

## **Математическое мышление и его потребность в современном мире**

Алферьев Д.А. – к.э.н., ВолНЦ РАН, Вологда; СПбПУ, Санкт-Петербург

*Математическая наука является фундаментом развития научного знания. Потребность в ее понимании и применении еще больше обострилась с распространением интернета и улучшением возможностей вычислительных устройств. Это событие нашло отражение в появлении так называемых вычислительных методов, работа с которыми требует серьезной математической подготовки. В данной статье обозначены потенциальные пути дальнейшего развития компьютерной техники; отмечены философские аспекты, с которыми сталкиваются специалисты, занимающиеся моделированием сложных процессов и явлений; выделены проблемы осознания имеющейся системы математических идей, особенно применительно к представителям гуманитарных специальностей.*

### **Введение**

Математика из игрушки, посредством которой в стародавние времена можно было меряться интеллектуальным превосходством (в XVI в. математики устраивали специфические дуэли по решению уравнений [13, 7:00-8:00]), превратилась в инструмент, который нужен человеку как вода рыбе. Особенно это стало заметно при всеобъемлющей и всеобщей цифровизации общества. С данной точкой зрения в частности согласен д.ф.м.н. *Ильин В.П.*, о чем он пишет в своей статье «Математическое моделирование и философия науки» [6, С. 58].

На самом деле влияние математики на повседневную общественную жизнь, пожалуй, присутствовало всегда, просто сейчас оно особенно обострилось из-за распространения компьютеров, которыми можно моделировать и управлять сложными процессами и явлениями. Но без серьезных познаний в математике это осуществлять довольно

проблематично. По сути, чем более математизированным становится какое-либо научное направление, тем больше реально практических и прикладных результатов мы можем в нем получить, о чем, к примеру, в своей статье «Волшебный мир математики обрел "земное лицо"» [7] в довольно интересной манере рассказывает д.филос.н. *Казарян В.П.*

В этой связи целью данной статьи является попытка показать в каком направлении и дальше будут развиваться прикладные математические исследования гуманитарной сферы; с чем сталкиваются современные специалисты, занимающиеся вопросами моделирования и управления сложных систем; а также какие основные барьеры на текущий момент присутствуют в подобного рода работах.

### **Основная часть**

При оптимальном управлении сложными процессами и явлениями человек предпринимает попытки переложить их на математический язык или иными словами смоделировать. С развитием вычислительных компьютерных мощностей особую значимость в этом направлении приобрели так называемые **вычислительные методы**, которые в самом начале своего появления подвергались серьезной критике со стороны научного сообщества и считались не имеющими серьезных перспектив в своем дальнейшем развитии [6, С. 59].

Это связано с тем, что они объясняют не суть интересующего нас процесса, а только находят некий результат, который случится по мере его протекания в заданных условиях. При этом, как показала практика, данные методы делают это довольно успешно и точно, в связи с чем точка зрения относительно их прикладного потенциала была пересмотрена, и теперь они применяются повсеместно.

О **положительных возможностях** вычислительных методов в частности говорит в одной из своих видео-заметок [3] к.ф.-м.н. *Бояришинов Б.С.* В еще одной видеозаписи [2] он также доступно и понятно

рассказывает об эвристической природе (мы не до конца понимаем, как они работают) подобных алгоритмов и приводит успешный пример их применения в космической отрасли, где был смоделирован образ стойкой микросхемы (т.е. мы можем определить насколько стабильно она будет работать, но не совсем понимаем от чего это зависит).

Об эвристическом характере вычислительных методов также упоминается в одной из статей [27, С. 52] вологодского д.филос.н. *Ястреб Н.А.* При этом она также явно указывает на то, что подобные методы часто не подходят для осознания сути вещей, но в рамках решения прикладных задач могут быть использованы довольно успешно в том числе и в аспекте социально-экономической действительности.

В этой связи довольно интересной является статья «Перспективы вычислительного подхода в социальных науках. Дискуссия» [18], где разными авторами довольно широко и подробно освещаются плюсы и минусы современного вычислительного подхода (особенно распространенных ныне нейросетей). Не вдаваясь в ее подробности, можно отметить, что вычислительные методы нашли широкий отклик в рамках социально-экономических и прочих гуманитарных науках и прочно укоренились как один из методов управления и организации человеческой деятельности.

Большие и объемные вычисления также могут использоваться и при однозначных установленных закономерностях в некоторой мере заменяя натурный эксперимент. Хорошим примером [6, С. 59] в этой связи является проведение испытаний ядерного оружия посредством компьютерной эмуляции, которые в реальных условиях наносили бы серьезный, непоправимый ущерб окружающей среде.

Еще одним примером подобного подхода может выступить учебный авиасимулятор, на котором будущие летчики отрабатывают навыки пилотирования летательным аппаратом. В подобном ключе проблемой

выступает **нехватка вычислительных мощностей**, которые необходимы для более быстрых и точных расчетов.

