

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Джамалудинова Марина Жамалудиновна

Выпускная квалификационная работа

**Применение модели типа Лотки-Вольтерра
в задачах экономики**

Направление 0104000

Прикладная математика, фундаментальная информатика и
программирование

Научный руководитель,
кандидат физ.-мат. наук,
доцент
Сwirкин М. В.

Санкт-Петербург

2016

Содержание

Введение	3
Постановка задачи	5
Обзор литературы	6
Глава 1. Влияние экономики на геополитический статус	10
§1.Геополитическая экономика	10
§2.Геополитический статус	12
Глава 2. Построение математической модели	15
§1.Существующие математические модели	15
§2.Моделирование задачи типа Лотки-Вольтерра	19
§3.Классификация и выбор параметров модели	24
Глава 3. Исследование модели и результаты	27
§1.Сбор и анализ данных	27
§2.Применение модели	29
§3.Анализ полученных результатов	31
Заключение	32
Список литературы	33
Приложение	35

Введение

Математическая модель Лотки-Вольтерра, она же модель «хищник-жертва», имеет широкий спектр применения, что позволяет ей описывать множество процессов в области биологии, экологии, экономики, социологии, медицины и так далее. Приведем несколько примеров таких моделей: модель классовой борьбы, модель военных действий, вирусная модель инфекционного заболевания, модель распространения эпидемий, модель выравнивания цен на товар [1].

Разберемся же теперь в сути данной модели. Она представляет собой осуществление дарвинского принципа борьбы за существование, а именно, выживает сильнейший. Томас Роберт Мальтус в своей книге «Опыт о законе народничества» писал следующее: «...если дать нищим милостыню, то человеческий род будет увеличиваться, появится и нехватка пищи». В природе идет борьба, более слабый представитель вида, не справившийся с конкуренцией, погибает, а более сильный и приспособленный побеждает, тем самым продолжая свой род. Стоит отметить, что меняющиеся условия среды с течением времени позволяют изменить дальнейшую судьбу хищника или жертвы. К примеру, хищник может превратиться в жертву. В схеме человек-лиса-заяц, в которой лиса является жертвой по отношению к человеку, но с другой стороны и хищником по отношению к зайцу [5].

В качестве представителя вида выступают не только животные, в зависимости от отрасли применения это могут быть цены, товары, группы лиц, фирмы или государства. Рассмотрим применение модели Лотки-Вольтерра в задачах экономики. Современная экономика является динамической дисциплиной. Причина ее непредсказуемости в том, что ее «элементарной частицей» является человек. Прогнозированием и построением моделей в экономических процессах занимается физическая экономика и синергетика. Задача последней состоит из изучения природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации систем, а также возникновения, устойчивости и распада структур самой различной природы.

В данной работе будет рассмотрена модель гонки вооружений Ричардсона с экономической точки зрения, где характеристики государств будут зависеть от экономических параметров. Экономическое взаимодействие государств характеризуется множеством различных факторов экономического, политического, географического и исторического содержания. Все эти факторы и их взаимодействие повлияли на дальнейшее экономическое развитие стран, что разделило их на три большие группы: развитые страны, развивающиеся страны и страны с переходной экономикой. Несмотря на это разделение государства все равно конкурируют как внутри группы, так и между собой.

Модель хищник-жертва достаточно хорошо описывает процессы конкуренции. Стоит отметить, что конкурентов не обязательно должно быть только двое, их может быть несколько. Увеличение числа параметров повышает степень уравнений модели, что усложняет ее дальнейший анализ и прогнозирование. В таком случае объединение в союзы является хорошим решением. В настоящее время существуют два ярко выраженных экономических союза стран по уровню своего экономического развития: БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай и ЮАР) и Большая семёрка (США, Канада, Япония, Великобритания, Италия, Франция и Германия).

В течение многих лет объект конкуренции государств постоянно менялся, сейчас конкуренция ведётся за экономическое первенство. На экономику страны влияет множество различных факторов, и рассматривать каждый из них весьма трудоёмко. Поэтому в основу модели гонки вооружений можно положить функциональный баланс, который может быть выражен геополитическим статусом, так как он объединяет в себе множество аспектов, по которым данные союзы могли бы конкурировать.

Использование математических методов при изучении динамики поведения параметров модели конкуренции позволяет дать текущий анализ рассматриваемой системы и сделать прогноз на дальнейшее её развитие.

Постановка задачи

В настоящее время идет усиленная глобализация мира, поэтому становятся все более актуальными вопросы соперничества стран между собой за различные ресурсы: от территории и полезных ископаемых до вооружения и экономического первенства.

Целью данной работы является исследование макроэкономического потенциала двух союзов: БРИКС (союз развивающихся стран) и Большой семёрки (союз развитых стран). В качестве математического аппарата предполагается использовать модель Лотки-Вольтерра, а именно модель Ричардсона, в основе которой будут суммарные геополитические статусы входящих в соответствующие союзы стран.

Задача будет заключаться в нахождении коэффициентов данной модели на основе расчетных данных геополитического статуса прошлых лет. Решение поставленной задачи будет производиться в пространстве выбранных параметров с анализом текущего состояния и прогнозом на будущее.

Обзор литературы

При написании данной работы были изучены научная литература и статьи по выбранной теме. Был проведен анализ предметной области и выделены основные работы на рассматриваемую тематику, такие как «Математическая теория борьбы за существование» Вольтерра Вито и «Теоретические и эмпирические модели социальных процессов» Плотинского Ю.М. С помощью данных источников было проведено ознакомление с природой поведения и применением модели хищник-жертва. Несмотря на то, что изначально модель описывала процессы в экологии и биологии, её также применяют в других областях, как например экономика.

Из исследуемых ресурсов была выделена область геополитической экономики. Общетеоретические основы моделирования государства были заложены еще учеными-геополитиками. Рассмотрим одну из таких теорий.

Американский ученый Джеймс Розенау построил модель, которая позволяет проводить анализ внешней политики государств на мировой арене, опираясь на ее геополитический статус. Модель предполагает эмпирическую проверку выводов, сделанных на ее основе. Д.Розенау стремился осуществлять такую проверку, опираясь на количественные данные.

Переменные модели	Описание переменных
<i>Индивидуальные</i>	Уникальные характеристики первых лиц государства: опыт, таланты, ценности
<i>Рольевые</i>	Должность, принадлежность к партии
<i>Правительственные</i>	Структура госаппарата и его влияние на внешнюю политику
<i>Социальные</i>	Свойства конкретного общества : ценности, степень единства, урбанизация и другие
<i>Системные</i>	Относящиеся к внешним условиям существования государства

Таблица 1. Переменные модели мощи государства.

Разбирая важность каждой из переменных, получилось, что на первом уровне важны образование, личные характеристики, круг контактов,

физическое и психическое здоровье, физические характеристики личности.

На втором уровне – объяснение действий личности не сводится только к ее индивидуальности. Такая личность является еще и объектом давления на нее с различных сторон.

На третьем уровне большое значение имеет структура правительства. Например, в авторитарном правительстве лидер может опираться на более узкую политическую базу, чем в демократической системе, подвергая репрессиям противников и применяя силу.

Четвертый уровень анализа отражает все общественные факторы влияния на внешнюю политику, материальные возможности, ценностные ориентации.

Пятый уровень – действия государств по отношению друг к другу зависят от взаимоотношений между ними, т.е. зависят от комбинации характеристик двух государств. Демократии могут поддерживать мир друг с другом, но разница между демократией и соседним диктаторским режимом может привести к их конфликту.

