

УДК

*Ладыгина Дарья Дмитриевна*

*студентка*

*Московский Государственный Педагогический Университет*

*Научный руководитель: Майстат М. А., к. п. н., доц.*

*Россия, Москва*

*Russia, Moscow*

## **РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ИЗУЧЕНИИ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ПОЛИТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И ПРОЦЕССОВ**

*Аннотация: целью данной статьи является оценка использования математических инструментов и методов в современной политической науке. Кратко рассмотрено, как эволюционировало использование математики, а также взаимосвязь эволюции с различными методологическими подходами, в которых используется математика, и с предметами исследования в каждой из различных подобластей политической науки. Также на основе проведенного литературного анализа показаны два фактора, лежащих в основе использования математики в политологии. На основе этих данных стало возможно сделать вывод какова роль математических моделей в изучении тенденций развития политических явлений и процессов.*

*Ключевые слова: математика, политология, тенденции развития, модели, анализ.*

*Ladygina Darya Dmitrievna*

*student*

*Moscow State Pedagogical University*

*Scientific supervisor: Ivanov A.A. Maistat M. A., Candidate of Political*

*Science, Associate Professor*

## **ROLE OF MATHEMATICAL MODELS IN STUDYING TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF POLITICAL EVENTS AND PROCESSES**

*Abstract: The purpose of this article is to assess the use of mathematical tools and methods in modern political science. It briefly discusses how the use of mathematics has evolved, as well as the relationship of evolution with the various methodological approaches that use mathematics, and with research subjects in each of the different sub-areas of political science. Also, based on the conducted literary analysis, two factors are shown that underlie the use of mathematics in political science. On the basis of these data, it became possible to conclude what is the role of mathematical models in the study of trends in the development of political phenomena and processes.*

*Keywords: mathematics, political science, development trends, models, analysis.*

## **1. Вступление**

Политология - одна из последних дисциплин, которая начала широко использовать математику. В течение первой половины этого столетия математические формулы использовались в политической науке меньше, чем в психологии, экономике и даже истории. На самом деле политическая наука изначально задумывалась как наука о государстве - изучение государственных институтов с юридической точки зрения – и была тесно связана с изучением моральной философии и истории политической мысли. При такой судебно-законодательной направленности неудивительно, что в начале XX века политическая наука практически не использовала математику.

В начале 1940-х годов основное внимание уделялось поведенческому механизму и изучению человека и его окружения. В это время был проведен ряд эмпирических исследований, показавших необходимость использования определенных математических инструментов для рационализации и упорядочения растущего объема обрабатываемых данных [9].

Однако этот процесс внедрения использования математики среди политологов не был непрерывным. С 1970 - х годов подход рационального выбора стал более распространенным, и математические модели стали широко

использоваться [10]. Преимущества математического моделирования состоят в том, что они предоставляют язык, который проясняет предположения и следствия гораздо лучше, чем вербальный язык, что позволяет глубже проникнуть в линию рассуждений, и они представляют собой подлинные теории, которые можно противопоставить эмпирическим данным.

Использование математических моделей важно для вывода теоретических следствий, вытекающих из определенных начальных условий. Данное утверждение является верным в такой дисциплине, как политология, поскольку явления, за которыми наблюдают исследователи за частую имеют двойное значение.

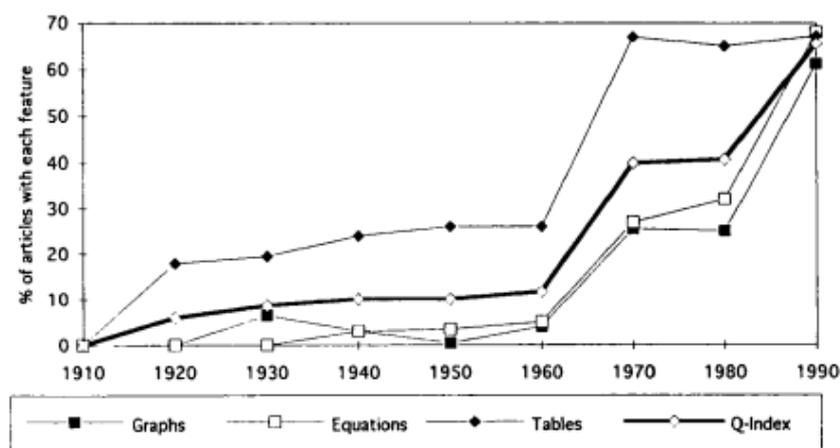
## **2. Взаимосвязь математики и политики: математические модели, используемые в политике**

