения больших масс людей, товаров, ресурсов, информации и т.п. (см., например, [12; 13; 14; 17; 20; 23–26] и др.).

Полезная информация, извлекаемая из Больших Данных, жизненно необходима для прогнозирования климата, развития экономики на макро- и микроуровне, построения логистических схем и др. Анализ Больших Данных позволяет увидеть скрытые закономерности, незаметные ограниченному человеческому восприятию, и дает беспрецедентные возможности оптимизации всех сфер нашей жизни: госуправления, производства, медицины, телекоммуникаций, финансов, транспорта, и др. Еще недавно «облачные технологии» казались панацеей при необходимости обработки больших объемов первичной информации и при ограниченности «местных» вычислительных ресурсов: данные передавались в «облако», где быстро обрабатывались, задействуя всю мощь «облачных» ресурсов, а готовые результаты обработки возвращались ожидающему потребителю для принятия решений на основе анализа. Выяснилось, однако, что принципиально узким местом здесь является устойчивость и пропускная способность каналов информации: начиная с некоторых объемов первичных данных ждать «облачного» отклика приходится слишком долго, а возвращаемый результат анализа данных перестает быть актуальным и пригодным для принятия решений на его основе. Как ответ на вызов времени, в Российской Федерации принято государственное решение о развитии так называемых «туманных технологий» [16], приближающих обработку массовых данных к их источнику.

Особенностью Data Mining является сочетание широкого спектра математических

инструментов (от классического статистического анализа до новых кибернетических методов, включая теорию искусственного интеллекта) и последних достижений в сфере ИКТ. В технологии Data Mining гармонично объединились строго формализованные методы и методы неформального анализа (качественный анализ данных).

Основные математические методы Data Mining:

- дескриптивный анализ и описание исходных данных;
- анализ связей (корреляционный/регрессионный анализ, факторный анализ, дисперсионный анализ);
- многомерный статистический анализ (компонентный анализ, дискриминантный анализ, многомерный регрессионный анализ, и др.);
- анализ временных рядов (динамические модели и прогнозирование);
- искусственные нейронные сети (распознавание, кластеризация, прогноз);
- эволюционное программирование (в том числе алгоритмы метода группового учета аргументов); генетические алгоритмы (оптимизация);
- ассоциативная память (поиск аналогов, прототипов); нечеткая логика;
- деревья решений; системы обработки экспертных знаний, и др.

Однако Big Data предполагают нечто большее, чем просто анализ огромных объемов информации. Проблема не столько в том, что организации создают огромные объемы данных, сколько в том, что большая их часть представлена в формате, плохо соответствующем структурированному формату традиционных баз данных, – часто это разрозненные журналы, видеозаписи, текстовые документы, машинный код, геопространственные данные и т.п. Все это содержится во множестве разнообразных хранилищ. В результате корпорации могут иметь доступ к огромному объему своих данных и не иметь необходимых инструментов, чтобы установить взаимосвязи между этими данными и сделать на их основе значимые и полезные выводы. Добавив возможность постоянного обновления данных, получим ситуацию, где традиционные методы анализа информации не могут угнаться за огромными объемами динамических данных. Таким образом, понятие Больших Данных подразумевает работу с информацией огромного объема и разнообразного состава, часто обновляемой и находящейся в разных источниках, в целях повышения эффективности работы, создания новых продуктов и повышения конкурентоспособности.

Согласно исследованию [20] компании Xplenty (Тель-Авив, Израиль), специали-

рующей на интеграции данных, треть специалистов по бизнес-аналитике тратит от 50% до 90% своего времени на очистку сырых данных и подготовку их к загрузке в платформу обработки данных компании. Проблема очистки (предварительной или первичной обработки) данных означает также, что некоторые из технических специалистов, пользующихся сегодня наибольшим спросом, тратят значительную долю своего времени на рутинную работу по сортировке и организации наборов данных, прежде чем они будут подвергнуты анализу. Это плохо масштабируется и серьезно ограничивает потенциал Больших Данных. По мере сбора и сохранения все большего и большего объема данных трудности только усугубляются.

Специфика современных условий анализа Больших Данных такова:

- данные имеют, по сути, неограниченный объем;
- данные являются разнородными (количественными, качественными, текстовыми) и разрозненными;
- результаты анализа должны быть конкретны, понятны и полезны;
- инструменты для обработки первичных данных должны быть просты в использовании и доступны в освоении.

