

# СЕТЕВОЙ АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОЙ МОРСКОЙ ТОРГОВЛИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

**С.С. Демин**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН  
Россия, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20  
E-mail: [sdemin@hse.ru](mailto:sdemin@hse.ru)*

**Ключевые слова:** сетевой анализ, индексы влияния, сеть торговли

**Аннотация:** В 21-м веке по разным причинам продолжается активное развитие международной торговли. При этом лидирующие роли не всегда занимают одни и те же страны. В данной работе проведен сетевой анализ международной торговли. С применением нескольких индексов центральности, как стандартных (*eigenvector* и PageRank), так и более сложных (индексы ближних и дальних взаимодействий), выделяются ключевые агенты в сети, а также определяются тенденции перераспределения влияния с течением времени.

## 1. Введение

В последнее время в мире наблюдается активный экономический рост, который может кардинально изменить *status quo*. Благодаря развитию технологий происходит увеличение объемов производства, снижение издержек. В то же время в отдельных странах растет потребность в определенных видах товарах, которые производятся внутри страны в недостаточном количестве. Все это ведет к активному развитию международной торговли. В результате общепризнанные торговые лидеры должны постоянно держать под контролем все показатели, поскольку в противном случае мировой баланс и акценты международной торговли могут измениться не в их пользу.

Международная торговля осуществляется несколькими основными способами: морские, автомобильные, железнодорожные, а также авиаперевозки. Однако наиболее популярным являются морские перевозки. Согласно статистике, в среднем в мире около 80% объема всей международной торговли перевозится по морю [1]. Этот факт приводит к необходимости более детального анализа именно морских перевозок, с целью выявления лидеров импорта или экспорта, а также выделения стран, обладающих наибольшим влиянием в структуре международной морской торговли.

Кроме того, в связи с глобальным потеплением происходит процесс таяния льдов в Северном Ледовитом океане. В результате увеличивается продолжительность судоходства в Арктическом регионе благодаря Северному Морскому пути и Северо-Западному проходу (морской путь через Северный Ледовитый океан вдоль северного побережья Северной Америки вдоль Канадского Арктического архипелага).

Учитывая тот факт, что в северных широтах один градус долготы составляет значительно меньшее количество километров по сравнению с экваториальными широтами, возможность использования морских путей, проходящих в Арктическом регионе,

может значительно повлиять на распределение объемов перевозок. Исходя из этого также может измениться и влияние некоторых стран за счет посредничества. Например, благодаря Северному Морскому пути сокращается маршрут между большинством европейских стран и Азией. Северо-Западный проход, в свою очередь, упрощает торговлю Азии с восточным побережьем Северной Америки.

В результате мы получаем еще одну причину возможного изменения влияния отдельных стран в международной торговле. Поэтому было решено изучить часть сети международной морской торговли, на которую может повлиять использование Северных путей.

В работе был проведен анализ с помощью основных методов сетевого анализа для выявления ключевых стран. Кроме того, были рассмотрены трансформации международной торговой сети в течение последних лет, чтобы найти некоторые тенденции в изменении значимости отдельных агентов.

## 2. Построение сети торговли

К сожалению, отдельных данных по объемам морской торговли по конкретным торговым путям в открытом доступе нет. В связи с этим, для работы пришлось построить интересующую сеть морской торговли на основе информации об общей торговле.

Для начала важно выделить страны, которые будут представлены в сети. Для этого были изучены все пары стран с точки зрения протяженности маршрута действующих морских перевозок, а потенциальных морских перевозок через северные морские пути. В результате данной работы был отобран набор стран, для которых торговля через северные морские пути имеет экономическую целесообразность.