Элементарный анализ показывает, как использование математики в политической науке увеличилось с течением времени. В исследовании, проведенном [7], автор записал процент таблиц, уравнений и графиков, используемых в *American Political Science Review* за эти годы, а также среднее из трех значений  $Q$ , которое он назвал 'индексом количественного формализма'. Эти данные показывают, как процент статей, использующих таблицы с данными, начал увеличиваться с 1920-х годов, в то время как процент, использования уравнений и графиков по - прежнему оставались низкими. Начиная с 1950-х годов процент статей, использующих таблицы, увеличился еще больше, как и процент статей, использующих графики и уравнения. Однако по мере приближения 1980-х годов, использование таблиц стабилизировалось примерно на 65%, уравнений - примерно на 32% , а графиков - примерно на 28%. Грубо говоря, в 1980-х годах число статей, использующих данные, было вдвое больше, чем число статей, использующих уравнения, и в два-три раза больше, чем число статей, использующих графики.

Такой эксперимент был проведен авторами [6] с 1988 по 1992 год. Поскольку изучался только один журнал, цифры сильно колебались, и было трудно установить существенную закономерность. Для того чтобы решить эту проблему и выявить тенденцию, могли бы быть использованы два различных подхода: либо рассчитать процентное соотношение таблиц, уравнений и графиков за весь период, либо взять трехлетние текущие средние значения. Этот метод, используемый для сглаживания данных временных рядов, предполагает замену процентной доли за каждый год на среднее значение за три последовательных года: предыдущий год, текущий год и следующий год.

Было показано, что хотя процент таблиц был почти таким же, как и в 1980 году, процент уравнений и графиков зарегистрировал большой рост, до такой степени, что он почти сравнялся с процентом таблиц.

Если вместо того, чтобы взять среднее значение за пять изученных лет, взять цифры за средний год периода (1990) и рассчитать средние значения за три года, то процентные показатели будут еще выше. В этом случае оказалось даже больше уравнений, чем таблиц, и только на 6% меньше графиков.



1 - m - графики уравнения -\*- таблицы - Q-индекс 1

Рисунок 1. Q-индекс количественного формализма (APSR) [4].

Так, из рисунка 1 видно, что индекс количественного формализма вырос с 41,9% в 1980 году до 66% в 1990 году. То есть за десять лет он вырос почти на 25 пунктов, и это увеличение произошло не за счет увеличения количества опубликованных таблиц, а за счет увеличения использования уравнений и

графиков. Когда строим Q-индекс количественного формализма, полученный для APSR с 1910 по 1990 годы (рис. 1) обнаруживаем второй крупный скачок в использовании математики, подобный первому, который произошел между 1950 и 1960 годами.

Если в 1950-х годах скачок был обусловлен поведенческой революцией, то на этот раз он был обусловлен все более широким использованием экономических подходов к политической науке. Хотя все более широкое использование подходов рационального выбора не привело к расширению использования данных как таковых, оно привело к значительному расширению использования уравнений и графиков.

Эти цифры показывают эволюцию использования таблиц, уравнений и графиков только в американском политологическом обозрении. Принимая во внимание тот факт, что из выборки европейских и американских журналов гораздо более репрезентативны для области политической науки, чем одна публикация, актуальным является провести вычисление среднего значения таблиц, уравнений и графиков, а также Q-индекса для 24 исследуемых публикаций, чтобы получить более значимые значения.

Все переменные в исследовании являются непрерывными, за исключением переменной региона с четырьмя категориями, которая указывает место происхождения публикации. Однако, наблюдая значения этих переменных, можно обнаружить, что ни одна из них не распределена таким образом, чтобы быть близкой к нормальному распределению. Группируя данные по каждой переменной в пять классов можно увидеть, что почти во всех случаях наибольшее количество публикаций, то есть режим, находится в первом интервале, что соответствует наименьшему проценту.