По-видимому, проблему анализа массовых статистических данных можно интерпретировать как проблему инженерии данных, подразумевая ее быструю глобализацию и необходимость разработки инженерных подходов и методов для ее решения, в частности, массовую подготовку «инженеров данных». Вероятно, в будущем будут созданы эффективные «инженерные» программное обеспечение (ПО) и алгоритмы для очистки, сортировки и категоризации данных. В настоящее же время три ведущие корпорации мира в области автоматизации и написания алгоритмов Microsoft, IBM и Amazon делают ставку на использование людей для маркировки данных, с чем в настоящее время не может справиться ПО.

Как отмечают исследователи, на рынке труда наблюдается острый устойчивый дефицит профессионалов, способных к интеллектуальному анализу данных практически во всех отраслях. Так, в работе [23] директор по глобальному маркетингу компании Traveler (Лондон, Великобритания) Доминик Граунселл поднимает проблему того, что сегодня маркетинг нуждается в людях с техническим складом ума. По мнению Граунселла, маркетингу нужны люди, способные справиться с огромным потоком данных, произвести комплексный анализ и понять техническую природу каналов информации. Для восполнения дефицита специалистов-аналитиков уже разрабатываются

специальные учебные курсы, как зарубежные, так и отечественные [12; 24–26]. В частности, отмечено, что «темп жизни общества, экономики, а также всех видов социальной деятельности в настоящее время чрезвычайно ускорился и продолжает ускоряться, обществом востребованы специалисты, способные принимать решения быстро, опираясь на свой опыт и уже известные знания прошлого [12]. Проблема быстрого принятия оптимального решения наталкивается на существенное препятствие – отсутствие специальной подготовки основной массы специалистов высшего профессионального образования к поиску и обработке огромных массивов уже имеющейся информации».

Сказанное исчерпывающе свидетельствует в пользу актуальности подготовки профессионалов в области поиска, обработки, анализа и интерпретации информации. Для того чтобы эта работа была результативной и эффективной, специалист указанного профиля должен не только свободно владеть современными средствами ПОАиИД (поиска, обработки, анализа и интерпретации данных), но и быть способен в достаточной степени понять предметную сторону данных для анализа. Не бывает данных «вообще», данные всегда предметны и специфичны для порождающего их источника.

Представляется, что одним из наиболее оптимальных для этой работы является высшее образование на стыке математики и информатики и ИКТ, такое как направление подготовки «01.03.02 – Прикладная математика и информатика» [19], реализуемое в ИМИИТ УрГПУ (см. также [8; 11]). В качестве вида профессиональной деятельности выбрана научно-исследовательская деятельность; с учетом специфики педагогического вуза, – аналитическая работа, подразумевающая формирование профессиональных компетенций в области анализа данных, в том числе Больших Данных. Согласно виду профессиональной деятельности и в соответствии с требованиями профильного ФГОС ВО [19], выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен быть готов решать профессиональные задачи, непосредственно связанные с анализом данных, в частности:

- изучение новых научных результатов, научной литературы или научно-исследовательских проектов в соответствии с профилем объекта профессиональной деятельности;
- изучение информационных систем методами математического прогнозирования и системного анализа;
- изучение больших систем современными методами высокопроизводительных вычислений, применение современных суперкомпьютеров в проводимых исследованиях;

- исследование и разработка математических моделей, алгоритмов, методов, программного обеспечения, инструментальных средств по тематике проводимых научно-исследовательских проектов;

- составление научных обзоров, рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований; подготовка научных публикаций и др.

Выпускник должен *знать* источники необходимой информации, способы ее поиска, обработки, анализа и интерпретации; *уметь* осуществить поиск, обработку, анализ и интерпретацию данных, оформлять и представлять потребителю результаты своих исследований; *владеть* содержательной спецификой источника данных, включая язык их представления, формальными и неформальными инструментами интеллектуальной обработки данных, включая специализированное ПО.

Между тем, при подготовке профессиональных специалистов такого профиля в условиях ИМИИТ УрГПУ, как, по-видимому, и в других вузах, не имеющих полноценного финансирования и ресурсного обеспечения, возникают труднопреодолимые проблемы принципиального характера:

- *Проблема первичных данных.* Те реальные данные, которые представляются действительно интересными, как правило, являются данными ограниченного доступа по соображениям безопасности, коммерческой тайны, конфиденциальности персональных данных и проч. Для учебных целей такие данные практически недоступны. Между тем, в силу специфики учебного процесса в вузе, актуальные данные должны быть в наличии, доступны к освоению студентом и могущие быть основой для подготовки курсовых работ и ВКР.