Однако, если продолжить рассуждать с точки зрения экономической выгоды морской торговли, цена перевозки товаров состоит не только из прямых затрат на топливо, корабли и наем работников. Немалую часть стоимости составляют затраты на страхование товаров. И учитывая текущую нестабильную ситуацию в экваториальных широтах (в первую очередь речь идет о сомалийских пиратах), мы видим, что использование северных маршрутов имеет значительно меньшие риски, а следовательно более низкую цену страхования. Это позволяет заявить, что даже в случае, когда маршрут через полярные широты будет немного длиннее, он все равно останется более дешевым благодаря более низким затратам на страхование. В связи с этим, в исследуемую сеть торговли были также добавлены пары стран, для которых длина маршрута через северные пути не более чем на 5% превышает длину аналогичного маршрута через экваториальные пути.

Когда же страны и связи в сети построены, остается лишь определить объемы морской торговли между вершинами. Для этого мы использовали объемы общей торговли между странами за 2003-2016 годы [2]. Далее было сделано предположение, что доля морской торговли составляет фиксированный процент от общей торговли между странами. В данной работе был рассмотрен процент, равный 80%, поскольку в среднем в мире около такой доли всего объема торговли перевозится по морю [1]. В результате была получена сеть морской торговли в северном регионе за 2003-2016 годы.

## 3. Используемые индексы центральности

Для анализа построенной сети были использованы основные методы сетевого анализа, позволяющие оценить влияние отдельных вершин в сети. В первую очередь, речь

идет о таких индексах центральности, как *eigenvector* [3]. Также был использован еще один широко распространенный индекс центральности, который по сути является вариацией *eigenvector* центральности – PageRank [4].

Однако, большинство существующих индексов центральности оценивают только прямое влияние одной вершины сети на другую. В то же время в современном мире влияние стран друг на друга устроено гораздо сложнее. В связи с этим мы также использовали индексы, которые учитывают также влияние целой группы вершин и влияние через посредников.

Для этого, были использованы индексы Short Range Interaction Centrality (SRIC) и Long Range Interaction Centrality (LRIC)[5]. Первый из них позволяет оценить влияние между инцидентными вершинами в сети с учетом возможности образования коалиций с другими вершинами [6]. LRIC, в свою очередь, является обобщением индекса SRIC и учитывает влияние между вершинами через  $k$  посредников [7].

## 4. Полученные результаты

В результате проведенных экспериментов были посчитаны индексы центральности на построенных сетях. Учитывая, что у нас имеются данные за 14 лет, нам удалось не только выделить самых важных участников торговли, но и проследить тенденции того, как менялось распределение влияния по странам с течением времени.

Как видно из графика (рис. 1), согласно индексу *eigenvector*, в последнее время основным лидером в торговле является Китай, захвативший первую строчку в 2005 году. Более того, влияние остальных стран с течением времени снижается относительно китайского влияния. Также значительную роль играют США, Германия и Япония, несмотря на активно снижающееся влияние последней.