Авторами [5] показано, что переменная с математикой имеет среднее значение 48,5 и стандартное отклонение 24,6, что дает коэффициент вариации 0,5. Это указывает на то, что почти 50% статей, опубликованных в политологических журналах, содержат тот или иной тип математики. В

большинстве этих статей используются только таблицы данных, таблицы непредвиденных обстоятельств и описательная и логическая статистика, которые можно сгруппировать вместе как переменные описательные.

Что касается других статистических переменных, то регрессия является далеко не самым широко используемым методом. Его средний процент составляет 16,2% с коэффициентом вариации 1,0, среднее значение для остальных трех статистических показателей переменные, многомерные, причинно-следственные модели и временные ряды невелики: около 3%. Из нестатистических переменных только исчисление имеет довольно высокое среднее значение: 9.2%. Среднее значение теории игр составляет 3,7% [6].

Использование графиков и диаграмм в публикуемых статьях зависит от типа математики, используемой в анализе. Практически все статьи, использующие причинно-следственные модели (почти 90%), содержат диаграммы, как и почти три четверти статей, использующих аналитическую геометрию. Более того, две трети статей, использующих временные ряды, показывают их в графической форме, в то время как несколько меньший процент статей, использующих символическую логику и теорию игр аналогично. Любопытно, что самый низкий процент графиков можно найти в статьях, использующих методы регрессии, и самый высокий – в статьях, использующих причинные модели и временные ряды, которые являются формами регрессионных моделей.

Методы, наиболее часто используемые в эмпирических исследованиях - это описательная статистика, корреляция и регрессия, и именно эти методы в наименьшей степени используют графики. Напротив, хотя также верно, что подход рационального выбора использует мало графиков, уравнений и функций, а широко использует геометрические, символические выражения и теорию игр. Таким образом, если мы рассмотрим тип математики и что характерно для каждого подхода, то исходная гипотеза верна.

Рассмотрим категориальную переменную область, которая указывает на часть мира, где каждая публикация берет свое начало, мы увидим, что это связано с количеством математики, используемой в их статьях. На рис. 2 показана прямоугольная диаграмма переменной With Maths, сгруппированная по регионам происхождения.

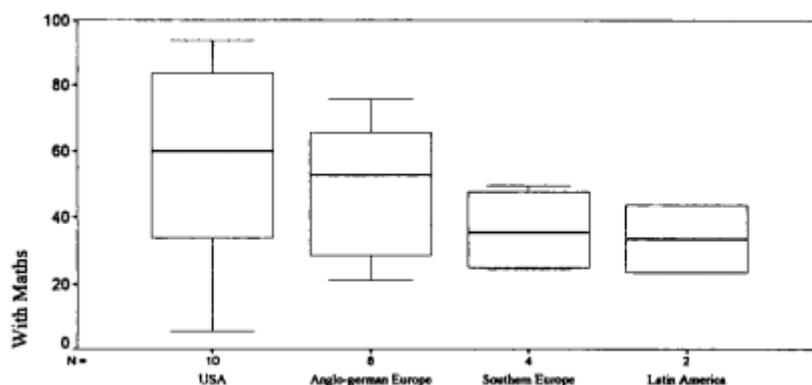


Рисунок 2. % статей по математике по регионам [5].

Линия внутри каждого прямоугольника является наиболее репрезентативным значением для этой группы (медиана), в то время как длина прямоугольника дает представление о соответствующей дисперсности.

Таким образом, видим, что, публикации из США содержат больше математики, чем у коллег из других стран мира. Однако, поскольку переменная с математикой не является очень точным измерением, вполне возможно, что публикации с таким же процентом математики значительно отличаются по типу математики и сложности используемых методов.

Для учета других факторов проведем моделирование.

