

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ФИНАНСОВЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.И. Иванус

СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Прометей

УДК 519.85
ББК 22.18
И 22

Рецензенты:

Дрогобыцкий И.Н. — д.э.н., профессор, профессор кафедры «Системный анализ в экономике» Финансового университета при Правительстве Российской Федерации;

Голубев С.С. — д.э.н., профессор, начальник отдела Центра прогнозирования, развития науки, техники и технологий ВНИИ «Центр».

Иванус А.И.

И 22 **Системные аспекты методов имитационного моделирования:**
Учебное пособие / А.И. Иванус. — М.: Прометей, 2020. — 148 с.

ISBN 978-5-907244-97-9

В пособии рассматриваются вопросы, которые позволяют осмыслить процессы имитационного моделирования, как часть глобальных процессов познания мира, а результаты моделирования являются частью процесса формирования управленческих решений в экономике. Поэтому основное внимание уделяется не столько технике вычислительных процедур и алгоритмов, сколько пониманию их системного смысла, т.е. представления их в качестве системы.

По замыслу, данный материал рассматривается как дополнительный к существующим курсам по имитационному моделированию. Многие разделы пособия изложены в манере приглашения студентов к диалогу с перспективой возможного развития ими материала в последующей научной работе. А такая перспектива требует системного подхода.

Кроме того, в последней главе рассмотрен метод решения задачи анализа устойчивости кооперации предприятий на основе тензорной методологии. Данный раздел следует рассматривать с точки зрения полезности знакомства студентов с некоторыми эффективными методами анализа устойчивости производственной кооперации, но выходящими за рамки соответствующих учебных курсов.

Пособие предназначено для студентов, аспирантов и научных работников, которые стремятся расширить свой кругозор, развить системное видение и понимание такого сложного, неоднозначного и активно развивающегося направления науки, как имитационное моделирование.

ISBN 978-5-907244-97-9

© Иванус А.И., 2020

© Издательство «Прометей», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНАЯ ИДЕЯ ПОСОБИЯ

1. О РОЛИ МАТЕМАТИКИ В ПОЗНАНИИ МИРА

1.1. Об истинности знаний

1.2. Некоторые аспекты истинности научных знаний.

2. ОБЩЕСИСТЕМНЫЕ НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ

В ЭКОНОМИКЕ

2.1. Принцип достаточного основания

2.2. Принцип соответствия

2.3. Принцип внутренней модели внешней среды

2.4. Принцип поведения живых систем

2.5. Принцип Г.Циглера

2.6. Принцип «желудка»

2.7. Универсальный подход к моделированию живых систем и экономических систем

3. О МЕСТЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

4. МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО И ЕГО МОДИФИКАЦИИ

4.1. Основная схема метода

4.2. Методы, использующие априорную информацию о функции распределения

4.2.1. *Метод существенной выборки*

4.2.2. *Метод расслоённой выборки*

4.3. Методы, использующие априорную информацию о подинтегральной функции

4.3.1. *Метод выделения главной части*

4.3.2. *Метод случайных квадратурных формул*

4.4. Комбинированный метод расслоения вероятностной меры

5. НЕЛИНЕЙНЫЕ РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ	
5.1. Роль нелинейных моделей в экономическом анализе	
5.2. Другие типы нелинейностей. Математические катастрофы.	
5.3. Вычислительная технология формирования нелинейной регрессионной функции	
5.4. Процедура Роббинса-Монро.	
6. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ	
6.1. Классификация численных методов	
6.2. О погрешностях вычислительных методов	
7. КЛАССИФИКАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН	
7.1. Аддитивные и неаддитивные величины	
7.2. Гауссовы и негауссовы законы распределения	
7.3. Природа негауссовых и гауссовых распределений.	
7.4. Частотные и ранговые формы распределений	
8. ГЕНЕРАЦИЯ УСЕЧЁННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ	
9. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.	
10. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕНЗОРНОГО ПОДХОДА	
10.1. Устойчивости как системное свойство.	
10.3. О тензорном подходе к моделированию межфирменной кооперации	
10.4. Количественные параметры структуры кооперации.	
10.5. Использование тензорного подхода к задаче оценки устойчивого функционирования системы кооперации.	
10.6. Алгоритм математической модели оценки вложений в обеспечение устойчивости структуры кооперации.	
10.7. Алгоритм расчёта матрицы прямых затрат	
10.8. Выводы	
ЛИТЕРАТУРА.	