Определив пять групп факторов «по уровню их действия», Д.Розенау подразделил их на «имеющие тенденцию к медленному и быстрому изменению». К первым он отнес территорию, физическую географию, культуру, историческое наследие, ко вторым – ситуационные факторы (спорные вопросы, международные кризисы), личные характеристики лидеров, их талант и опыт. Кроме того, Д.Розенау различал факторы воздействия на внешнюю политику на внешние (относящиеся к международной системе) и внутренние (общество, правительство, политические личности).

На основании выставленных приоритетов, он составил таблицу с примерами.

<i>География и ресурсы</i>	Большие				Малые			
	Развитая		Неразвитая		Развитая		Неразвитая	
<i>Экономика</i>	Закр	Откр	Закр	Откр	Закр	Откр	Закр	Откр
<i>Полит. система</i>	Закр	Откр	Закр	Откр	Закр	Откр	Закр	Откр
<i>Порядок переменных</i>	Рол	Рол	Инд	Инд	Рол	Рол	Инд	Инд
	Инд	Соц	Рол	Рол	Сис	Сис	Сис	Сис
	Прав	Прав	Прав	Соц	Инд	Соц	Рол	Рол
	Сис	Сис	Сис	Сис	Прав	Прав	Прав	Соц
	Соц	Инд	Соц	Прав	Соц	Инд	Соц	Прав
<i>Примеры</i>	СССР	США	КНР	Индия	Польша	Бельгия	Гана	Кения
<i>Конфликт</i>	8	7	6	5	4	3	2	1
<i>Сотрудничество</i>	1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 2. Пример склонности стран к конфликту или сотрудничеству, где 8 соответствует наименьшей склонности, а 1 – наибольшей.

В Таблице 2 всевозможным вариантам переменных соответствуют значения коэффициентов, характеризующих склонность к конфликту и сотрудничеству. Эта теория может быть весьма полезной для расчета силы государства [2].

Методику определения силы государства предложил бывший руководитель Управления разведки и исследований госдепартамента (ставший впоследствии сотрудником Центра стратегических и международных исследований Джорджтаунского университета) Рэй Клайн. По его мнению, наиболее общей исходной точкой в составлении измеримых индексов является объем валовых национальных продуктов. Однако, Р.Клайн считал, что для определения «национальной мощи» [2] еще необходимы данные о политическом развитии, «поскольку оно не корректируется в прямой зависимости с развитием экономики» [2], о способности государств мобилизовать быстро и эффективно свои ресурсы, «поскольку бывает, что экономически сильные страны не способны на это» [2], а также данные о целях государства в использовании силы. В итоге приводится нечто вроде полной «формулы мощи государства»:

$$P = (C + E + M) * (S+W),$$

где P – мощь государства, C – «критическая масса» населения и территории, E – экономический потенциал, M – военный потенциал, S – стратегические цели, W – воля к достижению целей.

Таким образом, Р. Клайн оценивал мощь государства как произведение «физического потенциала» и «национальной стратегии и воли» [13]. Говоря о степени изученности термина могущество государства, можно сказать, что он широко изучен и представлен в научной и технической литературе. Способы его расчета более подробное изложены в работе «Теории международных отношений» Новикова Г.Н. и в статье «Россия в контексте мировой геополитической динамики: количественная оценка исторической ретроспективы, современного состояния и перспектив развития» Винокурова Г.Н., Ковалева В.И., Малинецкого Г.Г., Малкова С.Ю., Подкорытова Ю.А.

Понятно, что роль факторов, по которым определялась сила государства, исторически меняется. Так в XIX веке на одном из первых мест стоял территориально-географический фактор. С середины XX века технологический фактор играет всё большую роль. Могущество государства исторически проявлялось в первую очередь как мощь военная. Но вторая половина XX века показала, что борьба за передел мира, за расширение сфер влияния может вестись не только с применением военной силы, но и путём экономической или финансовой экспансии. Практически в каждом труде внимание уделяется мощи только одного государства, а в данной работе будет рассчитываться сила союза государств, что придает данной задаче новизну и актуальность. В современном мире государству без экономически выгодных союзов крайне сложно сохранять свой статус, и каждая страна стремится заключить более выгодный союз. После тщательного изучения предметной области не было найдено похожих исследований, что еще раз подтверждает новизну данного вопроса и предоставляет возможность для дальнейшего изучения.

Глава 1. Влияние экономики на геополитический статус

§1. Геополитическая экономика

В последние десятилетия для имитационного моделирования широко используется модель «хищник-жертва», которая позволяет комплексно оценить динамику процессов в различных областях (биология, экология, экономика и т.д.), выйти на равновесные уровни исследуемых конкурирующих систем, теоретически спрогнозировать и управлять поведением основных параметров модели. Ввиду сложности и нелинейности таких моделей могут быть использованы различные современные компьютерные пакеты.

В области экономики эта модель достаточно хорошо описывает взаимодействие двух конкурирующих предприятий, отраслей, регионов. Более сложным примером экономического взаимодействия является система мирового рынка. Вместо предприятий мы можем рассматривать государства, а также их союзы. Соперничество может вестись, к примеру, за лидерство в экономической сфере, борьбе за территорию, уровень жизни. Но кроме «мирной» конкуренции существует и военная конкуренция, как например гонка вооружений.

Вспомним прошлое столетие и период холодной войны. Два государства конкурировали между собой по численности и современности военной техники. В наши дни задача конкуренции государств не менее актуальна, только теперь экономические аспекты противостояния наиболее показательны. Сегодня существует множество методов предсказания возникновения конфликтов. Наличие большого количества их объясняется тем, что конфликтам в современном мире может предшествовать столь разное стечение обстоятельств, что трудно охватить их какой-либо одной моделью. Так как мировые ресурсы труда, капитала и земли являются исчерпываемыми, то рассматриваемая динамическая модель конкуренции

между государствами может оказаться вполне адекватной.

Рассмотрим конкуренцию на еще более глобальном уровне, проанализировав взаимодействие союза держав. Победивший союз действует согласно своей макроэкономической политике, удовлетворяя свои интересы. Математические модели динамики конкурирующих агентов в идеале служат определению долгосрочных стратегий. Правительство усердно старается контролировать процесс взаимодействия, вводя налоги и специальные закупочные цены. Моделирование данной ситуации как раз напоминает модель «хищник-жертва».

Важное достоинство динамического моделирования состоит в том, что оно позволяет выявить неочевидные на уровне общих представлений закономерности. Это связано с тем, что даже простые модели способны демонстрировать сложное поведение, если дать им «разогнаться» во времени.

§2.Геополитический статус

Любое государство, существующее в геополитической системе, занимает определенное положение, т.е. имеет статус, который предполагает наличие политического и правового положения государства в рамках международных отношений. Геополитический статус – это политико-правовое положение государства или иного политического субъекта в рамках глобальной геополитической системы, которое характеризует его военно-политическую и экономическую мощь, возможности в решении возникающих в той или иной сфере межгосударственных отношений проблем, т.е. – геополитический потенциал [13].

Для нас важно, что геополитический статус не только характеризует некую совокупную мощь государства, но и определяется ею. Можно сказать, что по физическому смыслу геополитический статус государства – это его ранг в существующей международной иерархической системе государств по уровню экономического влияния в принятии различного рода решений и по радиусу действия этого влияния, определяемый совокупной мощностью государства.

В научной литературе не был найден общепринятый перечень существенных факторов и их атрибутов для оценки мощи государства, которая ставит его на ту или иную позицию в иерархической системе межгосударственных отношений. Соответственно, не была найдена и общепризнанная модель для определения геополитического статуса государства. Из огромного ряда различных параметров геополитического статуса государства мы выделим ключевые параметры.