Направлением научной деятельности в этом ключе служат:

### **1. Параллельные вычисления**

В рамках этого различные стадии и этапы вычислительного алгоритма по возможности пытаются распределить на имеющиеся вычислительные технические устройства, т.е. алгоритм на некоторых из своих шагов протекает не последовательно, а параллельно, после чего объединяется для вывода итоговой расчетной оценки. Данное направление в задачах ускорения вычислительных процессов появилось одним из самых первых и часто фигурирует в работах, связанных с классическими суперкомпьютерами, сложными системами и кибернетикой. Крупной работой по этой теме является книга ак. д.ф-м.н. *Воеводина В.В.* и д.ф-м.н. *Воеводина Вл.В.*, которая так и называется «Параллельные вычисления» [4].

Работа [14, С. 511-517] ак. д.ф-м.н. *Макарова В.Л.*, чл.-к. д.э.н. *Бахтизина А.Р.*, к.э.н. *Сушко Е.Д.* и *Сушко Г.Б.*, связанная с агентным моделированием, также описывает реализацию параллельных вычислений, которые были использованы авторами для ускорения вычислений в созданных и апробируемых ими моделях. Реализация параллельных вычислений на суперкомпьютерах не является какой-то новой тематикой для российской науки, о чем свидетельствует недавнее заседание *Президиума РАН* от 16.02.21, где выступил ак. д.ф-м.н. *Четверушкин Б.Н.* с докладом «О перспективах развития в России высокопроизводительных вычислений и предсказательного моделирования в современных технологиях» [26], подготовленным совместно с чл.-к. д.ф-м.н. *Якововским М.В.*

После данного сообщения последовало большое обсуждение на тему «Опасное отставание в суперкомпьютерных технологиях необходимо преодолеть», где приняли участие президент *РАН Сергеев А.М.*, а также различные академики и члены-корреспонденты. Подробнее с их дискуссией

можно ознакомиться в статье [19] *Попова С.С.*, подготовленной им для «Вестника РАН».

## 2. Квантовые вычисления

В соответствии с наблюдением отмеченным американским инженером и предпринимателем (состояние оценивается несколькими млрд. \$) *Гордоном Муром*, который еще также принято называть «Законом Мура», количество транзисторов, размещаемых на единице площади микросхемы, увеличивается в 2 раза примерно каждые 2 года. Это связано с тем, что их размер уменьшается и в настоящий момент практически приблизился к величине атома, в связи с чем подобные технические устройства не могут быть описаны теорией классической механики [31, 00:00-1:00].

Научная область знаний, которая занимается изучением объектов микромира, называется квантовой физикой. Ее идеи описываются на языке математики и тот математический инструментарий, который там разработан, в настоящий момент имеет название **квантовых вычислений**. В прикладном аспекте эти разработки идут по трем основным направлениям: *развитие связи* (шифрование информации), *ускорение вычислений* (квантовые технические устройства в самом своем основании имеют параллельные вычисления) и более *точное моделирование* объектов макромира (учет правил микромира, которые оказывают непосредственное влияние на итоговый конечный результат).

Более подробно обо всех вышеперечисленных направлениях можно познакомиться в крупной статье [8] коллектива авторов под руководством ак. д.ф.-м.н. *Сигова А.С.* Еще один аналогичный, чуть более свежий, но менее развернутый обзор квантовых вычислений дал в своем интервью [10] руководитель *Центра квантовых технологий МГУ им. М.В. Ломоносова* д.ф.-м.н. *Кулик С.П.* сотруднику журнала «Эксперт» *Константинову А.* По этой теме в 2020 г. мной также был сделан доклад на одной научной

петербургской конференции, с тезисами которого читатель может ознакомиться по представленной ссылке [1].

Большое количество работ, посвященных квантовым вычислениям в экономике принадлежит перу д.э.н. *Козыреву А.Н.* О необходимости освоения данного математического аппарата современными экономистами в частности говорится в одной из его статей «Цифровизация, математические методы и системный кризис экономической науки» [9], где вкратце рассказывается о примитивности и несостоятельности большинства классических экономико-математических моделей, в связи с чем одним из решений выявленной проблемы выдвигается использование инструментария квантовой физики.

### 3. Нейроморфные компьютеры

Еще одним направлением развития вычислительных возможностей технических устройств может быть реализация их архитектуры на манер организации нейронных сетей живых организмов. Подобные системы удивительным образом рационализированы (условно оптимизированы), что позволяет решать им численные задачи за меньшее количество процедур и, следовательно, задействовать меньшее количество энергии. Так со слов *Ларионова Д.*, являющегося нач. отд. ИИ компании *Росатома «Цифрум»*, устройство мозга позволяет реализовать эффективное принятие решения приблизительно за 6 операций [20, 11:00-15:00].

