

НАУЧНОЕ РЕЗЮМЕ

Математическое моделирование — специальный цифровой инструментарий описания, истолкования и овладения фрагментом реальности: природной или общественной

Плохотников Константин Эдуардович, д.ф.-м.н., ведущий научн. сотр. кафедры математического моделирования и информатики физфака МГУ им. М.В. Ломоносова



В курсе лекций автора (*Плохотников К.Э. Метод и искусство математического моделирования: курс лекций.* — М.: Флинта, 2012. — 518с.) изложена методология метода математического моделирования. Рассматриваемая методология изложена не только в своем фактурном наполнении, но и с точки зрения эволюции, генезиса метода.

Кратко методологию математического моделирования можно отнести к специфической человеческой деятельности по построению цифровой модели того или иного объекта исследования, причем данная модель в известном смысле опосредована объекту исследования. С этой точки зрения методологию математического моделирования можно рассматривать в качестве раздела информатики или отнести к информационным технологиям в самом широком смысле слова.

До распада СССР в 1991 г. автор занимался разработкой математических моделей в ряде естественнонаучных областей. После распада страны пришлось обратиться к изучению общественных наук, чтобы разобраться с вопросами: что происходит? и что это означает? В итоге к 1996 г. была построена нормативная математическая модель глобальной истории (*Плохотников К.Э. Нормативная модель глобальной истории.* — М.: Изд-во МГУ, 1996. — 64с.), с точки зрения которой стало, в общем и целом, понятно, что происходит и как быть и действовать в условиях глобализации. В дальнейшем последовала разработка еще двух математических моделей: политики с позиции силы и псифизики. На этом завершился цикл построения математической модели глобальной исторической и политической динамики, который был оформлен в виде отдельной монографии, которая вышла в 2001 г. и переиздана в переработанном виде в 2014 г.: *Плохотников К.Э. Эсхатологическая стратегическая инициатива: Исторический, политический, психологический и математический комментарии.* — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Горячая линия – Телеком, 2014. — 251с.

Перенос методологии математического моделирования в сферу общественных наук оказался крайне эффективным и продуктивным. В частности, автор идентифицировал новое, весьма “жесткое” толкование метода математического моделирования в части ответа на вопрос: зачем? Действительно: зачем мы строим модели вообще и математические модели в частности? Ответ следующий: для того, чтобы обеспечить власть над тем или иным фрагментом либо природы, либо общества. При этом власть в части общественного фрагмента является куда более важной, т.к. она напрямую связана с базовой интенцией социальных общностей — выживанием, доминированием, конкуренцией и пр. В этой связи автором с 2015 г. читается межфакультетский курс МГУ под названием “Математическое моделирование общественной властно-волевой инфраструктуры”, который в настоящее время переименован “Математическое моделирование глобальной общественной динамики”. По материалам данного курса лекций опубликовано учебное пособие: *Плохотников К.Э. Математическое моделирование глобальной общественной динамики/курс лекций.* — М.: Флинта, 2018. — 388с.

Следует отметить, что категория власти в западной философии крайне слабо разработана, обычно она, по умолчанию, что совершенно неправильно, связывается с политической властью. Например, с точки зрения нормативной модели глобальной истории, оснащенной моделью псифизики, категория пространства-времени, столь характерная для физики, выступает в качестве социально-значимой схемы власти над имеющейся реальностью. Если это так, а это так, возникает следующий уместный вопрос: что будет с категорией пространства-времени, если общественно-значимая реальность как-то трансформируется? Если превентивно упреждать любые изменения общественно значимой реальности, то необходимо впрок генерировать все новые и новые модели. Таким образом, оказываемся перед проблемой модельной множественности описания одной и той же предметной области.

Из опыта автора по построению математических моделей в самых различных областях науки следует, что любая предметная область допускает множественное описание. Это выражается в проблеме мультимодельности, когда любая предметная область предполагает, вообще говоря, бесконечное количество моделей для своего описания. В этой связи возникает множество чисто методологических вопросов: каковы характерные особенности математической модели вообще, как построить действительно новую модель, как эта модель будет соотнесена с другими, уже существующими, что значит новое знание в контексте математической модели, какова роль возможности проведения вычислительного эксперимента на базе модели и т.п.

Последнюю особенность, т.е. возможность проведения вычислительного эксперимента следует отметить особо. Расстояние между математической моделью объекта исследования и реальностью заполняет эксперимент в широком смысле слова и вычислительный эксперимент — в узком. Возможность осуществления вычислительного эксперимента требует освоение таких дисциплин, как численные методы и программирование, которые, в свою очередь, предполагают весь корпус математических дисциплин (линейная алгебра, математический анализ, теория дифференциальных уравнений и пр.). В области общественных наук вычислительный эксперимент подразумевает, прежде всего, инструментарий анализа данных. В этом инструментарии заметную роль играют: теория вероятностей, статистика, численные методы, теория управления, программирование, базы данных и ряд других разделов. Все эти разделы на разных уровнях преподаются либо на общих курсах физфака, либо на специальных кафедральных курсах.