В качестве существенных групп атрибутов принимаются:

- 1.Географические
- 2.Политические
- 3.Социально-экономические
- 4.Военные.

При этом геополитический статус государства определяется величиной потенциала государства, который вычисляется как сумма значений его геополитических атрибутов, устанавливаемых экспертным путём. Действительно, если сравнивать страны по каким-то отдельным параметрам, то мы можем получить, что по одному показателю страна будет в лидерах, а по другому – в конце списка. Одновременное сравнение дает более точный ответ, но не всегда является удобным [13].

Как правило, определение статуса страны на основе количественных параметров – это лишь начало анализа. Иногда приходится прибегать к дополнительным показателям, так называемым комплексным. Комплексные показатели представляют собой свертку частных показателей, подчиняющихся определенному закону. К примеру, рассмотрим индекс человеческого развития, который представляет собой произведение следующих параметров: ВВП, здравоохранение и образование. Таким образом, модель потихоньку усложняется, тем самым охватывая все большее количество параметров.

Американский геополитик Н.Спайкмен (1893-1943) выделил следующие критерии геополитического могущества государства:

1. Поверхность территории
2. Вооружение
3. Объём населения
4. Уровень ВВП
5. Экономическое и техническое развитие
6. Финансовая мощь
7. Этническая однородность (национальный дух)
8. Уровень социальной интеграции
9. Политическая стабильность
10. Здравоохранение и безопасность.

В силу того, что параметры имеют свою классификацию, то и методы их оценки отличаются [13].

Так, для частных параметров (территория, численность населения и т.д.) применимы следующие подходы: статистический, основывающийся путём экстраполяции существующих тенденций на основе имеющихся данных, и эмпирико-теоретический подход, основанный на прогнозе параметров с помощью специализированных математических моделей.

При анализе комплексных параметров выделяются два подхода. Первый подход состоит из автономного анализа частных показателей и последующей их свертки, логика которой устанавливается экспертным путём. Второй подход заключается в формировании показателя на основе результатов математического моделирования.

Глава 2. Построение математической модели

§1. Существующие математические модели

Вернемся же теперь к модели хищник-жертва, а именно к модели Ричардсона гонки вооружений. Математическая модель представляет собой систему из двух линейных дифференциальных уравнений, определяющей структуру поведения системы:

$$\begin{cases} \dot{x} = -ax + by + r \\ \dot{y} = mx - ny + s \end{cases} \quad (1)$$

где $x(t)$ и $y(t)$ – расходы на вооружение одной и другой страны соответственно. Константы a и b регулируют реакцию одной страны на вооруженность страны-оппонента, члены ay и bx обуславливают целостность модели, связывают между собой два уравнения. Константы m и n задают ограничения роста вооружений: чем больше у государства военных расходов, тем сильнее недовольство населения; члены mx и ny не дают странам наращивать вооружения бесконечно. Параметры r и s характеризуют «державные притязания», «агрессивность» или «экспансионизм» каждой из стран. Отрицательные значения r и s содержательно соответствуют «миролюбивой» внешней политике [3].

Параметры s и r задаются исследователем; остальные параметры являются решением системы (1) и представляют собой матрицу коэффициентов, которая и характеризует структуру модели [3]. Таким образом, динамическая стабильность системы (устойчивость системы во времени) определяется не конкретным показателем, а характером связи между траекториями движения элементов системы во времени.

Такое рассуждение в значительной мере отражает суть динамического подхода. Также отметим, что очень простая модель Ричардсона основана на глубокой, теоретически плодотворной установке: кризис может быть вызван

диспропорциями в развитии отдельных компонентов системы.

Политологи установили, что для анализа большинства серьезных международных конфликтов за последние 200 лет можно использовать модель Ричардсона. Оказалось, что из 30 конфликтов, сопровождавшихся гонкой вооружений, 25 закончились войной. При отсутствии гонки вооружений только три из 70 конфликтов привели к войне.

В модели Ричардсона система отношений между двумя конфликтующими государствами описывается двумя числовыми характеристиками: расходами на вооружение одной страны и расходами на вооружение другой страны. Гонка вооружений является стабильной в том случае, когда скорости (производные) обоих процессов равны или примерно равны. В этом случае конфликт не приводит к военному противостоянию. В нестабильной гонке вооружений наблюдаются диспропорции в динамике уровня «вооруженности» одной и другой страны, и такая гонка вооружений должна заканчиваться войной. Примеры стабильной и нестабильной гонок вооружения (в первом случае – между НАТО и Организацией Варшавского договора, во втором – между Ираком и Ираном) приводятся на рисунке ниже (рис. 1).

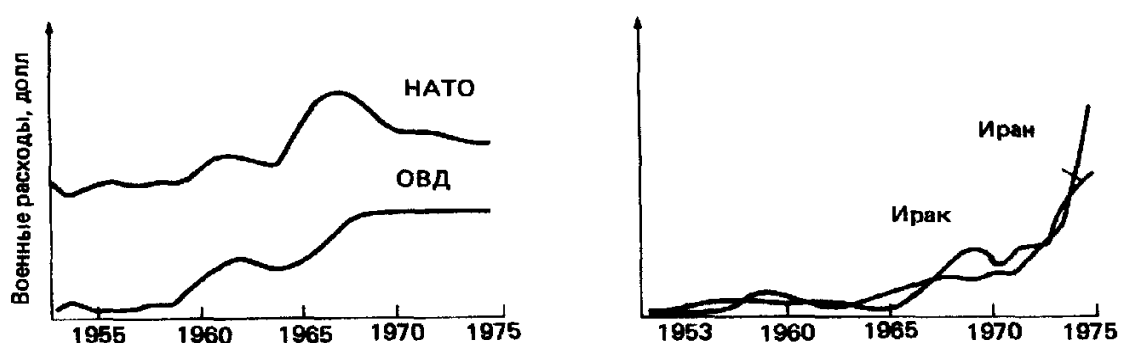


Рис. 1. Графическая интерпретация модели.

В настоящее время между странами не ведется гонка вооружений [3]. Страны конкурируют между собой по многим другим показателям, которые в сумме позволят им занять лидирующее положение в мире. По большей части все эти показатели зависят от экономики страны и ее макроэкономической

политики. Некоторые страны объединяются в союзы по уровню своего экономического развития. Большинство современников оперируют категорией «сила государств» в своих теоретических конструкциях и пытаются измерить ее, предлагая различные шкалы, в которых учитывались как физические величины (население, национальный доход и т.д.), так и параметры психологии и социально-политических качеств. Были разработаны различные варианты шкал. Но для более точной характеристики государств, их положения в международной системе, для количественного анализа в моделировании нужны сложные схемы.

В настоящее время наиболее известной моделью геополитического статуса является модель корпорации RAND. Геополитическая мощь или сила государства представляет собой безразмерную свертку двух групп параметров: частных параметров, которые именуются геополитическим потенциалом, и комплексными параметрами. Общая формула силы государства имеет вид:

$$S(t) = F_A(t) * G(t),$$

где $S(t)$ – статус в момент времени; $F_A(t)$ – «функция влияния», определяющая совокупное влияние указанных выше факторов, не связанных явно с геополитическим потенциалом; $G(t)$ – геополитический потенциал, определяемый по следующей формуле:

$$G(t) = 0.5 * (1 + \dots) * \dots * \dots ,$$

где X_i ($i = T, D, E, M$) – доли государства в общемировых показателях в территориальной, демографической, экономической и военной сферах соответственно. Значения констант-показателей рассчитывались методом наименьших квадратов, данные для которого брались из соответствующих статистик [8].

