

## Некоторые проблемы обучения будущих социологов «математическим» дисциплинам

**Аннотация:** В статье обосновывается целесообразность изменения номенклатуры дисциплин по высшей математике, отказа от некоторых принятых упрощений этих дисциплин при преподавании их социологам. Доказывается необходимость «взаимодействия» между математикой и анализом данных и создания условий подготовки соответствующих «гибридных» кадров. Показывается целесообразность выработки определенного представления студентов-социологов о математике. Формулируются методические принципы преподавания им анализа данных.

**Ключевые слова:** высшая математика, анализ данных, преподавание, моделирование, измерение, методологические принципы анализа данных, нелинейность социальных явлений, нечисловое измерение, роль понятия признака в социологии

### Выделение двух ветвей «математических» дисциплин и цели их рассмотрения в настоящей статье

Высшее социологическое образование в России существует с 1989 года. За прошедшие более, чем 20 лет сложились определенные традиции. Некоторые из них, на наш взгляд, надо менять. Кроме того, в мировой науке возникли новые направления, которые, несомненно, необходимо внедрять в учебную практику. Прежде, чем конкретизировать сказанное применительно к рассматриваемому кругу дисциплин, разделим все преподаваемые на социологических факультетах дисциплины, относимые обычно к области «математических», на две большие группы. Первая – ветви высшей математики. Это дисциплины опираются на всю принятую в математике строгость и формализованность преподаваемого материала. Вторая – методы т.н. анализа данных (АД) и математического моделирования социальных явлений, отличающихся от вышеназванных своей эвристичностью, зачастую – нестрогостью, и, главное, необходимостью в процессе реализации метода постоянного вмешательства социолога в этот процесс, чаще всего – в виде человеко-машинного диалога. Именно, имея в виду такие методы, мы и написала в заголовке параграфа слово «математический» в кавычках. Мы говорим об использовании математического языка, что отнюдь не всегда сопряжено с использованием принятой в математике строгостью рассуждений.

Часто к АД причисляют и некоторые ветви математической статистики – строгой математической дисциплины (например, регрессионный и дисперсионный анализы). Ниже мы эти ветви отнесем к области «чистой» математики. О методах моделирования мы говорить в данной статье не будем.

Относительно «строгих» дисциплин мы выскажем пожелание дополнить их список, а также отказаться от некоторых принятых способов

их упрощения в преподнесении социологам. Докажем необходимость тесного контакта между «строгой» математикой и АД и обоснуем актуальность подготовки «гибридных» (в смысле сочетания знаний и по социологии, и по математике) кадров. Предложим некоторые общие принципы понимания сути математики и преподавания АД.

### **Высшая математика для социологов: необходимость менять традицию**

Из «строгих» математических дисциплин студентам-социологам чаще всего в упрощенном (по сравнению с тем, как это делается в математических и технических вузах) варианте преподаются дифференциальное и интегральное исчисление, линейная алгебра, теория вероятностей и математическая статистика, дискретная математика (в разных вузах этот термин понимается по-разному; нам встречались в соответствующем контексте комбинаторика, теория графов, элементы теории множеств, нечеткие множества, теория отношений, элементы математической логики).

С нашей точки зрения, потребности социологии обуславливают необходимость некоторого изменения номенклатуры дисциплин, входящих в математический блок (или введения соответствующих фрагментов в существующие дисциплины) и отказа от некоторых обычно применяющихся упрощений традиционных математических методов и рассуждений.

Приведем примеры.

Сложившаяся традиция не учитывает следующие потребности социологии:

(а) нелинейность подавляющего большинства изучаемых социологом закономерностей; а изучение нелинейностей требует отказа от целого ряда обычно используемых упрощений. Так, требуется рассмотрение, наряду с однофакторным дисперсионным анализом и двухфакторного, обращение особого внимания на проверку гипотезы об отсутствии взаимодействий; рассмотрение нелинейного регрессионного и факторного анализа и т.д.;

(б) наличие большого количества ситуаций, где требуется нечисловое измерение. Это требует

- введения в число учебных дисциплин теории абстрактных алгебр, что даст возможность использовать теорию измерений, в рамках которой измерение понимается как гомоморфизм эмпирической системы с отношениями в математическую;

- введения курса по статистике объектов нечисловой природы, которой пока занимается узкий круг математиков, что приводит к отсутствию многих требующихся социологу разработок;

Поясним причину актуальности для социолога умения работать с объектами нечисловой природы. Дело в том, что он должен владеть хотя бы минимальным знанием тех фрагментов языка математики, которые

адекватно описывают мнение человека. А это – в основном язык тех ветвей математики, которые изучают нечисловые объекты: ранжировки, результаты парных и множественных сравнений, близостей и т.д. [9]. В учебную программу должны входить соответствующие дисциплины, что в большинстве вузов не имеет места;

(в) частую встречаемость частично упорядоченных множеств. Это требует введения в число учебных дисциплин теории решёток;

(г) сложность формализации социальных явлений, необходимость «подлаживания» под потребности социолога даже известных программных пакетов. Это требует введения курса по элементам программирования.