- *Технические проблемы.* Для сбора, хранения, передачи, обработки Больших Данных необходима определенная инфраструктура. Большие Данные предполагают очень большие хранилища данных, которые могут вместить в себя сотни терабайт; для передачи данных требуются сверхскоростные технологии; для обработки требуются мощные вычислительные комплексы. Для приобретения и поддержания таких систем необходимы достаточное целевое финансирование и ресурсы.

- *Проблема педагогических кадров.* Для эффективного обучения студентов навыкам интеллектуального анализа, включая разработку соответствующего программного обеспечения, необходим высокий уровень подготовленности преподавателей, которые должны вести собственные актуальные исследования по данной тематике.

- *Проблема учащихся.* Исследователи

проблем высшей школы отмечают, что в целом уровень подготовки абитуриентов не высок и продолжает снижаться, тогда как для освоения технологий интеллектуального анализа данных у студентов, безусловно, должен быть высокий уровень подготовленности, прежде всего, по математике, информатике и ИКТ. Необходим высокий уровень мотивации учащихся для эффективного (само)обучения и готовности к освоению новых предметных областей.

- *Проблема работодателя.* Хотя специалисты, способные к профессиональной аналитической работе с данными, включая Большие Данные, остродефицитны, работодатели не готовы вкладывать ресурсы в их целевую подготовку в вузе и желали бы получить уже готовых профессионалов с опытом работы.

Возникает коллизия: при всей актуальности (особенно для промышленно, технологически и информационно насыщенного Уральского региона) подготовки специалистов («инженеров данных») высокого уровня, способных осуществлять интеллектуальный анализ данных, практических возможностей и устоявшихся методик для их эффективной подготовки мало. В этой связи представляется актуальным описание наработываемого и переосмысливаемого педагогического опыта такой работы. *Целью* настоящей статьи является обсуждение методических подходов к формированию профессиональных компетенций студентов-бакалавров ИМИИТ УрГПУ, обучающихся по направлению «01.03.02 – Прикладная математика и информатика», в области интеллектуального анализа данных и представление опыта практического осуществления этой педагогической деятельности в существующих реалиях. *Гипотезой* исследования является соображение о том, что в результате систематического безальтернативного настойчивого педагогического побуждения студентов к освоению новых для себя предметных областей в области поиска, обработки, анализа и интерпретации данных, удастся продвинуться в формировании специалистов-прикладников для работы в этой трудной, но интересной, области.

Студенты ИМИИТ УрГПУ, обучающиеся по направлению подготовки «01.03.02 – Прикладная математика и информатика», получают необходимые сведения и опыт практической деятельности в области ПОАиИД в рамках НИРС и двухсеместрового учебного курса «Анализ данных маркетинговых исследований» (АДМИ) [8; 11]. Название курса выбрано допускающим широкие возможности конкретного наполнения, с учетом исследовательских предпочтений лектора и студентов. Если глубину

личного участия в НИРС студенты, в известной степени, могут определять самостоятельно, то учебный курс АДМИ обязателен и безальтернативен и обязан для каждого студента завершиться подготовкой публикации. Таким образом, происходит взаимодополнение и смыкание процессов формирования профессиональных компетенций бакалавров в области ПОАиИД и в научно-исследовательской области. Под персонифицированным руководством опытного преподавателя-исследователя (тьютора) студенты, обычно разбившись на парные бригады, самостоятельно осуществляют поиск первичных статистических данных в соответствии с целями и задачами конкретного исследования. Как правило, основным «полем» поиска является сеть Интернет и представленные в ней поисковые и справочные системы (Google, Google Scholar, Wikipedia и др.). Численная обработка данных и визуализация результатов осуществляется с помощью подходящих процедур MS Excel; подготовка отчетов – MS Word.

К сожалению, двухлетний опыт практической работы подтвердил пессимистичные оценки относительно фактической недоступности для учебного процесса первичных статистических данных, представляющих реальный практический интерес. Так, у структуры, ответственной за проведение ЕГЭ в Свердловской области, не удалось официально получить первичные данные по результатам ЕГЭ-2015 по профильной математике (под предлогом защиты персональной информации о выпускниках школ). Впоследствии с подготовкой одной ВКР возникли серьезные трудности.