Подобные устройства носят название **нейроморфных**. С их современными идеями можно ознакомиться в интервью [20] упомянутого выше *Ларионова Д.* Большое количество работ, посвященных нейроморфным устройствам и компьютерам, принадлежит советскому и российскому д.т.н. *Галушкину А.И.* Под его редакцией выпускалась серия книг «Нейрокомпьютеры и их применение», где одним из первых произведений была его же монография, которая так и называлась «Нейрокомпьютеры» [5].

Из интересных достижений в этом направлении следует отметить китайский нейроморфный чип «Тяньцзинь» [32], который позволяет на

небольшом портативном устройстве реализовать ансамбль нейронных сетей, который в свою очередь решил такую инженерную задачу как автономное управление велосипедом. Также на российском научно-техническом конгрессе «Направления национального научно-технологического прорыва 2030», прошедшем 16 декабря 2021 г. вице-президентом АО «Лаборатория Касперского» и дир. деп. перспективных технологий *Духваловым А.П.* был представлен нейроморфный отечественный процессор «АЛТАЙ», энергопотребление которого на 2 порядка ниже, чем у *GPU* [21, 2:55:00-2:56:00].

На мой взгляд принципы нейроморфизма применимы также и для эффективного управления социально-экономическими объектами. В небольшой книжке вологодских ученых за авторством *Семенова Б.В.* и чл.-к. д.с.-х.н. *Дороговцева А.П.* «Глобальные и локальные сети в отраслевых информационных системах (методические вопросы)» [22] рассмотрено функционирование межотраслевого взаимодействия через описание некой архитектуры сетей, которую оно образует, с авторскими вариантами и предложениями ее технико-экономической оценки. Переложив эти наработки на теорию искусственных нейронных сетей можно получить математическую модель межотраслевого управления. Реализация подобных идей изложена в книге нескольких авторов «Нейроуправление и его приложения» [23], написанной под руководством японского ученого *Сигеру Омату* и в книге коллектива авторов под руководством *Терехова В.А.* «Нейросетевые системы управления» [24].

В настоящий момент **вычислительные возможности суперкомпьютеров** достигают петафлопсных мощностей (ПФлопс –  $10^{15}$  операций с плавающей запятой в секунду) [6, С. 58, 60; 26, С. 1108-1109]. Из последних актуальных прогнозов – к 2023 г. прогнозируемая пиковая производительность суперкомпьютеров обозначена в 1 эксафлопс ( $10^{18}$  операций) [26, С. 1109], что в значительно большей мере позволит

использовать облачные технологии и реализовывать так называемые умные технологии причем в масштабах целых городов.

Использование математики постоянно переключается с понятием **абсолютной** и **относительной истинности**, где для принятия управленческого решения нам необходимо добиться определенного приемлемого для нас уровня точности моделируемого объекта. В соответствии с видением *Ильина В.П.* он складывается из трех составляющих [6, С. 61]:

- **Ошибка предметной области.** То насколько точно и правильно были сделаны эмпирические наблюдения;
- **Ошибка математической модели.** Количество факторов, учтенных в искомой расчетной оценке;
- **Ошибка вычислений.** Зависимость от выбранного условного метода аппроксимации и особенностей заложенной в программу машинной арифметики.

Приемлемый уровень точности модели важная практическая задача, сопряженная с материальными затратами необходимыми для их реализации. И в случае их избыточности их придется покрывать за счет упущенных возможностей от других проектов, о чем со слов *Ильина В.П.*, к примеру, говорил [6, С. 61] ак. и адмирал российского флота *Крылов А.Н.* С его рассуждениями и мыслями по этому поводу можно подробнее ознакомиться в 3-ем томе 1-ой части собственных собраний научных трудов [11].

Содержание и обеспечение суперкомпьютера само по себе удовольствие крайне энергозатратное, и для реализации машины экзафлопсной мощности со слов *Ильина В.П.* потребует порядка 100 МВт электроэнергии, что сопоставимо с энергопотреблением небольшого завода [6, С. 64; 19, С. 1124]. Относительно этого ак. д.ф-м.н. *Лукоянов Н.Ю.* в обсуждении научного сообщения «Об отставании в суперкомпьютерных технологиях РФ» дал комментарий, что коммерциализировать подобную технологию в настоящий момент не удастся, но разработка подобных



компьютеров жизненно необходима так как они позволяют быть на передовой научно-технического прогресса [19, С. 1121] с чем я, в принципе, согласен.

Решением подобной проблемы может быть, как раз разработка более эффективных алгоритмов, например, базирующихся на каких-либо принципах **нейроморфизма**, с чем в частности согласен [19, С. 1117-1118] ак. д.ф-м.н. *Бетелин В.А.* В этом аспекте по мнению ак. *Четверушкина Б.Н.* и чл.-к. *Якобовского М.В.* РФ имеет серьезное конкурентное преимущество на международной арене, соответственно, обладая сильными математическими школами [26, С. 1113].