### **Необходимость взаимодействия АД и «чистой» математики. Потребность в подготовке специальных кадров**

Исторически сложилось так, что АД обычно воспринимается математическим истеблишментом как нечто для него чуждое. С одной стороны, это оправдано. Как мы уже отмечали, АД явно не удовлетворяет тем критериям строгости, которые считаются само собой разумеющимися для современной математики. Он включает в себя массу эвристических алгоритмов, для многих методов не имеет средств переноса результатов с выборки на генеральную совокупность, требует постоянного диалога исследователя с компьютером. Как же должны «строиться» отношения между «строгой» математикой и АД? Покажем, что эти ветви науки нуждаются друг в друге, и чем это чревато для педагогического процесса.

#### *1. АД должен развиваться под эгидой классической математики.*

Алгоритмы, входящие в АД, зачастую довольно серьезно «начинены» математикой: профессиональное математическое образование требовалось для их создания, оно же нужно и для их квалифицированного использования. И то, что математики как бы отторгают от себя все, что связано с АД, приводит к целому ряду дефектов в развитии и АД. Многие методы анализа данных надо сделать более строгими. Необходимо разрабатывать новые методы. Естественно, это не может не сказываться на состоянии наук, стимулирующих развитие АД (например, социологии), поскольку эти науки, в результате математических недоработок, связанных с алгоритмами АД, пользуются некорректными методами (или, во всяком случае, такими, для которых корректность не доказана; скажем, такими являются некоторые алгоритмы многомерного шкалирования, поиска взаимодействий). Естественно, это не может не сказаться на адекватности решения стоящих перед исследователями (в частности, социологами) задач.

2. Можно сделать предположение, что *невнимание к запросам практики негативно сказывается и на развитии самой математики*: игнорируются потенциальные возможности для развития новых направлений. Без преодоления отторжения приверженцами строгой математики анализа данных как недостойного считается наукой из-за недостаточной строгости математики перестают быть математиками в

широком смысле слова, замыкаются в своей «башне из слоновой кости». Вспомним деление графом Витте (российским министром финансов и Председателем совета министров в конце XIX – начале XX, по образованию математиком) всех математиков на математиков-философов и математиков-исчислителей [2, с.78]. В математическом мире процветают последние и не хватает первых (мысли Витте продолжает Арнольд [1]).

Поясним, почему АД может служить источником развития математики, и покажем, что осуществление этого шага приведет к тому, что математика «заразится» (от АД) некоторыми принципами постнеклассичности.

Основным источником нестрогости алгоритмов служат трудности формализации тех явлений, для изучения которых разрабатывается метод. Однако если бы математики всегда полагали, что попытки изучения, казалось бы, не поддающихся формализации явлений – не их удел (т.е. если бы среди математиков не было бы математиков-философов), то никогда не родилась бы, например, теория вероятностей. Но Паскаль и Ферма были математиками-философами, и математика не потеряла одну из своих замечательных ветвей. И хотя с середины XVII века, когда в переписке этих ученых родилась теория вероятностей, почти до середины XX века было очень много споров о том, стоит ли теорию вероятностей считать вполне математической дисциплиной [3], в конце концов теория вероятностей завоевала всеми признанное место в математике (конечно, потому, что существовали и такие математики-философы, как Колмогоров). Вспомним также, например, отношение Стеклова к творчеству Лузина (Лузин, говоря о не доказанных, но интуитивно ему ясных утверждениях писал: «мне кажется», а Стеклов отмечал на полях: «ему кажется, а мне не кажется» Лаврентьев [4]). Рискнем провести аналогию между упомянутыми фактами и допущением тех неопределённостей, которые несет с собой АД. Допуск же в математику нестрогостей, связанных с «ухватыванием» исследователем неформализованных (до поры, до времени) аспектов реальности можно расценивать как признание того, что исследователь есть часть познаваемой им системы, что является одной из фундаментальных черт постнеклассической науки.