В качестве примеров своей научной деятельности за последние пять лет приведу три темы из естественнонаучной и общественной областей.

Тема I. В 2014 — 2015 гг. была разработана дискретная математическая модель движения идеальной жидкости. В данной модели жидкость представляется в виде ансамбля одинаковых так называемых жидких частиц, которые выступают в виде протяженных геометрических объектов: кругов и сфер для двумерного и трехмерного случаев соответственно. Формулируется механизм взаимодействия жидких частиц, как на бинарном уровне, так и на уровне n -кластера. Приводятся результаты вычислительного эксперимента по моделированию различного рода течений в двухмерных и трехмерных ансамблях жидких частиц.

Подробно рассмотрен двухмерный, наиболее изученный случай. Удалось построить и изучить с помощью вычислительного эксперимента ряд любопытных течений. Обнаружены режимы, обеспечивающие сепарацию частиц в ансамбле, воспроизведены различного рода вихревые течения. Выявлены любопытные статистические свойства некоторых течений. Обнаружены течения, в которых происходит концентрация кинетической энергии в небольшом числе частиц ансамбля. Обнаружены и изучены также течения, в которых кинетическая энергия частиц калибруется. Кроме того, удалось в виде соответствующего течения жидких частиц ансамбля продемонстрировать принципиальную возможность путем

манипуляции параметров взаимодействия воспроизвести любую наперед заданную картинку.

Модель включила разработку механизма взаимодействия, как на бинарном уровне, выступающем в качестве основного, так и в n -кластере, $n > 2$. Анализ механизмов взаимодействия на бинарном уровне и в n -кластере позволил выявить дополнительные степени свободы, учет которых привел к построению огромного семейства новых, в отдельных случаях неожиданных течений. Отметим, что идентификация дополнительных степеней свободы в механизме взаимодействия жидких частиц позволила непосредственно, т.е. рукотворно осуществить управление той стохастикой, которая, как нам представляется, характерна для турбулентных течений сплошной среды. В перспективе, как ожидается, управление стохастикой позволит с помощью метода Монте-Карло строить ансамбль конкретного течения и вычислять среднее течение, а также все прочие статистические характеристики в рамках выборочного метода статистики.

Дискретная математическая модель идеальной жидкости опубликована в следующих работах:

- 1) *Плохотников К.Э.* Об одной дискретной математической модели идеальной жидкости// Национальная ассоциация ученых (НАУ), 2015, #3(8), с.42 — 47.
- 2) *Плохотников К.Э.* Дискретная стохастико-детерминированная математическая модель идеальной жидкости// Сложные системы, 2015, №3(16), с.4 — 29.
- 3) *Плохотников К.Э.* Об одной дискретной математической модели идеальной жидкости// Математическое моделирование, 2016, т.28, №9, с.43-63; http://www.mathnet.ru/php/getFirstPage.phtml?jrnid=mm&paperid=3766&option_la ng=eng .
- 4) *Plokhotnikov K.E.* About One Discrete Mathematical Model of Perfect Fluid// Open Journal of Modelling and Simulation, 2016, Vol. 4, No.3, p.129-167; <http://dx.doi.org/10.4236/ojmsi.2016.43012>

Тема II. В 2012 — 2013 гг. по данным, определяющим основные экономические показатели экономики США, был реконструирован оператор, ответственный за динамику американской экономики. Под оператором понимается нечто целое, что осуществляет управление экономикой США. Для идентификации экономического оператора были введены логарифмические индексы динамики для каждого экономического показателя. Всего было учтено 14 экономических показателей.

Определялись аддитивная и мультипликативная меры управления экономикой данным оператором. За рассматриваемый период с 2000/01/01 по 2012/07/01 с частотой в один квартал были обнаружены два момента времени (2001/07/01; 2008/10/01), когда оператор в полной мере себя проявил. Это выразилось в том, что логарифмические индексы всех 14 экономических показателей одновременно и значимо (на уровне 0,05) отклонились от соответствующих средних значений. Статистическая значимость в данной модели понималась согласно предположению о том, что логарифмические индексы динамики подчиняются нормальному закону.

Рассмотрена схема управления экономикой США оператором на базе учета статистически значимых корреляционных связей, которых, как оказалось, имеется 71 из всего набора бинарных корреляционных связей — 91. Выявленная схема корреляционных связей является в известной мере виртуальной, т.к. привязана к рассматриваемому отрезку наблюдения за экономикой США с 2000/01/01 по 2012/07/01. Именно выявленная схема корреляционных связей в управлении экономикой США выступает в качестве основы реконструируемого экономического оператора. Сам экономический оператор США может быть представлен в виде ансамбля так называемых атомарных операторов, число которых с учетом 14-и показателей равняется 2^{14} . Атомарные операторы могут проявиться в реальности в разной мере. Например, в момент начала мирового финансового кризиса (2008/10/01) соответствующий атомарный оператор не добрал 18% до своей максимальной интенсивности.