Поэтому, с учетом научных интересов кафедры, в качестве «носителя» ПОАиИД были выбраны данные по теплоемкости и коэффициенту теплового расширения твердых тел (КТР). С одной стороны, эти свойства отражают важные потребительские свойства тел и (в числе прочих свойств) представляют конкретный маркетинговый и прикладной интерес. Так, КТР является главным потребительским свойством коваров (прецизионных железо-никелевых сплавов). С другой стороны, получение информации по этим свойствам вполне доступно при надлежащем рдении студентов.

На примере твердого свинца (См. рис. 1) кратко опишем процедуру ПОАиИД в контексте подходящих математических методов Data Mining. Выбор металла в качестве модельного объекта данного исследования обусловлен его распространенностью, широким практическим применением и, в целом, достаточной изученностью. Для эффективного поиска необходимой первичной

информации студентам пришлось предварительно актуализировать теоретические знания по термодинамическим свойствам твердых тел, полученные при изучении курса физики, а также тщательно проработать ранее опубликованные работы по теме ([3–7; 9; 10; 21; 22] и др.).

Дескриптивный (разведочный) анализ и описание исходных данных. Данные по теплоемкости $C(T)$ (рис. 1(а)) хорошо согласуются во всей области твердого состояния свинца. А данные по коэффициенту объемного теплового расширения (КОТР) свинца $\alpha(T)$ (рис. 1(б)) хорошо согласуются друг с другом лишь при низких температурах. При более высоких температурах, однако, данные разных первоисточников плохо согласуются друг с другом, свидетельствуя о недостаточной изученности теплового расширения Pb. Разведочный анализ помогает «отсортировать» первичные статистические данные для дальнейшего анализа, позволяет уточнить гипотезу исследования, уточняет особенности применения различных математических методов для обработки данных. В данном случае, схожее температурное поведение зависимостей $C(T)$ и $\alpha(T)$ позволяет предположить наличие выраженной парной корреляции между ними. Для построения трендов $C(T)$ и $\alpha(T)$ (сплошные линии на рис. 1 (а), (б)) были найдены средние значения теплоемкости и КОТР Pb в заранее определенных табличных температурных точках. Затем тренды сглаживались и сглаженные значения $C(T)$ и $\alpha(T)$ представляли табличные рекомендованные значения свойств во всей области твердого состояния Pb вплоть до точки плавления $T_m = 600,65$ К. Получение таблицы свойств $C(T)$ и $\alpha(T)$ – конкретный полезный для многих инженерных приложений результат этого этапа исследования.

Анализ связей (корреляционный/регрессионный анализ) углубляет исследование. Корреляционная зависимость $\alpha(C)$, где трендовые значения теплоемкости и КОТР Pb взяты в соответствующих температурных точках, представлена на рис. 1 (в). В согласии с ранее проведенными исследованиями [3–7; 9; 10; 21; 22] корреляционная зависимость $\alpha(C)$ имеет характерный «би-линейный» вид, распадаясь на два гладко сопряженных линейных участка. Квадрат коэффициента линейной корреляции ниже классического предела по теплоемкости $3R$ Дюлонга и Пти ($R = 8,31441$ Дж К⁻¹ моль⁻¹) весьма близок к единице. Выше предела Дюлонга и Пти корреляционная связь $\alpha(C)$ также близка к линейной. Описанное поведение убедительно иллюстрирует дифференциальный параметр Грюнейзена, $\gamma' = \varepsilon \cdot (\partial\alpha/\partial C)$ (рис. 1 (г)).