Потенциальных «точек роста» математики применительно к тем «толчкам», которые может дать для развития этой науки современная социология, довольно много. Например, развитие уже упомянутой выше статистики объектов нечисловой природы, изучение устойчивости огромного количества методов относительно нарушений условий их применимости (и тем, и другим занимаются, но мало по сравнению с запросами практики); изучение частично упорядоченных множеств, решеток (имеются важные для социологии разработки, связанные с использованием решеток для анализа понятий, но это – только одно из возможных направлений; скажем, еще в 50-х годах XX века известный американский ученый Кумбс призывал создать аналог факторного анализа для частично упорядоченных множеств, но этого пока нет).

Особое внимание обратим на необходимость изучения ситуации, когда понятие переменной (признака) перестает играть содержательную роль, переменная из реальной становится номинальной (логический номинализм-реализм), как бы распадается на отдельные альтернативы, а социолога интересуют их сочетания, детерминирующие определенное поведение респондента. Эти сочетания получили название взаимодействий (понятие близко к понятию взаимодействия в классической математической статистике). В свое время автор предложила обобщить это понятие [5]. Методов поиска (обобщенных) взаимодействий существует много. Часть из них имеет довольно строгий характер, часть – типичные «неточные» методы АД. Стоит задача объединения этих методов в единый комплекс, аккумулирующий в себе достоинства каждого метода и, напротив, приглушающий соответствующие недостатки.

Подчеркнем, что в описанной ситуации речь идет о довольно кардинальном изменении привычного вида исходных данных, о переходе к нетрадиционной парадигме: объекты задаются не как точки признакового пространства, а как наборы дискретных свойств (или логических функций от таких свойств, что предполагается принципами обобщения понятия взаимодействия), не обязательно являющихся значениями принимаемых во внимание признаков. Такой вид первичных моделей изучаемых объектов отвечает человеческому мышлению. Поэтому методы поиска обобщенных взаимодействий относят к интеллектуальному АД, претендующему на моделирование работы человеческого интеллекта.

Описание объектов с помощью (обобщенных) взаимодействий (в виде которых предстают перед социологом интересующие его синергетические эффекты) можно расценивать как своеобразный подход к пониманию нелинейностей, фундаментальный характер которых считается общепринятым в постнеклассической науке. Это – второй элемент постнеклассичности, который, на наш взгляд, должна вобрать в себя математика, по крайней мере, с точки зрения потребностей моделирования социальных явлений.

Таким образом, «нестрогая» математика АД и «строгая» математика в классическом понимании этой науки, с нашей точки зрения, должны «помогать друг другу, если мы хотим совершенствовать методный арсенал социолога

3. Для налаживания контакта между АД и «чистой» математикой нужны специальные кадры, которые у нас в стране никто не готовит. Математики, желающие развивать АД, зачастую «двигают» его не в ту сторону, которую диктует практика; математики, преподающие АД нематематикам, не пользуются успехом у слушателей. Напротив, исследователи-нематематики, в силу недостатка математического образования, зачастую некорректно применяют методы, не могут достаточно профессионально преподавать АД, эффективно развивать методный арсенал.

Поэтому особо актуальной является привлечение молодых математиков в социологическую магистратуру и наоборот (первый вариант, в силу очевидных причин, более реален). А обеспечение этого требует решения набора педагогических вопросов (как заинтересовать потенциальный контингент? Чему и как учить?), требующий специального обсуждения.

### **Каким должен быть образ математики в глазах студента-социолога**

Приведём несколько методологических соображений, базой для формулировки которых послужил многолетний педагогический опыт автора.

#### *1. Для социолога важна гносеологическая суть математики.*

Преподавая дисциплины, использующие математический язык, важно выделять в общем арсенале математики две группы составляющих его элементов: (а) набор фактов о свойствах неких строго определённых формальных объектов и отношений между ними; (б) «философскую» составляющую, говорящую о том, какое содержание отражают упомянутые объекты и отношения (ср. сказанное выше о математиках-философах).

Профессиональный математик в своей работе, как правило, забывает о второй составляющей. Он по известным правилам работает с формальными объектами, получает новые факты, вводит новые объекты для изучения. И делается это на основе внутренней логики развития самой математики. О гносеологической линии своей науки, о том, какая жизненная практика породила ту или иную ветвь математики, профессионал-математик не задумывается. А для социолога вторая составляющая часто выходит на первый план.