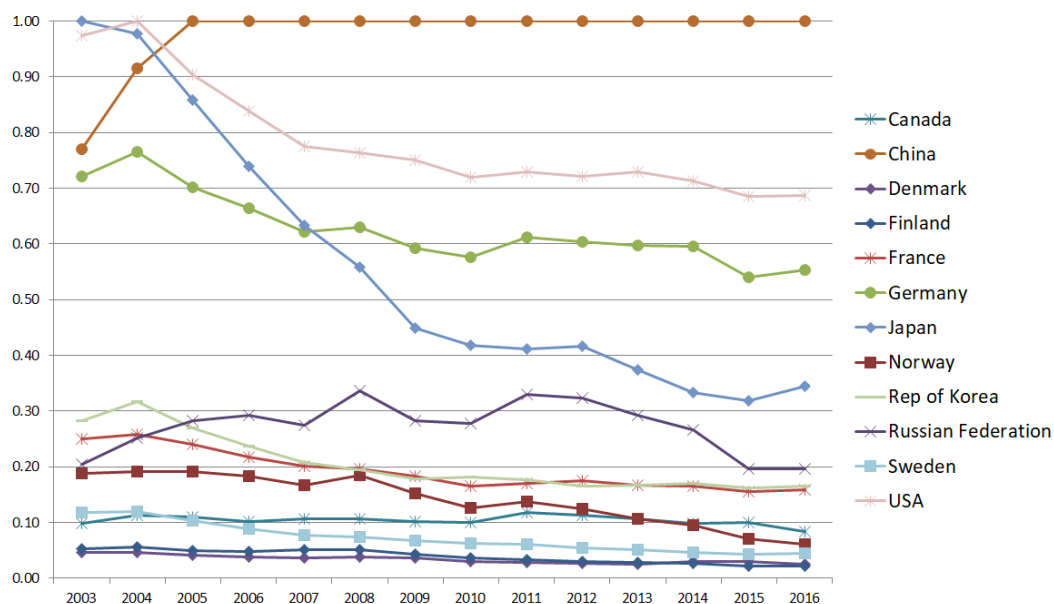


Рис. 1. График *eigenvector*, 2003-2016 годы.

При анализе результатов, полученных с помощью PageRank (рис. 2), основные тенденции совпадают с упомянутыми для предыдущего индекса влияния: лидерство Китая, США и Германии. Однако, теперь роль Японии значительно ниже. Также важно упомянуть, что при данной технике расчетов бесспорным абсолютным лидером явля-

ется США. Хотя, учитывая темпы роста влияния Китая, вполне возможно, что через несколько лет главную роль будет играть именно представитель Азии. Схожая ситуация получается и при подсчете с помощью SRIC (при расчетах было сделано допущение, что страна  $i$  подвержена воздействию группе стран, если их общая торговля в страну  $i$  превышает 15% от ее общего импорта через морские перевозки).

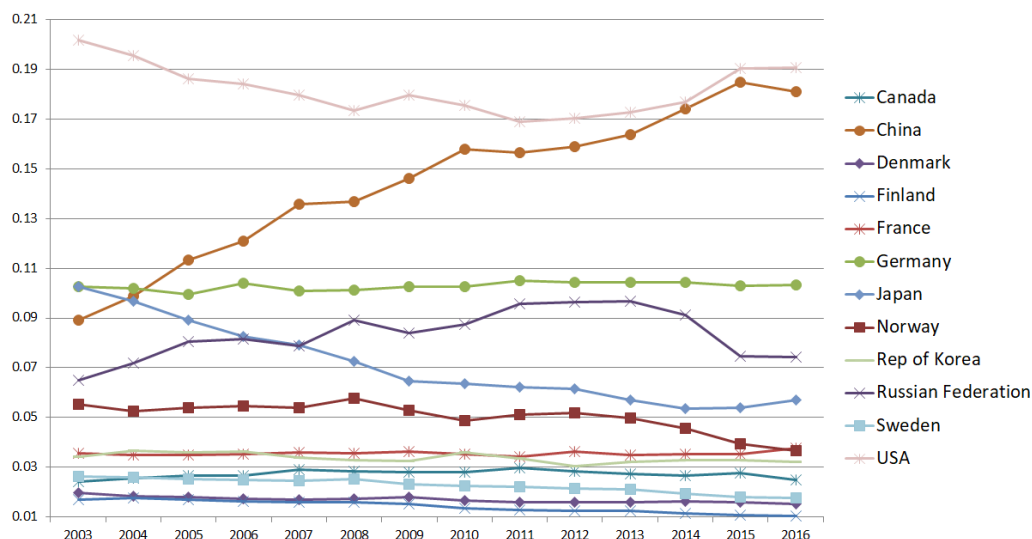


Рис. 2. График PageRank, 2003-2016 годы.

Переходя к LRIC, учитывающему не прямое влияние стран, ситуация кардинально отличается (рис. 3). Во-первых, среди стран, которые занимают первые места, появляется Российская Федерация. Во-вторых, среди них удерживается Япония, которая при других индексах лишь в начале исследуемого периода была лидером, но потом отошла на второй план. И в-третьих, на графике можно заметить одну интересную тенденцию, которой не было до этого: 4 скандинавские страны – Финляндия, Швеция, Норвегия и Дания – плавно снижают свое влияние.