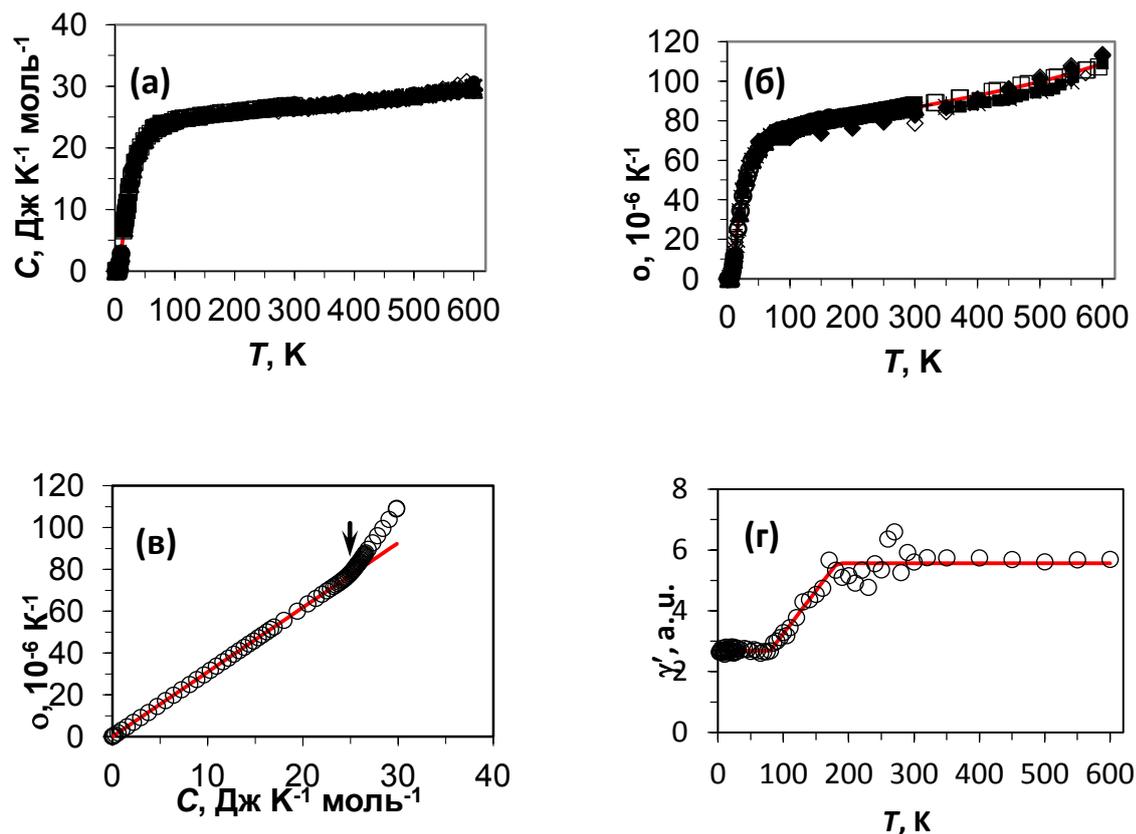


Рис. 1

(а) Молярная теплоемкость $C(T)$ свинца в твердом состоянии. Символы – первичные данные разных авторов. Сплошная линия – тренд; (б) то же, что (а) для объемного коэффициента теплового расширения $\alpha(T)$; (в) корреляционная зависимость $\alpha(C)$ для свинца. Сплошная линия – прямая линейной регрессии; стрелка маркирует классический предел $3R$ Дюлонга и Пти; (г) дифференциальный параметр Грюнейзена $\gamma' = \varepsilon \cdot (\partial\alpha/\partial C)$ (ε – энергетический нормировочный множитель)

Установление сильной парной корреляционной связи $\alpha(C)$ для свинца, вкупе с ранее установленными результатами для множества других твердых тел, позволяет выдвинуть гипотезу о том, что наблюдаемое на примере Рb корреляционное поведение $\alpha(C)$ характерно для весьма многих, если не всех, твердых тел. Систематическая работа по удостоверению справедливости этой гипотезы открывает практически неограниченные перспективы для дальнейшего продолжения исследований, в том числе, и в рамках учебного процесса в условиях ИМИИТ. Помимо научного интереса факт корреляции $\alpha(C)$ имеет и вполне конкретную практическую значимость, которую трудно переоценить. Действительно, при установленном факте корреляции можно количественно точно восстановить недостающие значения одного из свойств, если по другому имеются надежные данные.

В результате такой работы за последние два года с участием студентов – прикладников ИМИИТ были опубликованы статьи [1; 2; 11; 15; 18]; несколько работ в настоящее