#### *2. Понимание образованными кругами общества сути математики – показатель развития его общего культурного состояния.*

Само появление математики свидетельствовало о достаточно высоком интеллектуальном развитии общества. Оно говорило об умении человека рефлексировать по поводу способов своих размышлений об устройстве окружающего его мира. О математике, ее важности для развития общества говорили А.С.Пушкин, Наполеон, Л.Н.Толстой (о взглядах Л.Н. на дифференциальное и интегральное исчисление мы писали в [7]), Эдгар По, Д.Н.Мамин-Сибиряк и т.д.

#### *3. Математический язык должен восприниматься как естественный язык исследователя в определенные моменты его работы.*

Это должно иметь место отнюдь не только на этапах измерения и анализа данных (о необходимости обдумывания модели, отвечающей этим этапам, довольно часто говорится в литературе). Математический язык по сути является языком моделирования, а элементы моделирования сопровождают социолога на всех этапах исследования.

Достаточно четкая формулировка задачи по определению переводит исследователя в сферу математики. Если исследователь делал этот шаг

целенаправленно, желая применить определенный известный математический метод, то тем самым явно или неявно он предполагает выполненными требующиеся свойства эмпирической и математической систем. Если исследователь просто ставил перед собой цель очень четко выразить интересующую его исходную ситуацию, то, переходя к формализму, он может поставить новую задачу перед профессионалами-математиками и даже способствовать рождению новой ветви математики. Именно так родились, скажем, теория графов, теория измерений и т.д.

4. *Необходимо разрушить стереотипы в представлении о математике*, учитывая, что математика может быть экспериментальной, индуктивной, нечисловой наукой. При использовании математического аппарата в социологии явно прослеживаются научные принципы, относимые к постнеклассичности.

### **На чём имеет смысл делать акценты, преподавая социологам АД**

1. Науки без моделирования не бывает. Все социологическое исследование является непрерывной цепью актов моделирования. Важно, что моделируются не только изучаемые объекты и их свойства (и те, и другие уже являются результатом первой ступени моделирования), но и интересующие социолога связи между ними: представлениях о типах, причинно-следственных отношениях и т.д. Для того, чтобы не забывать о необходимости постоянного отслеживания модельных представлений исследователя, согласования их с его априорными гипотезами, имеет смысл все социологическое исследование рассматривать как некий обобщенный процесс измерения [6, с.189-191, 248-287].

2. Необходимо обеспечение адекватности каждого шага моделирования. В частности, нужно соблюдение осторожности при использовании математического аппарата, созданного для решения задач естественных наук. Пример – использование понятия признака [5, с. 169-187]. Этот пример иллюстрирует, в частности, то, что зачастую бывает не просто разглядеть в общепринятом знании, ставшем привычным даже в житейском смысле, нечто не всегда пригодное для социологии

3. Для социолога наиболее важными и теоретически насыщенными являются два шага, связанные с моделированием: предшествующий применению математического алгоритма и следующий за таким применением.

Для обозначения первого шага используются считающиеся синонимичными выражения – моделирование реальных объектов с помощью математических формальных систем, формальная интерпретация содержательных представлений, измерение (перевод эмпирической системы в математическую). Второй шаг обычно называется содержательной интерпретацией формальных результатов [8].

4. Обучение методам анализа данных должно сопровождаться описанием системы соответствующих методологических принципов [5, с.95-105].

### **Литература.**

1. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели // Математическое моделирование социальных процессов. Вып. 1. М.: Социологический факультет МГУ, 1998. С.29-51
2. Витте С.Ю. Воспоминания. Т.1. М.: Изд-во социально-экономической литературы, 1960
3. Крамер Х. Полвека с теорией вероятностей: наброски воспоминаний // современные проблемы математики. М.: Знание, 1979
4. М.А.Лаврентьев. Николай Николаевич Лузин // Успехи математических наук, 1974. Т. XXIX. Вып. 5 (179). С. 177-182
5. Толстова Ю.Н. Анализ социологических данных. М.: Научный мир, 2000
6. Толстова Ю.Н. Измерение в социологии. М.: КДУ, 2009
7. Толстова Ю.Н. Может ли социология “разговаривать” на языке математики? Социс, №5, 2000. С. 107-116
8. Толстова Ю.Н. Интерпретация исходных данных и результатов их математического анализа // Интерпретация и анализ данных в социологических исследованиях. М.: Наука, 1987, с.8-24
9. Coombs С.Н. A theory of data. N.-Y., 1964