Несмотря на нехватку вычислительных мощностей при их гипотетической достаточности стоит отметить один момент, который уже косвенно проговаривался. Различные прикладные задачи могут быть решены посредством разных вычислительных алгоритмов, при этом результат у них получится практически одинаковый. Об этом в частности упоминается в книге [16, С. 50-51] одного из работников *Google* – *Орельена Жерона*.

В этом аспекте он ссылается на статью [30] *Мишель Банко* и *Эрика Брилла*, а также еще одну публикацию [28] под руководством *Алона Халеви*, где подчеркивается важность качества данных, а не того посредством чего они будут обрабатываться. Соответственно техническая чистота цифровой информации также может значительно снизить затрачиваемые ресурсы по их исследованию.

Еще один аспект, который сопряжен с современным математическим мышлением и явно проявил себя в начале XXI в., связан с большим объемом и разнообразием накопленных человечеством математических знаний. С их обширностью и неохватностью можно ознакомиться в визуально наглядной карте математики [29], созданной канадским *PhD* по физике *Домиником Уоллиманом*. Еще одно свежее представление существующих математических разделов представлено в видео [17] от к.ф-м.н. *Павликова А.Н.* в виде иерархической древовидной структуры.

Немаловажную роль здесь также играет и появление компьютеров, которые дали возможность реализовывать масштабные алгоритмы, сложность которых не позволяет в полной мере осознать то, как они работают. В общих чертах об этом говорится в одной из статей [12, С. 126] белорусского к.филос.н. *Михайловой Н.В.*, где она указывает на то, что из-за громоздкости современных доказательств стала утрачиваться способность их **обозримости** (возможность представить функционирование отдельных элементов объекта в их общем взаимодействии между собой).

Довольно емко и точно по этому поводу также высказался советский и российский математик д.ф-м.н. *Успенский В.А.* написав: «Современная математика имеет сложное строение, постепенно становящееся необозримым. Доказательства некоторых теорем оказываются столь громоздкими, что проверка их требует чрезвычайно большого желания, терпения и времени. О владении специальными знаниями нечего и говорить: не только придумывание, но и проверка доказательств ряда теорем доступна лишь узкому кругу посвященных» [25, pdf-С. 287].

Из современников в этом аспекте также высказался *Духвалов А.П.*, отметив, что нынешние информационные технологии являются суперсложными. Их функционирование напоминает поведение живого организма (киберфизическое поведение), которые в свою очередь также взаимодействуют между собой. Также реализация автоматизированных систем обусловила проблему непонимания управлением их процессами даже специалистами из соответствующих предметных областей [21, 2:32:00-2:36:00].

Несмотря на то, что совокупность математических знаний усложнилась, и стало труднее осознавать все их составляющее в целостном единстве, данная наука будет и дальше становиться все более тяжеловесной. При современном моделировании каких-либо процессов и явлений специалисты не просто проделывают ряд механических работ, но

непосредственно сталкиваются с философскими началами моделируемого объекта:

- **Многомерность.** Решение многих задач происходит в реалиях *гиперпространства*, идеи которого плохо воспринимаются в рамках существующего материального мира;
- **Природа случая.** Работа с объектами как с неподдающимися полному и точному описанию или попытка их перевода в какую-либо контролируемую функциональную зависимость;
- **Фрактальная сложность.** Бесконечное усложнение объекта при более детальном и скрупулезном его рассмотрении и, соответственно, принятие решения на уровне точности, на котором его целесообразно изучать в рамках решаемой задачи;
- **Сущность интеллекта и сознания.** Попытки осознания того приближаются ли сложные компьютерные программы к подобию сознания человека или же искусно имитируют его интеллектуальную деятельность.

Помимо уменьшения возможности обзримости математических дисциплин даже для специалистов из точных наук, проблема прикладной применимости математики выглядит еще более плачевной для профессий гуманитарного характера к коим, например, относятся экономисты и социологи. *Козырев В.П.* в своей выше упомянутой статье [9, С. 6] выделяет порядка 7 проблемных аспектов в этом направлении, которые я бы свел до 3:

- **Отсутствие данных.** Точнее они есть, но являются конфиденциальными или достоянием каких-либо коммерческих структур, не особо заинтересованных в академических исследованиях;
- **Слабая математическая подготовка.** Специалисты гуманитарного профиля плохо разбираются в математике, оттого неверно трактуют различные результаты, полученные ими посредством каких-либо

информационно-аналитических компьютерных приложений, и более того не желают ее осваивать;

- **Ангажированность результатов.** Некоторые научные выводы прорабатываются не для поиска истины, а для лоббирования интересов заказчика исследования.

### **Заключение.**

В заключении отмечу, что появление так называемого «цифрового общества» связано с осознанием им такого ресурса как информация. О важности и равноценности информации наряду с материей и энергией одним из первых упомянул американский математик и основоположник кибернетики *Норберт Винер* [15, С. 208].