1. О РОЛИ МАТЕМАТИКИ В ПОЗНАНИИ МИРА

В чём мы видим преимущество и почему мы отдаём предпочтение математике и математическим методам? Прежде всего потому, что математические методы, сформировавшиеся на основе аксиом и доказательств теорем, обеспечивают нам то, что называется истинностью выводимых знаний (Иванус, 2019). Отсюда и цифровые данные, полученные с помощью методов измерения, базирующихся на основе математики, также являются истинными. В противном случае не было бы смысла их получать и применять. И наоборот. Знания, полученные с применением математических методов, уже заранее обречены быть истинными. Они уже создаются заведомо истинными. Мир математики и цифры — это мир 100%-й истинности. Именно так была когда-то задумана математика, в этом вся её суть [15].

Что же такое истинность знаний? Не истинность вообще, как философская категория, а именно истинность конкретных знаний, хотя они очень близки по смыслу.

1.1. Об истинности знаний

Понятие истинности в генерации новых знаний играет ключевую и решающую роль, так как основная

задача, которая здесь особо следует выделить — это не просто задача генерации знаний, как лишь только процесс получения некоторой информации. Сама по себе задача генерация нового знания, именно в аспекте получение информации, не представляется чем-то сложным. Новые знания можно генерировать любым способом и в любых количествах. Но вопрос заключается не столько в количестве этих знаний, а в их качестве. И самое главное качество знаний, которое всегда считалось выше всех — это истинность, то есть соответствие истине. Считается, что истинность существует как чувство уверенности в реальности высказывания.

Истинность знаний, — это, по сути, единственное главное качество, которое определяет большинство проблем их генерации, использования, обновления, передачи. Вот почему многие считают (и не без основания), что истина — это конечная цель познания.

Всю историю человечества, как только человек стал добывать и ценить знания об окружающем мире и о самом себе, этот процесс сопровождался не просто некоторым прямолинейным и упрощённым стремлением к истинности, а характеризовался самой настоящей жесточайшей борьбой за истинность. Причём на роль открывателя истинности знаний всегда претендовали не только учёные и практики, но и, как известно, все религии мира. Наука и религия, как мы знаем, стремились объяснить все видимые и невидимые явления природы, хотя, как известно, методы и результаты у них всегда резко различались.

На познание мира, выявление мыслимых и немыслимых причинно-следственных связей направлялись всегда лучшие умы, на это не жалелись ни материальные, ни финансовые ресурсы. Это серьёзная,

трагическая, но и в то же время не слишком заметная сторона цивилизационного развития общества. Следует здесь особо отметить, что как это ни странно, но эффективным стимулятором этого процесса всегда была война, как наиболее кардинальный и жёсткий способ решения многих спорных вопросов. А для успешного ведения военных действий иметь истинные знания о противнике всегда было главнейшей задачей. «Кто предупреждён (имеется в виду на основе истинного, а не ложного, знания) — тот вооружён». В сватке за истинность использовались и подкуп, и обман, и дезинформация, и другие многочисленные и неблагоприятные приёмы и способы.

Вот почему понятие истинности с методической точки зрения всегда привлекало людей и, в первую очередь учёных и философов.

Но что есть истинность? — вот вопрос, который до сих пор не решён, несмотря на бесчисленные попытки найти ключ к этой разгадке.

На этот вопрос пытались и пытаются ответить многие лучшие умы. И этот процесс имеет свою логику развития.

Понятие истинности является многозначным. Создаётся впечатление, что чем больше желание учёных разобраться и уточнить данное понятие, тем более размытым и многогранным оно представляется.

Из множества всех определений понятия истинности выделим два наиболее значимых для выбора базиса нашего дальнейшего анализа.

1. Сначала в истории появилось определение истинности, данное Аристотелем (384–322 гг. до н.э.).

В соответствии с определением Аристотеля истинность некоторого утверждения означает его согласие

с реальностью (или соответствия ей). Поэтому теория истины, опирающаяся на данную формулировку, называется «теорией соответствия».

По учению Аристотеля, истинно то суждение, в котором понятия соединены между собой так, как связаны между собой соответствующие им вещи в природе. Ложно то суждение, которое соединяет то, что разъединено в природе, или разъединяет то, что соединено в ней. На этой концепции истины основана аристотелевская логика.

Аристотель различает два вида суждений: вечные необходимые суждения, относящиеся к области вечных неизменных объектов, и суждения, относящиеся к кругу изменяющихся вещей. Так как объекты, подверженные изменению, возникновению и уничтожению, не пребывают всегда тождественными себе, то и суждения о них не являются устойчивыми.

Будучи истинными, пока их объекты остаются равными себе эти же суждения становятся ложными, когда объекты изменяются во времени. В аристотелевском учении об истине это деление суждений имеет существенное значение. Только первые суждения образуют область строгого знания, вторые же суть просто мнения и не имеют строгого научного характера.

Сообразно с этим делением суждений и понятие истины у Аристотеля делится на два вида: вечная абсолютная истина и истина, которая в потоке времени переходит в свою противоположность и становится ложной.