Военный показатель высчитывается по следующей формуле:

$$X_M = 0.5 * X_{M1} * (0.5 * (X_{M2} + X_{M3}) + X_{M4}),$$

где X_{Mj} ($j=0, 1, 2\dots$) – доли страны в общемировых показателях военных расходов, военный потенциал армии, военный потенциал ВМФ и

стратегический ядерный потенциал [8;9].

Для функции F_A была получена следующая формула:

$$F_A = \frac{J \cdot Y \cdot W_a \cdot W_G \cdot n_B \cdot N_B \cdot G_i}{k_U}$$

Данная функция представляет собой произведение множителей, характеризующих, соответственно, качество государственного управления, экономическую и военную независимость, а также «прибавку», которую получает страна при вступлении в военно-политический союз. Разберемся теперь более подробно со всеми обозначениями:

k_U – параметр управления, определяемый экспертным путём,

J, Y – объем импорт и ВВП страны,

W_a, W_G – общая численность на территории страны иностранных войск и национальной армии,

n_B, N_B – число членов конкретного блока и общее количество стран-участниц различных коалиций,

G_i – геополитический потенциал i -го государства.

В качестве итога составим краткий алгоритм дальнейших действий [6;7]:

- Интерпретировать систему хищник-жертва для нашей задачи
- Модифицировать модель геополитического статуса для данной системы
- Задать параметры модели на основе эмпирических данных
- Исследовать их и определить интервал времени, для которого будут производиться выкладки
- Провести расчеты для рассматриваемых промежутков времени, с целью получения значений параметров нашей системы
- Проанализировать текущее состояние и сделать вывод, на основе полученных расчетов.

§2. Моделирование задачи типа Лотки-Вольтерра

Основываясь на предварительном изучении предметной области, ее проблем и подводных камней макроэкономической политики, в современном мире.

Глобализация мира очень актуальная тема в наши дни. Эта тема тесно переплетается с вопросом соперничества стран между собой за различные ресурсы: от территории и полезных ископаемых до вооружения и экономического влияния. Целью данной работы является исследование макроэкономического потенциала двух союзов: БРИКС (союз развивающихся стран) и Большой семёрки (союз развитых стран). В качестве математического аппарата будем использовать модель Лотки-Вольтерра, а именно модель Ричардсона. Имеем следующую систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right. \quad (1)$$

Решением системы (1) являются функции $x(t)$ и $y(t)$, которые представляют собой зависящие от времени значения геополитического статуса союзов БРИКС и Большой семёрки, соответственно. Задача будет заключаться в нахождении коэффициентов a , b , m , n данной модели на основе расчетных данных геополитического статуса прошлых лет. Значение параметров r и s характеризуют «волю» союза, то есть настроенность друг против друга и будут задаваться экспертным путём.

После нахождения коэффициентов, можно будет получить общий вид модели для БРИКС и Большой семёрки, провести анализ текущих данных и сделать прогноз на будущее.

Проведем элементарный анализ модели. Одним из важнейших свойств, которые разумно потребовать, является стабильность. Модель работает, хотя, конечно, не идеально, так как не в состоянии охватить все возможные

варианты. Однако, в случаях краткосрочных прогнозов модель Ричардсона в целом эффективна, и – что существенно – лучше неё не работает никакая другая модель.

Желательно, чтобы система находилась в состоянии равновесия [3]:

$$\text{---} \quad \text{---} \quad (2)$$

Из (2) условия равновесия записываются в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} = 0, \\ 0. \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \\ 0. \end{array} \right. \quad (4)$$

Из (3) и (4) определим и рассмотрим геометрическую интерпретацию линейного уравнения (5) на фазовой плоскости (x, y) (рис.2):

$$\left\{ \begin{array}{l} y = (m/a)x - r/a, \\ y = (b/n)x + s/n. \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \\ y = (b/n)x + s/n. \end{array} \right. \quad (6)$$

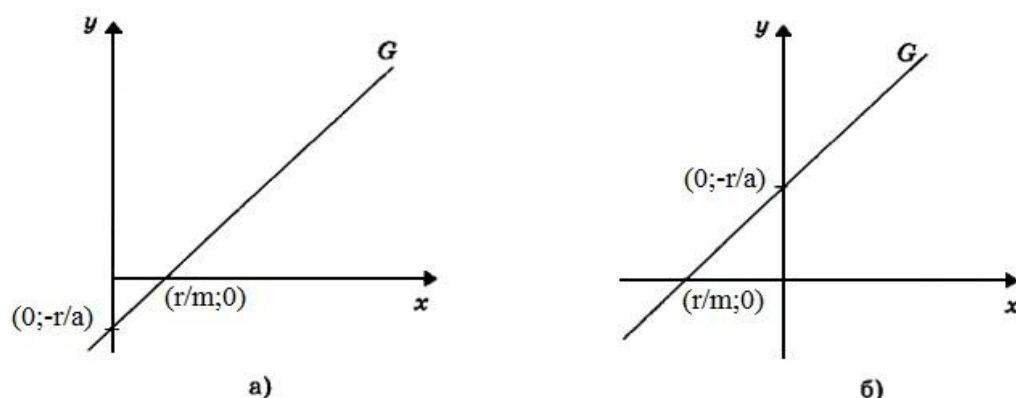


Рис.2. Геометрическая интерпретация уравнения (5): а) $r > 0$; б) $r < 0$.

Для всех точек прямой G имеем $dx/dt = 0$. Можно сказать, что первое уравнение системы (1) задает горизонтальную компоненту скорости движения точки в фазовой плоскости, а второе уравнение – вертикальную. Ясно, что если в некоторой точке фазовой плоскости $dx/dt > 0$, то $x(t)$ возрастает, и решение системы движется от этой точки вправо, а если $dx/dt < 0$, то влево. Аналогично, если $dy/dt > 0$ (< 0), то точка движется вверх (вниз).

Из школьного курса алгебры известно, что прямая G делит плоскость (x, y) на две полуплоскости. Для всех точек одной полуплоскости $dx/dt > 0$, а другой полуплоскости $dx/dt < 0$. То есть первое уравнение системы (1) как бы

заставляет точки притягиваться по горизонтали к прямой G . Аналогичное утверждение верно для второго уравнения этой системы и прямой Z (вертикальное притяжение) (рис.3) [3].

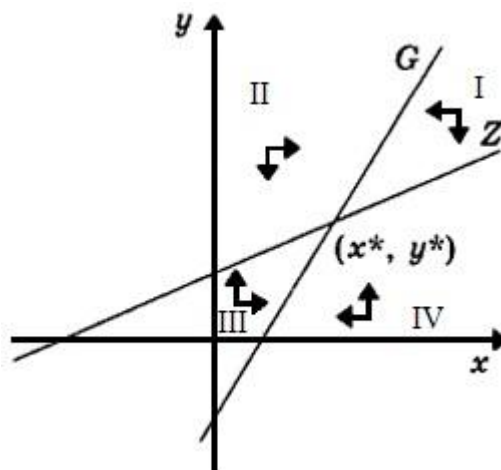


Рис.3. Точка равновесия в первом квадранте

Прямые G и Z делят первый квадрант на четыре области, обозначенные римскими цифрами I, II, III, IV.

Рассмотрим поведение модели Ричардсона при $t \rightarrow \infty$. Возможны три случая:

1. *Бесконечная гонка вооружений:* $x \rightarrow \infty$ и $y \rightarrow \infty$.

2. *Взаимное разоружение:* $x \rightarrow 0$, $y \rightarrow 0$.

3. *Равновесие вооружений:* $x \rightarrow x^*$, $y \rightarrow y^*$, где y^* , $x^* > 0$. Точка равновесия (x^*, y^*) находится на пересечении прямых G [уравнение (3)] и Z [уравнение (4)] (см. рис.3).