Инструментом для обработки и анализа информации являются компьютеры, которые в свою очередь в настоящий момент представляют собой развитие счетов, логарифмической линейки и арифмометров. Сложное техническое устройство, пронизывающее сейчас все составляющие человеческой жизни, в полной мере может использовать лишь специалист, обладающий серьезным багажом математических знаний, что обуславливает доминантное положение математической науки в настоящем историческом периоде. Математик из некоего мистика оформился как конкретный специалист, выполняющий определенные услуги наряду с электриком, менеджером или врачом.

Укрепление позиций математики как базообразующей дисциплины для всех остальных научных направлений будет развиваться и дальше. Причем в рамках гуманитарной сферы ее роль с новым вычислительным инструментарием выглядит особенно актуально и перспективно. В этой связи экономисты и социологи, чтобы быть востребованными в новых реалиях

цифровой экономики, на мой взгляд все-таки должны научиться корректно использовать математический инструментарий причем более высокого порядка, чем он был до нынешнего времени.

*Работа выполнена в рамках государственного задания FMGZ-2022-0002 «Методы и механизмы социально-экономического развития регионов России в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции»*

### **Литература**

1. Алферьев Д.А., Дуболазова Ю.А., Гончарова Н.Л. (2020) Направления использования квантовых вычислений в аспекте социально-экономических наук // Научно-практическая конференция с зарубежным участием «Устойчивое развитие цифровой экономики, промышленности и инновационных систем». Санкт-Петербург, 20-21 ноября 2020. С. 644-647. DOI: 10.18720/IEP/2020.7/199. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44410781> (дата обращения: 16.08.22)
2. Бояршинов Б.С. (2019) ЭВРИСТИКА И «НЕЙРОННЫЕ» СЕТИ // БОРИС БОЯРШИНОВ СО ДНА НАУКИ. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3hcCNNsvxfA> (дата обращения: 16.08.22)
3. Бояршинов Б.С. (2020) ПОЧЕМУ МАТЕМАТИКА ВЕРНО ОПИСЫВАЕТ ПРИРОДУ И ОБЩЕСТВО? // БОРИС БОЯРШИНОВ СО ДНА НАУКИ. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HOE6zLLM5XY> (дата обращения: 16.08.22)
4. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. (2004) Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург. 608 с.

5. Галушкин А.И. (2000) Нейрокомпьютеры. Кн. 3: Учеб. пособие для вузов. М.: ИПРЖР. 528 с.
6. Ильин В.П. (2018) Математическое моделирование и философия науки // Вестник РАН. № 88 (1). С. 58-66. DOI: 10.7868/S0869587318010073. URL: [http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald_pdf.aspx) (дата обращения: 16.08.22)
7. Казарян В.П. (2013) Волшебный мир математики обрел «земное лицо» // Российский гуманитарный журнал. № 2 (3). С. 252-261. DOI: 10.15643/libartrus-2013.3.4. URL: <http://libartrus.com/archive/2013/3/4/> (дата обращения: 16.08.22)
8. Квантовая информатика: обзор основных достижений / А.С. Сигов, Е.Г. Андрианова, Д.О. Жуков, С.В. Зыков, И.Е. Тарасов // Российский технологический журнал. 2019. № 7 (1). С. 5-37. DOI: 10.32362/2500-316X-2019-7-1-5-37. URL: <https://www.rtj-mirea.ru/jour/article/view/138> (дата обращения: 16.08.22)
9. Козырев А.Н. (2019) Цифровизация, математические методы и системный кризис экономической науки // Цифровая экономика. № 4 (8). С. 5-20. DOI: 10.34706/DE-2019-04-01. URL: <http://digital-economy.ru/stati/tsifrovizatsiya-matematicheskie-metody-i-sistemnyj-krizis-ekonomicheskoy-nauki> (дата обращения: 16.08.22)
10. Константинов А. (2021) Вторая квантовая революция // Эксперт. № 47. С. 70-74. URL: <https://expert.ru/expert/2021/47/vtoraya-kvantovaya-revoljutsiya/> (дата обращения: 16.08.22)
11. Крылов А.Н. (1949) Собрание трудов академика А.Н. Крылова. Том III: часть I // math.ru. М.-Л.: АН СССР. 498 с. URL: <https://math.ru/krylov/> (дата обращения: 16.08.22)
12. Михайлова Н.В. (2016) Переусложненность современной математики: философско-методологический анализ // Российский