В классическом смысле истинность по Аристотелю сводится к формуле: истинность есть адекватная информация об объекте, получаемая посредством чувственного и интеллектуального изучения либо принятия

сообщения об объекте и характеризуемая с позиции достоверности.

А более упрощённая трактовка совпадает с таким тезисом, что «истина есть адекватное отображение действительности в сознании».

2. Вместе с тем бурное развитие науки в конце XIX века и после привело к накоплению огромные массивы информации по всем наукам и, естественно, к необходимости постоянно объяснения новых фактов. Появлялись новые теории, которые подтверждались или опровергались. В итоге накопилось много научного материала, который показал, что в науке существует очень много ошибочных, ложных и недоказанных утверждений. Поэтому наступило время, когда вопрос об истинности стало необходимым решать с принципиально других позиций.

И в середине 20 века появилось другое определение истинности, данное польским математиком и логиком А. Тарским (1901–1983) в работе [32]. Сформулированное им новое так называемое семантическое понятие истины есть также классическое понятие истины, но уточнённое с помощью средств логической семантики. А. Тарский исходит из представления об истине, но с других позиций, согласно которому термин «истинно» выражает **свойство нашего знания, в частности, свойство высказываний**, а не соответствие объективной действительности. Высказывание считается истинным тогда и только тогда, когда оно **формально внутренне непротиворечиво**. А. Тарский показал, однако, что для обычного естественного языка задача построения общего определения истины не может быть решена. Одной из причин этого является то обстоятельство, что в естественном языке имеются предложения, утверждающие

собственную ложность (типа «Я лгу»). Попытка применить к ним термин «истинно», согласно приведённой схеме, ведёт к противоречию. А. Тарский считает, что это противоречие возникает благодаря «семантической замкнутости» естественного языка, т. е. благодаря тому, что в этот язык входят и предложения, и имена этих предложений, и семантические предикаты — «обозначать», «истинно», «выполнять» и т. п. Для устранения таких парадоксов А. Тарский считает необходимым разделить язык на две части: 1) объектный язык и 2) метаязык.

Определение истины должно формулироваться только в метаязыке. В этом случае парадоксов не возникает и по этой причине семантическое понятие истины не только является одним из основных понятий логической семантики, оно существенно уточняет и общефилософское представление об истине.

Кроме А. Тарского, данную проблему изучали и другие математики. К аналогичным выводам о необходимости системы двух языков почти одновременно пришли и К. Гёдель [34], А. Чёрч [39]. Некоторые важные результаты в данном направлении были высказаны ещё Г.В. Лейбницем [21].

Если пытаться рассматривать теорию смысла знаний с единых позиций, то здесь вся сложность заключается в том, что истинность слишком сильно связана с интуицией. А эта категория пока слишком мало изучена, здесь много мистики, но если бы найти возможность её формализовать, то в итоге получилась бы та количественная мера, которую можно было бы положить в основу методического инструментария комплексной оценки смысла знаний.

И многие исследователи брались за исследование этой проблемы. Но здесь выявляется следующее

интересное обстоятельство. Во всех работах практически нет их продолжения, нет развития этих идей. Создаётся впечатление, что у этих исследователей весь результат сводится только к общим словам и благим пожеланиям. Они, безусловно, очень правильные, полезные, интересные, но не обладают конструктивным потенциалом, там нет методик их применения, а, следовательно, отсюда исходит невозможность их практической реализации.

Как мы видим, именно поэтому представляется целесообразным, как один из вариантов, который предположительно будет иметь внедренческое продолжение, полезно рассмотреть проблему истинности с позиций такого сложнейшего и универсального устройства, как мозг. Потому что мозг, как устройство, не только сам генерирует знания и одновременно получает знания от других, но также и определяет их истинность, как ещё одну дополнительную координатную ось.

1.2. Некоторые аспекты истинности научных знаний

Найти решение задачи без обеспечения необходимого доказательства его истинности — это может и компьютер. Здесь ему принадлежит очевидное преимущество, и в первую очередь — за счёт скорости вычислительных процедур. Но пока только мозг человека может решать задачу формирования управленческого решения с учётом им же самим сформированной компоненты истинности этого решения. Пока мозг не удостоверился в истинности решения, процесс его поиска будет продолжаться. Это долгий, трудный и часто

болезненный, а иногда и бесполезный, процесс. Есть задачи, поиск истинности решения которых длится годами, десятилетиями, а окончательное решение принимается тогда и только тогда, когда наступает момент истины, т.е. убеждённости в его правильности.

Для подтверждения справедливости использования данного подхода имеются серьёзные основания. Очень кратко их можно сформулировать в виде следующих логически взаимосвязанных утверждений.

Утверждение 1. Истинность — это субъективное чувство реальности существования изучаемого объекта познания и одновременно индикатор адекватности нашего знания реальности (по Аристотелю).