время находятся в рецензировании и несколько готовятся к печати. В контексте данной тематики на кафедре высшей математики прошли стажировку коллеги из других образовательных учреждений Екатеринбургa с опубликованием совместных работ [2; 7–10]. Для участия в конкурсе научно-исследовательских работ «Научный Олимп» по направлению «Технические науки» представлен проект на тему «Прикладная оценка фундаментальных теплофизических свойств оксидных керамик в твердом состоянии: BeO, SrO, BaO». Авторы – студентки 3 к. ИМИИТ И. Р. Баймурзина, В. В. Ходарченко Подготовлено и защищено более 10-ти курсовых работ с аналогичными исследованиями; защищены первые ВКР. В планах подготовка проектов на различные конкурсы грантов с участием студентов. Несомненно, есть все основания для дальнейшего продолжения работы – несмотря на научную и методическую сложность поставленных задач, удастся, благодаря предложенным подходам, научить студентов эти задачи успешно решать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баймурина И. Р., Ходарченко В. В., Бодряков В. Ю. Информационно-коммуникационные технологии в формировании и развитии исследовательских компетенций студентов, обучающихся по направлению «01.03.02 – Прикладная математика и информатика» : межвузовский сборник научных работ «Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий». Екатеринбург : Изд-во УрГПУ, 2016. С. 6–13.
2. Башкатов А. Н., Бодряков В. Ю., Ушакова Л. Р. Формирование устойчивых самообразовательных и исследовательских компетенций у студентов вуза как «спусковой» механизм готовности выпускников к обучению в течение всей жизни : материалы МНПК «Обучение в течение всей жизни: «Life Long Learning: дополнительное образование как фактор личностного и профессионального развития»». Екатеринбург : УрФУ, 9–10 апреля 2015 г., Сборник трудов конференции. Вып. 8. Екатеринбург : ООО «ИПП» Макс-Инфо, 2015. С. 33–42.
3. Бодряков В. Ю. Корреляция температурных зависимостей теплового расширения и теплоемкости вплоть до точки плавления тантала // ТВТ. 2016. Т. 54. № 3. С. 336–342.
4. Бодряков В. Ю. О корреляции температурных зависимостей теплового расширения и теплоемкости вплоть до точки плавления тугоплавкого металла: Вольфрам // ТВТ. 2015. Т. 53. № 5. С. 676–682.
5. Бодряков В. Ю. О корреляции температурных зависимостей теплового расширения и теплоемкости вплоть до точки плавления тугоплавкого металла: Молибден // ТВТ. 2014. Т. 52. № 6. С. 863–869.
6. Бодряков В. Ю., Бабинцев Ю. Н. Совместный анализ теплоемкости и теплового расширения твердой ртути // ФТТ. 2015. Т. 57. № 6. С. 1240–1244.
7. Бодряков В. Ю., Быков А. А. Корреляционные характеристики температурного коэффициента объемного расширения и теплоемкости корунда // Стекло и Керамика. 2015. № 2. С. 30–33.
8. Бодряков В. Ю., Быков А. А. Научно-исследовательская работа и научно-исследовательская работа студентов как инструменты формирования профессиональных компетенций студентов и академической репутации вуза // Педагогическое образование в России. 2014. № 8. С. 154–158.
9. Бодряков В. Ю., Быков А. А. Особенность корреляционной зависимости температурного коэффициента объемного расширения металлического алюминия от его теплоемкости // Металлы. 2016. № 3. С. 61–66.
10. Бодряков В. Ю., Карпова Е. В. Применение корреляционного анализа для взаимосогласованной оценки коэффициента теплового расширения и теплоемкости огнеупорной керамики: MgO // Огнеупоры и Техническая Керамика. 2015. № 10. С. 18–21.
11. Бодряков В. Ю., Ушакова Л. Р. Практический опыт формирования исследовательских компетенций студентов, обучающихся по направлению «01.03.02 – Прикладная математика и информатика» // Педагогическое образование в России. 2015. № 7. С. 172–181.
12. Галашев В. А. Системы поиска и обработки информации : учебно-методическое пособие. Ижевск : Изд-во Удм. гос. ун-та, 2011. 149 с.
13. Исаев Е. А., Корнилов В. В. Проблема обработки и хранения больших объемов научных данных и подходы к ее решению // Математическая биология и биоинформатика. 2013. Т. 8. № 1. С. 49–65.
14. Коровин А. С., Скирневский И. П. Система динамической визуализации больших массивов данных сложных физических экспериментов // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 5. С. 373–378.
15. Крутакова Т. А., Бодряков В. Ю. Оценка математической готовности студентов педагогического вуза к формированию основ инженерного мышления : материалы Всероссийской НПК «Формирование инженерного мышления в процессе обучения» (Апрель, 2016). Екатеринбург : Изд-во УрГПУ, 2016. С. 78–83.
16. Президент РФ поручил начать развитие в России «туманных вычислений» / Regnum. Информационное агентство. URL: <https://regnum.ru/news/economy/2151919> (дата обращения 01.07.2016).
17. Селезнев К. Проблемы анализа Больших Данных // Открытые системы. 2012. № 7. URL: <http://www.osp.ru/os/2012/07/13017638/> (дата обращения 01.07.2016).
18. Ушакова Л. Р., Бодряков В. Ю. ИКТ как эффективный инструмент формирования и развития профессионально значимых компетенций студентов-прикладников в области поиска, анализа и интерпретации статистической информации : межвузовский сборник научных работ «Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий». Екатеринбург : Изд-во УрГПУ, 2016. С. 110–116.
19. ФГОС ВО по направлению подготовки «01.03.02 – Прикладная математика и информатика» (квалификация (степень) бакалавр). Утв. Приказом МОН РФ от 20.05.2015 № 538.
20. Хайнер Д. Самая большая проблема больших данных – их слишком трудно загружать // PC Week/RE №7 (906), URL: <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=184747> (дата обращения 19.04.2016).
21. Bodryakov V. Yu. Elastic Moduli and Related Thermodynamic Properties of Cryocrystalline Argon // Open Sci. J. Mod. Phys. 2015. V. 2. N. 6. P. 111–121.
22. Bodryakov V. Yu. Specific Heat and Thermal Expansion of Refractory Nonmetal: CaO // Open Sci. J. Mod. Phys. 2015. V. 2. N. 4. P. 50–54.
23. Grounsell D. Why the marketing industry is failing to attract the best and brightest talent // Campaign US. May 10, 2016. URL: <http://www.campaignlive.com/article/why-marketing-industry-failnig-attract-best-brightes-talent-1394304> (дата обращения 19.04.2016).
24. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd Edition. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. 763 p.
25. MacKay D. J. C. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2003. 628 p.
26. Peng R. D. and Matsui E. The Art of Data Science. A Guide for Anyone Who Works with Data. Skybrude Consulting, LLC, 2015. 162 p. URL: <https://leanpub.com/artofdatascience> (дата обращения 19.04.2016).