Легко показать, что если $r > 0$ и $s > 0$, то точка пересечения G и Z лежит в первом (см. рис.3) или третьем (рис.4) квадранте [3].

Стрелки на рис.2 показывают горизонтальную и вертикальную составляющие движения точки, находящейся в той или иной области фазовой плоскости. В варианте, показанном на рис.2, из любой начальной точки решение со временем приходит в точку равновесия, достигается "баланс сил", причем независимо от начального уровня вооружений. Из рис.3 видно, что если начальная точка попала в область II, то $x \rightarrow \infty$ и $y \rightarrow \infty$.

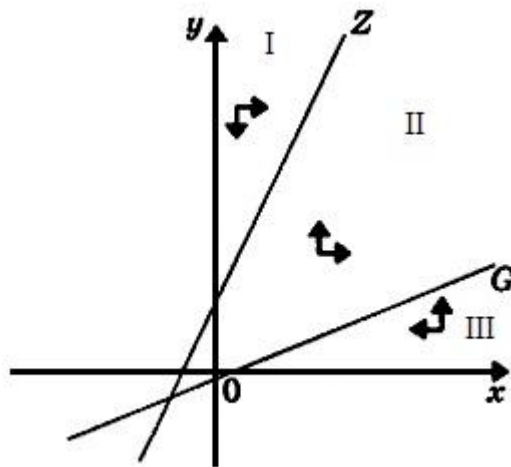


Рис.4. Точка равновесия в третьем квадранте .

Рассмотрим ситуацию, когда по меньшей мере один из коэффициентов $r, s < 0$ (рис.5).

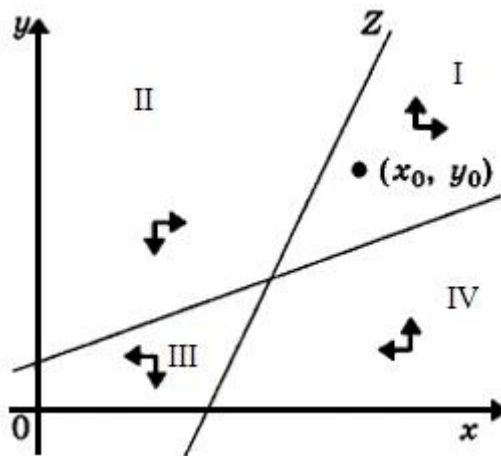


Рис.5. Поведение системы при $r < 0$ или (и) $s < 0$.

Если начальный уровень затрат, т.е. точка (x_0, y_0) , находится в области I, то гонка вооружений будет бесконечной. Если начальная точка находится в области III, то решение системы (1) также "уходит" от равновесия (x^*, y^*) , но зато стремится к точке $(0, 0)$ (взаимное разоружение).

Таким образом, наличие у одного или обоих государств "доброй воли" ($r, s < 0$) не гарантирует удовлетворительного исхода гонки вооружений. Все зависит от начального состояния системы [3].

Очевидно, что поведение модели Ричардсона зависит от соотношения коэффициентов a, b, m, n и знаков r, s . Имеют место четыре возможных случая:

1. Если $mn - ab > 0, r > 0, s > 0$, то существует точка равновесия.
2. Если $mn - ab < 0, r > 0, s > 0$, то логика модели ведет к неограниченной эскалации гонки вооружений.
3. Если $mn - ab > 0, r < 0, s < 0$, то гарантируется полное взаимное разоружение.
4. Если $mn - ab < 0, r < 0, s < 0$, то пессимистичность или оптимистичность прогноза существенно зависит от начального состояния.

§3. Классификация и выбор параметров модели

В нашей модели в качестве параметров будут выступать значения геополитического статуса, рассчитываемого по следующей формуле:

$$S(t) = F_A(t) * G(t),$$

$$G(t) = 0.5 * (1 + \frac{W_a}{W_G}) * \dots * \dots ,$$

$$F_A = \dots - \dots - \dots .$$

Данная формула дает значение геополитического статуса для конкретной страны, а нам же нужно данное значение для союза. Для этого введем некоторые изменения в формулу [4; 8].

Во-первых, отметим, что значение множителей функции $G(t)$ является количественным показателем. Следовательно, чтобы подсчитать значение этой функции для союза, мы можем просуммировать по странам все сомножители функции, то есть найти общую площадь союза, общую численность населения и т.д., как если бы союз представлял собой одно государство.

Во-вторых, в силу того, что у стран различные политические режимы, найти общий параметр управления не удастся. Учитывая и тот факт, что вес этого множителя в значении функции 0.11, мы можем им пренебречь и исключить из формулы.

В-третьих, изменим параметры третьего множителя функции F_A . Теперь W_a, W_G – общая численность регулярных войск и резерва армии.

В-четвертых, обратим внимание на последний множитель функции F_A . Он характеризует собой вклад страны в коалицию, если страны в таковой состоит. Но так как нам важно взаимодействие двух союзов как целостных государств, вклад отдельных субъектов рассматриваться не будет.

Таким образом, конечный вариант подсчета геополитического статуса имеет вид:

$$S(t) = F_A(t) * G(t),$$

$$G(t) = 0.5 * (1 + \dots) * \dots * \dots ,$$

$$F_A = \quad - \quad \text{————} \quad .$$

Исходя из выше изложенного, ниже приведен перечень первичных факторов, которые являются наиболее существенными:

1. Стратегический территориально-географический фактор X_T – как фундамент позиционирования во внешнем мире и защиты суверенитета государства. Данные берутся из [12].
2. Демографический фактор государства X_D – как духовно-материальная способность населения обеспечить военно-стратегическое, экономико-технологическое и финансово-торговое позиционирование государства во внешнем мире. Данные берутся из [11].
3. Экономический фактор X_E – как способность государства сохранить занятую экономико-технологическую позицию или обрести новую, более высокую. В качестве коэффициента, изменяющего совокупную базовую мощь государства, в первом приближении может быть использовано, например, значение ВВП (валового внутреннего продукта). Данные берутся из [9].
4. Военно-стратегический фактор X_M – как способность государства защитить своё позиционирование в мире, обеспечить возможность безопасного и стабильного экономического развития, навязать свою политическую волю. Данный фактор составляется на основании расходов на вооружение, численности регулярный войск, единиц военной техники (танки, авиация, морской флот) и наличия ядерного оружия. Данные берутся из [10].

Ниже приведен перечень вторичных факторов:

1. Военно-человеческий фактор ————— – как способность государства защитить своё позиционирование в мире, навязать свою политическую волю. Характеризуется отношением численности

регулярных войск, к общему числу войск (регулярные и резервные войска). Данные берутся из [10].

2. Финансовый фактор – – как способность государства сохранить занятую финансово-торговую позицию или обрести новую, более высокую. Представляет собой отношение доли импорта к доле ВВП. Данные берутся из [9; 14].

Из структуры модели геополитического статуса государства видно, что вклад каждого вторичного фактора зависит не только от его роли в общей динамической мощи государства, но и от его веса в общемировых затратах по этому фактору.

Глава 3. Исследование модели и результаты

§1. Сбор и анализ данных

Для дальнейшей работы нам необходимы данные о наших странах, входящих в союзы. Итак, в БРИКС входят Бразилия, Россия, Индия, Китай и ЮАР (с 2011года). Состав Большой семёрки (Большой восьмёрки до 2014 года) состоит из следующих стран: США, Канада, Япония, Франция, Великобритания, Италия, Германия и Россия (до 2014 года). В качестве первой даты мы выбрали 2001 год, так как это дата основания БРИКС, тогда ещё БРИК.

