

Предисловие к серии книг «Математические основы Искусственного Интеллекта»

В современном мире бурное развитие искусственного интеллекта (ИИ) на глазах меняет нашу привычную жизнь. Внедрение ИИ-технологий в самые разные сферы существенно облегчает труд человека, трансформирует науку и образование, выводит на новую высоту медицину. Многие прорывные проекты последнего времени в биологии, физике, химии и сельском хозяйстве напрямую связаны с искусственным интеллектом. А спрос на специалистов в области ИИ сегодня в разы превышает предложение.

Что же такое искусственный интеллект? На самом деле, ответ довольно прост: математические модели. Современный ИИ базируется на «трех китах»: анализе и обработке данных, технологиях высокопроизводительных вычислений, а также математических алгоритмах, позволяющих конструировать удачные архитектуры нейронных сетей под новые задачи.

За последние годы по инициативе Правительства РФ существенно возросло финансирование исследований в сфере ИИ. Сейчас в России действуют 12 ведущих исследовательских центров по ИИ. 6 центров «первой волны» отбора с 2021 года работают над фундаментальными исследованиями в области «сильного», доверенного и этичного ИИ. В декабре 2023 года были определены 6 центров «второй волны», перед которыми стоит задача развития ИИ с отраслевой спецификой по таким направлениям как здравоохранение, транспорт и логистика, строительство и городская среда, цифровая промышленность.

В России резко возрос спрос на специалистов, которые умеют не только использовать существующие технологии в области ИИ, но и предлагают свои собственные решения.

По итогам конференции AI Journey-2023 Президент поручил обеспечить изменения в федеральные государственные образовательные стандарты, а также увеличить число бюджетных мест по специальностям и программам подготовки, связанным с разработкой ИИ.

Уже запущены разнообразные образовательные программы. В их создании принимают участие как вузы, так и российский бизнес: компании Альянса в сфере ИИ запустили уже порядка 100 программ и более 20 лабораторий в 35 вузах России.

Однако готовить перспективных специалистов силами одной магистратуры невозможно — на вторую ступень высшего образования должны поступать студенты с солидным фундаментом математических знаний. Именно на программах бакалавриата и специалитета есть возможность системно обучать будущих ИИ-специалистов. Учебный курс для студентов профильных специальностей включает такие классические предметы как математический анализ, линейная алгебра, теория вероятностей и математическая статистика, вычислительная математика и численные методы оптимизации. Задача не только в том, чтобы адаптировать классические курсы под профиль ИИ, но и в том, чтобы максимально широко масштабировать учебно-методические материалы для использования в других вузах страны.

Одно из учебных заведений, где эта задача успешно решается — Университет Иннополис. Здесь к разработке новой бакалаврской программы «Математические основы ИИ» привлекли лучших российских ИИ-специалистов из ведущих центров развития ИИ.

России сегодня нужны не просто профильные эксперты в области ИИ, а по-настоящему увлеченные своим делом люди. Именно они предлагают вашему вниманию эту книгу. Желаю увлекательно чтения и постоянного развития!

Вице-премьер РФ
Д. Н. Чернышенко

Предисловие

Данная книга представляет собой переработанный и дополненный вариант книги «Матричный анализ и линейная алгебра», опубликованной в 2007 году и возникшей в ходе чтения лекций по алгебре и геометрии для студентов первого курса факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Ее главы появлялись почти синхронно с лекциями и становились доступными студентам благодаря интернету. После этого первоначальный текст постоянно менялся — помимо исправления опечаток, автору хотелось найти такой стиль изложения, который позволил бы получить необходимые основы предмета и в то же время дал бы возможность наиболее заинтересованным читателям пойти дальше, иногда очень далеко — вплоть до обсуждения нетривиальных приложений, которыми очень сильна линейная алгебра.

О том, чем данная книга отличается от традиционных учебников, можно судить уже по названию: понятия и факты линейной алгебры во многих случаях представлены читателю как факты матричного анализа. В какой-то степени это делает изложение менее абстрактным, позволяет освободиться от не очень существенных деталей и одновременно познакомить читателя с матричным анализом как относительно самостоятельной дисциплиной.