### 3. Применение моделирования в политической науке

В качестве моделирования был проведен факторный анализ 12 переменных, полученных в результате изучения содержания политологических публикаций, составляющих выборку (выбор переменных базировался на многократности их повторений в публикациях), в попытке выявить скрытые факторы, лежащие в основе этих переменных. Начальная модель сразу же

показала, что только два фактора объясняют более 82% общей вариации двенадцати переменных и что первый фактор превосходит в первых семи переменных и мало превосходит в последних пяти, в то время как совершенно противоположное верно для второго фактора (который перевешивает в последних пяти переменных, но не в первых семи). Чтобы дать теоретическую интерпретацию двум факторам, выделенным в анализе, необходимо рассмотреть значимость переменных, которые имеют наиболее важный вклад в каждом из них. Итак, факторы могут быть: первый из этих факторов включает в себя: описательные, многомерные, регрессионные, причинно-следственные модели. Второй имеет значительный вес в геометрии, исчислении, логике и теории игр. Во введении упоминалось о взаимосвязи между типом высшей математики и методическими подходами, то становится ясно, что переменные, в которых основной вклад дает первый фактор в большой степени являются статистические методы, наиболее используемого эмпирического подхода. В то время как те, в которых вес второго фактора превосходит вклад остальных - представляют собой математические инструменты наиболее типичных аналитических подходов.

По-видимому, первый фактор свидетельствует об использовании большей части количественных методов, разработанных со времени бума поведенческого подхода, имеющего место в 1950-х годах, и который ответственен за первый скачок в использовании математики в политических науках (рис. 1).

Напротив, второй фактор, по-видимому, связан с использованием математических элементов, которые более характерны для рационального выбора, который начал широко использоваться политологами в 1970-х годах.

Поэтому наиболее правильным толкованием представляется следующее: первый фактор представляет методы, наиболее типичные для эмпирически-индуктивного подхода, в то время как второй фактор представляет методы, наиболее типичные для аналитико-дедуктивного подхода.

#### 4. Пример развития ситуации в мире (на примере изданий США, западной Европы и латинской Америки)

Две шкалы, определенные на основе результатов факторного анализа, позволили поместить каждую из проанализированных публикаций в "пространство математического содержания в политологических журналах" на протяжении последних десяти лет, определяемое двумя ортогональными осями.

Использование эмпирически-индуктивных методов в его содержании составляет 60% дисперсии между журналами. На долю аналитико-дедуктивных методов приходится 22% дисперсии (рис. 4).

Публикации, расположенные близко к пересечению двух осей, - это те, которые имеют математическое содержание, близкое к среднему по обоим показателям. А те, что расположены выше и справа, имеют высокое содержание обоих типов математических подходов, в то время как те, что расположены ниже и слева, имеют более низкое математическое содержание. Три публикации в выборке стоят на голову выше остальных. Это Журнал «Комментарии к американской политической науке» (APSR), американский журнал политической науки (AJPS) и журнал теоретической политики (ЖТФ). APSR и AJPS содержат высокий уровень обоих типов математики, характерных для эмпирически-индуктивного подхода и для аналитико-дедуктивного подхода. Они находятся далеко от всех остальных журналов в верхней правой четверти пространства.

С другой стороны, мы находим JTP, который расположен в верхней левой части. Это означает, что она имеет очень высокое содержание дедуктивной математики, но низкое содержание эмпирических методов.

Другими журналами, заслуживающими особого упоминания, являются Journal of Politics (JOP) и Western Political Quarterly (WPQ), оба из которых, согласно их положению в нижней правой четверти, имеют высокое содержание эмпирической математики, даже больше, чем APSR и AJPS, но очень мало дедуктивного содержания. В нижней левой четверти пространства мы находим

иностранное тело – FA - то его расположение указывает на то, что это журнал, который использует наименьшую математику из всех обзоров в выборке.



Рисунок 3. факторы, лежащие в основе использования математики в политологии. Два скрытых фактора всего десять математических переменных. Коэффициенты - факторные нагрузки [7].