- гуманитарный журнал. № 5 (2). С. 122-130. DOI: 10.15643/libartrus-2016.2.3. URL: <http://libartrus.com/archive/2016/2/3/> (дата обращения: 09.08.22)
13. Мнимые числа реальны: # 1-13 [Welch Labs] // Vert Dider. 2021. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=kicp\\_odjsRs](https://www.youtube.com/watch?v=kicp_odjsRs) (дата обращения: 16.08.22)
  14. Моделирование социальных процессов на суперкомпьютерах: новые технологии / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко, Г.Б. Сушко // Вестник РАН. 2018. № 88 (6). С. 508-518. DOI: 10.7868/S086958731806004X. URL: [http://www.ras.ru/publishing/ras herald/ras herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras herald/ras herald_pdf.aspx) (дата обращения: 16.08.22)
  15. Норберт Винер (1983) Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. 2-е издание. М.: Наука. 344 с.
  16. Орельен Жерон (2018) Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и Tensor Flow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. Спб.: Альфа-книга. 688 с.
  17. Павликов А.Н. (2021) Высшая математика. Рисую дерево вышмата // Математик МГУ. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6yL2DU8hrSM> (16.08.22)
  18. Перспективы вычислительного подхода в социальных науках. Дискуссия / В.А. Бажанов, П.Н. Барышников, И.Ф. Михайлов, Н.М. Смирнова, Н.А. Ястреб // Философия науки и техники. 2021. № 26 (1). С. 56-63. DOI: 10.21146/2413-9084-2021-26-1-56-63. URL: <https://pst.iphras.ru/article/view/6430> (дата обращения: 16.08.22)
  19. Попов С.С. (2021) Опасное отставание в суперкомпьютерных технологиях необходимо преодолеть. Обсуждение научного сообщения // Вестник РАН. № 91 (12). С. 1115-1124. DOI:

- 10.31857/S0869587321120100. URL:  
[http://www.ras.ru/publishing/ras herald/ras herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras herald/ras herald_pdf.aspx) (дата обращения: 16.08.22)
20. Рословец Ф. (2021) На что способен искусственный интеллект? Способ обойти ограничения Мура // Рословец. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IKed2RqlEvo> (дата обращения: 16.08.22)
21. Российский научно-технический конгресс 16.12.2021 – прямая трансляция // Научная Россия. 2021. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/rossijskij-naucno-tehniceskij-kongress-16122021-pramaa-translacia> (дата обращения: 16.08.22)
22. Семенов Б.В., Дороговцев А.П. (1996) Глобальные и локальные сети в отраслевых информационных системах (методические вопросы). Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН. 61 с.
23. Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф (2000) Нейроуправление и его приложения. М.: ИПРЖР. 272 с.
24. Терехов В.А., Ефимов Д.В., Тюкин И.Ю. (2002) Нейросетевые системы управления. М.: Высш. шк. 183 с.
25. Успенский В.А. (2011) Апология математики (сборник статей). СПб.: Амфора. 554 с. (pdf-346 с.)
26. Четверушкин Б.Н., Якобовский М.В. (2021) О перспективах развития в России высокопроизводительных вычислений и предсказательного моделирования в современных технологиях // Вестник РАН. № 91 (12). С. 1108-1114. DOI: 10.31857/S0869587321120057. URL: [http://www.ras.ru/publishing/ras herald/ras herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras herald/ras herald_pdf.aspx) (дата обращения: 16.08.22)
27. Ястреб Н.А. (2021) Шахматы и машина Тьюринга: границы применимости вычислительного подхода в социальных науках // Философия науки и техники. № 26 (1). С. 51-55. DOI:



- 10.21146/2413-9084-2021-26-1-51-55. URL:  
<https://pst.iphras.ru/article/view/6429> (дата обращения: 16.08.22)
28. Alon Halevy, Peter Norvig, Fernando Pereira (2009) The Unreasonable Effectiveness of Data // *IEEE Intelligent Systems*. № 24. Pp. 8-12. DOI: 10.1109/MIS.2009.36. URL: <https://www.computer.org/csdl/magazine/ex/2009/02/mex2009020008/13rRUy0HYOb> (дата обращения: 16.08.22)
29. Dominic Walliman (2017) The Map of Mathematics // *dominicwalliman.com*. URL: <https://dominicwalliman.com/post/157283769280/poster-summarising-the-main-subjects-of> (дата обращения: 16.08.22)
30. Michele Banko, Eric Brill (2001) Scaling to very very large corpora for natural language disambiguation // *39 Annual Meeting on Association for Computational Linguistics*. Toulouse, 6-11 July 2001. DOI: 10.3115/1073012.1073017. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.3115/1073012.1073017> (дата обращения: 16.08.22)
31. Quantum Computers Explained – Limits of Human Technology // *Kurzgesagt – In a Nutshell*. 2015. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=JhHMJCUMq28> (дата обращения: 16.08.22)
32. Towards artificial general intelligence with hybrid Tianjic chip architecture / Jing Pei, Lei Deng, Sen Song, Mingguo Zhao, Youhui Zhang, Shuang Wu, Guanrui Wang, Zhe Zou, Zhenzhi Wu, Wei He, Feng Chen, Ning Deng, Si Wu, Yu Wang, Yujie Wu, Zheyu Yang, Cheng Ma, Guoqi Li, Wentao Han, Huanglong Li, Huaqiang Wu, Rong Zhao, Yuan Xie, Luping Shi // *Nature*. 2019. № 572. Pp. 106-111. DOI: 10.1038/s41586-019-1424-8. URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1424-8> (дата обращения: 16.08.22)