Отметим еще некоторые особенности книги и причины, по которым она может оказаться полезной. В определенной степени книгу можно рассматривать как расширенный конспект лекций. Отсюда сжатость и лаконичность, свойственная лекциям. По этой же причине в книге нет длинных ссылок и присутствуют неизбежные в лекциях напоминания и повторения. Обсуждение совершенно классических вопросов дополняется рассказом об их развитии и применении в прикладных задачах и других разделах математики. При этом в каждом таком случае я считаю важным избегать чисто декларативного описания — если уж что-то обсуждается, то всегда с точными формулировками и полными доказательствами.

Безусловно, линейной алгебре не следует учить слишком абстрактно. Почти все можно объяснить, работая с простыми для понимания объектами — матрицами, а не с абстрактными элементами

линейных пространств. В то же время определенная доза абстрактных понятий уместна и даже полезна на самой ранней стадии обучения. Вряд ли можно считать чрезмерными усилия на освоение всего лишь определения группы, кольца, поля, алгебры и простейших их свойств. Если же это сделать на раннем этапе обучения, то в дальнейшем находится много поводов для возвращения к этим понятиям в связи с примерами, которые естественным образом возникают в разных местах курса. Мне кажется, что упрощение формы изложения все же может сочетаться с более наполненным содержанием. По крайней мере, я стремился к этому. Линейная алгебра и ее приложения настолько фундаментальны и важны, что нет никаких оснований для сокращения объема обязательных базовых знаний в данной области.

В нашем курсе предмет линейной алгебры понимается в расширенном смысле, довольно часто мы оказываемся на территории смежных дисциплин — математического анализа, вычислительных методов и, конечно, общей алгебры. Границы являются условностью, как и в жизни. Особенно часто они пересекаются при разработке современных информационных и вычислительных технологий. Например, одна из главных обязательных тем первого семестра — теория и методы исследования и решения систем линейных алгебраических уравнений. Материал вполне элементарный и, возможно, оставляющий впечатление абсолютной завершенности. Однако практическая необходимость решения систем с миллионами уравнений и неизвестных и появление вычислительной техники с параллельным выполнением операций дали импульс к изучению новых, параллельных свойств алгоритмов. В данном случае успехи прямо связаны с ростом мощи компьютеров. В то же время — и об этом сказать особенно приятно — выход на радикально новый уровень возможностей был сделан благодаря новому математическому знанию, а не росту производительности компьютеров. Более того, для данной вполне классической задачи линейной алгебры потребовалось развитие фундаментальных вопросов из области математического анализа и теории приближений. Отдельные места в книге содержат материал, который вообще нельзя найти в каких-либо учебниках и даже монографиях. В частности, в заключительной лекции рассматриваются многомерные массивы, классические и относительно новые тензорные разложения, тензорные ранги и их связь с разработкой быстрых методов умножения матриц.

В те времена, когда факультет ВМиК только появился, математики-вычислители часто сетовали на то, что в обязательных курсах мехмата ничего не говорилось о возникших перед ними проблемах. В настоящее время можно уже говорить о том, что математикам-вычислителям часто не хватает знаний из традиционных именно для мехмата разделов математики.

В любом деле очень важен начальный импульс. Читать лекции на ВМиК меня пригласил В. А. Ильин. На моем основном месте работы, в Институте вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН), это приглашение было горячо поддержано В. В. Воеводиным, В. П. Дымниковым и Г. И. Марчуком, попросившим меня в то же самое время, в 2004 году, помочь в организации на ВМиК новой кафедры — кафедры вычислительных технологий и моделирования, которой он тогда стал заведовать.

Мне оставалось только согласиться и попытаться сделать то, о чем я, скорее всего, уже думал, — попробовать рассказать студентам о матричном анализе и линейной алгебре то, что я сам бы хотел услышать, когда был студентом. По крайней мере, самому мне это все до сих пор нравится. Теперь институт, в котором я продолжаю работать, носит имя Г. И. Марчука, и ко мне перешли обязанности директора института и заведующего той самой кафедрой. Подготовленное мной новое издание можно считать данью глубочайшего уважения, благодарности и светлой памяти В. В. Воеводина, В. А. Ильина и Г. И. Марчука.

Я благодарю также С. А. Горейнова, А. Э. Гутермана, Н. Л. Зама-рашкина, Х. Д. Икрамова, Г. Д. Ким, В. С. Панфёрова, В. Н. Чугунова и всех тех, кто уже сделал или еще сделает замечания по тексту лекций.