Соберем имеющиеся данные из [9;10;11;12;14] в таблицы для удобства их использования. Чтобы не загружать основную часть работы, вынесем все таблицы в Приложение, оставив лишь таблицы с итоговыми значениями. Сначала рассмотрим все данные для БРИКС, а после для Большой семёрки.

<i>БРИКС</i>	2001	2006	2011	2015
X_M	118133681,4	451107518,6	531153059,8	570395452,1
$G(t)$	3463824,53	6945003,04	8919605,29	10014256,4
$F_A(t)$	0,417999	0,366126	0,425694	0,425701
$S(t)$	1447878	2542750	3797023	4263081

Таблица 3. Итоговая таблица значений для БРИКС.

<i>Б7</i>	2001	2006	2011	2015
X_M	516843149,5	947387901	1187539098	607379716,4
$G(t)$	6748717,13	9246110,56	10760365,2	7432326,86
$F_A(t)$	0,365622	0,342872	0,334963	0,2909
$S(t)$	2467477	3170236	3604328	2162066

Таблица 4. Итоговая таблица значений для Большой семёрки.

Составляющие параметры нашей модели делятся на две группы: количественные и качественные. Среди первых следует отметить, что территория стран является постоянной ненулевой переменной, так как за последние годы территория границ государств не изменялась, за

исключением присоединения Крыма к России. Среди вторых отметим параметр военной мощи, который представляет собой функцию, зависящую от количества военной техники, ядерного оружия, регулярной армии и военных расходов.

Мы рассматривали значения параметров, начиная с 2001 года, так как это дата основания БРИК (сейчас уже БРИКС после присоединения к союзу ЮАР в 2011 году). Считать значения статуса за каждый год было бы весьма трудоемко, куда практичнее рассмотреть интервал времени сроком в 5 лет. Таким образом, будем исследовать следующие года: 2001, 2006, 2011 и 2015. Так как сейчас 2016 год, то собрать данные не является возможным, поэтому рассмотрим данные за 2015 год.

Теперь проанализируем получившиеся значения геополитических статусов рассматриваемых союзов. Из Таблицы 3 видно, что у БРИКС наблюдается тенденция к постоянному росту. В период с 2001 по 2006 год значение статуса увеличилось на 75%, с 2006 по 2011 год – на 49%, а с 2011 по 2015 год – на 12%.

Из Таблицы 4 можно заключить, что у Большой семёрки первоначально наблюдался процесс увеличения статуса, а после исключение из союза России произошел сильный спад. Так, в период с 2001 по 2006 год было увеличение на 28%, с 2006 по 2011 год – на 13%, а с 2011 по 2015 год статус уменьшился на 40%.

Заметим ещё, что если в 2001 и 2005 году Большая семёрка лидировала с достаточным отрывом, то в 2011 году статусы союзов почти сравнялись, причем новым лидером стал союз стран БРИКС. В 2015 году статус стран БРИКС стал почти в 2 раза больше статуса Большой семёрки. По данным на 2015 год статус Большой семёрки представляет собой величину в 2162066, в то время как если бы Россия была в составе союза, то значение статуса равнялось бы 4040823.

§2. Применение модели

Полученные ранее значения геополитического статуса будут представлять собой решения нашей системы для соответствующих промежутков времени, где $x(t)$ – статус БРИКС, а $y(t)$ – статус Большой семёрки. С их помощью найдем коэффициенты для модели Ричардсона.

Под x_1 и y_1 будут пониматься данные за 2001 год, под x_2 и y_2 – данные за 2006 год, под x_3 и y_3 – данные за 2011, под x_4 и y_4 – данные за 2015 год.

Составим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x_4 = ay_3 - mx_3 + r, \\ y_4 = bx_3 - ny_3 + s, \\ x_3 = ay_2 - mx_2 + r, \\ y_3 = bx_2 - ny_2 + s, \\ x_2 = ay_1 - mx_1 + r, \\ y_2 = bx_1 - ny_1 + s. \end{cases}$$

Сгруппировав данные уравнения по левым частям, можем получить две системы уравнений, которые в матричном виде запишутся следующим образом:

$$\begin{pmatrix} y_3 & -x_3 & 1 \\ y_2 & -x_2 & 1 \\ y_1 & -x_1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ m \\ r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_4 \\ x_3 \\ x_2 \end{pmatrix} \quad \text{и} \quad \begin{pmatrix} x_3 & -y_3 & 1 \\ x_2 & -y_2 & 1 \\ x_1 & -y_1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b \\ n \\ s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_4 \\ y_3 \\ y_2 \end{pmatrix}.$$

Подставляя в них значения статусов соответствующих союзов за определенное время, решаем каждую из систем и находим неизвестные.

Решая данные системы, нашли значения коэффициентов:

$$a = 2.6; m = 0.53; r = -3141085; b = -2.9; n = -5.2; s = -5445462.$$

Теперь, зная коэффициенты модели, можем записать конечный вид:

$$\begin{cases} dx/dt = 2.6y - 0.53x - 314108, \\ dy/dt = -2.9x + 5.2y - 5445462. \end{cases}$$

Желательно, чтобы система находилась в состоянии равновесия. Условия равновесия записываются в следующем виде:

$$\begin{cases} 2.6y - 0.53x - 3141085 = 0, \\ -2.9x + 5.2y - 5445462 = 0. \end{cases}$$

Графики этих уравнений представлены на Рисунке 1, деления на котором выражены в миллионах.

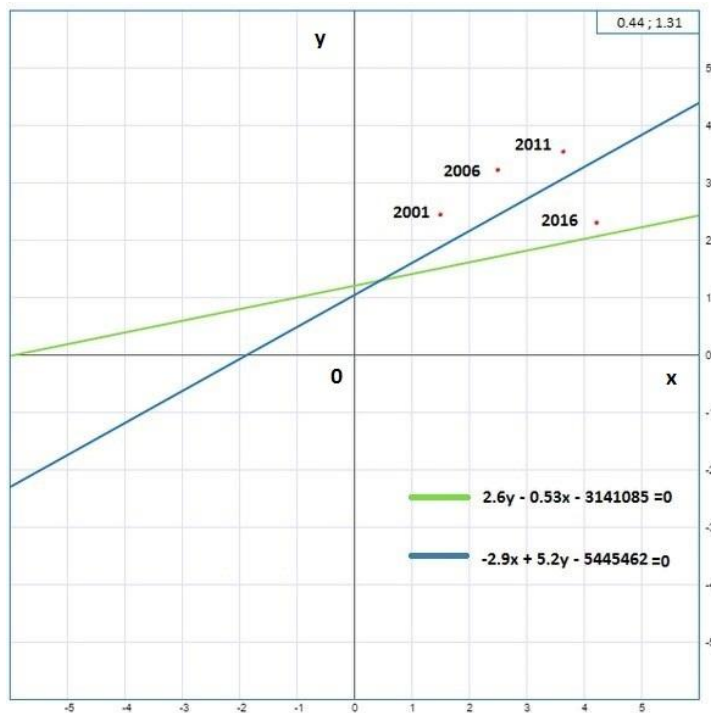


Рисунок 6. График уравнений системы.

Наши прямые делят всю плоскость на 4 части, и в зависимости от расположения точки начальных данных мы можем судить о текущем состоянии модели. Как видно из Рисунка 6, три точки (2001, 2006, 2011), показывающее положение статусов за определенный период времени, попали на участок II. Это означает, что оба союза будут равномерно увеличивать свой статус с незначительным отрывом друг от друга.