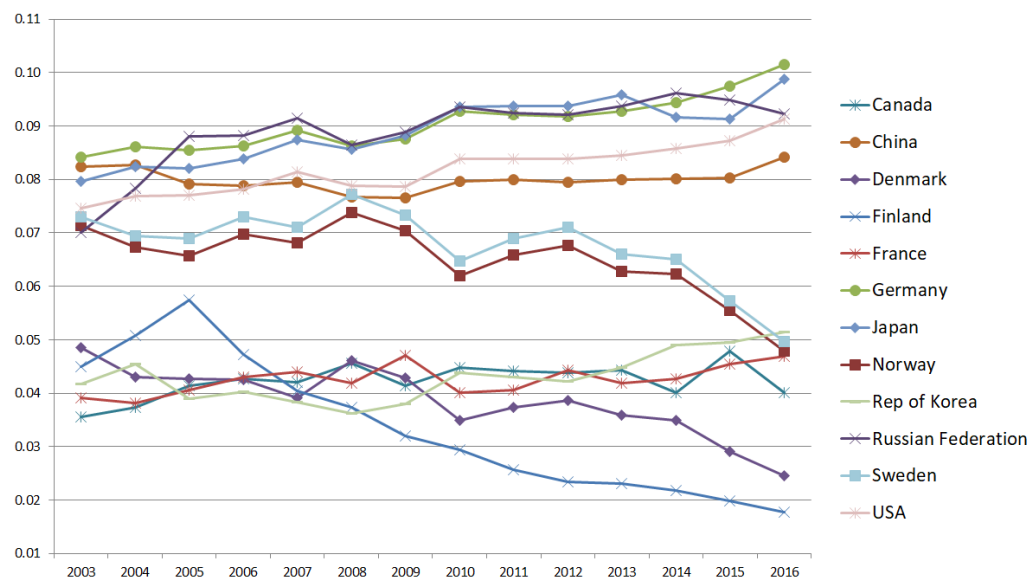


Рис. 3. График LRIC, 2003-2016 годы.

## 5. Заключение

Итак, в данной работе было исследовано распределение влияния в сети международной морской торговли. Для этого с использованием различных индексов центральности была проанализирована сеть морской торговли в Арктическом регионе. Примененные методы позволили сделать несколько выводов, часть из которых легко объяснима. Однако, часть выводов не так очевидна, что позволяет утверждать об эффективности применения предложенных методов для анализа сетей в данной области.

## 6. Благодарности

Работа выполнена в Международной Лаборатории Анализа и Выбора Решений в рамках реализации «Дорожной карты» Программы 5/100 Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» и частично поддержана грантом РФФИ №18-01-00804а «Влияние стран в задаче анализа продовольственной безопасности».

## Список литературы

1. Mangan D.J. Future of the Sea: Trends in the Transport of Goods by Sea. Foresight // Future of the Sea Evidence Review. 2017.
2. <https://wits.worldbank.org>
3. Leontief W.W. The Structure of American Economy // Harvard University Press. 1941. P. 1919-1929.
4. Page L., Brin S., Motwani R., Winograd T. The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. 1998.
5. Aleskerov F.T., Meshcheryakova N.G., Shvydun S. Power in Network Structures // Models, Algorithms, and Technologies for Network Analysis. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. Vol. 197. Springer, 2017. P. 79-85.
6. Aleskerov F.T., Andrievskaya I.K., Permjakova E.E. Key borrowers detected by the intensities of their short-range interactions // Working papers by NRU Higher School of Economics. Series FE “Financial Economics”. 2014. No. WP BRP 33/FE/2014
7. Aleskerov F., Meshcheryakova N., Shvydun S. Centrality Measures in Networks based on Nodes Attributes, Long-Range Interactions and Group Influence. arXiv preprint arXiv:1610.05892