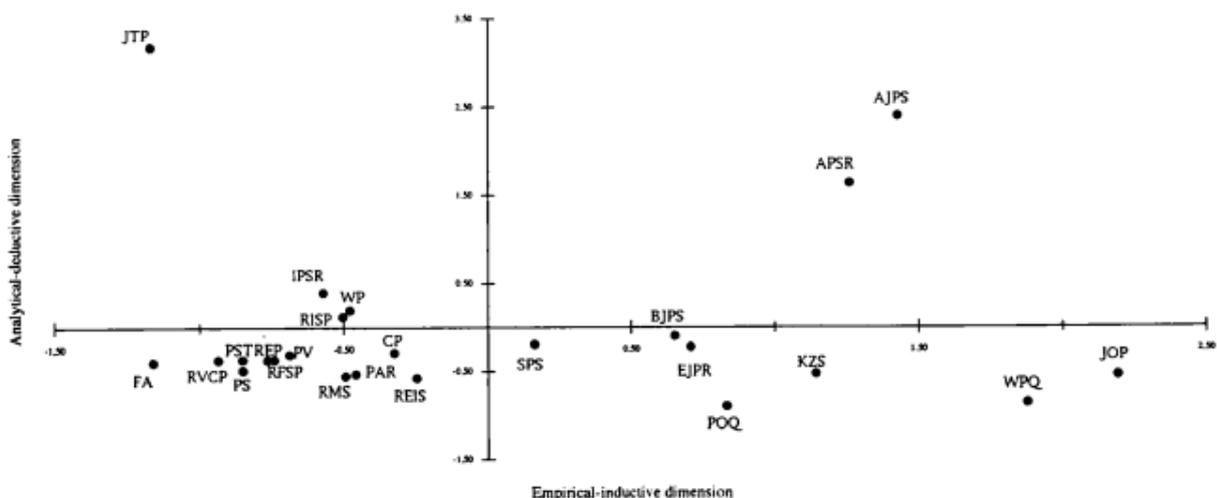


Рисунок 4. Применение математических методов в политологических журналах [5]

Если по этой логике рассмотреть европейские политические журналы, то шесть из восьми проанализированных журналов выше среднего по одному из двух измерений: скандинавские политические исследования (SPS), Европейский журнал политических исследований (EJPR), британский журнал политических исследований Science (BJPS) и Kolner Zeitschrift für Soziologie (US) расположены в нижней правой четверти, что указывает на то, что имеют высокое эмпирическое содержание, в то время как International Political Science Review (IPSR) и журнал теоретическая политика (JTP) находится в верхней левой четверти, что свидетельствует о высоком аналитическом содержании.

Только политические исследования (PST) и Politische Vierteljahresschrift (PV) находятся ниже среднего значения в обоих измерениях. В свою очередь, положение американских журналов в пространстве усиливает идею большой дисперсии, которую мы извлекли из анализа переменной (рис. 2). Хотя бесспорно, что ведущими журналами в обоих измерениях являются американские публикации, APSR и AJPS, также верно, что журнал в худшем положении с точки зрения его математического содержания, Foreign Affairs (FA), находится в США. Однако следует помнить, что данное издание имеет международную направленность, адресованную главным образом дипломатическим и государственным служащим, вполне естественно, так что математика почти не используется. Тем не менее, FA - не единственное американское издание ниже среднего по эмпирическому и аналитическому измерению. Сюда же следует отнести и сравнительную политику (KP), государственное управление Review (PAR) и PS: Political Science & Politics (PS).

Также следует отметить, что южноевропейские и латиноамериканские публикации почти все находятся в нижнем левом углу, что означает, что их использование обоих типов математики ниже среднего. Единственным исключением является Rivista Italiana de Scienza Politica (RISP), который расположена в пространстве слева, немного выше горизонтальной оси. Это

означает, что он использует дедуктивно-аналитический подход несколько чаще, хотя и имеет низкое содержание в эмпирических индуктивных методах.

## 5. Заключение

На основе вышеизложенного материала, можно обозначить следующие применяемые подходы:

- эмпирико-индуктивный подход, поскольку он в основном использует статистические методы для анализа данных;

- аналитико-дедуктивный подход, поскольку он использует рациональные приемы выбора, многие из которых основаны на теории экономических решений.

Эти два методологических подхода соответствуют двум различным политологическим парадигмам: с одной стороны, социологической парадигме, которая характеризовала эту области между 1940 и 1960 годами, а, с другой стороны, экономическая парадигма, которая начала использоваться в 1960-х годах. Оба подхода актуальны и по сегодняшний день.

Соответственно, различные подходы влияют на содержание политологических публикаций. В различных изданиях делается упор на тот или иной подход, в зависимости от личных предпочтений их редакторов или членов редакционных советов. Это можно видеть графически: каждый журнал может быть представлен в пространстве математического содержания, определяемого двумя факторами, согласно которым к конкретным математическим инструментам, содержащимся в публикуемых им статьях.