Теперь обратим внимание на четвертую точку за 2015 год, которая попала в участок I. Это произошло из-за исключения России из состава Большой семёрки, что привело к значительной разнице статусов. И если рассматривать ее как начальную точку для дальнейшего прогнозирования, то характер модели уже будет совсем другим. Теперь отстающий союз будет стараться нарастить значение статуса при помощи увеличения параметров модели, чтобы догнать и опередить соперника.

§3. Анализ полученных результатов

Изначально модель находилась в процессе стабильного наращивания союзами величины статуса. На данный период характер модели представляет собой гонку союзов, где будет присутствовать постоянное соперничество. Как только кто-то вырывается в лидеры, проигравший будет стараться нарастить свой геополитический статус за счет варьирования параметров модели. Сейчас наблюдается четкий лидер в лице БРИКС. Это означает, что Большая семёрка будет активно стараться увеличить свой статус за счет экономического влияния.

Из-за изменения состава Большой семёрки произошло уменьшение геополитического статуса, что повлекло за собой изменение характера модели. Рассмотрим же теперь, что было бы, если бы состав Большой семёрки не подвергся изменениям.

Статус БРИКС остался бы прежним – 4263081, интерес вызывает статус Большой семёрки, он равнялся бы следующему числу 4040823. Как видно, БРИКС все равно бы являлся лидером, но отрыв был бы незначительным, и данная точка попадала бы в область стабильного увеличения статуса, что означало бы мирное взаимодействие двух союзов.

Приведенная в работе модель достаточно хорошо описывает характер взаимодействия союзов, в зависимости от начальных данных. В модели не предусмотрены риски на случай непредсказуемых ситуаций, которые могут привести к кардинальным изменениям параметров модели, к примеру, погодные катаклизмы, ядерная война, эпидемии и прочее. Одной из таких ситуаций стало исключение России из Большой семёрки, что привело к переходу модели из стабильного состояния в агрессивную гонку за лидерство в мире. Из-за этого изменения дальнейшее прогнозирование затрудняется, так как в этом случае нужно искать новые коэффициенты модели, а, следовательно, нужно больше данных за период с момента этих самых изменений.

Заключение

В процессе написания данной работы было изучено много литературы на тему математического моделирования в экономике и экономического влияния на геополитическую динамику. Была выбрана задача о составлении модели взаимодействия двух экономических союзов стран, а именно БРИКС и Большая семёрка. За основу была взята модель Лотки-Вольтерра, с помощью которой, зная величину геополитического статуса союза, можно было охарактеризовать взаимодействие двух союзов в указанный промежуток времени. Геополитический статус представляет собой сложный функционал от территории, населения, уровня ВВП, импорта и военной мощи стран. Для его нахождения, мы рассматривали союз как целостное государство, то есть значения параметров каждой страны, входящий в состав союза, были просуммированы соответствующим образом.

После составления модели был проведен ее анализ и установлено, что до момента исключения России из состава Большой семёрки характер взаимодействия двух сторон носил мирный характер. Это означает, что величина статуса увеличивалась равномерно, без резких скачков. Но, начиная с 2014 года, модель приобрела вид гонки за первенство, и теперь каждая из сторон будет стремиться догнать и перегнать соперника при помощи экономического влияния на геополитический статус. Данная модель не учитывала рискованные ситуации (к примеру, исключение страны из состава союза), поэтому сделать прогноз величины статуса на будущее без новых данных не является возможным. Чтобы спрогнозировать поведение модели в будущем нужно строить новую модель, где в качестве начальных данных рассматривать значения статусов с момента свершения скачка. В настоящее время для этого не хватает данных, так как скачок произошел в 2014 году.

Проводилось много исследований на тему прогнозирования и расчета геополитического статуса отдельной страны, но не союза стран в целом. Рассматриваемая тема еще не полностью изучена, так как она является достаточно новой, что открывает новые горизонты перед исследователями.

Список литературы

1. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976. 286 с.
2. Новиков Г.Н. Теории международных отношений. Иркутск: Изд. Иркутского университета, 1996. 298 с.
3. Плотинский Ю.М. Теоретические и эмпирические модели социальных процессов. М.: Логос, 1998. 280с.
4. Акаев А.А., Малков С.Ю. Геополитическая динамика: возможности логико-математического моделирования // Геополитика и безопасность, 2009, №4(8). С.39-55.
5. Илюшко В.М., Соколов А.Н., Соколов Ю.Н. Компьютерные технологии в задачах природы и общества. Часть 2. Модель Лотке-Вольтерра в задачах экономики // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2010, № 3(44). С. 20-26.
6. Винокуров Г.Н., Ковалев В.И., Малинецкий Г.Г., Малков С.Ю., Подкорытов Ю.А. Россия в контексте мировой геополитической динамики: количественная оценка исторической ретроспективы, современного состояния и перспектив развития // Проекты и риски будущего: Концепции, модели, инструменты, прогнозы. М.: КРАСАНД, 2011. С. 89-105
7. Акаев А.А., Коротаев А.В., Малинецкий Г.Г., Малков С.Ю. Проекты и риски будущего: концепции, модели, инструменты, прогнозы. М.: КРАСАНД, 2011. 432 с.
8. Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю., Садовничий В.А. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М.: Либроком, 2012. 358 с.
9. ВВП стран мира. <http://svspb.net/danmark/vvp-stran.php>
10. Военная мощь. <http://www.globalfirepower.com/countries-listing.asp>
11. Население мира. <http://countrymeters.info/ru>

12. Площадь стран мира. http://ostranah.ru/_lists/area.php
13. Структура модели геополитического статуса.
<http://jurnal.org/articles/2010/polit7.html>
14. Импорт. <http://xn--80aatn3b3a4e.xn--p1ai/book/3867/155906>

Приложение

	Военный бюджет (млрд долларов)	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
Россия	9,22	1386200	18497	9196
Китай	22,19	3810000	15298	410
Индия	14,28	2352700	9133	30
Бразилия	11,34	673200	1422	0
БРИК	57,03	8222100	44350	9636

Таблица 5.1. Параметры военно-стратегического фактора БРИК за 2001 год.

	Военный бюджет (млрд долларов)	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
Россия	34,52	1452000	18497	5682
Китай	126	3755000	15298	130
Индия	23,95	3047000	9133	50
Бразилия	16,4	673000	1422	0
БРИК	200,87	8927000	44350	5862

Таблица 5.2. Параметры военно-стратегического фактора БРИК за 2006 год.

	Военный бюджет (млрд долларов)	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
Россия	58,72	1364000	94745	11000
Китай	123,33	2945000	27504	240
Индия	46,09	2647150	77843	90
Бразилия	34	713480	7561	0
ЮАР	4,1	77582	2527	6
БРИКС	266,24	7747212	210180	11336

Таблица 5.3. Параметры военно-стратегического фактора БРИКС за 2011 год.

	Военный бюджет (млрд долларов)	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
Россия	76,6	1287000	64985	8484
Китай	126	2993000	27320	250
Индия	46	2749700	23545	90
Бразилия	33,142	729500	3893	0
ЮАР	4,108	82250	2892	6
БРИКС	285,85	7841450	122635	8830

Таблица 5.4. Параметры военно-стратегического фактора БРИКС за 2015 год.

	Территория (кв. км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Россия	17075400	146,89	1645000
Китай	9596960	1267,43	4081000
Индия	3287590	1027	2254000
Бразилия	8547000	177,1	1642000
БРИК	38506950	2618,42	9622000

Таблица 5.5. Количественные параметры БРИК за 2001 год.

	Территория (кв км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Россия	17075400	143,83	2314000
Китай	9596960	1299,88	6593000
Индия	3287590	1187,55	3273000
Бразилия	8547000	187,29	2050000
БРИК	38506950	2818,55	14230000

Таблица 5.6. Количественные параметры БРИК за 2006 год.