## *References in Cyrillics*

1. Alfer'yev D.A., Dubolazova Yu.A., Goncharova N.L. (2020) Napravleniya ispol'zovaniya kvantovykh vychisleniy v aspekte sotsial'no-ekonomicheskikh nauk // Nauchno-prakticheskaya konferentsiya s zarubezhnym uchastiyem «Ustoychivoye razvitiye tsifrovoy ekonomiki, promyshlennosti i innovatsionnykh sistem». Sankt-Peterburg, 20-21 noyabrya 2020. S. 644-647. DOI: 10.18720/IEP/2020.7/199. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44410781> (data obrashcheniya: 16.08.22)
2. Boyarshinov B.S. (2019) EVRISTIKA I «NEYRONNYYE» SETI // BORIS BOYARSHINOV SO DNA NAUKI. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3hcCNNsvxfA> (data obrashcheniya: 16.08.22)
3. Boyarshinov B.S. (2020) POCHEMU MATEMATIKA VERNO OPISYVAYET PRIRODU I OBSHCHESTVO? // BORIS BOYARSHINOV SO DNA NAUKI. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HOE6zLLM5XY> (data obrashcheniya: 16.08.22)
4. Voyevodin V.V., Voyevodin V.I. (2004) Parallel'nyye vychisleniya. SPb.: BKHV-Peterburg. 608 s.
5. Galushkin A.I. (2000) Neyrokomp'yutery. Kn. 3: Ucheb. posobiye dlya vuzov. M.: IPRZHR. 528 s.
6. Il'in V.P. (2018) Matematicheskoye modelirovaniye i filosofiya nauki // Vestnik RAN. № 88 (1). S. 58-66. DOI: 10.7868/S0869587318010073. URL: [http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald_pdf.aspx) (data obrashcheniya: 16.08.22)

7. Kazaryan V.P. (2013) Volshebnyy mir matematiki obrel «zemnoye litso» // Rossiyskiy gumanitarnyy zhurnal. № 2 (3). S. 252-261. DOI: 10.15643/libartrus-2013.3.4. URL: <http://libartrus.com/archive/2013/3/4/> (data obrashcheniya: 16.08.22)
8. Kvantovaya informatika: obzor osnovnykh dostizheniy / A.S. Sigov, Ye.G. Andrianova, D.O. Zhukov, S.V. Zykov, I.Ye. Tarasov // Rossiyskiy tekhnologicheskii zhurnal. 2019. № 7 (1). S. 5-37. DOI: 10.32362/2500-316X-2019-7-1-5-37. URL: <https://www.rtj-mirea.ru/jour/article/view/138> (data obrashcheniya: 16.08.22)
9. Kozyrev A.N. (2019) Tsifrovizatsiya, matematicheskiye metody i sistemnyy krizis ekonomicheskoy nauki // Tsifrovaya ekonomika. № 4 (8). S. 5-20. DOI: 10.34706/DE-2019-04-01. URL: <http://digital-economy.ru/stati/tsifrovizatsiya-matematicheskie-metody-i-sistemnyj-krizis-ekonomicheskoy-nauki> (data obrashcheniya: 16.08.22)
10. Konstantinov A. (2021) Vtoraya kvantovaya revolyutsiya // Ekspert. № 47. S. 70-74. URL: <https://expert.ru/expert/2021/47/vtoraya-kvantovaya-revolyutsiya/> (data obrashcheniya: 16.08.22)
11. Krylov A.N. (1949) Sobraniye trudov akademika A.N. Krylova. Tom III: chast' I // math.ru. M.-L.: AN SSSR. 498 s. URL: <https://math.ru/krylov/> (data obrashcheniya: 16.08.22)
12. Mikhaylova N.V. (2016) Pereuslozhnennost' sovremennoy matematiki: filosofsko-metodologicheskii analiz // Rossiyskiy gumanitarnyy zhurnal. № 5 (2). S. 122-130. DOI: 10.15643/libartrus-2016.2.3. URL: <http://libartrus.com/archive/2016/2/3/> (data obrashcheniya: 16.08.22)
13. Mnimyye chisla real'ny: # 1-13 [Welch Labs] // Vert Dider. 2021. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=kicp\\_odjsRs](https://www.youtube.com/watch?v=kicp_odjsRs) (data obrashcheniya: 16.08.22)