На сегодняшний день данная тенденция сохраняется. Более того, все большее количество изданий прибегает к такому подходу, что дает возможность представлять подаваемый материал более наглядно.

## Список использованной литературы

1. Alker, H.R. Jr., Deutsch, K.W. & Stoetzel, A.H. (1973). Mathematical approaches to politics.
2. Barry, B. (1970). Sociologists, economists and democracy. London: Collier-Macmillan.
3. Crewe, I. & Norris, P. (1991). British and American journal evaluation: Divergence or convergence?, PS: Political Science & Politics 24(3): 524-31.
4. Garand, J.C. (1990). An alternative interpretation of recent political science journal evaluations. PS: Political Science & Politics 23(3): 448-51.
5. Gilles, M., Mizell, F. & Patterson, D. (1989). Political scientists' journal evaluation revisited, PS: Political Science & Politics 22(3): 613-617.
6. Johnson, N. (1991). Los límites de la ciencia política Madrid: Tecnos [Original title: The limits of political science, 1989].
7. Martin, F. & Goehlert, R. (1990). Political science journal information, 3rd ed. Washington, DC: American Political Science Association. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. Science & Politics 21(4): 828-842.
8. Riba, C. (1993). Una aproximación a la historia de las Matemáticas en la Ciencia Política: enfoques metodológicos y temas de investigación. Barcelona: Dissertation for the Masters in Political Science, Universitat Autònoma.
9. Galbraith, P. & Stillman, G. (2001). Assumptions and context: Pursuing their role in modelling activity. In J. F. Matos, S. K. Houston, W. Blum, & S. P. Carreira (Eds.), Mathematical modelling and mathematics education: Applications in science and technology (pp. 317-327). Chichester: Horwood Publishing.
11. Galbraith, P. & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modeling process. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 38, 2, 143-162.
12. Heys, C. (2008). Getting the best out of Excel. Teaching Mathematics and its Applications, 24, 1, 48-52.

13. Kadijevich, Dj., Haapasalo, L. & Hvorecky, J. (2005). Using technology in applications and modeling. *Teaching Mathematics and its Applications*, 24, 2/3, 114-122.
14. Keune, M. & Nenning, H. (2003). Modelling and spreadsheet calculation. In QX. Ye, W. Blum, K. Houston & Q. Jiang (Eds.), *Mathematical modelling in education and culture: ICTMA10* (pp. 101-110). Chichester, England: Horwood Publishing.
15. Parramore, K. (2007). Enlisting Excel. *Teaching Mathematics and its Applications*, 26, 2, 73-78.
16. Teo, T. S. H. & Tan, M. (1999). Spreadsheet development and ‘what-if’ analysis: quantitative versus qualitative errors. *Accounting, Management & Information Technologies*, 9, 3, 141-160.
17. Sánchez, M. (2010, March 12). Gobierno y matemáticas [Video file]. Retrieved from: <http://www.youtube.com/watch?v=I1s2exbD5T>
18. Secretaría de Educación Pública (2006). *Reforma de la Educación Secundaria. Fundamentación*
19. Curricular. Matemáticas. Mexico City: SEP. Retrieved from <http://kortlink.ruc.dk/WKZDQ>
20. Skovsmose, O. (2004). Critical mathematics education for the future. Regular lecture presented at the 10th International Congress on Mathematical Education, 4-11 July, 2004, Denmark. Retrieved from [http://www.icme10.dk/proceedings/pages/regular\\_pdf/RL\\_Ole\\_Skovsmose.pdf](http://www.icme10.dk/proceedings/pages/regular_pdf/RL_Ole_Skovsmose.pdf)
21. Skovsmose, O. & Blomhøj, M. (Eds.). (2006). *Kunne det tænkes? – om matematiklæring*. Copenhagen: Malling Beck.
22. Skovsmose, O. & Yasukawa, K. (2004). Formatting power of “mathematics in a package”: A challenge for social theorising? *Philosophy of Mathematics Education Journal*, 18. Retrieved from <http://people.exeter.ac.uk/PErnest/pome18/contents.htm>

23. Trans-Border Institute (2010). Drug Violence in Mexico. Data and Analysis from 2001-2009.