L I T E R A T U R A

1. Baymurzina I. R., Khodarchenko V. V., Bodryakov V. Yu. Informatsionno-kommunikatsionnye tekhnologii v formirovani i razviti issledovatel'skikh kompetentsiy studentov, obuchayushchikhsya po napravleniyu «01.03.02 – Prikladnaya matematika i informatika» : mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh rabot «Aktual'nye voprosy prepodavaniya matematiki, informatiki i informatsionnykh tekhnologiy». Ekaterinburg : Izd-vo UrGPU, 2016. S. 6–13.
2. Bashkatov A. N., Bodryakov V. Yu., Ushakova L. R. Formirovanie ustoychivyykh samoobrazovatel'nykh i issledovatel'skikh kompetentsiy u studentov vuza kak «spuskovoy» mekhanizm gotovnosti vypusnikov k obucheniyu v techenie vsey zhizni : materialy MNPК «Obuchenie v techenie vsey zhizni: «Life Long Learning: dopolnitel'noe obrazovanie kak faktor lichnostnogo i professional'nogo razvitiya». Ekaterinburg : UrFU, 9–10 aprelya 2015 g., Sbornik trudov konferentsii. Vyp. 8. Ekaterinburg : OOO «IPP» Maks-Info, 2015. S. 33–42.
3. Bodryakov V. Yu. Korrelyatsiya temperaturnykh zavisimostey teplovogo rasshireniya i teploemkosti vplot' do tochki plavlениya tantala // TVT. 2016. T. 54. № 3. S. 336–342.
4. Bodryakov V. Yu. O korrelyatsii temperaturnykh zavisimostey teplovogo rasshireniya i teploemkosti vplot' do tochki plavlениya tugoplavkogo metalla: Vol'fram // TVT. 2015. T. 53. № 5. S. 676–682.
5. Bodryakov V. Yu. O korrelyatsii temperaturnykh zavisimostey teplovogo rasshireniya i teploemkosti vplot' do tochki plavlениya tugoplavkogo metalla: Molibden // TVT. 2014. T. 52. № 6. S. 863–869.
6. Bodryakov V. Yu., Babintsev Yu. N. Sovmestnyy analiz teploemkosti i teplovogo rasshireniya tverдой rtuti // FTT. 2015. T. 57. № 6. S. 1240–1244.
7. Bodryakov V. Yu., Bykov A. A. Korrelyatsionnye kharakteristiki temperaturnogo koeffitsienta ob"emnoгo rasshireniya i teploemkosti korunda // Steklo i Keramika. 2015. № 2. S. 30–33.
8. Bodryakov V. Yu., Bykov A. A. Nauchno-issledovatel'skaya rabota i nauchno-issledovatel'skaya rabota studentov kak instrumenty formirovaniya professional'nykh kompetentsiy studentov i akademicheskoy reputatsii vuza // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2014. № 8. S. 154–158.
9. Bodryakov V. Yu., Bykov A. A. Osobennost' korrelyatsionnoy zavisimosti temperaturnogo koeffitsienta ob"emnoгo rasshireniya metallicheskogo alyuminiya ot ego teploemkosti // Me-tally. 2016. № 3. S. 61–66.
10. Bodryakov V. Yu., Karpova E. V. Primenenie korrelyatsionnogo analiza dlya vzaimosoglasovannoy otsenki koeffitsienta teplovogo rasshireniya i teploemkosti ogneupornoy keramiki: MgO // Ogneupory i Tekhnicheskaya Keramika. 2015. № 10. S. 18–21.
11. Bodryakov V. Yu., Ushakova L. R. Prakticheskiy opyt formirovaniya issledovatel'skikh kompetentsiy studentov, obuchayushchikhsya po napravleniyu «01.03.02 – Prikladnaya matematika i informatika» // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2015. № 7. S. 172–181.