	Территория (кв. км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Россия	17075400	142,86	3226000
Китай	9596960	1339,45	13810000
Индия	3287590	1222,17	5845000
Бразилия	8547000	195,96	2973900
ЮАР	1219912	51,92	633000
БРИКС	39726862	2952,36	26487900

Таблица 5.7. Количественные параметры БРИКС за 2011 год.

	Территория (кв. км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Россия	17075400	142,5	3824000
Китай	9596960	1339,45	17961000
Индия	3287590	1187,55	7347000
Бразилия	8547000	193,47	3287000
ЮАР	1219912	54,22	707000
БРИКС	39726862	2917,19	33126000

Таблица 5.8. Количественные параметры БРИКС за 2015 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Россия	1645000	74300	1386200	3364000
Китай	4081000	271300	3810000	4503000
Индия	2254000	65900	2352700	4768407
Бразилия	1642000	74800	673200	2053480
БРИК	9622000	486300	8222100	14688887

Таблица 5.9. Качественные параметры БРИК за 2001 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Россия	2314000	125000	1452000	3364000
Китай	6593000	632000	3755000	4503000
Индия	3273000	113100	3047000	4768407
Бразилия	2050000	78000	673000	2053480
БРИК	14230000	948100	8927000	14688887

Таблица 5.10. Качественные параметры БРИК за 2006 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Россия	3226000	310100	1364000	3364000
Китай	13810000	1664000	2945000	3503000
Индия	5845000	451000	2647150	4768407
Бразилия	2973900	219600	713480	2053480
ЮАР	633000	92860	77582	1061000
БРИКС	26487900	2737560	7747212	14749887

Таблица 5.11. Качественные параметры БРИКС за 2011 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Россия	3824000	341700	1287000	3364000
Китай	17961000	1950000	2993000	3503000
Индия	7347000	467500	2749700	4768407
Бразилия	3287000	181700	729500	2053480
ЮАР	707000	77040	82250	1061000
БРИКС	33126000	3017940	7841450	14749887

Таблица 5.12. Качественные параметры БРИКС за 2015 год.

	Военный бюджет (млрд долларов)	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
Россия	9,22	1386200	18497	9196
Япония	45,97	252100	2842	0
Германия	29,4	308400	1404	0
Франция	33,81	37400	1915	348
Италия	22,41	482600	1580	0
Англия	35,25	211400	2160	185
США	301,69	1420700	22553	8776
Канада	8,29	66100	642	0
Б8	486,04	4164900	51593	18505

Таблица 6.1. Параметры военно-стратегического фактора Б8 за 2001 год.

	Военный бюджет (млрд долларов)	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
Россия	34,52	1452000	18497	5682
Япония	42,18	272000	2842	0
Германия	38	285000	1404	0
Франция	54,52	359000	1915	348
Италия	33,41	445000	1580	0
Англия	57,48	217000	2160	185
США	527,6	1546000	22553	5521
Канада	14,81	71000	642	0
Б8	802,52	4647000	51593	11736

Таблица 6.2. Параметры военно-стратегического фактора Б8 за 2006 год.

	Военный бюджет (млрд долларов)	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
Россия	58,72	1364000	94745	11000
Япония	53,79	260086	7299	0
Германия	46,25	196000	5416	0
Франция	61,78	332250	12677	300
Италия	34	367550	13375	0
Англия	58	165650	86821	225
США	698,18	1520100	76962	7150
Канада	19,31	65700	5687	0
Б8	1030,03	4271336	302982	18675

Таблица 6.3. Параметры военно-стратегического фактора Б8 за 2011 год.

	Военный бюджет	Регулярная армии	Количество техники	Ядерное оружие
(млрд долларов)				
Япония	49,1	259800	6050	0
Германия	45	178600	7238	0
Франция	43	312350	9288	300
Италия	34	356850	8763	0
Англия	53,6	154700	7579	215
США	612,5	1381250	68333	7506
Канада	18	70200	3835	0
Б7	855,2	2713750	111086	8021

Таблица 6.4. Параметры военно-стратегического фактора G7 за 2015 год.

	Территория (кв. км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Россия	17075400	146,89	1645000
Япония	377835	125,84	3322000
Германия	357022	81,85	2531000
Франция	547030	59,54	1750000
Италия	301230	57,25	1695000
Англия	244101	58,97	1598000
США	9372610	284,34	10621000
Канада	9984670	30,84	944000
Б8	38259898	845,52	24106000

Таблица 6.5. Количественные параметры Б8 за 2001 год.

	Территория (кв. км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Россия	17075400	143,83	2314000
Япония	377835	126,87	3858000
Германия	357022	81,33	2804000
Франция	547030	61,05	2046000
Италия	301230	58,5	1917000
Англия	244101	60,02	1976000
США	9372610	294,83	13093000
Канада	9984670	32,08	1156000
Б8	38259898	858,51	29164000

Таблица 6.6. Количественные параметры Б8 за 2006 год.

	Территория (кв. км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Россия	17075400	142,86	3226000
Япония	377835	128,06	4388000
Германия	357022	81,75	3471000
Франция	547030	64,9	2438000
Италия	301230	59,36	2132000
Англия	244101	63,02	2317000
США	9372610	311,58	15517000
Канада	9984670	34,29	1424000
Б8	38259898	885,82	34913000

Таблица 6.7. Количественные параметры Б8 за 2011 год.

	Территория (кв. км)	Население (млн)	ВВП (номинал)
Япония	377835	127,1	4760000
Германия	357022	81	3748000
Франция	547030	66,3	2591000
Италия	301230	61,7	2133000
Англия	244101	63,7	2594000
США	9372610	318,9	19348000
Канада	9984670	34,8	1597000
Б7	21184498	753,5	36771000

Таблица 6.8. Количественные параметры Б7 за 2015 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Россия	1645000	74300	1386200	3364000
Япония	3322000	406400	252100	315900
Германия	2531000	617000	308400	326770
Франция	1750000	364300	374400	455250
Италия	1695000	287400	482600	577800
Англия	1598000	432900	211400	421830
США	10621000	1398700	1420700	2349950
Канада	944000	270400	66100	158500
Б8	24106000	3851400	4501900	7970000

Таблица 6.9. Качественные параметры Б8 за 2001 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Россия	2314000	125000	1452000	3364000
Япония	3858000	451000	272000	315900
Германия	2804000	801000	285000	326770
Франция	2046000	473000	359000	455250
Италия	1917000	369200	445000	477800
Англия	1976000	483700	217000	421830
США	13093000	1727000	1546000	2349950
Канада	1156000	317000	71000	158500
Б8	29164000	4746900	4647000	7870000

Таблица 6.10. Качественные параметры Б8 за 2006 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Россия	3226000	310100	1364000	3364000
Япония	4388000	794700	260086	315900
Германия	3471000	1339000	196000	226770
Франция	2438000	684600	332250	355250
Италия	2132000	541200	367550	377800
Англия	2317000	654900	165650	221830
США	15517000	2314000	1520100	2349950
Канада	1424000	459600	65700	158500
Б8	34913000	7098100	4271336	7370000

Таблица 6.11. Качественные параметры Б8 за 2011 год.

	ВВП(номинал)	Импорт (млн)	Регулярная армия	Регулярная + резерв
Япония	4760000	766600	259800	315900
Германия	3748000	1233000	178600	226770
Франция	2591000	659800	312350	355250
Италия	2133000	435800	356850	377800
Англия	2594000	782500	154700	421830
США	19348000	2273000	1381250	2349950
Канада	1597000	471000	70200	158500
Б7	36771000	6621700	2713750	4206000

Таблица 6.12. Качественные параметры Б7 за 2015 год.