14. Modelirovaniye sotsial'nykh protsessov na superkomp'yuterakh: novyye tekhnologii / V.L. Makarov, A.R. Bakhtizin, Ye.D. Sushko, G.B. Sushko // Vestnik RAN. 2018. № 88 (6). S. 508-518. DOI: 10.7868/S086958731806004X. URL: [http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald_pdf.aspx) (data obrashcheniya: 16.08.22)
15. Norbert Viner (1983) Kibernetika, ili upravleniye i svyaz' v zhivotnom i mashine. 2-ye izdaniye. M.: Nauka. 344 s.
16. Orel'yen Zheron (2018) Prikladnoye mashinnoye obucheniye s pomoshch'yu Scikit-Learn i Tensor Flow: kontseptsii, instrumenty i tekhniki dlya sozdaniya intellektual'nykh sistem. Spb.: Al'fa-kniga. 688 s.
17. Pavlikov A.N. (2021) Vysshaya matematika. Risuyu derevo vyshmata // Matematik MGU. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6yL2DU8hrSM> (10.08.22)
18. Perspektivy vychislitel'nogo podkhoda v sotsial'nykh naukakh. Diskussiya / V.A. Bazhanov, P.N. Baryshnikov, I.F. Mikhaylov, N.M. Smirnova, N.A. Yastreb // Filosofiya nauki i tekhniki. 2021. № 26 (1). S. 56-63. DOI: 10.21146/2413-9084-2021-26-1-56-63. URL: <https://pst.iphras.ru/article/view/6430> (data obrashcheniya: 16.08.22)
19. Popov S.S. (2021) Opasnoye otstavaniye v superkomp'yuternykh tekhnologiyakh neobkhodimo preodolet'. Obsuzhdeniye nauchnogo soobshcheniya // Vestnik RAN. № 91 (12). S. 1115-1124. DOI: 10.31857/S0869587321120100. URL: [http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald_pdf.aspx) (data obrashcheniya: 16.08.22)
20. Roslovets F. (2021) Neyrochipy – nastoyashchaya imitatsiya mozga | Zamena neyrosetey dlya iskusstvennogo intellekta // Roslovets. URL:

- <https://www.youtube.com/watch?v=IKed2RqLEvo> (data obrashcheniya: 16.08.22)
21. Rossiyskiy nauchno-tekhnicheskiy kongress 16.12.2021 – pryamaya translyatsiya // Nauchnaya Rossiya. 2021. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/rossijskij-naucno-tehniceskij-kongress-16122021-pramaa-translacia> (data obrashcheniya: 16.08.22)
  22. Semenov B.V., Dorogovtsev A.P. (1996) Global'nyye i lokal'nyye seti v otraslevykh informatsionnykh sistemakh (metodicheskiye voprosy). Vologda: VNKTS TSEMI RAN. 61 s.
  23. Sigeru Omatu, Marzuki Khalid, Rubiya Yusof (2000) Neyroupravleniye i yego prilozheniya. M.: IPRZHR. 272 s.
  24. Terekhov V.A., Yefimov D.V., Tyukin I.Yu. (2002) Neyrosetevyye sistemy upravleniya. M.: Vyssh. shk. 183 s.
  25. Uspenskiy V.A. (2011) Apologiya matematiki (sbornik statey). SPb.: Amfora. 554 s. (pdf-346 s.)
  26. Chetverushkin B.N., Yakobovskiy M.V. (2021) O perspektivakh razvitiya v Rossii vysokoproizvoditel'nykh vychisleniy i predskazatel'nogo modelirovaniya v sovremennykh tekhnologiyakh // Vestnik RAN. № 91 (12). S. 1108-1114. DOI: 10.31857/S0869587321120057. URL: [http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald\\_pdf.aspx](http://www.ras.ru/publishing/ras Herald/ras Herald_pdf.aspx) (data obrashcheniya: 16.08.22)
  27. Yastreb N.A. (2021) Shakhmaty i mashina T'yuringa: granitsy primenimosti vychislitel'nogo podkhoda v sotsial'nykh naukakh // Filosofiya nauki i tekhniki. № 26 (1). S. 51-55. DOI: 10.21146/2413-9084-2021-26-1-51-55. URL: <https://pst.iphras.ru/article/view/6429> (data obrashcheniya: 16.08.22)

*Алферьев Дмитрий Александрович, к.э.н.*

*Вологодский научный центр РАН*

**Ключевые слова**

математика, вычислительные методы, истина, обозримость, социально-экономическое моделирование

*Dmitry Alferev, Mathematical thinking and its need in the modern world*

**Keywords**

mathematics, computational methods, truth, visibility, socio-economic modeling

DOI:  ...

JEL classification: C0

***Abstract***

Mathematical science is the foundation for the development of scientific knowledge. The need for its understanding and application has become even more acute with the spread of the Internet and the improvement in the capabilities of computing devices. This event was reflected in the appearance of the so-called computational methods, the work with which requires serious mathematical training. This article outlines potential ways for further development of computer technology; the philosophical aspects faced by specialists involved in modeling complex processes and phenomena are noted; the problems of understanding the existing system of mathematical ideas are highlighted, especially in relation to representatives of the humanities.