12. Galashev V. A. Sistemy poiska i obrabotki informatsii : uchebno-metodicheskoe posobie. Izhevsk : Izd-vo Udm. gos. un-ta, 2011. 149 s.
13. Isaev E. A., Kornilov V. V. Problema obrabotki i khraneniya bol'shikh ob"emov nauchnykh dannykh i podkhody k ee resheniyu // Matematicheskaya biologiya i bioinformatika. 2013. T. 8. № 1. S. 49–65.
14. Korovin A. S., Skirnevskiy I. P. Sistema dinamicheskoy vizualizatsii bol'shikh massivov dannykh slozhnykh fizicheskikh eksperimentov // Informatsionnye tekhnologii. 2016. T. 22. № 5. S. 373–378.
15. Krutakova T. A., Bodryakov V. Yu. Otsenka matematicheskoy gotovnosti studentov pedagogicheskogo vuza k formirovaniyu osnov inzhenernogo myshleniya : materialy Vserossiyskoy NPK «Formirovanie inzhenernogo myshleniya v protsesse obucheniya» (Aprel', 2016). Ekaterinburg : Izd-vo UrGPU, 2016. S. 78–83.
16. Prezident RF poruchil nachat' razvitie v Rossii «tumannykh vychisleniy» / Regnum. Informatsionnoe agentstvo. URL: <https://regnum.ru/news/economy/2151919> (data obrashcheniya 01.07.2016).
17. Seleznev K. Problemy analiza Bol'shikh Dannykh // Otkrytye sistemy. 2012. № 7. URL: <http://www.osp.ru/os/2012/07/13017638/> (data obrashcheniya 01.07.2016).
18. Ushakova L. R., Bodryakov V. Yu. IKT kak effektivnyy instrument formirovaniya i razvitiya professional'no znachimyykh kompetentsiy studentov-prikladnikov v oblasti poiska, analiza i interpretatsii statisticheskoy informatsii : mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh rabot «Aktual'nye voprosy prepodavaniya matematiki, informatiki i informatsionnykh tekhnologiy». Ekaterinburg : Izd-vo UrGPU, 2016. S. 110–116.
19. FGOS VO po napravleniyu podgotovki «01.03.02 – Prikladnaya matematika i informatika» (kvalifikatsiya (stepen') bakalavr). Utv. Prikazom MON RF ot 20.05.2015 № 538.
20. Khayner D. Samaya bol'shaya problema bol'shikh dannykh – ikh slishkom trudno zagruzhat' // PC Week/RE №7 (906), URL: <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=184747> (data obrashcheniya 19.04.2016).
21. Bodryakov V. Yu. Elastic Moduli and Related Thermodynamic Properties of Cryocrystalline Argon // Open Sci. J. Mod. Phys. 2015. V. 2. N. 6. P. 111–121.
22. Bodryakov V. Yu. Specific Heat and Thermal Expansion of Refractory Nonmetal: CaO // Open Sci. J. Mod. Phys. 2015. V. 2. N. 4. P. 50–54.
23. Grounse D. Why the marketing industry is failing to attract the best and brightest talent // Campaign US. May 10, 2016. URL: <http://www.campaignlive.com/article/why-marketing-industry-failnig-attract-best-brightes-talent-1394304> (data obrashcheniya 19.04.2016).
24. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd Edition. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. 763 p.
25. MacKay D. J. C. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2003. 628 p.
26. Peng R. D. and Matsui E. The Art of Data Science. A Guide for Anyone Who Works with Data. Skybrude Consulting, LLC, 2015. 162 p. URL: <https://leanpub.com/artofdatascience> (data obrashche-niya 19.04.2016).