Предложена схема прогноза на 2013 г. управленческих действий оператора на основе прогноза логарифмических индексов динамики. Прогноз основан на экстраполяции схемы корреляционных связей между логарифмическими индексами динамики. Прогноз логарифмических индексов в свою очередь позволил сделать прогноз на 2013 г. всех 14-и экономических показателей.

Предложенная математическая модель экономики США опубликована в следующих изданиях:

- 5) *Plokhonnikov K.E.* USA Economical Operator Reconstruction// International Journal of Business and Economics Research. Vol. 2, No. 5, 2013, pp. 98 — 111; <http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.ijber.20130205.12.pdf>
- 6) *Плохотников К.Э.* Реконструкция экономического оператора США// Нелинейный мир, 2015, т.13, №3, с.56 — 68.

Тема III. В течение 2016 — 2017 гг. разработана математическая модель геополитики. Математическая модель геополитики условное название для нескольких моделей, которые естественным образом связаны и выступают в качестве сопровождения главной тематики — геополитики.

Вводится центральное понятие математической модели геополитики — емкость среды обитания. Геополитика — это климат, рельеф, особенности логистики глобальных товарных потоков, геополитическое противостояние в терминах “море – континент”, т.е. все то, что составляет материальный комплекс условий существования жителей Земли. Данный комплекс, в значительной степени, опосредует поведение народонаселения с политической точки зрения. Автор не придерживается позиции природного детерминизма, который выступает в форме геополитики, но пытается очертить рамки проявления геополитики в реальной политике. Во всех построенных в работе математических моделях производится переход к вычислительному эксперименту, результаты которого приводятся и обсуждаются. Базой вычислительного эксперимента выступают данные по климату, рельефу, народонаселению, а также ряд других компонентов, характерных для современных геoinформационных систем.

Математика предложенных моделей, предполагает знание основ: численных методов, статистики, методов оптимизации и ряд других дисциплин. Произведена развертка плотности емкости среды обитания по государствам. Среди рекордсменов в убывающей последовательности ожидаемо оказались: Россия, США, Бразилия, Китай, Австралия и т.д. Определен и изучен показатель, имеющий смысл удельной емкости среды обитания в расчете на душу населения. Произведено ранжирование стран и территорий по этому показателю. Особое внимание обращено на соотношение данных показателей отдельных стран по отношению к РФ. Изучен вопрос о взаимоотношении плотности емкости среды обитания и рельефа. Строятся и сравниваются территории, где сосредоточено 50% народонаселения и 50% емкости среды обитания. Строятся поля градиента плотности емкости среды обитания. Производится классификация стран и территорий в терминах “высоко – невысоко” и “благоприятно – неблагоприятно”, т.е. в четырех категориях, учитывающих рельеф и плотность емкости среды обитания. Строятся карты территорий всех четырех типов. Вводится и подсчитывается индекс разнообразия отдельных территорий и государств.

В рамках калькуляции глобального трафика построен специальный показатель под названием процентное соотношение “море – континент”. На основе данного показателя производится классификация точек (территорий) в геополитических терминах. Этот показатель позволил формализовать введение таких хорошо известных в геополитике понятий, как “Хартленд” и “Римленд”. Построены комбинированные глобальная и региональные карты, содержащие политическую и геополитическую разметки. Произведен анализ данных карт на предмет наличия так называемых геополитических “разломов”. О наличии разломов можно говорить в том случае, если некоторые геополитические линии проходят не по границе отдельного государства, а по его территории, глубоко в нее вклиниваясь. При-

ведено численное решение задачи оптимального с точки зрения минимума затрат на транспорт распределения точек, выступающих в качестве логистических узлов на поверхности Земли.

Перечень публикаций по данной теме приведен ниже:

- 7) *Плохотников К.Э.* Математическая модель геополитики // *Мировая политика*. — 2017. — № 3. — С.23–74. DOI: 10.25136/2409-8671.2017.3.23674. URL: http://e-notabene.ru/wi/article_23674.html
- 8) *Плохотников К.Э.* Геополитика в терминах климата, рельефа и трафика/ Форсайт глобализации: политика, экономика, управление: Монография [под ред. А.В. Бредихина]. — М.: АНО ЦЭМИ, 2018, с.71 – 114; ISBN 978-5-600-02135-8; https://docs.wixstatic.com/ugd/966b90_887f8d47257e4a7ba4e364fd13e82c95.pdf
- 9) *Plokhotnikov K.E.* Mathematical model of geopolitics, e-book. — Society for Science and Education. Promoting Education and Research, United Kingdom, 2018. — 66p. <http://scholarpublishing.org/sse/wp-content/uploads/2018/08/ABR-4819.pdf>

Внс кафедры математического
моделирования и информатики
физфака МГУ, д.ф.-м.н. **К.Э. Плохотников**

18.09.2018 г.