Определим термин знание как отражение объекта познания в головном мозге субъекта познания плюс дополнительное чувство уверенности субъекта, что это отражение есть правильное. Без такой уверенности процесс познания обречён никогда не закончиться.

Эта уверенность субъекта и есть истинность.

Истинность является неотъемлемой дополнительной частью знания.

На важность истинности указал Р.Д. Люгер [23], который счёл необходимым создать даже целую систему поддержки истинности: «Структуры представления и процедуры поиска, отслеживающие рассуждения логической системы, называются системами поддержки истинности, или СПИ. При аннулировании рассуждений СПИ сохраняют непротиворечивость базы знаний, отслеживая заключения, которые позднее могут быть оспорены».

Утверждение 2. Процесс формирования управленческих решений в условиях воздействия факторов неопределённости рассматривается с точки зрения

семантики как эквивалентный ему процесс генерации новых знаний (НЗ) [12].

В условиях неопределённости настолько трудно найти правильное управленческое решение, что его поиск внешне выглядит как нечто равноценное поиску научного открытия или изобретения. В качестве примеров можно привести огромное количество так называемых нестандартных решений, принимаемых бизнесменами, политиками, полководцами, шахматистами и т.д.

Поэтому можно считать, что в условиях неопределённости с точки зрения семантики формирования управленческих решений и семантики генерации НЗ — это одна и та же технология.

Утверждение 3. Истинное утверждение должно формулироваться в метаязыке (по А. Тарскому).

Для любого из приведённых выше определений истинность достигается за счёт включения нормативно-ценностных факторов образования и функционирования знания в единую систему критериев.

Утверждение 4. Введём, согласившись с приведёнными выше утверждениями, следующее определение термину знание [14]:

**Знание = информация об объекте +
+ дополнительное чувство истинности субъекта.**

Без истинности знание есть просто информация [30], которую человек механически отражает в своём мозге. При этом информация имеет свой материальный носитель — это клетки мозга.

Аналогичные носители имеются и для чувства истинности. Однако информация может храниться ещё и на других материальных носителях (бумага, компьютерная память и т.д.), а вот чувство истинности пока хранится только внутри головного мозга. Вот почему

обычно подсознательно подразумевается, что в знании «истинностная» координатная ось представлена в меньшей степени, а в большей — информационная. Ведь информацию видно на носителе, её можно скопировать, удалить и т.д., а вот с истинностью так сделать нельзя, её невозможно увидеть, скопировать, удалить.

Утверждение 5. Оба процесса — генерация НЗ и доказательство его истинности — мозг реализует, как известно, используя правое и левое полушария.

В процессе мыслительной деятельности правое (дедуктивное мышление) и левое полушария (индуктивное мышление) ведут себя совершенно по-разному, между ними нет общего согласия, хотя они и ориентированы на общее дело — поиск истинности знаний. Если проанализировать работу каждого полушария, то можно установить, что **каждое из них стремится к своему пониманию истинности, а затем оба они стремятся к достижению «общего знаменателя» между ними.**

По существу, истинность служит количественной мерой симметрии между левым и правым полушариями, являясь своего рода дополнением, «подложкой» для непосредственно информации, дополнительной координатой, которая формирует и обеспечивает жизненный цикл знания. Знание живёт ровно столько, сколько живёт его истинность и превращается в информацию, когда чувство истинности его «не поддерживает», исчезает.

Утверждение 6. Процесс генерации НЗ начинается в правом полушарии на основании интуиции и представляет собой единство двух одновременных и параллельных процесса: 1) формирование некоторого умозаключения в изучаемой предметной области (т.е. непосредственно НЗ) и 2) формирование чувства

абсолютной уверенности (истинности) этого умозаключения.

Интуиция занимает одно из центральных понятий в науке о мозге [3, 5, 7, 10] и сводится к следующим аспектам:

- подчёркивание момента непосредственного интуитивного познания, достижимого без предшествующего рассуждения;
- уверенность в правильности результата, как бы ничем не оправданная;
- значимость предварительного накопления знаний (длительная подготовка ума, предшествующие знания и опыт).

Отмеченные свойства выделяют особую роль именно неосознаваемости истоков интуиции правого полушария в создании прорывных, конструктивных творческих решений при генерации ИЗ.

Утверждение 7. Информация об объекте, как предметно-содержательная часть знания, состоит из некоторого количества элементарных высказываний. Эти элементарные высказывания являются ничем иным, как аргументной основой знания. Они раскрывают, поясняют и доказывают смысловое — информационное — содержание знания.

Множество элементарных высказываний, по существу, есть перечень аргументов, в общем случае не имеющих структуры. Однако истинности элементарных высказываний допускают возможность их ранжирования (например, по убыванию) и, как следствие, образуют некоторое распределение истинностей на множестве элементарных высказываний. Одновременно истинность в условиях неопределённости становится первичной основой, которая более значима для